



LABORATORIO OFICIAL

J.M. MADARIAGA



GUÍA PARA LA INSPECCIÓN DE TÚNELES



Prólogo

Este documento es una Guía para la inspección de túneles, en la que se establecen los requisitos de seguridad susceptibles de verificación por parte de la Autoridad Minera competente y que sirva, a su vez, como documento básico orientado a las ECA para el desarrollo de las inspecciones de los túneles en fase de excavación.

Esta Guía se ha dividido por capítulos, agrupando los temas que se consideran más interesantes para el conocimiento de un túnel o galería, como pueden ser: las instalaciones eléctricas, las de aire comprimido, la ventilación y el control ambiental, los equipos de trabajo, las técnicas de perforación, voladuras, técnicas de trabajo con equipo de ataque puntual, sostenimiento, proyección y bombeo de hormigón, los equipos de protección individual y colectiva que se deberán usar dentro de estas instalaciones y, por último, varios anexos, en los que se trata temas tan importantes como el mantenimiento de maquinaria y la manera de realizar un proyecto de voladura.

En el desarrollo de este documento han colaborado, junto al Laboratorio Oficial Madariaga, entidades como la FUNDACIÓN SANTA BÁRBARA, MAXAM, SIKA, SANDVIK y ZITRON, agradeciendo a todos ellos tan inestimable información.

Área de Aplicaciones y Servicios Técnicos

Laboratorio Oficial J. M. Madariaga

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	7
1. INSTALACIONES.....	9
1.1. Líneas de alta tensión y Centros de Transformación.....	9
1.1.1. Prescripciones normativas aplicables.....	9
1.1.2. Principios básicos de seguridad en el diseño.....	9
1.1.3. Procedimiento técnico de inspección.....	12
1.1.4. Elementos de la instalación a verificar.....	13
1.2. Líneas de distribución en baja tensión.....	18
1.2.1. Prescripciones Normativas Aplicables.....	18
1.2.2. Principios básicos de seguridad en el diseño.....	18
1.2.3. Elementos de la instalación a inspeccionar.....	21
1.2.4. Esquema básico de distribución en B.T.....	22
1.3. Salas de Compresores y líneas de aire comprimido	23
1.3.1. Prescripciones Normativas Aplicables.....	23
1.3.2. Niveles de inspección y periodicidad de las inspecciones.....	23
1.3.3. Elementos a inspeccionar en las instalaciones.....	25
1.4. Instalaciones de control y comunicaciones.....	27
1.4.1. Prescripciones Normativas Aplicables.....	27
1.4.2. Principios básicos de seguridad en el diseño.....	27
CAPÍTULO 2.....	29
2. VENTILACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL	31
2.1. El proyecto de ventilación.....	31
2.2. Ventiladores.....	33
2.2.1. Tipos de ventiladores	33
2.2.2. Características técnicas.....	35
2.2.3. Parámetros de control.....	36
2.3. Circuitos de ventilación	38
2.3.1. Ventilación Natural	39
2.3.2. Ventilación Artificial	39
2.3.3. Uso de aire comprimido.....	45

2.4. Control de la ventilación	45
2.4.1. Técnicas de control manual.....	45
2.4.2. Instalaciones de control continuo.....	57
2.5. Los gases en la obra subterránea.....	60
2.5.1. Prescripciones normativas aplicables.....	62
2.5.2. Detectores de gases	64
2.5.3. Técnicas de control manual.....	66
2.5.4. Instalaciones de control continuo.....	70
2.6. El ruido.....	79
2.6.1. Prescripciones normativas aplicables.....	79
2.6.2. Técnicas de control	80
CAPÍTULO 3.....	85
3. EQUIPOS DE TRABAJO	87
3.1. Prescripciones normativas aplicables.....	87
3.2. Puesta en servicio del equipo de trabajo	87
3.2.1. Requisitos generales	87
3.2.2. Procedimiento para equipos en su primera puesta a disposición de los trabajadores.....	88
3.2.3. Procedimientos particulares para equipos que ya han sido puestos anteriormente a disposición de los trabajadores	89
3.3. Control del mantenimiento realizado.....	90
3.3.1. Requisitos de mantenimiento de equipos en servicio	90
3.3.2. Reparación de elementos de seguridad de equipos.....	91
3.3.3. Niveles de mantenimiento	92
3.4. EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....	92
3.4.1. Puntos de inspección singulares	92
3.4.2. Niveles de mantenimiento	94
3.5. EQUIPOS DE ARRANQUE PUNTUAL.....	101
3.5.1. Puntos de inspección singulares	101
3.5.2. Niveles de mantenimiento	102
3.6. EQUIPOS DE CARGA Y TRANSPORTE	106
3.6.1. Puntos de inspección singulares	106
3.6.2. Niveles de mantenimiento	110

3.7.	EQUIPOS DE PROYECCIÓN DE HORMIGÓN	113
3.7.1.	Puntos de inspección singulares	113
3.7.2.	Niveles de mantenimiento.....	115
3.8.	ENCOFRADOS Y BOMBAS DE HORMIGÓN	123
3.8.1.	Puntos de inspección singulares	123
3.8.2.	Niveles de mantenimiento.....	125
3.9.	INSPECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO.....	131
CAPÍTULO 4.....	135	
4. TÉCNICAS DE PERFORACIÓN	137	
4.1.	Generalidades	137
4.2.	Precauciones de seguridad	138
4.3.	Cualificación del personal.....	139
4.4.	Inspección de la zona de trabajo	140
4.5.	Inspección antes de poner el motor en marcha y durante el arranque de la máquina	140
4.6.	Inspección durante el desplazamiento.....	141
4.7.	Inspección durante la perforación.....	142
4.7.1.	Generalidades.....	142
4.7.2.	Posicionamiento de la deslizadera	143
4.7.3.	Emboquillado (inicio del barreno)	143
4.7.4.	Perforación.....	144
4.7.5.	Avance.....	145
4.7.6.	Rotación	145
4.7.7.	Barrido.....	146
4.7.8.	Extensión del varillaje.....	146
4.7.9.	Grasa para roscas.....	147
4.7.10.	Desgaste	147
4.7.11.	Transporte y almacenamiento	148
4.8.	Inspección al terminar el trabajo.....	148
4.9.	Inspección durante el mantenimiento y servicio.....	149
CAPÍTULO 5.....	151	

5. VOLADURAS	153
5.1. Prescripciones normativas aplicables.....	153
5.2. Autorizaciones de consumo. El proyecto de voladuras.	153
5.3. Explosivos y accesorios. Control de recepción.....	154
5.4. Transportes interiores y depósitos de consumo.	155
5.5. Procedimiento de inspección durante la carga y el disparo.	157
5.5.1. Normas generales de utilización.....	157
5.5.2. Verificaciones a realizar en el caso de pega eléctrica	159
5.5.3. Verificaciones a realizar en el caso de pega no eléctrica	161
5.5.4. Verificaciones a realizar en el caso de voladuras en atmósferas potencialmente explosivas	162
5.6. Voladuras especiales.....	163
5.7. Control administrativo y vigilancia.....	164
5.8. Destrucción de explosivos.....	165
 CAPÍTULO 6.....	 167
 6. TÉCNICAS DE TRABAJO CON EQUIPO DE ATAQUE PUNTUAL.....	 169
6.1. Generalidades.....	169
6.2. Precauciones de seguridad.....	170
6.3. Cualificación del personal	172
6.4. Inspección de la zona de trabajo.....	172
6.5. Inspección antes de arrancar la máquina	173
6.6. Inspección durante la operación de rozado.....	176
6.6.1. Generalidades	176
6.6.2. Secuencia de operación durante la maniobra de rozado.....	177
6.6.3. Funcionamiento en paralelo con otras máquinas y equipos	181
6.7. Inspección al finalizar el trabajo	182
6.8. Inspección durante el mantenimiento y las reparaciones.....	182
6.9. Fuentes de peligro durante la operación de la máquina.....	184
 CAPÍTULO 7.....	 187
 7. SOSTENIMIENTO. PROYECCIÓN Y BOMBEO DE HORMIGÓN	 189
7.1. Prescripciones normativas aplicables.....	189
7.2. Control de recepción de materiales.....	190

7.2.1. Cemento	190
7.2.2. Agua de amasado	195
7.2.3. Áridos	196
7.2.4. Otros componentes del hormigón	197
7.2.5. Fabricación del hormigón	199
7.3. Medidas de seguridad en el sostenimiento y proyección de hormigón	200
7.4. Procedimientos de inspección en la puesta en obra	205
7.4.1. Hormigón proyectado: vía seca	208
7.4.2. Hormigón proyectado: vía húmeda	210
7.4.3. Preparación de superficies para hormigón proyectado. Mallas electrosoldadas	211
7.4.4. Hormigón bombeado	214
7.5. Control de calidad.	215
CAPÍTULO 8.....	217
8. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL Y COLECTIVA.....	219
8.1. Normativa aplicable	219
8.2. Clasificación de los EPI	219
8.2.1. En función del riesgo del que protegen	219
8.2.2. Según la parte del cuerpo protegida	221
8.3. Criterios de selección	228
8.4. Recomendaciones de uso	229
8.5. Documentación y marcado	229
8.6. Inspección de los EPI	230
ANEXOS.....	231
ANEXO I: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE LÍNEAS DE M.T. Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	233
ANEXO II: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE B.T.....	245
ANEXO III: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES DE AIRE COMPRIMIDO	249

ANEXO IV: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES DE CONTROL Y COMUNICACIONES.	251
ANEXO V: ÍNDICE TIPO DE UN PROYECTO DE VENTILACIÓN.....	253
ANEXO VI: EJEMPLO DE LIBRO REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA.....	255
PUNTOS DE MANTENIMIENTO DEL JUMBO AXERA T-11 DATA.....	256
PUNTOS DE MANTENIMIENTO DEL ROBOT GUNITADOR SIKA-PM 407.....	281
PUNTOS DE MANTENIMIENTO DE LA PALA CARGADORA CATERPILLAR 950H311	
MODELO DE INFORME RESULTADO INSPECCIÓN TÉCNICA MAQUINARIA	386
ANEXO VII: GUÍA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE VOLADURAS	394
Requisitos para ser empresa autorizada en voladuras especiales.....	400
Distancias mínimas de seguridad en la destrucción de explosivos:.....	401

Capítulo 1

INSTALACIONES

I. INSTALACIONES

I.1. LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

I.1.1. Prescripciones normativas aplicables.

- *R.D.223/2008*: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT.
- *R.D.3275/1982*: Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-RAT.
- *R.D.614/2001*: Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- *R.D.635/2006*: Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- *R.D.863/1985*: Reglamento general de normas básicas de seguridad minera.
- *R.D. 1389/1997*: Disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras

Indicar que el nuevo reglamento sobre líneas eléctricas de alta tensión R.D. 223/2008 ha entrado en vigor el 19/09/2008 y es de aplicación obligatoria desde el 19/03/2010.

Su ámbito de aplicación es el de:

- Las nuevas líneas, sus modificaciones y ampliaciones.
- Las líneas existentes que sean objeto de modificación con variación del trazado original de la línea, afectándole solamente al tramo modificado.
- Todas las instalaciones en lo que se refiere el régimen de inspecciones (periodicidad y agentes intervinientes).

Por lo tanto el citado reglamento aplicaría en lo que a este manual refiere.

I.1.2. Principios básicos de seguridad en el diseño.

Según lo establecido por el RD635/2006 el diseño de la instalación eléctrica de un túnel en construcción debe ser tal que la interrupción de funcionamiento de un elemento no conlleve el fallo completo de toda la red o de subconjuntos considerados críticos.

Se distinguirán dos fuentes de alimentación eléctrica:

- La conexión a la red de un distribuidor de energía.
- Las fuentes de alimentación autónomas (SAIs, grupo electrógeno).

Los equipos se alimentarán generalmente a partir de la red conectada al distribuidor de energía (red prioritaria) y las fuentes autónomas intervendrán a modo de alimentación de socorro o cuando se produzcan circunstancias específicas.

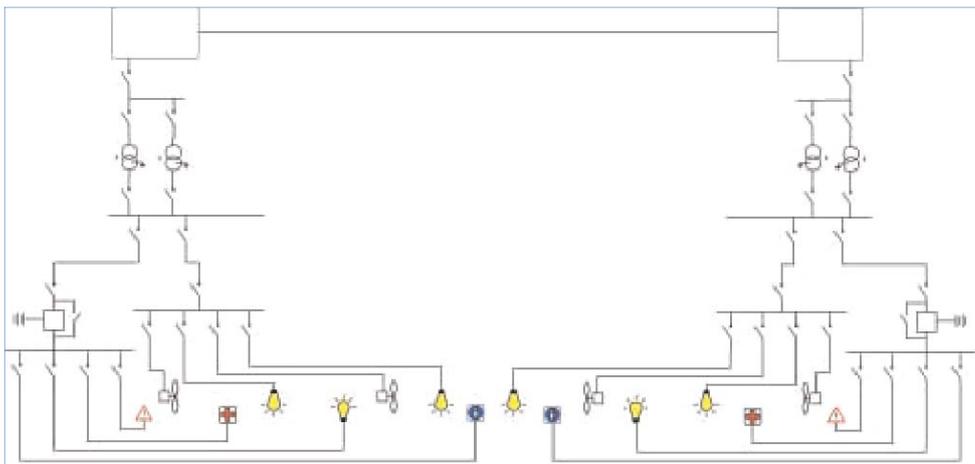


Figura 1.1: Ejemplo de dos llegadas de MT. Múltiples posibilidades de socorro. En MT mediante conexión aguas arriba de los transformadores. En BT mediante cables por debajo de los transformadores. En MT y BT (doble redundancia) (en caso de conmutación en BT, la potencia de cada transformador deberá ser igual a la potencia global de socorro).

Las disposiciones a tomar serán función de los objetivos fijados y de las soluciones disponibles:

- Alimentación de socorro que no conlleve reducción de la potencia disponible nominal (ej.: doble alimentación mediante dos subestaciones capaces de suministrar cada una la potencia total).
- Alimentación de socorro que conlleve la reducción de la potencia disponible (ej.: conmutación de una subestación por un grupo electrógeno tras el desenganche de determinados equipos).
- Alimentación de socorro que mantiene el funcionamiento de los equipos indispensables para la evacuación de los operarios en caso de necesidad.

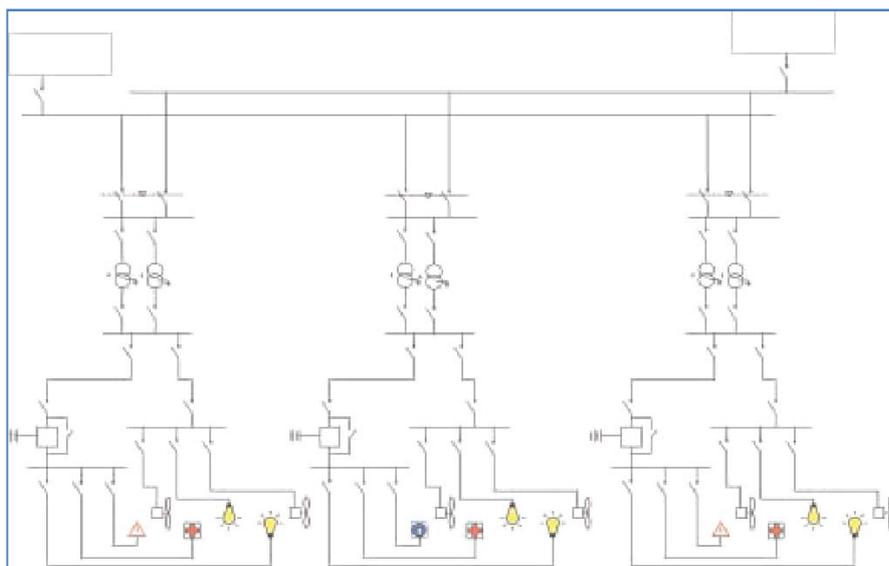


Figura 1.2: Potencia “ilimitada”. 2 llegadas de MT que se socorren mutuamente; alimentación de los centros MT/BT con doble derivación. Se puede también tener una solución en bucle abierto o doble bucle abierto. En caso de utilizar una instalación con doble derivación, es necesario obtener previamente el consentimiento del distribuidor de energía

Se deberá por tanto verificar la existencia de dicha arquitectura en la red de electrificación del túnel o galería en construcción con una mayor o menor implantación en función del grado de equipamiento y nivel de seguridad que el mismo requiera.



Figura 1.3: Grupo electrógeno

Por otra parte, los posibles esquemas de conexión a tierra (regímenes de neutro) que se podrían implantar en la construcción de túneles y galerías son los siguientes (R.G.N.B.S.M – ITC 09.0.02 Prescripciones generales).

Instalaciones con el neutro aislado o unido a tierra por intermedio de una impedancia de valor suficientemente elevado para que sea aplicable la siguiente disposición:

Control de aislamiento de los conductores activos con relación a tierra, que emita una señal de alarma (óptica o acústica) bien perceptible, cuando la resistencia de aislamiento descienda de $50 \text{ } \Omega/\text{V}$. Si dicha resistencia descendiera de $10 \text{ } \Omega/\text{V}$, el dispositivo desconectará automáticamente todos los conductores activos de la instalación o de la parte de la instalación donde se encuentre el defecto.

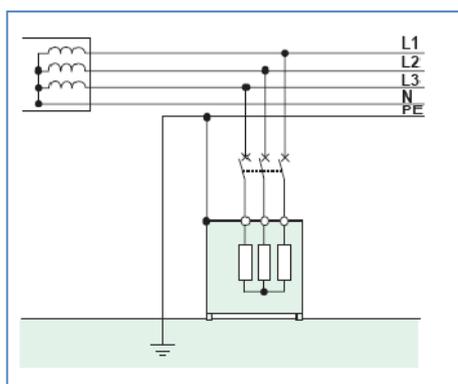


Figura 1.4: Esquema IT. Instalaciones con el neutro unido a tierra por medio de una impedancia de bajo valor.

Un dispositivo desconectará automáticamente todos los conductores activos de la instalación o de la parte de la instalación donde se encuentre un defecto cuando la corriente de defecto pudiera originar en una masa cualquiera una tensión con relación a tierra superior a 50V.

1.1.3. Procedimiento técnico de inspección.

El R.D. 1389/1997 recoge la obligatoriedad por parte del empresario de efectuar un mantenimiento e inspección de los equipos e instalaciones eléctricos siguiendo un plan adecuado que deberá prever dicha inspección de una manera sistemática así como la comprobación y el mantenimiento.

De forma más específica el RD 3275/1982 sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación determina que los propietarios de las instalaciones, incluidas en el presente Reglamento, deberán presentar, antes de su puesta en marcha, un contrato, suscrito con persona física o jurídica competente en el que éstas se hagan responsables de mantener las instalaciones en el debido estado de conservación y funcionamiento.

Si el propietario de la instalación, a juicio del Órgano competente, dispone de los medios y organización necesarios para efectuar su propio mantenimiento, podrá eximirse de la obligación de presentación de dicho contrato.

Las inspecciones se realizarán mediante comprobación visual y registro de mediciones de todos los elementos y partes. Deberán elaborarse y archivarlos adecuadamente fichas de inspección y comprobación.

Las operaciones y trabajos se realizarán en presencia y bajo la supervisión de un inspector que tendrá experiencia y cualificación suficiente para llevar a cabo dichas maniobras.

Cualquier trabajo u operación a realizar (normal uso, maniobras, mantenimiento, mediciones, ensayos y verificaciones) se realizarán conforme a las disposiciones generales indicadas en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

El titular de la instalación y/o la empresa responsable del mantenimiento deben estar presentes con personal cualificado para llevar a cabo las maniobras necesarias para la inspección.

Las maniobras referentes a la inspección nunca deberán ejecutarse sin la presencia de dos personas al menos.



Figura 1.5: Equipos de Protección frente al Riesgo Eléctrico

1.1.4. Elementos de la instalación a verificar.

Las celdas de protección y maniobra deben ser celdas modulares equipadas de aparamenta bajo envolvente metálica que utiliza hexafluoruro de azufre (SF6).

Deben ofrecer la respuesta a los **requisitos** más exigentes en cuanto a:

- Compacidad.

- Alta protección de las personas, cumplimiento de la norma CEI 60298 para resistir y proteger (3 o 4 lados) a los operarios en caso de defecto debido a un arco interno.
- Explotación fácil y de alto rendimiento: facilidad de utilización, claridad y fiabilidad de la información de estados y enclavamientos de seguridad.
- Gestión de las redes eléctricas, protección, control y telemando.

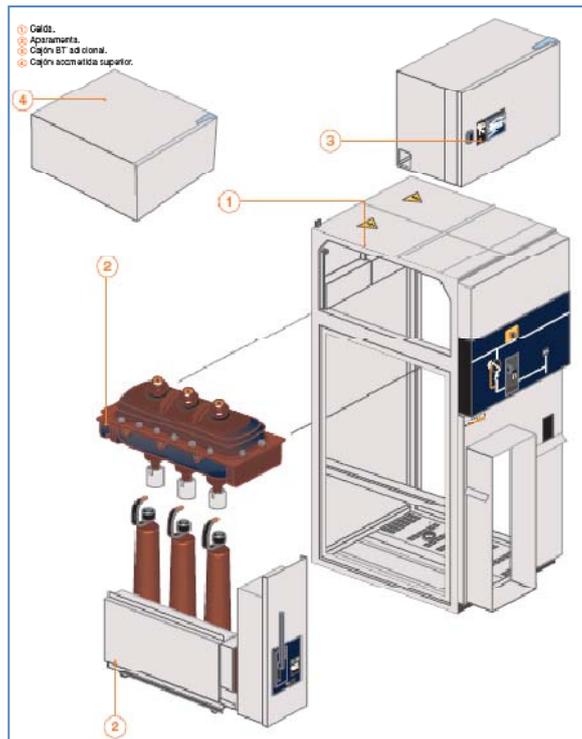


Figura 1.6: Celda

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de apareamiento bajo envoltorio metálico compartimentado de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Se deberán distinguir al menos los siguientes **compartimentos**:

- Compartimento de aparellaje.
- Compartimento del juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables.
- Compartimento de mandos.

- Compartimento de control

Por otra parte, se debe proceder a la **medición reglamentaria de los siguientes valores:**

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Se verificará la existencia de la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.
- Libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

Otros aspectos que deberán comprobarse:

- Prohibición expresa a la entrada en el C.T. a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se pondrán en sitio visible de I.C.T., y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- En el interior del centro no habrá más objetos que los destinados al servicio, como banqueta, guantes, etc.
- No se permitirá fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación,

aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

Otras comprobaciones de características eléctricas relativas a aparataje de protección a efectuar son las siguientes:

- En el caso de utilizar protección por ruptofusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el correspondiente proyecto.
- Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.
- Las características eléctricas nominales de la aparataje serán:
 - ✓ Tensión nominal: 24 kV-36kV
 - ✓ Nivel de aislamiento:
 - a) a la frecuencia industrial de 50 Hz: 50 kV ef.1mn.
 - b) a impulsos tipo rayo: 125 kV cresta.
 - ✓ Intensidad nominal funciones línea: 400-630 A.
 - ✓ Intensidad nominal otras funciones: 200/400 A.
 - ✓ Intensidad de corta duración admisible: 16 kA ef. 1s.
 - ✓ Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
 - ✓ Poder de corte nominal trafo en vacío: 16 A.
 - ✓ Poder de corte nominal de cables en vacío: 25 A.
 - ✓ Poder de corte: 16 kA ef.

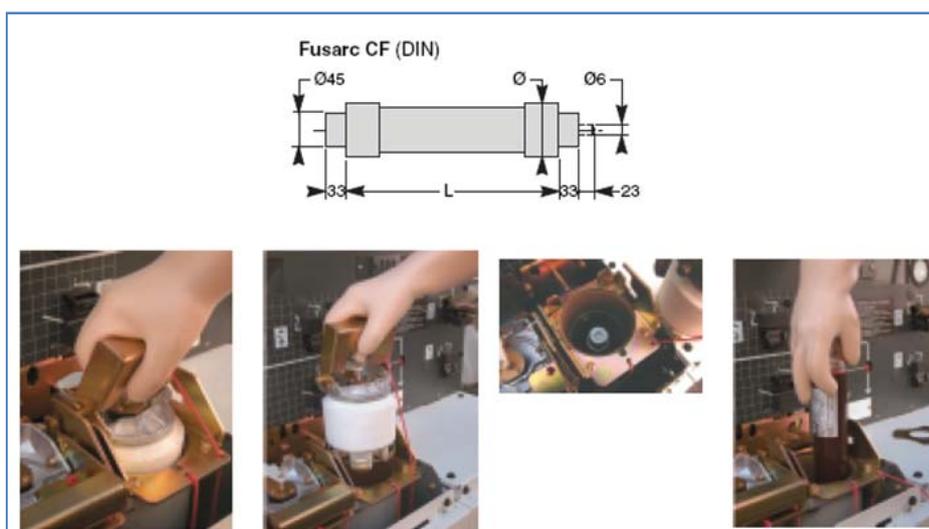


Figura 1.7: Mantenimiento Centro Transformación

Por lo que respecta a la aplicación del R.G.N.B.S.M., la ITC 09.0.05 establece que en lo que se refiere a protección frente a sobrecargas de los transformadores los sensores para protección de cada transformador de potencia podrán estar situados:

- En la salida de su circuito secundario.
- En la entrada de su circuito primario.
- En su cable de alimentación, si éste es exclusivo.
- En el interior del transformador, si se emplean sondas térmicas.

Los transformadores estarán protegidos contra el efecto de cortocircuitos internos y externos de acuerdo con lo especificado al respecto en la ITC 09.0-02, apartado 2.1.1.2. En consecuencia, dicha protección podrá estar situada a la entrada de cada transformador o al comienzo de su cable de alimentación, si éste es exclusivo.

En todos los casos, la protección deberá actuar bajo los efectos del cortocircuito mínimo que pueda producirse en el secundario del transformador.

Las subestaciones de transformación (fijas o semifijas) deberán instalarse en espacios bien ventilados y protegidos contra la acción de las aguas.

El grado y modo de protección de la aparamenta eléctrica instalada corresponderá, en cada caso, con los especificados en la ITC 09.0-03 (especificaciones constructivas y de empleo de material eléctrico o susceptible de generar electricidad estática).

En subestaciones de transformación se dispondrán extintores, de acuerdo con lo especificado al respecto en la ITC 09.0-02, apartado 2.1.3

Queda prohibido almacenar materiales, cualquiera que sea su clase, en los lugares destinados a subestaciones de transformación

Se recoge en el anexo 1.1.4 una propuesta de puntos de comprobación.

I.2. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

I.2.1. Prescripciones Normativas Aplicables

- *R.D.842/2002*: Reglamento electrotécnico de baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT.
- *R.D. 614/2001*: Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- *R.D.635/2006*: Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- *R.D.863/1985*: Reglamento general de normas básicas de seguridad minera.
- *R.D.1389/1997*. Disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

I.2.2. Principios básicos de seguridad en el diseño.

→ Canalizaciones

En los túneles, los cables se instalarán de tres formas cumpliendo la normativa vigente (ITC 09.0.04 Canalizaciones del RD863/1985).

- Canalizaciones fijas.

Si se encuentran *suspendidas en apoyos*, deberán cumplirse las siguientes **prescripciones**:

- La flecha de los tramos no será inferior al 3 por 100 de la longitud, a una altura sobre el piso de la galería superior a la del material móvil que circula por dicha galería.
- Las piezas de suspensión permitirán el deslizamiento de los cables, o estarán calculadas para que cedan por efecto de una carga accidental, antes de que pueda producirse un daño físico en los cables.

Si se encuentran *en bandejas perforadas*, los **requisitos** a cumplir son:

Alojados en canaletas. Las canalizaciones en «locales de servicio eléctrico cerrados», cruces de galerías y otros lugares similares que las circunstancias lo requieran, podrán disponerse en canaletas de fábrica, cubiertas y fácilmente accesibles.

▪ **Canalizaciones amovibles.**

Se emplearán cables «flexibles armados» o «flexibles», según sea el tipo de aparato o máquina alimentado.

En labores donde los cables estén parcialmente expuestos a daños producidos por caída de escombros o mineral, se dotarán de las protecciones mecánicas apropiadas (canales, etcétera).

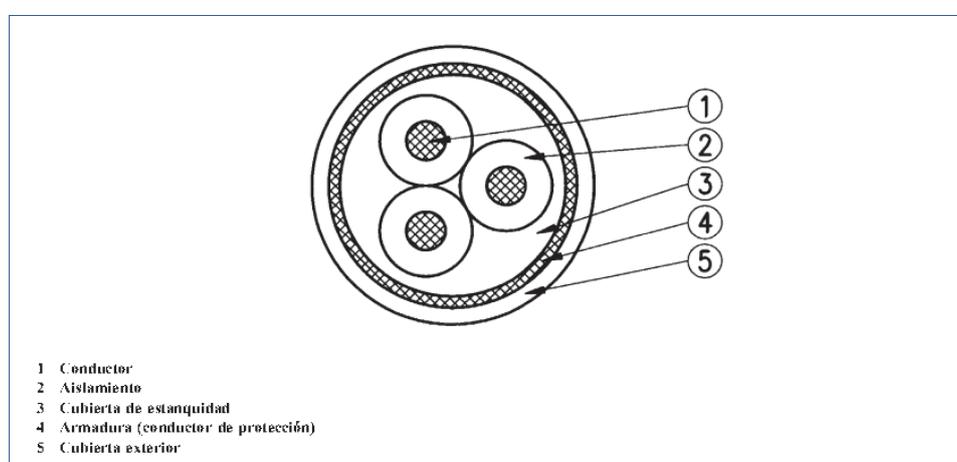


Figura 1.8: Esquema de la sección recta de los cables más usuales tipo VVMV

En la medida de lo posible, las trayectorias de los cables de MT, BT y corrientes bajas estarán separadas (soportes diferentes si es posible) con el fin de reducir los riesgos de inducción eléctrica y de facilitar la explotación.

Si la potencia del sistema de ventilación es importante o si se utilizan variadores de velocidad, puede resultar necesario utilizar un dispositivo que permita limitar los problemas producidos (armónicos, caídas de tensión...) en los demás equipos.

➔ **Cableado**

Por lo que respecta al tipo de cables a utilizar, se emplearán como conductores cables aislados, admitiéndose como únicas excepciones las indicadas en la ITC 09.0-02, apartado 2.2.1.1 del R.G.N.B.S.M. (conductores de protección y puesta a tierra; conductores alojados en envolventes con grado de protección igual o mayor que IP 2 XX; los empleados en la pega eléctrica (empalmes de detonadores) y los indicados en la instrucción MIBT 033, Soldadura, del Reglamento para Baja Tensión.

Los cables que se usen en las canalizaciones de interior estarán fabricados con arreglo a las Normas UNE que correspondan o sus equivalentes para cables de mina, cumpliendo la condición de «no propagadores de la llama» (UNE 20 432-82, Parte 1). En una ITC al respecto se determinarán los casos en que los cables deberán satisfacer la condición de «no propagadores del incendio» (UNE 20.427-81) o de «resistentes al fuego» (UNE 20.431-82).



Figura 1.9: Composición de los cables resistentes al fuego

Los cables para transporte de energía e instalaciones de alumbrado se clasifican en:

- Cables rígidos armados (UNE 22.511) para empleo en instalaciones fijas.
- Cables flexibles armados (UNE 22.512) para alimentación de máquinas y aparatos fijos, semifijos, semimóviles y móviles.
- Cables flexibles (UNE 22.513) alimentación de todo tipo de máquinas y aparatos.

La citada ITC 09.0.02 especifica las condiciones que debe tener el cableado relativas a:

- Conductores de protección.
- Intensidades máximas admisibles.
- Protección contra sobrecargas.
- Caídas de tensión.
- Protección de los cables frente a daños mecánicos.

Por lo que respecta a acometidas, derivaciones y empalmes se emplearán únicamente accesorios, materiales y sistemas, de acuerdo con las Normas UNE correspondientes y, en todo caso, debidamente homologados. En dichas homologaciones se indicarán las prescripciones para su ejecución y montaje

Las protecciones contra contactos indirectos cumplirán la condición de que el potencial de una masa cualquiera de una instalación eléctrica no sobrepasará el valor eficaz de 50 V, con relación a tierra o a otra masa simultáneamente accesible en ningún instante incluidos intervalos transitorios asociados a la elevación de tensión de las masas.

Sistemas de protección admitidos son los siguientes:

- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad (apartado 5), que no sobrepasarán el valor eficaz de: -24 V cuando alguna máquina, perteneciente a la instalación, tuviera que trabajar en un emplazamiento mojado (ITC 09.0.01). -50 V en todos los demás casos.
- Recubrimiento de las masas con aislamiento de protección: el empleo de este sistema está limitado a los aparatos instalados en «locales de servicio eléctrico cerrados» o en otros lugares en los que el riesgo de deterioro de dicho aislamiento de protección sea prácticamente imposible y, en todo caso, fácilmente visible.
- Conexiones equipotenciales asociadas a puesta a tierra de las masas y a dispositivos de corte automático

Para evitar los efectos perjudiciales de las sobretensiones de origen atmosférico se tomarán las siguientes medidas:

- Las acometidas a las instalaciones de interior estarán provistas de descargadores situados en el exterior, a menos de 30 metros del paso de línea aérea a cables y con puesta a tierra independiente de cualquier otra.
- Los elementos conductores (carriles, tuberías, etc.) instalados en galerías a una distancia menor de 1.000 metros de cualquier acceso al túnel se conectarán eléctricamente entre sí al menos cada 200 metros. Cuando existan instalaciones eléctricas, dicha conexión incluirá también a los conductores desnudos de protección (si los hubiera).

Se prescribe el uso de Pequeñas Tensiones de Seguridad para:

- Lámparas portátiles (con tensión igual o inferior a 24 V, en todo caso).
- Circuitos de mando portátiles.
- Aparatos portátiles que sea preciso utilizar en emplazamientos mojados (ITC 09.0.01).

Siendo su valor 24V para locales mojados y 50V el resto.

1.2.3. Elementos de la instalación a inspeccionar.

- Circuitos críticos de ventilación y galerías de evacuación instalados con cables resistentes al fuego según UNE 50200.

- Circuitos no críticos instalados con cableado libre de halógenos, no propagador de incendios y con baja emisión de humos y gases tóxicos según UNE 50266, UNE 50267, UNE 50268.
- Existencia de alumbrado de seguridad con soporte de grupo electrógeno y S.A.I.
- Existencia de alumbrado de emergencia con batería propia y circuito eléctrico independiente. Cableado resistente al fuego según UNE 50200.
- Régimen de neutro TN (puesta a neutro de las masas) para todos los equipos existentes en el propio túnel.
- Régimen de neutro IT (neutro aislado o impedante) para los equipos situados en locales técnicos (como ventiladores) en caso de transformadores independientes.

En túneles con atmósfera potencialmente explosiva, la protección eléctrica de los cables flexibles deberá ser expresamente autorizada. En la citada situación anterior solamente se admitirían conectores y prolongadores que cumplan con la norma UNE correspondiente.

En el anexo 1.2.3 se recoge una propuesta de puntos de comprobación.

1.2.4. Esquema básico de distribución en B.T.

Posibilidad de alimentar la red (o parte de ella) del túnel por un grupo electrógeno (red de socorro) en caso de fallo de la red prioritaria. SAI para mantener los equipos críticos.

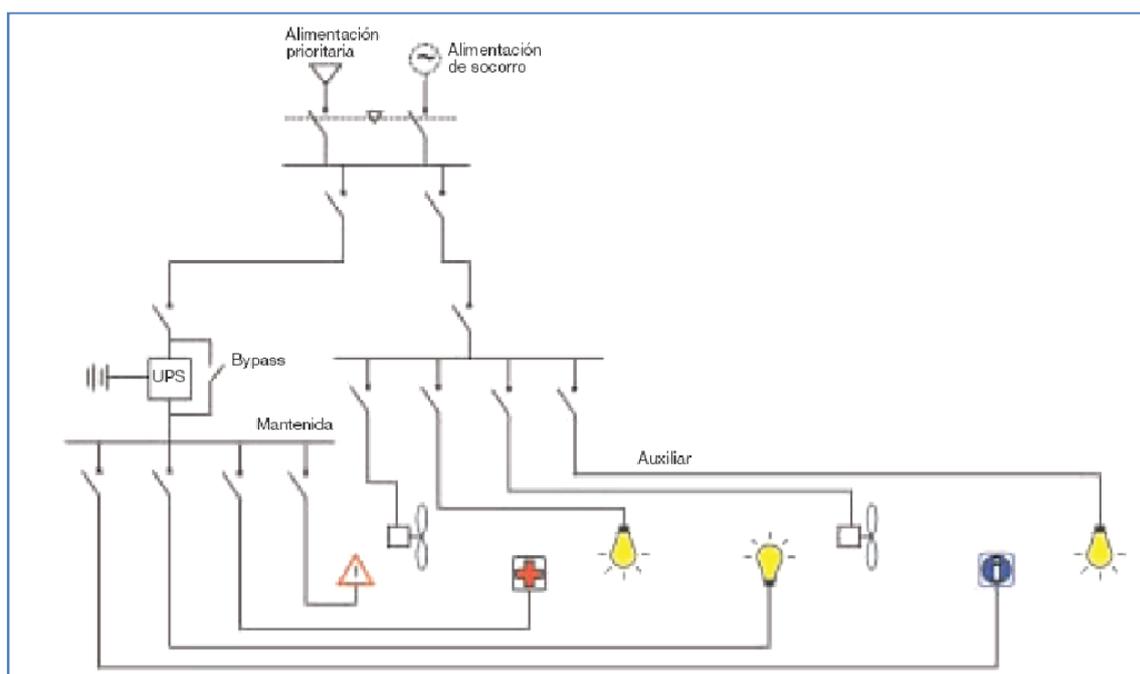


Figura 1.10: Esquema de Distribución en Baja Tensión

I.3. SALAS DE COMPRESORES Y LÍNEAS DE AIRE COMPRIMIDO

I.3.1. Prescripciones Normativas Aplicables

- R.D.2060/2008: Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

I.3.2. Niveles de inspección y periodicidad de las inspecciones.

Los equipos a presión se clasificarán por categorías, conforme al anexo II del RD 769/1999, en función del grado creciente de peligrosidad. A efectos de dicha clasificación, los fluidos se dividirán en dos grupos:

En el grupo 1 se incluyen los fluidos peligrosos. Por fluido peligroso se entiende una sustancia o un preparado conforme a las definiciones del apartado 2 del artículo 2 de la Directiva 67/548/CEE, del Consejo, de 27 de junio, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas traspuesta mediante Real Decreto 2216//1985, de 25 de octubre.

En el grupo 2 se incluyen todos los demás fluidos no contemplados en el 1.

Los grados de peligrosidad se determinan en gráficas P-V donde cada zona está acotada en función del producto P.V.

En función del grado y del grupo se establecen las periodicidades de los tres niveles de inspección A, B y C.

Nivel de inspección	AGENTE Y PERIODICIDAD		
	Categoría del equipo y grupo de fluido		
	I-2 y II-2	I-1, II-1, III-2 y IV-2	III-1 y IV-1
Nivel A	Empresa instaladora 4 años	Empresa instaladora 3 años	Empresa instaladora 2 años
Nivel B	O.C.A. 8 años	O.C.A. 6 años	O.C.A. 4 años
Nivel C	No obligatorio	O.C.A. 12 años	O.C.A. 12 años

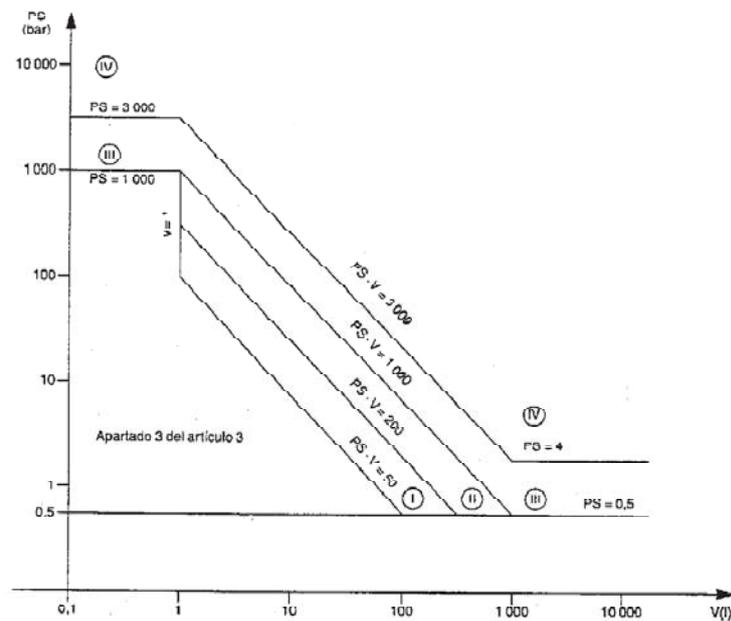


Figura 1.11: Categorías de los equipos de extinción

Los extintores de incendios, como excepción, se someterán exclusivamente a las pruebas de NIVEL C cada cinco años por empresas mantenedoras autorizadas por el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre y tendrán una vida útil de veinte años a partir de la fecha de fabricación.

Los recipientes de aire comprimido cuyo producto de la presión máxima de servicio en bar por el volumen en litros sea menor de 5.000 podrán realizarse por las empresas instaladoras de equipos a presión.

Nivel A: Inspección en servicio. Consistirá, al menos, en una comprobación de la documentación de los equipos a presión y en una completa inspección visual de todas las partes sometidas a presión, accesorios de seguridad, dispositivos de control y condiciones reglamentarias, no siendo necesario retirar el calorífugado de los equipos. Si de esta inspección resultase que existen motivos razonables que puedan suponer un deterioro de la instalación, se realizará a continuación una inspección de nivel B por un organismo de control autorizado. Las inspecciones de nivel A serán realizadas por empresas instaladoras de equipos a presión de la categoría correspondiente a la instalación o el fabricante o el usuario, si acreditan disponer de los medios técnicos y humanos que se determinan en el anexo I para las empresas instaladoras, no siendo necesario poner fuera de servicio el equipo o instalación a inspeccionar.

Nivel B: Inspección fuera de servicio. Consistirá, como mínimo, en una comprobación de nivel A y en una inspección visual de todas las zonas sometidas a mayores esfuerzos y a mayor corrosión, comprobación de espesores, comprobación y prueba de los accesorios de seguridad y aquellos ensayos no destructivos que se consideren necesarios. Deberán tenerse

en cuenta los criterios de diseño de aquellos equipos a presión que puedan presentar fluencia lenta, fatiga o corrosión, según lo indicado en los apartados 2.2.3 y 2.2.4 del anexo I del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo. En los equipos o tuberías que dispongan de calorífugado no será necesario retirarlo completamente, siendo suficiente seleccionar los puntos que puedan presentar mayores problemas (corrosión interior o exterior, erosión,...) para realizar las correspondientes aberturas de comprobación. Las inspecciones de nivel B serán realizadas por los organismos de control autorizados, debiendo ponerse fuera de servicio el equipo a presión o instalación a inspeccionar. En el caso de tuberías, la inspección podrá realizarse sin dejar la instalación fuera de servicio, si pueden realizarse las pruebas indicadas.

Nivel C: Inspección fuera de servicio con prueba de presión. Consistirá, como mínimo, en una inspección de nivel B además de una prueba de presión hidrostática, en las condiciones y presiones iguales a las de la primera prueba, o la indicada en el etiquetado expresado en el apartado 3.3 del anexo I del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, o cualquier prueba especial sustitutiva de ésta que haya sido expresamente indicada por el fabricante en sus instrucciones o previamente autorizada por el órgano competente de la comunidad autónoma correspondiente al emplazamiento del equipo o instalación.

1.3.3. Elementos a inspeccionar en las instalaciones.

Todos los equipos a presión de las instalaciones que estén sujetos a inspecciones periódicas deberán disponer de una placa realizada con materiales duraderos, en la que se indique el número de identificación otorgado por el órgano competente de la comunidad autónoma, la presión máxima de servicio de la instalación, la presión de prueba del equipo o conjunto, su categoría y grupo, así como las fechas de realización de las inspecciones, el nivel de inspección realizado y el sello de la entidad responsable de la inspección.

Las placas serán legibles e irán colocadas en un lugar visible del equipo o conjunto.

Las placas serán facilitadas por el órgano competente de la comunidad autónoma, tras la presentación de la correspondiente documentación de la instalación o del equipo que se indica en los apartados anteriores. Cuando los equipos dispongan de placa, si se produce un cambio de emplazamiento a otra comunidad autónoma, ésta decidirá si la mantiene o le otorga una nueva.

Órgano competente de la comunidad autónoma			
Nº Identificación		<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Fecha de instalación		<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Presión máx. de servicio [bar]		<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Fecha	Nivel/Sello	Fecha	Nivel/Sello
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Presión de prueba (bar)	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Categoría y Grupo	<input style="width: 50%;" type="text"/> <input style="width: 50%;" type="text"/>

Nº Identificación	El número otorgado por el órgano competente de la comunidad autónoma.
Fecha de instalación	Fecha del certificado de instalación
Presión máx. de servicio	La presión máxima de servicio de la instalación.
Fecha	La primera fecha corresponderá a la de fabricación del equipo a presión o conjunto. Las siguientes fechas serán las de realización de las correspondientes inspecciones periódicas de nivel B y C.
Nivel / sello:	Indicación del nivel de inspección B o C según el anexo III y el punzón del organismo de control autorizado que realice la inspección periódica.
Presión de prueba	La presión de la prueba hidrostática del equipo a presión o conjunto.
Categoría y grupo	Categoría del aparato, equipo a presión o conjunto y grupo de fluido, de acuerdo con el Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo.

Figura 1.12: Placa de inspección

Aparte del Mantenimiento Preventivo, todo dispositivo compresor seguirá un programa de pruebas periódicas, acorde a lo especificado en la ITC-MIE-AP17 del Reglamento de Aparatos a Presión, tal que cada 10 años se realizará:

Inspección visual exterior.

Inspección visual interior.

Prueba de presión: se efectuará una prueba a 1.5 veces la presión de diseño. Para la realización de esta prueba se contará con la presencia de un Organismo de Control Autorizado (O.C.A.), que levantará acta sobre la realización de las pruebas, entregando una copia al órgano Competente de la Administración, otra copia al usuario del aparato, y quedando también una copia en poder del O.C.A. emisor de la misma.

Los dispositivos compresores serán instalados preferentemente en casetas o habitáculos contruidos para tal fin, donde únicamente estará presente este equipo.

Se desaconseja su instalación directamente en zonas con elevada proximidad humana, utilización de inflamables, utilización de gases comprimidos (acetileno, hidrógeno, propano, oxígeno, óxido nitroso, etc...). Se desaconseja especialmente su emplazamiento en locales que el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión califique como locales mojados, o como locales húmedos (véase MIE BT 027).

En ningún caso debe emplazarse dispositivos compresores en pasillos, cuartos de baño, locales de uso administrativo, aulas, áreas de descanso, salas de maquinaria de dispositivos elevadores, casetas de gases, zonas de almacenado de productos químicos, es decir, locales donde generen un riesgo añadido e innecesario [atención: en el caso de que el compresor funcionase con motor de explosión, el combustible destinado a hacer funcionar el equipo no debe almacenarse junto al mismo, sino en un lugar apartado]. Bajo ningún concepto se emplazará en locales que el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión califique como locales con riesgo de incendio o explosión el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión califique como locales (véase MIE BT 026).

En cualquier caso, se respetará las siguientes distancias mínimas: A tabiques medianeros: 0,7 m. A paredes exteriores y pilares: 1,0 m.

En el anexo 1.3.3 se recoge una propuesta de puntos de comprobación.

I.4. INSTALACIONES DE CONTROL Y COMUNICACIONES

I.4.1. Prescripciones Normativas Aplicables

- R.D.635/2006: Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- R.D.863/1985. Reglamento general de normas básicas de seguridad minera.
- R.D.1389/1997. Disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

I.4.2. Principios básicos de seguridad en el diseño.

En el artículo 6 del RD1389/1997 se establece la necesidad de implantación de Sistemas de comunicación, alerta y alarma.

Concretamente se especifica que el empresario deberá tomar las medidas necesarias para proporcionar los sistemas de alarma y otros medios de comunicación precisos que

permitan, cuando sea necesario, la inmediata puesta en marcha de las operaciones de socorro, evacuación y salvamento.

Adicionalmente, en el anexo del citado RD1389/1997 también se prescribe la necesidad de implantar un sistema de control de presencia en el interior del túnel. Este sistema deberá disponerse de un sistema organizativo para conocer en todo momento las personas que se encuentran en el interior.

Por otra parte el RD863/1985 reglamento general de normas básicas de seguridad minera establece en la ITC 09.0.02 (prescripciones generales de labores de interior) que las subestaciones de transformación y distribución estarán enlazadas telefónicamente o por otro medio de comunicación con todas las precedentes desde las cuales se les pueda cortar el suministro de energía.

Finalmente la ITC 09.0.18 del citado reglamento tiene por objeto fijar las prescripciones generales que se deben aplicar en las instalaciones de comunicación y de señalización, sin perjuicio de otros condicionantes derivados de la anteriormente referenciada ITC 09.0-02.

En el anexo 1.4.2 se recogen los puntos de comprobación que la citada ITC especifica.

La ITC 04.8.01 del R.G.N.B.S.M. también especifica que sin perjuicio de los controles que lleve a cabo la autoridad competente, las empresas realizarán sus propias mediciones de control ambiental con la periodicidad especificada y cuyos resultados quedarán debidamente registrados. Para ello las Empresas utilizarán aparatos del tipo autorizado, así como de laboratorios homologados.

Igualmente el RD1389/1997 expone que cuando las sustancias nocivas se acumulen o puedan acumularse en la atmósfera, deberán adoptarse las medidas necesarias para: suprimirlas en origen o extraerlas en origen o eliminarlas o, cuando resulte imposible la adopción de las medidas anteriores, diluir las acumulaciones de dichas sustancias, de forma que no exista riesgo para los trabajadores.

El sistema de control ambiental deberá ser capaz de dispersar dichas atmósferas nocivas de manera que no haya riesgo para los trabajadores.

Capítulo 2

VENTILACIÓN Y

CONTROL AMBIENTAL

2. VENTILACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

2.1. EL PROYECTO DE VENTILACIÓN

La información presentada en cualquier proyecto de ventilación debe ser lo suficientemente detallada para que el lector o revisor comprenda totalmente la naturaleza y extensión del proyecto propuesto, a fin de contar con los detalles suficientes que permitan una adecuada evaluación.

Los planos y mapas que se presenten, deben ir ubicados dentro del informe, de manera que el acceso a ellos sea fácil, y a una escala adecuada. Puede presentarse una copia reducida que se incluya dentro del capítulo de descripción, adjuntando en el apéndice los planos a tamaño original.

El nivel de profundidad con que se debe desarrollar cada tema dependerá de la etapa en que se encuentre, de la magnitud del proyecto, y de su nivel de complejidad.

La descripción del proyecto proporciona la base sobre la cual se lleva a cabo la revisión de las normas que protegen la salud de los trabajadores, las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones subterráneas y la continuidad de sus procesos. Por tanto, se debe incluir una descripción completa y detallada del sistema de ventilación propuesto, basado en la experiencia y en los estudios realizados.

La descripción del mismo debe incluir un detalle resumido del método de trabajo y de los equipos necesarios. Normalmente, es una parte del Proyecto de Obra/Explotación y en tal caso, en términos generales, la descripción deberá contener la siguiente información:

- Nombre de la explotación / obra subterránea.
- Localización geográfica.
- Nombre y ubicación de las concesiones mineras que amparan los lugares de trabajo, cuando corresponda.
- Nombre del propietario y representante legal de la empresa.
- Métodos de trabajo proyectados y sus parámetros principales.
- Titulados que firman el proyecto y profesional responsable de la obra/explotación.

En el mismo, se debe calcular el caudal de aire requerido, considerando los siguientes parámetros:

- Velocidad del aire a la entrada del túnel o galería subterránea.
- Caudal de aire para el trabajo con equipos Diesel.
- Caudal de aire para el personal encargado de los trabajos.
- Caudal de aire necesario para diluir o remover los gases y el polvo generados en los trabajos realizados.
- Caudal de aire adecuado para la refrigeración, entre otras necesidades.

Se deben calcular también las pérdidas de carga del circuito de ventilación, es decir aquellas que se originan a causa de la fricción y del choque del fluido con las paredes del circuito de ventilación.

Se debe de elaborar un plano detallado de la infraestructura subterránea, indicando los sectores en que serán ubicados los equipos, así como una relación de los mismos.

Se realizará un cálculo del caudal de aire parcial para cada una de las operaciones individuales a realizar en la obra subterránea:

- Perforación.
- Carga de explosivos y trabajos varios en el interior de la infraestructura.
- Voladuras de avance de galerías o de producción de mineral.
- Caudal requerido para la carga y transporte del material.

En el cálculo de los caudales se considerarán las pérdidas, con las siguientes restricciones físicas:

- Distancia a recorrer por los equipos de carga y transporte hasta la labor.
- Longitud del conducto de ventilación.
- Generación de gases y polvos en suspensión en la atmósfera subterránea.
- Daños potenciales de la voladura y otras actividades.

Asimismo en el referido cálculo, se tendrán consideraciones como:

- Que los conductos y ventiladores se deben calcular de manera que estos últimos se diseñen con la suficiente potencia para producir el caudal requerido.
- Se señalarán las direcciones preferentes del flujo de aire tanto aspirado como soplante.

Por último, y teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, se determinará la potencia y eficiencia de los ventiladores.

En el anexo 2.1 de la presente guía se adjunta el índice de contenidos de un proyecto de ventilación tipo

2.2. VENTILADORES

2.2.1. Tipos de ventiladores

→ Ventiladores principales

El ventilador principal es una máquina que produce en el circuito de ventilación un incremento de presión igual a la pérdida de carga que experimenta el flujo de aire al recorrer la infraestructura subterránea, generando caudal de aire que pueda alimentar a instalaciones de ventilación en fondo de saco.

Este tipo de ventiladores únicamente se instalan en obras subterráneas complejas y en explotaciones mineras, siendo obligatorios de acuerdo a las prescripciones normativas establecidas.

Tipos de ventiladores principales

Se distinguen en la actualidad dos tipos fundamentales de ventiladores:

- *Ventiladores centrífugos*: en ellos el aire entra por un oído central y es impulsado por centrifugación a través de una rueda de álabes, de donde se transfiere a un cuerpo en forma de caracol, llamado voluta, cuya sección va creciendo hasta alcanzar el orificio de salida en la zona llamada difusor.

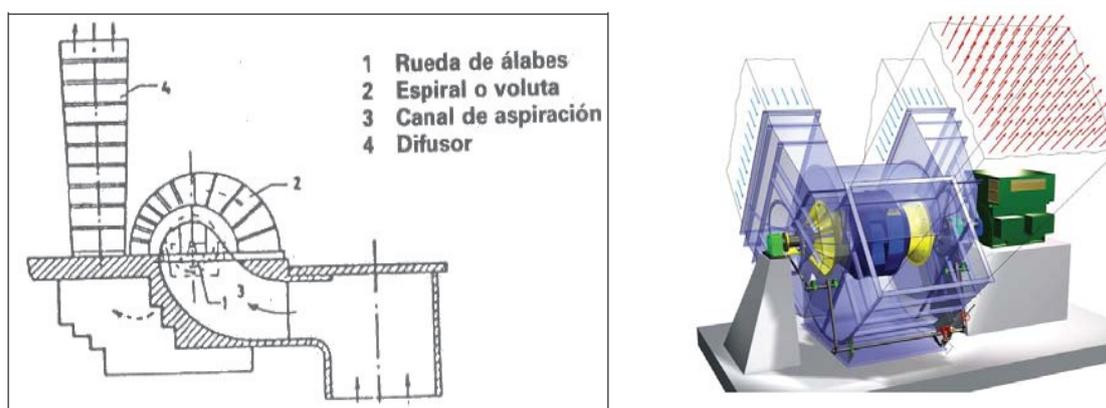


Figura 2.1: Esquema de un ventilador centrífugo

- *Ventiladores helicoidales/axiales*: los cuales están formados por un conducto cilíndrico, una hélice constituida por un cierto número de paletas fijadas sobre un cubo o haciendo cuerpo con él. El aire entra y sale paralelamente a la máquina y su funcionamiento puede asimilarse al de una tuerca y tornillo.

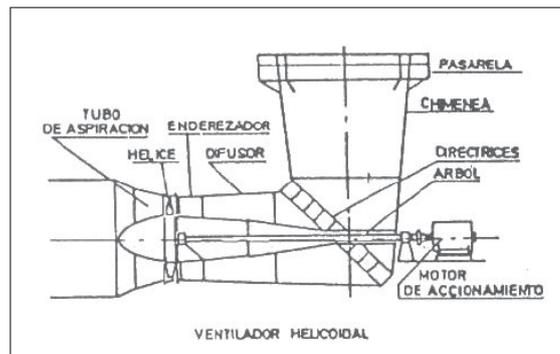


Figura 2.2: Esquema de un ventilador helicoidal

La mayor parte de los ventiladores modernos son de tipo helicoidal (o axial).

Como formas constructivas de estos tipos de ventiladores se pueden distinguir:

- Ventiladores de construcción horizontal con rodete colocado en el eje motor.
- Ventiladores en construcción horizontal con motor en el exterior, con transmisión cardan entre motor y rodete.
- Ventiladores en construcción horizontal con motor eléctrico antideflagrante.
- Ventiladores en construcción horizontal con difusor vertical.
- Ventiladores en construcción vertical.

→ Ventiladores secundarios

Son aquellos que se montan para la ventilación de túneles y galerías en construcción (fondo de saco), los cuales toman el aire limpio procedente de la atmósfera exterior o del circuito de ventilación principal. Normalmente son del tipo axial y constan de un conducto cilíndrico, una hélice constituida por un cierto número de paletas fijadas sobre un cubo o haciendo cuerpo con él. El aire entra y sale paralelamente a la máquina.

La forma constructiva más habitual de este tipo de ventiladores es la construcción horizontal con el rodete colocado en el eje motor.

2.2.2. Características técnicas

→ Curva característica del ventilador

Para un ventilador que trabaja con unos valores determinados de sus parámetros de regulación, tales como revoluciones, ángulo de paletas u otros, existe una relación entre el caudal que lo atraviesa y la elevación de presión que genera entre su aspiración y su impulsión, que se denomina curva característica del ventilador.

El aspecto que presenta, en principio para un ventilador axial, es el de la siguiente figura:

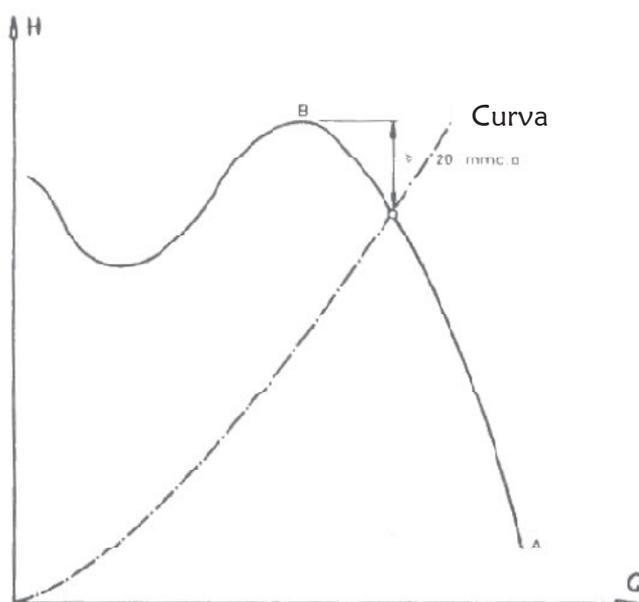


Figura 2.3: Curva característica de un ventilador axial

En el tramo AB de la curva, el ventilador trabaja de forma estable. Su sección con la curva de la infraestructura subterránea es tal que siempre se alcanza el punto de equilibrio.

El punto B se denomina punto de bombeo y es peligroso superarlo, ya que en tal caso el ventilador entra en régimen inestable, se producen fuertes vibraciones y termina destruyendo el rodete (fallo de rodamientos, rotura de paletas u otros). La curva de la infraestructura subterránea debe cortar a la del ventilador con un margen de al menos unos 20 mm.c.a., para evitar entrar en esa zona en caso de anomalía.

El punto de bombeo es un dato que debe ser conocido por los responsables de la obra/explotación y para ello debe medirse, puesto que la experiencia dice que su valor de catálogo desciende con el uso del ventilador, incluso cuando se cumplía en el origen de la obra. Debe ser un valor a especificar al constructor del ventilador y que éste debe garantizar.

2.2.3. Parámetros de control

→ Regulación de los ventiladores axiales

La posibilidad de regulación del ventilador es importante, al objeto de disponer de una gama de curvas características y adaptarse en cada caso a la más conveniente.

Existen dos métodos generalizados de regulación en los ventiladores axiales:

- Regulación de la velocidad de rotación.
- Regulación por modificación del ángulo de las paletas.

En la siguiente figura se representa la modificación de las curvas del ventilador en cada caso:

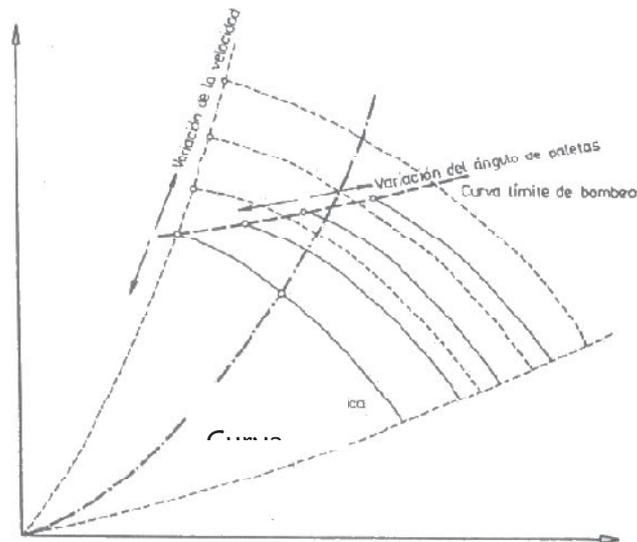


Figura 2.4: Variación de la curva

Se observa que, al variar la velocidad de rotación los puntos de la curva se desplazan aproximadamente sobre una parábola, lo cual es importante, ya que de esta forma al aumentar la velocidad, el ventilador no entrará en zona de bombeo y se mantendrá el rendimiento del equipo.

Sin embargo, si se aumenta el ángulo de orientación las paletas, el ventilador puede entrar en la referida zona de bombeo.

Las formas normales de conseguir esta variación son:

- Utilizando un motor eléctrico con doble número de pares de polos.

- Utilizando un motor auxiliar de menor número de revoluciones y un acoplamiento adecuado que solo “embraga” el eje cuando actúa el ventilador auxiliar.

Según la regulación del ángulo de paletas, que es la más frecuente y además puede complementarse con la anterior, ésta puede realizarse de las siguientes formas:

- *Regulación individual:* paleta por paleta. Requiere parar el ventilador ocupando normalmente varias horas. Debido al uso y la suciedad, la operación suele ser complicada. Válida sólo para regulaciones esporádicas y ventiladores pequeños.
- *Regulación central:* paletas en bloque, con el ventilador parado, desde el exterior. Es el mejor sistema para ventiladores con caudales nominales entre 30 y 100 m³/s. La regulación puede efectuarse en unos 5 ó 10 minutos lo cual la hace muy recomendable.
- *Regulación hidráulica:* paletas en marcha. Es el más perfecto, pero debe justificarse su necesidad. El conjunto de paletas cambian su ángulo de ataque al mismo tiempo, mediante un mecanismo accionado por motor hidráulico, siendo necesario en casos de regulación automática de la ventilación y justificable solo en ventiladores de gran caudal.

→ Elementos de control

Se pueden distinguir los siguientes elementos de control:

- Control de nivel de aceite en soporte rodete.
- Detectores de temperatura en rodamientos.
- Control de vibraciones.
- Indicadores y registradores de caudal y presión.
- Detectores del punto de bombeo.

→ Elementos de cierre

Guillotina: componente cuya plancha de cierre se desplaza sobre guías perfiladas y es accionada por un cabrestante eléctrico de seguridad con dispositivo de maniobra manual de emergencia.

Chapaleta: elemento a ser instalado en la apertura de soplado del difusor y cuyo accionamiento se realiza por medio de un cilindro eléctrico. El apoyo del eje basculante se hace sobre rodamientos antifricción.

Válvula de lamas: accionamiento por motorreductor con finales de carrera.

→ Accesorios

- Amortiguadores de ruido.
- Equipos de medida.
- Bifurcaciones.
- Codos deflectores.
- Desviaciones.
- Protecciones.
- Registros.
- Conexiones a pozo.

2.3. CIRCUITOS DE VENTILACIÓN

Las diferencias entre la ventilación de un túnel o galería en fase de construcción y en fase de explotación vienen dadas, de una parte, por la mayor emisión de contaminantes que se tiene en la construcción, principalmente en la pequeña zona del frente de avance, que es además donde suele concentrarse el personal. También debe tenerse en cuenta que, mientras que el usuario de un túnel se encontrará en su interior durante sólo unos minutos, los operarios de construcción se verán sometidos a la acción de los contaminantes presentes en la atmósfera durante toda su jornada laboral.

El sistema de ventilación de un túnel en operación se instalará de forma permanente, mientras que durante la construcción el sistema de ventilación deberá ir adaptándose a los cambios que se vayan produciendo al ir avanzando el proyecto, así como a los cambios que se dan a lo largo de una jornada, pues existen causas contaminantes que se localizan en el tiempo, como el disparo de las voladuras, que generan una gran cantidad de gases tóxicos y polvo, mientras que otras tienen un carácter más continuo, como la emisión de gases contaminantes de los motores diesel, el polvo producido por las máquinas rozadoras, o la proyección del hormigón.

En cuanto a la instalación de los sistemas de ventilación, la diferencia principal entre las fases de operación y construcción de un túnel, es que en esta última suele encontrarse la labor subterránea con una sola entrada desde el exterior, es decir, la situación que habitualmente se designa como de fondo de saco. Por esto, el sistema de ventilación más común en esta fase de construcción es la que se obtiene asegurando una circulación de aire

desde la entrada de la labor hasta el frente por medio de una canalización o tubería en la que se hayan situado uno o varios ventiladores.

Por lo tanto, la ventilación es una corriente regular de aire respirable y suficiente, de acuerdo con las condiciones de trabajo y de la infraestructura subterránea, que circula por las labores subterráneas.

Tal como se ha descrito anteriormente, con la referida ventilación se persigue conseguir un caudal de aire en circulación necesario para:

- La respiración de las personas.
- La combustión en los motores de vehículos y maquinaria.
- La dilución de los gases nocivos.
- La eliminación de polvo en suspensión.
- La reducción de la temperatura.

Según los medios empleados se diferencia entre ventilación natural o artificial y en función de los circuitos de recorrido en el interior podrá ser del tipo primaria o secundaria.

2.3.1. Ventilación Natural

Es una corriente de aire generada por diferencias de temperatura y presión entre dos bocas (entrada y salida) típica de las minas de montaña y de túneles con pendiente pronunciada o que comunican caras opuestas de una montaña. En la construcción de infraestructuras subterráneas no se autoriza por ser una ventilación de caudal muy irregular y de difícil control.

2.3.2. Ventilación Artificial

Se consigue por empuje o aspiración de la masa aérea por medios mecánicos, ventiladores. Es la única ventilación autorizada en casi la totalidad de las labores de interior.

→ Ventilación principal

Es aquella que recorre las labores subterráneas con doble acceso de entrada y salida y es la generada por el ventilador principal.

El volumen de aire introducido en la infraestructura subterránea estará en relación con:

- Extensión de la obra subterránea.
- Número de personas en la ejecución de los trabajos.

- Maquinaria.
- Temperatura.
- Humedad.
- Emisión de polvo y sustancias peligrosas.

Para conseguir que el volumen de aire generado en cada labor subterránea sea proporcional a sus necesidades se utilizan como sistemas de control, puertas de ventilación, aumento del caudal de aire y ventiladores auxiliares.

→ Ventilación secundaria

Recorre las labores de un solo acceso, denominadas fondos de saco. Se obtiene por medios mecánicos, ventiladores axiales de un escalón, tamaño y peso moderados para su fácil transporte y manejo. Hay dos tipos de ventiladores a utilizar:

- *Eléctricos (electroventiladores)*: accionados por motores de 4 – 250 kW, de diámetros de 500 a 2500 mm, caudales de hasta 45 m³/s y presiones de 2000 mm de c.a. Son indicados para dar caudales relativamente altos en galerías de avance.
- *Neumáticos (turboventiladores)*: accionados por un turbomotor alimentado por aire comprimido (1,5 – 3,5 m³/min con 4 – 6 kp/cm²). Suelen tener diámetros de 150 – 600 mm, caudales de hasta 6,5 m³/s y presiones de 135 mm de c.a. Son indicados en labores que requieren caudales pequeños, como chimeneas, avances de galería en roca, con mucho grisú, etc.

La ventilación secundaria se puede clasificar en:

- Soplante.
- Aspirante.
- Mixta (soplante – aspirante).

Existen otros casos especiales cuando en el frente se disponen instalaciones de desempolvado y de climatización en los que pueden solaparse varias tuberías.

La ventilación secundaria se instalará en las labores que tengan las siguientes condiciones:

Lugar	Distancias mínimas al exterior o circuito de ventilación principal(m)	Condiciones
-------	---	-------------

Obras subterráneas con atmósferas potencialmente explosivas	6 m	Labores horizontales o descendentes
	4 m	Labores ascendentes
	15 m	Labores horizontales o descendentes
Otras Labores subterráneas	5 m	Labores ascendentes

También será necesaria en aquellas labores donde se superen las cifras admisibles del cuadro de gases y el porcentaje máximo admitido.

Existen 3 reglas para proponer la mejor ventilación secundaria:

1. Evitar las fugas de las tuberías. Para ello:

Utilizar juntas diseñadas para minimizar éstas, lo cual ha de hacerse compatible con la permanencia de la instalación, la longitud del fondo de saco y los cambios de dirección. Las juntas más estancas son las de brida y la junta de goma.

Utilizar tuberías resistentes a los golpes y desgarros cuando, por la escasez de sección, puedan ser alcanzadas por el material del transporte.

2. Evitar y corregir los desacoplamientos.

3. Realizar una buena instalación y conservación. Evitar las “chapuzas”.

La mejor instalación es la de uno o varios ventiladores situados en la cola de la tubería.

Cuando se escalonan los ventiladores, se producen fugas, que originan recirculaciones del aire, de forma que el tiempo de limpieza del fondo de saco aumenta mucho (esta segunda regla sólo se puede aplicar de manera efectiva cuando se cumpla también la primera).

Antes de iniciarse el avance del fondo de saco, debe calcularse la instalación de ventilación secundaria.

→ Ventilación soplante

Es la de instalación más sencilla, permitiendo el empleo de tuberías de lona, sin armadura y de fácil manejo, y siendo la más económica.

El flujo aire se conduce rápidamente desde el exterior hasta el frente más frío, controlando eficazmente la temperatura del frente de trabajo. Por otro lado, al conducirse todo el aire

de la instalación hacia el frente de trabajo, se crean en él buenas condiciones ambientales permitiendo prevenir polvo, gases y nieblas, siempre que la tubería esté bien instalada.

El mayor inconveniente que tiene este sistema está relacionado con los gases generados por la voladura, ya que retornan por la galería pudiendo ocasionar problemas al personal, sobre todo si el fondo de saco es largo. Esto se logra evitar realizando una buena instalación.

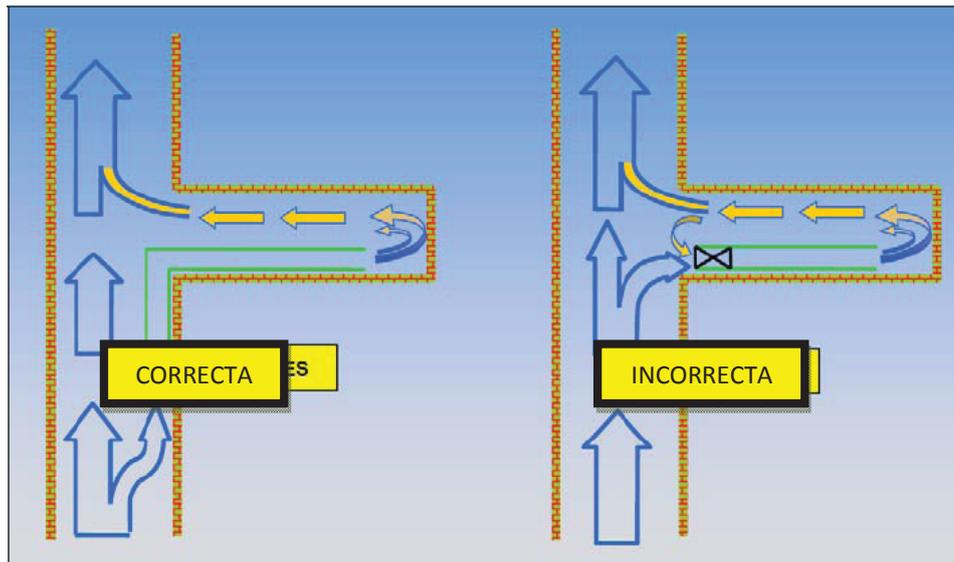


Figura 2.5: Esquema de instalación de ventilación soplante

→ Ventilación aspirante

En este tipo de ventilación el sentido de circulación del aire es contrario al descrito en el apartado anterior, es decir, el aire viciado sale del frente por la tubería de aspiración.

Presenta la ventaja, en situaciones de generación de elevadas cantidades de polvo en el frente, de una rápida dilución de los contaminantes existentes en la atmosfera del frente de trabajo.

Por el contrario, tiene la limitación de que se han de instalar tuberías de ventilación flexibles o rígidas armadas, y en algunos casos captadores de polvo.

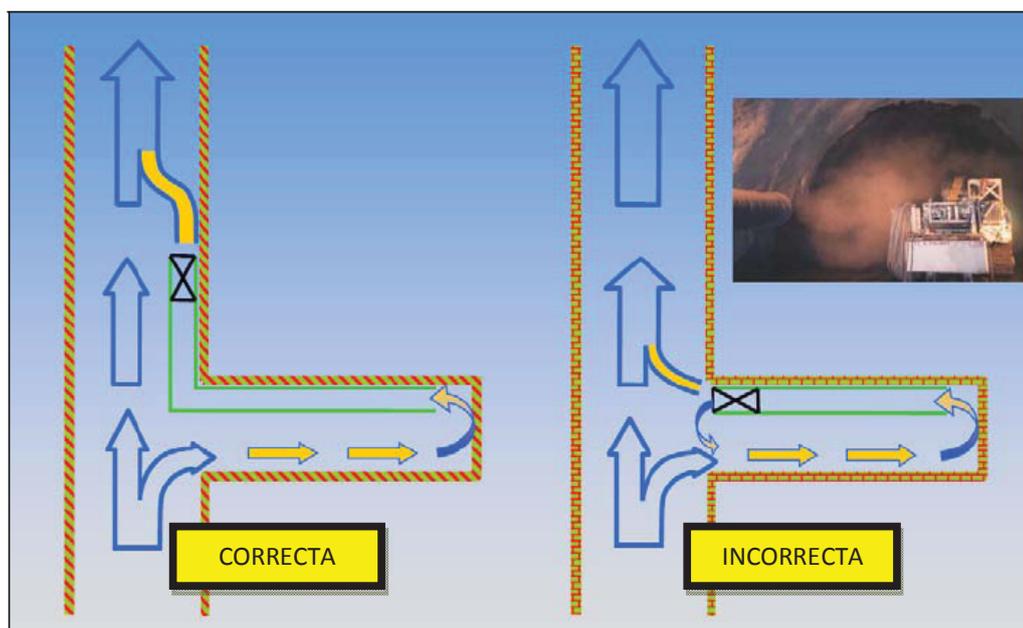


Figura 2.6: Esquema de instalación de ventilación aspirante

→ Ventilación mixta

Consiste en el uso de una ventilación soplante y de una aspirante en simultaneidad, tratándose de una instalación más compleja que las descritas anteriormente. Requiere tuberías rígidas, o si son de flexibles, que estén armadas con espiral de acero, lo cual implica un encarecimiento de la instalación.

Presenta el inconveniente de un difícil control de la temperatura en el frente ya que el aire entra muy lentamente y se calienta antes de llegar a éste.

Para controlar el polvo, gases y nieblas generados en las labores, en general el sistema mixto también es peor frente a otros métodos, ya que la instalación soplante del frente solo mueve una fracción del aire. Si la instalación de tuberías no es buena, su corta longitud garantiza siempre el movimiento de aire en el corte.

La mayor ventaja que presenta este método es su eficacia a la hora de controlar los gases de voladura (sobre todo si el fondo de saco es largo y la instalación no es buena), ya que los gases retornan por la tubería (salvo la parte que pueda recircular) evitando que el personal tenga que respirarlos.

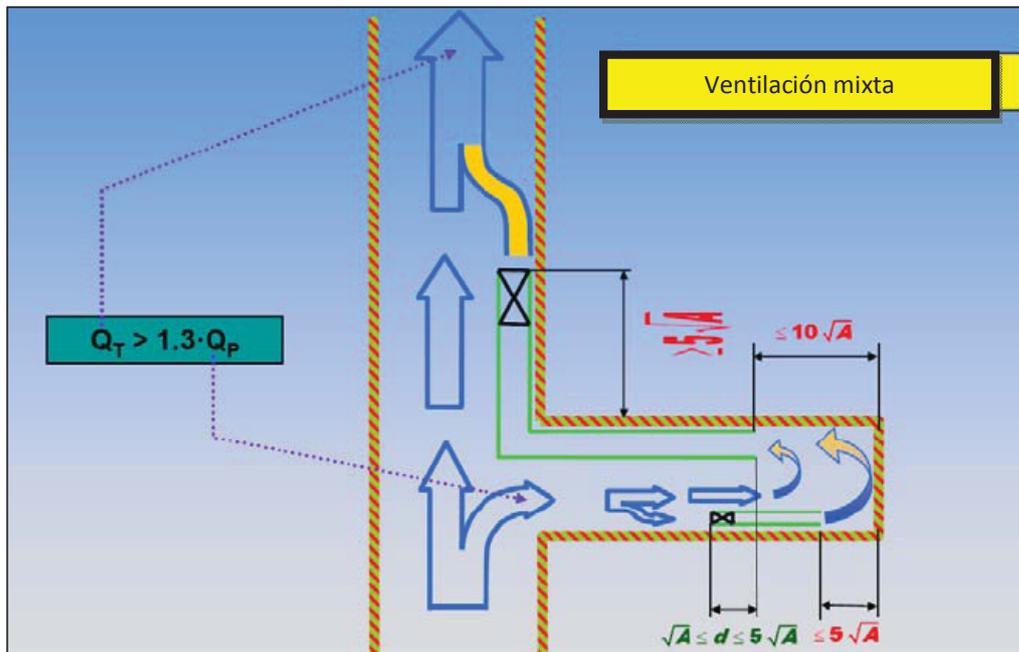


Figura 2.7: Esquema de instalación de ventilación mixta

→ Utilización de varios ventiladores

En la ejecución de túneles y galerías de gran longitud es necesario regular el caudal de aire en el frente de trabajo, ya que un valor excesivo provocará condiciones de trabajo molestas. Esto implica la sustitución de un ventilador de mayor potencia por dos más pequeños montándolos en serie, funcionando el segundo de ellos cuando se requiera.

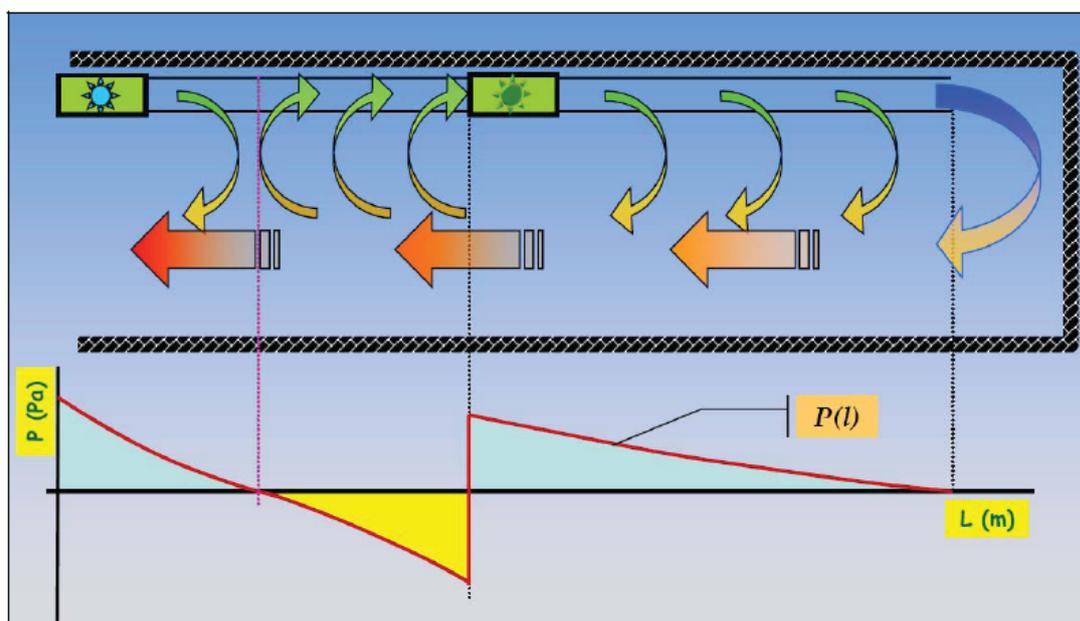


Figura 2.8: Instalación de ventilación con varios ventiladores

Si lo que se precisa es mayor caudal se podrán instalar ambos ventiladores en paralelo, debiéndose prestar especial atención a no alcanzar la zona de bombeo de funcionamiento de los ventiladores.

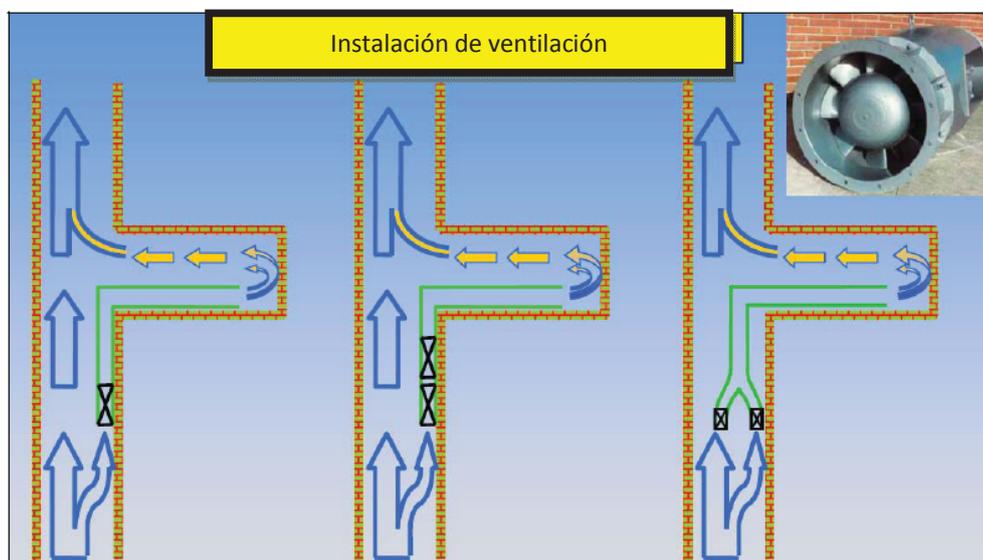


Figura 2.9: Configuraciones de instalaciones de ventilación

2.3.3. Uso de aire comprimido

El uso de ventiladores de aire comprimido para ventilar las labores horizontales se debe limitar a aquellas galerías de pequeña sección que por la falta de espacio físico no hacen posible los tendidos de tuberías de ventilación y para acelerar la salida de los gases en los sistemas aspirantes, instalando ventiladores en el extremo de la tubería de aire comprimido cercana a los frentes (zona muerta), siempre que no sea posible el uso de ventiladores eléctricos portátiles con manga lisa que impulse aire al frente de avance.

En las galerías en desarrollo donde se use ventilación auxiliar, el extremo de la tubería no deberá estar a más de 20 m del frente (ITC 05.0.03).

2.4. CONTROL DE LA VENTILACIÓN

2.4.1. Técnicas de control manual

Toda persona que dirige la ejecución de una obra subterránea se enfrenta, por lo general, a dos clases de problemas bastante importantes:

- La estimación y el control del flujo de ventilación con la que cuentan las diversas vías y frentes de trabajo.

- La búsqueda y estudio de soluciones que le permitan proveer una ventilación adecuada en todos los puntos de la red de ventilación y mantenerla.

La red de ventilación de la infraestructura subterránea se clasifica en:

- Vías de ventilación principal.
- Vías de ventilación secundaria.
- Vías de ventilación al ventilador principal.

Las medidas de ventilación se pueden clasificar en tres categorías diferentes, en cuanto a las condiciones de trabajo:

- Mediciones de ventilación en vías de ventilación principal.
- Medidas en canales de ventilación secundaria.
- Medidas en los ventiladores principales.

Las resistencias de las vías del circuito de ventilación pueden controlarse mediante aforos para el cálculo de caudales y por medio de mediciones de presión.

→ Instrumentos para la medición de velocidades

La velocidad del aire, es la propiedad física dinámica medida más frecuentemente. Esto se debe a que la velocidad del aire es de vital importancia en el cálculo del caudal de aire, la potencia del ventilador necesaria y rendimientos del ventilador; factores principales en el control de la ventilación.

No se puede medir directamente la velocidad del aire, sino que se miden los efectos físicos. En la actualidad hay disponibles numerosos instrumentos para determinar la velocidad del aire y se están desarrollando otros, basados en principios modernos y avanzados de medición electrónica. Estos instrumentos no estudian el aire o gas en movimiento sino los efectos que provocan, a partir de los cuales se conoce su velocidad.

Entre los efectos físicos que habitualmente se miden están:

- Efecto mecánico del aire sobre objetos en movimiento.
- Efecto de la presión producido por el aire en movimiento.
- Efecto de enfriamiento del aire en movimiento.

La mayoría de estos equipos se pueden utilizar en interior de minas y otras infraestructuras subterráneas, pero se debe comprobar si están protegidos para poder usarlos en atmósferas explosivas como las que se producen en la minería del carbón.

Algunos sólo pueden medir rangos estrechos de velocidades, pero sólo unos pocos se pueden usar en un rango amplio de velocidad de aire. Excepto los anemómetros de hilo caliente, todos los demás son sencillos y compactos.

La gama de velocidades a medir se extiende desde 6 m/min. (10 cm/s) hasta 1200 m/min. (20 m/s).

- **Tubos fumígenos**

El método del tubo fumígeno, basado en el efecto mecánico del aire en movimiento, normalmente se utiliza para determinar la presencia de aire en movimiento, la dirección de la corriente y la velocidad aproximada del flujo en mediciones de baja velocidad. El equipo consta de un tubo de cristal o plástico que contiene un producto capaz de producir humo.

Uno de los extremos del tubo se coloca en una bomba de aspiración de goma, y el otro se deja en contacto con la atmósfera. Durante la operación, se aprieta la bomba un número determinado de veces, haciendo que el tubo emita a la galería una nube de humo. Es recomendable mantener el tubo perpendicular al eje de la galería cuando se genera el humo, para evitar flujo inducido o mediciones poco precisas. La presencia y dirección del movimiento del aire, se conoce por el movimiento del humo, y la velocidad del aire se puede determinar midiendo el tiempo que tarda el humo en recorrer una distancia medida previamente. Puesto que la medición se realiza normalmente cerca del centro de la galería, donde la velocidad del aire es mayor, se debe aplicar un factor de corrección para calcular la velocidad media del aire.

Si se conoce el número de Reynolds, se puede calcular el factor de corrección, pero para trabajos aproximados se suele usar 0,8. Cuando no se utiliza el equipo, es aconsejable o bien tapar el tubo o bien desconectar el tubo y tapar ambos extremos.

- **Anemómetro de paletas**

El anemómetro de paletas, instrumento habitual para el trabajo general de ventilación, es el equipo clásico de medición por el efecto mecánico del aire en movimiento. Conocido habitualmente como anemómetro, es un pequeño instrumento en forma de molinillo, que consta de un número de paletas radiales.

Durante la medición se puede sujetar con la mano, pero es preferible montarlo en una varilla extensible y mantenerlo con las paletas orientadas perpendicularmente a la dirección del movimiento del aire. Las paletas giran a una velocidad proporcional a la velocidad del aire. Los primeros aparatos se valían del giro del rodete para producir una corriente

eléctrica. Los siguientes diseños se encaminaron hacia la eliminación del contacto físico directo con el rodete. El sensor detecta cambios de capacidad causada por el movimiento del rodete en una sonda fijada al cuerpo del aparato. Ello genera impulsos eléctricos proporcionales al giro del rodete. Los anemómetros digitales proporcionan la lectura de la velocidad del aire, por integración de la lectura en el tiempo, en función de distintos rangos de medición.

Estos anemómetros se utilizan principalmente para rangos de velocidad media y alta, y sólo son precisos en rangos muy estrechos de velocidad, por lo que para las mediciones rutinarias de ventilación en la mina, en un rango de velocidades amplio, se debe usar una gráfica de calibración, y así corregir las velocidades observadas.



Figura 2.10: Anemómetro de paletas

Para evaluar con precisión las medidas de velocidad es preciso conocer las técnicas de medición apropiadas y comprender la fuente y naturaleza de los errores inherentes al anemómetro de paletas.

Estos factores se clasifican en:

- Errores humanos.
- Errores debidos a la variación en la corriente de aire.

Los factores que puede controlar el operario son:

- Desalineación del equipo respecto a la dirección del flujo.
- Posición del cuerpo del operador respecto al equipo.

- Sujeción del equipo con la mano, durante las mediciones.
- Movimiento del aire inducido al trasladarse.

Los errores debidos a las dos primeras causas se pueden considerar despreciables.

Respecto a la sujeción del equipo con la mano, se ha comprobado que en secciones no mayores de 6 m² la velocidad aumenta un 15%; si se utilizan varillas extensibles, los errores debidos al cuerpo y a sujetarlo con la mano desaparecen.

Al trasladar un anemómetro de paletas, el movimiento del equipo induce un movimiento extraño del aire que puede provocar lecturas erróneas. Para minimizar estos errores, se recomienda desplazar el equipo con velocidad relativamente baja y uniforme (0,2 m/s).

Al comienzo de la medición, se requiere un tiempo para acelerar las paletas hasta que alcanzan la velocidad rotacional proporcional a la velocidad del aire. Si se hacen mediciones de al menos 1 minuto, este problema desaparece.

Los errores debidos a las variaciones en la corriente de aire aparecen como consecuencia de las diferencias de densidad y distribuciones no uniformes de la velocidad. La distribución de la velocidad no sólo varía a través del hueco minero, sino que también varía en la pequeña sección transversal del anemómetro. El análisis del problema demuestra que sólo se pueden obtener resultados precisos cuando la relación del área de la galería a la del anemómetro es superior a 6.

▪ Tubo de Pitot

El tubo de Pitot estático es un equipo muy usado para mediciones de altas velocidades en interior y en laboratorio. El equipo, basado en el efecto de la presión del aire en movimiento, consta de dos tubos concéntricos doblados en forma de L. El tubo interior está abierto por los dos extremos, mientras que el exterior está cerrado en un extremo, pero con pequeños orificios perforados a una pequeña distancia detrás de la parte delantera del tubo. Este se conecta a un manómetro de tres formas distintas, para efectuar las diferentes mediciones de presión. Durante las mediciones, el equipo se coloca enfrentado directamente a la corriente de aire y el efecto de la presión del aire empuja el fluido del manómetro. La diferencia en la altura en el fluido es una medida de la presión del aire.

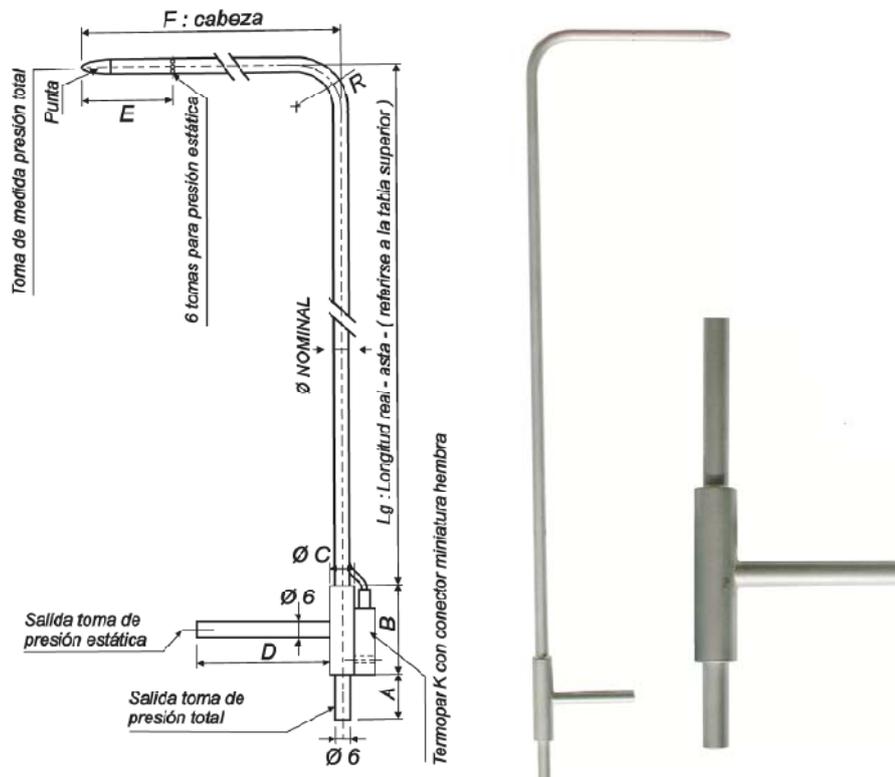


Figura 2.11: Tubo de Pitot en forma de L

Para las medidas de velocidad de aire, cada tubo se conecta a una de las ramas del manómetro en U. La lectura indicada es una medida de la presión dinámica H_v . La velocidad del aire se puede determinar a partir de monogramas que relacionan la presión dinámica con la velocidad, o aplicando la ecuación:

$$H_v = \frac{\gamma \cdot v^2}{2g}$$

Para obtener las velocidades medias a partir de una serie de mediciones con el tubo de Pitot, se debería calcular, primero la velocidad, analítica o gráficamente, y luego hallar la media de estos valores. Calcular la velocidad media, a partir de la media aritmética de las presiones dinámicas sería incorrecto, debido a que no hay una relación lineal entre la velocidad, y la presión dinámica, sin embargo este error es pequeño.

Para medir la presión total H_z , el tubo interior se conecta a una rama del manómetro y la otra se deja abierta a la atmósfera, esta disposición mide con precisión la presión total. Para medir la presión estática sólo se conecta el tubo exterior al manómetro puesto que los orificios del tubo exterior son perpendiculares a la dirección del flujo. Una forma más simple y precisa para medir la presión estática es conectando el tubo del manómetro directamente a un orificio en la pared del conducto.

El tubo de Pitot, al no tener partes móviles, es inherentemente preciso y fiable. Hay equipos disponibles muy precisos con errores inferiores al 1%. Sin embargo, tal precisión no está generalmente garantizada en las condiciones variables de la mina. Dado que la precisión del tubo de Pitot está limitada, en la práctica, por la sensibilidad del manómetro al que se conecta, el equipo se debe calibrar con ese manómetro. Para ejecutar mediciones más exactas, con pequeñas diferencias de presión, se utilizan los manómetros multiplicadores o microbarómetros, en estos la inclinación del tubo en U se modifica según un sector graduado, dando como resultado un incremento de la sensibilidad de medición, en función del ángulo abarcado.

El tubo de Pitot es sensible a la dirección, por lo que, para incrementar su precisión, hay que asegurar que su extremo está alineado con la dirección de la corriente.

- **Termoanemómetro y anemómetro de hilo caliente**

Hay varios tipos de anemómetros, particularmente diseñados para rangos bajos, que miden la velocidad del aire basándose en la velocidad a la que el calor es retirado de un elemento caliente situado en la corriente de ventilación.

El termoanemómetro consta de dos termómetros; el primero de ellos tiene un elemento que es calentado eléctricamente y que se encuentra conectado a una bola, mientras que el segundo es un termómetro convencional. Durante su utilización se sitúan ambos termómetros en la corriente de ventilación. La bola calentada se enfría y la diferencia de temperatura entre ambos termómetros se puede relacionar con la velocidad del aire, bien analíticamente o utilizando gráficos de conversión. Este equipo no es sensible a la dirección, ya que el elemento caliente suele tener forma cilíndrica. Los termoanemómetros se pueden utilizar en atmósferas explosivas siempre que la fuente de alimentación posea una tensión nominal inferior a 6 V.

El anemómetro de hilo caliente consta de un filamento de hilo de cobre montado en una sonda y alimentado con baterías. Ambos están conectados a un circuito de medida. Existen dos tipos de anemómetro de hilo caliente: en el primero de ellos la temperatura se mantiene constante variando la corriente suministrada al hilo, mientras que en el segundo tipo la corriente suministrada permanece constante mientras que la temperatura del hilo varía.



Figura 2.12: Anemómetro de hilo caliente

Los termoanemómetros y los anemómetros de hilo caliente son instrumentos muy precisos para velocidades de aire bajas, lo que les haría muy útiles para mediciones en tajos y grandes labores subterráneas. Sin embargo, los anemómetros disponibles comercialmente no son adecuados para trabajar en condiciones de interior y rara vez se utilizan, salvo para trabajos de precisión. Por otro lado, los anemómetros de hilo caliente, con el hilo caliente expuesto, no se pueden utilizar en atmósferas explosivas.

Observaciones

En el uso de estos anemómetros debe tenerse en cuenta la colocación de la persona que maneja el anemómetro y de las personas que pudieran acompañar a éste o personas que durante el trabajo del operador del anemómetro se acerquen a éste en la zona de medición.

Aguas arriba del anemómetro y siempre tomando como referencia el sentido de la ventilación, la presencia de personal en la zona de medición ocasiona errores positivos en la misma, mientras que aguas abajo del anemómetro se ocasiona un error negativo. Este error puede ser considerable: si el operador se halla a 1,5 m. del anemómetro puede ocasionar errores que oscilan entre un 2 y un 3%.

El anemómetro debe mantenerse plano (tanto como lo permitan las condiciones de la labor subterránea) y perpendicular a la dirección del flujo de aire; ello trae consigo la eliminación de errores por este concepto.

Por norma debe controlarse con frecuencia la tabla de corrección de los anemómetros. Para los de aleta, se recomienda hacer este chequeo cada 3 meses en un canal o tubería de ventilación debidamente instalados a tal efecto.

→ Método aproximado para la medición de velocidades

Consiste en utilizar un tubo de humo, el cual al ser abierto por ambos extremos produce un colchón de humos al bombear aire en su interior por medio de una pequeña bomba de caucho. Estos tubos tienen un coste relativamente bajo, si lo comparamos con el de un anemómetro de otro tipo, y se pueden utilizar para varias mediciones siempre que el operador acostumbre a colocarles tapones de plastilina por ambos extremos, después de cada medición.

El aire, al entrar en contacto con la sustancia interna del tubo, produce un humo blanco-azuloso que permite ver el movimiento laminar o turbulento del aire a lo largo del túnel.

Método de medida: Escoja un tramo recto de túnel o galería de 5 a 10 metros de longitud, mejor cinco metros. El tramo escogido se mide con un flexómetro (metro), marcando dos puntos I (inicial) y F (final) en la vía a una distancia establecida, en forma visible, con una tiza, sobre objetos salientes de la vía.

Procedimiento: Marcar con tiza o pintura, ya sea en la tubería de aire comprimido o la entibación de madera o metálica de la labor subterránea. Se establece la dirección inicial y final del fluido I (inicio): Salida del filete fluido. F (fin): Llegada del filete fluido.

En el punto I, un primer operador bombea aire al tubo de humo, como se dijo, con una pequeña bomba de goma o caucho y toma en el cronómetro o reloj la hora o tiempo de salida.

En el punto F, otro operario se coloca a favor de la dirección del aire, a un lado de la vía, sin oponerse al flujo, estando atento cuando vea llegar la primera capa de humo que bombeó el operario localizado en I. Cuando esto sucede, lo avisa mediante un grito “ya” para que el primer operario establezca el intervalo de tiempo transcurrido, o tiempo de llegada del humo de I a F. Lo que sigue es el cálculo numérico de la velocidad del aire. Se acostumbran hacer tres a cinco mediciones para establecer el tiempo promedio.

→ Medidas de presión

Las medidas de presión consisten en:

Medidas de presiones absolutas, que pueden servir para calcular pérdidas de carga. Cuando son necesarias para estimar el peso específico del aire, cuyo valor interviene en la corrección de las indicaciones de los anemómetros.

Medida de presiones diferenciales, utilizadas esencialmente para determinar las pérdidas de carga entre las extremidades de una vía de ventilación o un elemento de la vía, o en un canal de ventilación.

- Medida de presiones absolutas

Determinación de la presión atmosférica en superficie:

La presión atmosférica de la superficie sirve de referencia de una parte para permitir, si es necesario, eliminar de las medidas realizadas bajo tierra, o la influencia de las variaciones barométricas de superficie; de otra parte, para controlar y regular los barómetros utilizados en los trabajos bajo tierra.

La primera parte se obtiene con el empleo de barómetros aneroide-registradores, que dibujan de manera continua la presión atmosférica de superficie.

Los barómetros de mercurio son de dos formas. Uno es el barómetro de cubeta, que consta de un tubo de Torricelli y de una escala de medida. Sólo se observa el nivel de mercurio en la columna de medida, mientras que se permiten las subidas y bajadas del mercurio en la cubeta, durante la medición. La lectura obtenida es proporcional a la diferencia física de nivel entre el mercurio de la columna, y el mercurio de la cubeta. El otro tipo de barómetro de mercurio, llamado barómetro de sifón, consta de un tubo en U, parcialmente llenado de mercurio. Un extremo del tubo está cerrado y por lo tanto hay vacío por encima del mercurio en esta parte del tubo. El otro extremo está abierto a la atmósfera. La altura de la columna de mercurio entre las dos ramas, es una medida de la presión atmosférica.



Figura 2.13: Medidor de presión absoluta

Determinación de presiones absolutas bajo tierra:

Las medidas precisas son realizadas por medio de barómetros aneroides de lectura óptica.

El principio de funcionamiento se basa en una cápsula aneroide que se deforma bajo la acción de la presión atmosférica que provoca así la rotación de un eje. Ello acarrea el desplazamiento de una escala graduada. Esta escala es iluminada y un sistema óptico de lentes y prismas proyecta una imagen sobre un cristal esmerilado, donde una retícula fija permite hacer la lectura; la graduación tiene como precisión 1/10 de mm de Hg, lo que permite hacer lecturas de 0.1 mm de Hg.

En el caso de un microbarómetro, la rotación del eje desplaza un espejo que, gracias a un sistema óptico refleja un haz de luz sobre una graduación de precisión, donde se puede leer 1/100 mm de mercurio. Para el uso en bajo tierra, todos los aparatos deben protegerse en cajas o estuche de cuero.

Para evitar errores grandes, es indispensable verificar su cero, comparándolos con un barómetro de mercurio de precisión y calibrarlos con frecuencia, ya que la curva de calibración puede variar con el tiempo; estas variaciones son posibles en algunas décimas de mm, de Hg., en ciertos casos de tiempos prolongado de uso.

La curva de calibración debe ser doble, siendo la corrección diferente según que la presión medida haya sido obtenida para valores crecientes o decrecientes. La curva de corrección a elegir puede ser incierta para pequeñas fluctuaciones en algunos mm de Hg.; entonces es útil que la histéresis mecánica producida por la desviación entre las dos curvas sea pequeña. Con algunos de estos barómetros es importante esperar varios minutos antes de hacer la lectura, para que la estabilidad de la medida sea asegurada. Las variaciones de temperatura de varios grados durante una medición o entre dos mediciones inducen a error porque la “compensación” debida a la temperatura es, en general, incompleta.

▪ Medida de presiones diferenciales

Para medir tales diferencias de presión entre dos puntos o depresiones en las minas se utilizan manómetros de líquido, cuyo uso proviene por su simplicidad y la facilidad de manejo que ofrecen los diferentes modelos para realizar las medidas de presión.

Se pueden usar:

- Bajo la forma de un tubo en “U” o depresiómetro. Para evaluar las fuertes depresiones alcanzadas en los ventiladores principales y secundarios (varias decenas o centenas de mm. de columna de agua) y las fuertes pérdidas de carga debidas a las puertas reguladoras (de algunos milímetros a 100 mm columna de de agua, por ejemplo).
- Bajo la forma de manómetros de tubo inclinado o manómetros especiales para evaluar pequeñas presiones diferenciales, que pueden ser inferiores a 1/10 de mm. de agua.

Es importante hacer notar que algunos de estos aparatos son llenados de un líquido ligero como alcohol, que tiene la ventaja en relación con el agua, de aumentar la sensibilidad del instrumento, para reducir el error, debido a la tensión superficial del líquido o de no congelar a una temperatura mucho más baja. En estos casos el aparato debe ser graduado y para ello debe introducirse un coeficiente de corrección que tenga en cuenta la inclinación del tubo y el peso específico del líquido.



Figura 2.14: Medidor de presión diferencial

→ Técnicas de medida de la velocidad

La velocidad del aire varía en una sección transversal de un hueco, debido a la resistencia a la fricción de las paredes y a las variaciones en el régimen del flujo definidas por el número de Reynolds. La velocidad máxima se encuentra en el centro geométrico y disminuye gradualmente hasta un mínimo en las paredes del hueco.

Si se utilizan las velocidades medias en los cálculos se obtienen resultados bastante precisos. Las velocidades de aire máxima y mínima en una sección transversal, generalmente, no tienen ningún sentido y, lo que es peor, son erróneas. Por lo tanto, en la medición de las velocidades del aire se deben intentar obtener valores medios.

Cuando se utilizan tubos fumígenos, que necesariamente se deben usar en el centro de la galería, se tiene que aplicar a los valores inicialmente calculados, unos factores de corrección para obtener la velocidad media aproximada. Para el resto de los instrumentos se pueden utilizar varias técnicas para determinar la velocidad del aire, las cuales se pueden clasificar en mediciones simples o mediciones múltiples.

- **Medidas simples (o en un punto)**

Son las más rápidas y sencillas, pero las menos precisas y se llevan a cabo sujetando con la mano o instalando un equipo en el centro o en la sección de velocidad máxima. La

velocidad observada se corrige después usando un factor aproximado o, si se conoce el número de Reynolds, determinándola de una forma más precisa. Esta técnica sólo se justifica para mediciones aproximadas de control.

- **Medidas múltiples**

Se hacen midiendo la velocidad de aire en un recorrido de puntos fijos o en un recorrido continuo. Cuando se obtienen mediciones de la sección completa, de la galería o tubería, se consigue una velocidad media más precisa y representativa. En el método de recorrido de puntos fijos, también conocido como recorrido de áreas semejantes, en primer lugar se divide la sección transversal de la galería en un número de áreas iguales imaginarias con la misma forma o parecida a la de la galería. La velocidad media, se puede obtener midiendo la velocidad en el centro de cada área, o recorriendo las áreas con el equipo, lenta y uniformemente. La velocidad media para la sección completa es la media aritmética de todas las áreas semejantes.

El método de las mediciones múltiples por el método del recorrido continuo es más rápido que el recorrido de puntos fijos y es, normalmente, satisfactorio para mediciones rutinarias. Implica un camino sin solapamiento, continuo, sencillo e imaginario que cubre la sección completa, estando las líneas del camino equidistantes unas de otras. Con el equipo de medición encendido se recorre el camino completo lenta y uniformemente, con una velocidad constante. La velocidad media para la sección completa será entonces la lectura del equipo dividida por el tiempo total del recorrido. Conviene resaltar que los equipos de medición de velocidad instantánea no son adecuados para los recorridos continuos, ya que la lectura final corresponde a la velocidad del aire en un punto. El equipo debe ser de integración, por lo que sólo el anemómetro de paletas, es adecuado para los recorridos continuos. En los recorridos de puntos fijos, con mediciones individuales en cada área, se puede utilizar cualquier equipo, excepto los tubos fumígenos.

La precisión de la medición múltiple, tanto en el caso de recorrido de puntos fijos como en el continuo, depende en gran medida del gradiente de velocidad y del número total de puntos (para el método de puntos fijos) o longitud (para el método continuo) de medidas en toda la sección transversal. Evidentemente, cuantas más mediciones, más preciso será el resultado. El uso de una varilla extensible para minimizar la interferencia del cuerpo del operario, y la medición aguas arriba y aguas abajo del operario son siempre recomendables.

2.4.2. Instalaciones de control continuo

La introducción de los sistemas de control de la atmósfera subterránea en el día a día de los trabajos de las explotaciones y demás labores subterráneas ha supuesto un importante avance, sobre todo en lo que a seguridad se refiere. La monitorización en tiempo real de la atmósfera subterránea, así como la automatización de muchos de los procesos permite

realizar una prevención continua de posibles accidentes derivados de estos riesgos así como un control constante de dichos riesgos. Estos riesgos son los originados por todo tipo de gases, tanto combustibles como tóxicos y asfixiantes, así como los problemas derivados de una escasa ventilación o del arranque y parada de determinadas máquinas.

Por todo ello, se ha instado a reservar los procesos manuales para accionar la marcha/parada de máquinas y para la vigilancia humana. Se introduce la monitorización para la obtención de información, tanto de la atmósfera de las distintas labores como del funcionamiento de las distintas máquinas. Además de esto con la automatización, se consigue una actuación diferente y previamente programada en función de la información proporcionada por la monitorización. De aquí se deduce que las principales ventajas de la automatización son:

- Más información del proceso.
- Mayor rendimiento y disponibilidad.
- Mayor seguridad.

Esquemáticamente el principio de funcionamiento de un sistema de control puede ser el que se muestra en la figura siguiente

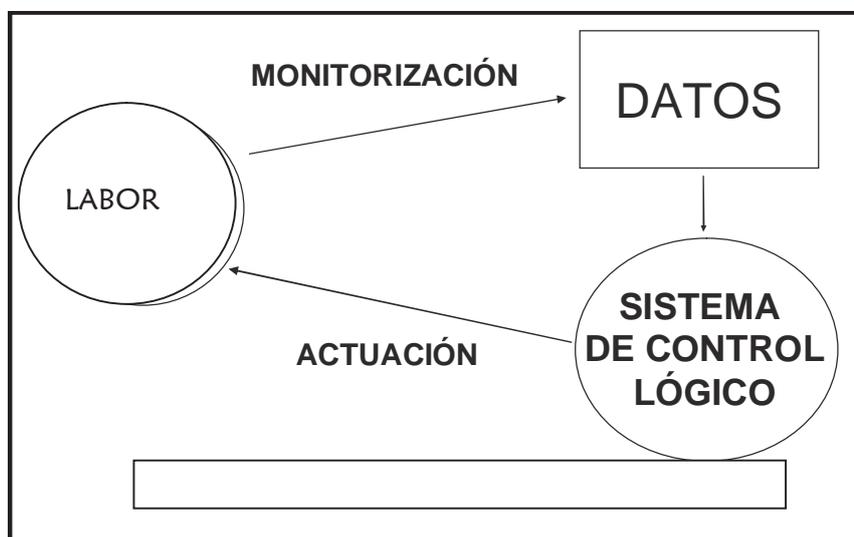


Figura 2.15: Esquema de funcionamiento de un sistema de control continuo

Para poder llevar a cabo una automatización de los procesos, en primer lugar, se debe contar con una adecuada monitorización a través de sensores, transductores y sistemas de adquisición de datos, y posteriormente realizar un control por medio de actuadores y sistemas de control lógico programables, que decidan en función de la información dada por la monitorización.

Se pueden monitorizar gran variedad de parámetros tales como:

- % CH4
- Interruptor centrífugo de cinta
- Consumo de un motor
- Caudal de ventilación
- Banderola
- Relé auxiliar de contactor de un cofre

En la figura siguiente se muestra un esquema general de un sistema de control.

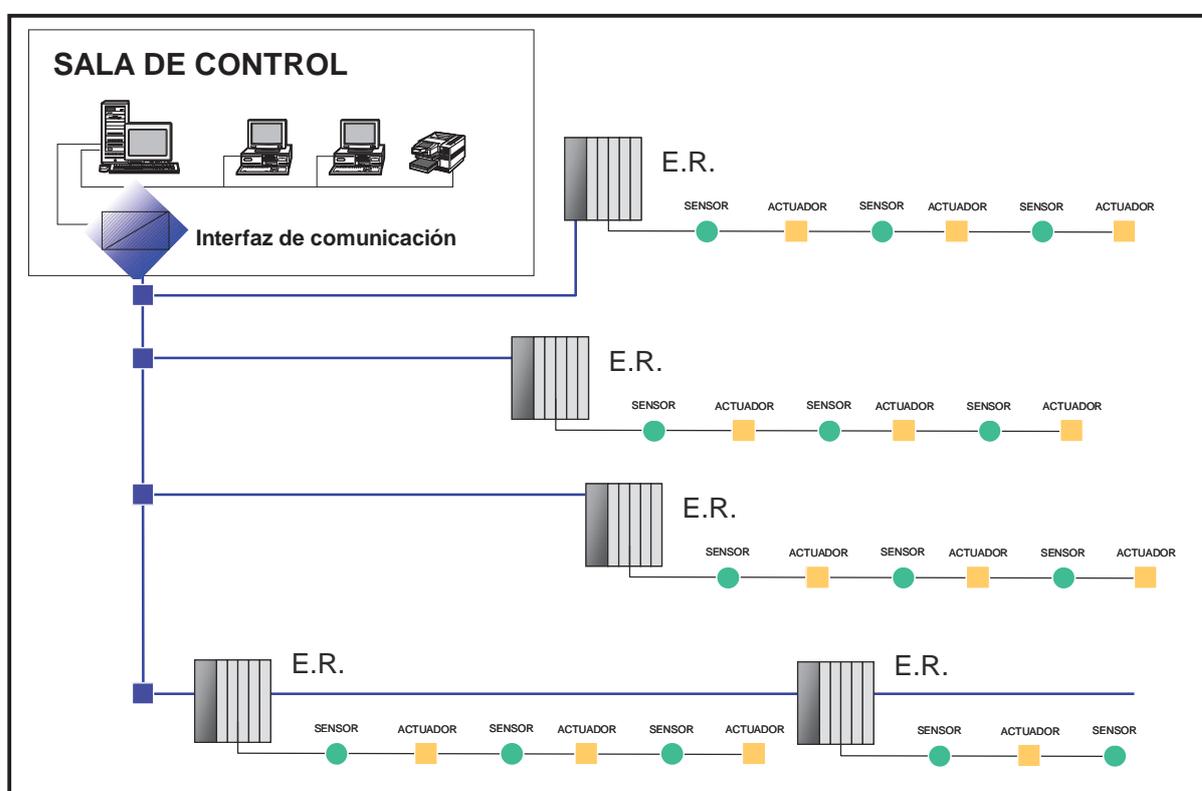


Figura 2.16: Esquema general sistema de control continuo

Para la medición de la velocidad del aire en una galería de manera continua, y cuando supervisión y monitorización se quieran realizar en tiempo real, se utilizarán las señales analógicas. Las señales analógicas son señales variables en el tiempo en un rango determinado.

Las señales analógicas son las originadas por los captadores-transductores y, que además de ser generadas en los anemómetros utilizados para llevar a cabo la medición de la velocidad del aire, se pueden producir en casos como:

- Consumo de un motor

- % de CH₄ en el aire
- Nivel de un silo

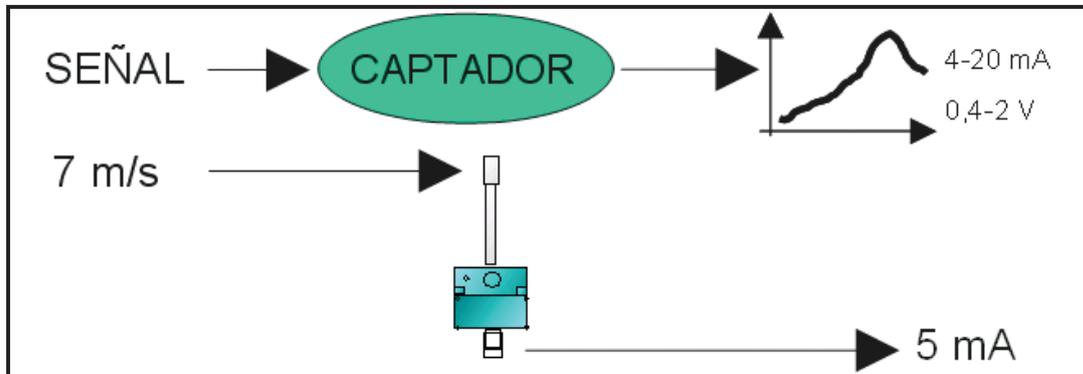


Figura 2.17: Esquema de funcionamiento de un sensor de velocidad de aire

Para la detección de fallos en señales analógicas se utiliza el offset, que permite detectar fallos de captador.

2.5. LOS GASES EN LA OBRA SUBTERRÁNEA

La composición del aire atmosférico en lugar situado al nivel del mar, es

- Nitrógeno 78,08%
- Oxígeno 20,95%
- Anhídrido Carbónico 0,03%
- Argón 0,93%
- Otros gases 0,01%

Al recorrer la infraestructura subterránea, esta composición se modifica. El oxígeno disminuye, el anhídrido carbónico aumenta y se pueden incorporar gases tales como CH₄, CO, NO_x, SH₂, SO₂ y otros en más pequeña cantidad.

La presencia de estos gases puede sólo permitirse en concentraciones inferiores a determinados límites, que son función, en la mayor parte de los casos, del tiempo en el que la persona permanece expuesta o que en otros son un cierto porcentaje del Límite Inferior de Explosividad (LEL), si es que se trata de un gas inflamable.

Es necesario mantener la atmósfera de la infraestructura en las condiciones reglamentarias de seguridad en todos los emplazamientos en los que circula o trabaja el personal, mientras que, en aquellos abandonados temporalmente, debe disponerse una señalización o un

cierre que prevenga el paso de las personas, o la comunicación de una atmósfera peligrosa con la de la mina.

→ Clasificación de los gases

a) Gases inflamables

Normalmente no son perjudiciales para la respiración, pero a partir de una determinada concentración (LIE: límite inferior de explosividad), son inflamables. Algunos ejemplos son los siguientes:

- El metano, componente principal del grisú.
- El hidrógeno.
- Las mezclas de CH_4 , H_2 y CO , que pueden originarse en caso de fuegos, o incluso después de extinguido en la apertura de tabiques.

b) Gases tóxicos

Los gases tóxicos, dañan órganos, impiden su normal funcionamiento por medio de reacciones que atacan al sistema nervioso o alteran su metabolismo. Entre ellos, cabe destacar el CO , NO_x o el S_2H .

Existe una diferencia clara entre el CO y los NO_x . Una persona intoxicada con concentraciones bajas de CO puede recobrar su estado normal de salud, mientras que una inhalación de CO en alta concentración puede resultar irreversible.

El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro e insípido. Es aproximadamente igual de pesado que el aire y se origina en la combustión incompleta de sustancias que contienen carbono, como madera, hulla, goma, plásticos y aceites. Como puede continuar la combustión hasta convertirse en dióxido de carbono, pertenece a los gases combustibles y como tal puede dar lugar, al combinarse con el aire, a mezclas explosivas cuando su concentración se encuentra dentro de los límites de explosión (del 12,5 al 74% en volumen).

Además de los incendios en labores subterráneas, se forma monóxido de carbono en las explosiones de grisú y de polvo de carbón.

La medida de CO puede efectuarse mediante:

- Tubos calorimétricos.
- Equipos medidores de lectura directa.

c) Gases asfixiantes

El dióxido de carbono es el producto final de la combustión completa del carbono y por tanto es incombustible. Se forma dióxido de carbono en grandes cantidades en todos los incendios de las infraestructuras subterráneas y en las explosiones de grisú y de polvo de carbón.

Generalmente, en el caso de incendios, antes de alcanzarse una concentración peligrosa de dióxido de carbono, la proporción de oxígeno del aire de la labor subterránea es tan baja, y la proporción de monóxido de carbono tan elevada, que ya por estos motivos se debe trabajar con un aparato respiración autónomo que proteja al trabajador.

La medición del CO₂ puede hacerse:

- Mediante tubos calorimétricos.
- Medidores de lectura directa como los interferómetros.
- Midiendo indirectamente la ausencia de oxígeno.

d) Deficiencia de O₂. Gases anóxicos

Variaciones importantes de las concentraciones de oxígeno en el aire, tanto por deficiencia como por exceso del mismo, provocan en los seres vivos varios trastornos.

Los gases anóxicos son aquellos que en altas concentraciones desplazan el contenido en oxígeno del aire. Algunos ejemplos serían el N₂ o el CH₄.

Los individuos que puedan estar sometidos a variaciones de la concentración de oxígeno, como los trabajadores de obras subterráneas, precisan disponer en continuo de monitores (oxímetros) que controlen la concentración de oxígeno.

2.5.1. Prescripciones normativas aplicables

- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en sus Artículos 69, 71.
- Art. 69: "Las concentraciones volumétricas admisibles para los distintos gases peligrosos a lo largo de una jornada de trabajo se especifican en Instrucciones Técnicas Complementarias" (en este caso será la ITC 04.7.02). "En ninguna actividad la proporción de oxígeno será inferior al 19 por 100 en volumen. En caso necesario se realizará la corrección pertinente por altitud".
- Art. 71: "En las labores inactivas temporalmente, que no se utilicen para la circulación del personal y no estén ventiladas, se señalará la entrada con dos postes cruzados y un letrero claramente visible que advierta al personal la prohibición de acceso".

- “Las labores abandonadas se aislarán herméticamente cuando puedan acumularse en ellas gases peligrosos o producirse atmósferas irrespirables”.
- ITC 04.7.01, Circulación de la corriente de aire.
- ITC 04.7.02, Concentraciones límites de gases, temperatura, humedad y clima. Establece que “Las concentraciones volumétricas admisibles para los distintos gases peligrosos, a lo largo de una jornada de ocho horas, son las siguientes”:
 - 50 p.p.m. de monóxido de carbono (CO).
 - 5.000 p.p.m. de dióxido de carbono (CO₂).
 - 10 p.p.m. de óxidos de nitrógeno (NO + NO₂).
 - 10 p.p.m. de sulfuro de hidrógeno (SH₂).
 - 5 p.p.m. de dióxido de azufre (SO₂).
 - p.p.m. de hidrógeno (H₂).

“No obstante, durante períodos cortos y de acuerdo con la peligrosidad del gas podrán admitirse contenidos superiores, sin que se sobrepasen nunca los siguientes:

- 100 p.p.m. de monóxido de carbono (CO).
- 12.500 p.p.m. de dióxido de carbono (CO₂).
- 25 p.p.m. de óxidos de nitrógeno (NO + NO₂).
- 50 p.p.m. de sulfuro de hidrógeno (SH₂).
- 10 p.p.m. de dióxido de azufre (SO₂).
- 10.000 p.p.m. de hidrógeno (H₂).

“Las labores en que se alcancen concentraciones superiores a estos valores serán desalojadas de modo inmediato, adoptándose por la Dirección Facultativa las medidas tendentes a disminuir dichas concentraciones”.

“En ninguna labor en actividad la proporción de oxígeno será inferior al 19 por 100 en volumen. En caso necesario se realiza la corrección pertinente por altitud.”

- *ITC 05.0.02, Contenidos límites de metano en la corriente de aire.* “La cantidad de aire a circular será la suficiente para la higiene del trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en las ITC 04.7.01 y 04.7.02, y además la necesaria para diluir el grisú por debajo de los límites volumétricos siguientes:

- 0,80 por 100 en los retornos de aire principales.
- 1,50 por 100 en las restantes labores de la mina salvo en los retornos de los talleres electrificados, que será del 1,00 por 100.

“Sin embargo, cuando exista un control automático permanente del grisú, la autoridad minera competente podrá aumentar estos contenidos límites a los siguientes valores:”

- 1 por 100 en los retornos de aire principales.
- 1,50 por 100 en los retornos de los talleres electrificados.

“Cuando en alguna labor se sobrepasen los contenidos anteriores, se detendrán los trabajos y se observará la tendencia de esta acumulación. Si el contenido sobrepasa el 2,5 por 100, la labor será abandonada por el personal. A estos efectos, la dirección facultativa dará instrucciones concretas sobre la interpretación y manejo de los aparatos de lectura del grisú”.

La corriente general de salida, llamada comúnmente "corriente de retorno", no contendrá más de 0,50 por 100 de anhídrido carbónico".

- ITC 09.0.03, Instalaciones de interior. Especificaciones constructivas y de empleo de material eléctrico susceptible de generar electricidad estática.

2.5.2. Detectores de gases

Los sistemas de detección y control de gases tienen como finalidad alertar a los trabajadores del peligro potencial que supone cierto gas tóxico, la falta de oxígeno, o la presencia de gases inflamables que puedan causar una explosión. Por ello, es importante elegir el equipo de detección más apropiado, ya que la vida de los trabajadores puede depender de ello.

El control y la detección de gases peligrosos en las zonas de trabajo es un hecho complejo. Al contrario de lo que pasa con otras variables fáciles de medir, como la temperatura, la humedad o el voltaje, la medida de la concentración de los gases es algo más complicado.

Debido a la existencia de cientos de gases y la gran variedad de aplicaciones en las que éstos se encuentran presentes, cada aplicación requiere un conjunto único de especificaciones. Por ejemplo, algunas aplicaciones, requieren la detección de un gas específico sin tener en cuenta la lectura que puedan proporcionar otros gases también presentes. En otros casos en cambio, se necesita conocer la concentración de cada uno de los gases existentes en esa zona.

Algunos criterios para su elección

Actualmente existe una gran variedad de modelos y tipos de detectores en el mercado. Por tanto, para elegir el equipo más apropiado, es necesario tener un claro criterio de selección. A continuación veremos algunos de estos criterios.

Lo primero que se debe hacer es definir, de forma realista, qué objetivos se desean conseguir, y definir las especificaciones de los equipos que permitirían alcanzar estos objetivos mínimos.

En segundo lugar se debe conocer que gases se desean medir. En una infraestructura subterránea, por ejemplo, es importante realizar el control de gases tales como CH_4 , CO y O_2 , entre otros.

Una vez determinados los gases que deben ser medidos, es necesario conocer en qué concentraciones se dan. Los equipos seleccionados para su detección deben ser capaces de medir, en el caso de gases tóxicos concentraciones de 3 a 5 veces superiores a la máxima concentración permitida. En el caso de los detectores de gases combustibles éstos han de ser capaces de indicar hasta el 100% del LIE (límite inferior de explosividad).

Pero además es necesario conocer qué tipo de condiciones se dan en el lugar de trabajo, como puede ser la temperatura, la humedad, presencia de otros gases, etc.

Por ejemplo, estos equipos suelen especificar cuál es la temperatura mínima y máxima a la que pueden trabajar sin que se produzcan errores en la medida.

La humedad también es un factor importante, sobre todo en zonas poco ventiladas donde pueden producirse variaciones de temperatura, y por ello condensaciones. Por ejemplo, los detectores de combustión catalítica y semiconductores poseen unos elementos calefactores, de forma que funcionan varios grados por encima de la temperatura ambiente, evitando así posibles condensaciones. Otros sensores, como es el caso de los electroquímicos, requieren menos energía, por lo que su temperatura de trabajo es más próxima a la temperatura ambiente, con riesgo de que se produzcan condensaciones.

Por último, la presencia de otros gases de fondo puede influir en la lectura del aparato detector, con lo que no se tendría una medida real del gas medido. Por ello es importante conocer la existencia de estos gases, así como la naturaleza del sensor y la sensibilidad a los distintos grupos de gases.

Los equipos de detección de gases pueden ser además portátiles o fijos. Cuando lo que nos interesa es realizar la vigilancia y control de una determinada zona de trabajo donde el personal no es muy numeroso, emplearemos sistemas de detección fijos. Estos sistemas suelen estar conectados a alarmas de actuación manual o automática sobre dispositivos de seguridad. Los detectores portátiles o de bolsillo se emplean de forma generalizada para proteger al usuario contra los riesgos potenciales generados por ciertos gases que puedan estar presentes en la zona a la que deba acceder para desarrollar su trabajo.

Existen detectores de gases que son capaces de realizar la medida de más de un gas simultáneamente. En general los equipos portátiles pueden medir la concentración de varios gases. En cambio los detectores fijos suelen medir solamente la concentración de un único gas. Por ello, si se requiere realizar el control de una zona donde pueden existir diferentes gases, será necesario colocar un detector por cada gas que se desee controlar.

En cualquier equipo de detección de gases el sensor es la parte más importante. Existen varios modelos de equipos de detección de varios gases, que utilizan una combinación de distintos sensores, con el fin de poderse adaptar a las diferentes situaciones de medición posibles. Por ello, para elegir el sensor más apropiado, no sólo basta con saber para qué tipo de gases se utiliza, sino que además es necesario conocer sus ventajas y desventajas para poder comparar entre los diferentes modelos existentes.

Una vez determinadas las características básicas que debe de poseer el equipo de detección, es necesario tener en cuenta otros aspectos no menos importantes y que pueden ser en algunos casos opcionales:

- Los detectores portátiles deben de tener un consumo energético razonable y ser capaces de poder emplear distintas baterías. Los detectores deben de ser pequeños para poder ser fácilmente transportados. Para ser utilizados en zonas peligrosas han de estar certificados correctamente.
- Los equipos de detección fijos deben de ser capaces de funcionar continuamente y de forma fiable durante un periodo de tiempo superior a los 30 días. Además el detector debería ser capaz de funcionar durante al menos 2 años. La renovación de los equipos no ha de suponer grandes costes ni ser muy complicada de efectuar.
- Los equipos de detección de estos gases deben ser sencillos y fáciles de manejar por los operarios.
- Es interesante que estos equipos posean mecanismos para alertar que ocurre algún fallo en la medición.

2.5.3. Técnicas de control manual

→ Generalidades

Los instrumentos portátiles deberían utilizarse normalmente para la supervisión de áreas de trabajo temporal y aquellas áreas donde puedan ser transferidos líquidos, vapores o gases inflamables.

En estos casos, se deberían tomar precauciones especiales para evitar la condensación en el material y en la línea de muestreo, especialmente cuando se transfiere material a un entorno con una temperatura ambiente muy diferente.

El material portátil es utilizado normalmente en modo difusión, pero en aquellas situaciones en las que está implicada una detección de escapes, o donde el material utilizado para la detección de gas en espacios confinados vaya más allá del alcance normal del usuario, será necesaria la instalación de una sonda estática o una sonda de muestreo aspirada manual o mecánicamente.

Para un funcionamiento fiable y seguro del material de detección de gases, debería efectuarse periódicamente una inspección y un mantenimiento por una persona competente, incluyendo la recalibración del aparato. Este trabajo puede ser efectuado por el usuario, el fabricante del material o mediante un subcontrato con una ingeniería de servicio. También es importante que se lea y se siga el manual de instrucciones.

Varios tipos de aparatos de detección de gas portátiles y transportables pueden ser utilizados en distintas formas de acuerdo con su diseño y su especificación particular.



Figura 2.18: Medidor manual de gases

El pequeño material manual puede ser utilizado para la búsqueda de fugas o controles puntuales. El material portátil más grande, el cual ya puede contar con alarmas visuales y/o audibles, puede utilizarse para múltiples usos que incluyen la detección de fugas, los controles puntuales, y las funciones de supervisión en área local, de acuerdo con las necesidades particulares del usuario.

El material transportable está destinado a la supervisión temporal de áreas en las que exista una alta probabilidad de generación de mezclas de gases o de vapor potencialmente combustibles. El material transportable no está destinado a ser llevado manualmente

durante largos períodos de tiempo, sino que está destinado a estar operando en un lugar por períodos superiores a horas.

Si es posible, el material no debería ser expuesto a condiciones climáticas adversas, por ejemplo, las que se producen en la parte trasera de un coche, y debería estar protegido de daños mecánicos.

El personal que se requiere para utilizar material portátil o transportable de detección de gas, debería haber sido entrenado apropiadamente para su uso, y tener un fácil acceso a las instrucciones de funcionamiento.

→ **Funcionamiento**

La mayoría de los tipos de instrumentos de detección de gas combustible no son sensibles a un gas específico. La presencia de otros gases distintos a aquel para el que el material está calibrado puede influir adversamente en su respuesta. El material que está siendo utilizado para detectar la presencia de más de un gas, debería ser calibrado con arreglo a ello. La calibración puede realizarse con diferentes gases, o con el gas al que el material es menos sensible. Sin embargo, el material de detección de gas de este tipo no debe considerarse adecuado para el análisis de gases. En aquellas labores en las que sea previsible la presencia de sustancias desconocidas, deberían elegirse ajustes bajos de las alarmas o puntos de actuación, para permitir variaciones de la sensibilidad.

Deberían establecerse controles puntuales a diferentes niveles en aquellas áreas vigiladas con material portátil en las que los gases o vapores pueden estar estratificados, en lugar de mezclados uniformemente.

Cuando se muestrea vapor sobre un líquido, se deberían tomar precauciones para evitar que la línea de muestreo o el sensor entren en contacto con el líquido, ya que esto puede bloquear la entrada de gas al material. Sólo deberían utilizarse líneas de muestreo con una unidad de separación de líquido, o con un microfiltro.

Cuando se someta un material portátil a un cambio de temperatura, es importante que se espere el tiempo necesario para permitir que el material alcance la nueva temperatura, para evitar así la condensación de vapor que puede causar lecturas incorrectas.

El vapor saturado puede bloquear físicamente los cortafuegos de ciertos tipos de sensores de gas, hasta el punto de hacerlos inoperantes, y se debería tener un cuidado especial.

Hay que asegurar que los materiales con los que el material ha sido construido sean compatibles con el gas o con el vapor a detectar. Por ejemplo, el cobre puro o aleaciones de cobre con alto contenido en cobre, contenidas en cualquier material susceptible de ser utilizado, para la detección de acetileno o sus derivados, conduce a la posibilidad de

formación de compuestos de acetilo potencialmente explosivos o fulminantes, al entrar en contacto con el gas a supervisar.

Los ensayos individuales del material para la detección de gases combustibles son un factor importante que afecta a su fiabilidad. Un funcionamiento del sistema óptimo y fiable sólo se alcanzará a través de un programa de ensayos.

→ Inspección y control en campo

Inmediatamente antes de cada utilización, se debería efectuar una inspección de acuerdo con las instrucciones del manual del fabricante. Una secuencia de inspecciones puede incluir lo siguiente:

- Reajuste del cero mecánico de los medidores analógicos.
- Verificar el ajuste de todas las conexiones eléctricas (cabezas de sensores remotos, fuentes de alimentación, etc.).
- Permitir un tiempo de calentamiento adecuado.
- Verificar las fugas de línea de muestreo, y un flujo adecuado.
- Verificar si los cortafuegos están obstruidos o sucios.
- Verificar la tensión y/o las condiciones de las baterías, y hacer cualquier sustitución o ajuste necesario de las baterías.
- Ensayar los circuitos de detección de fallo (mal funcionamiento).
- Verificar la lectura a cero cuando se opera en aire limpio y el ensayo de respuesta, como se describe seguidamente: colocar el cabezal del detector (integral o remoto) o la línea de muestreo en una atmósfera libre de gas combustible, aspirando una muestra suficientemente grande para purgar las líneas (sólo aplicable a material con línea de muestreo). Si se observa una desviación significativa del cero, el material debería ser recalibrado.

La respuesta (sensibilidad) del material debería ser examinada utilizando el equipo de calibración de campo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y utilizando una mezcla de gas/aire combustible conocida equivalente entre el 25% y el 75% de la concentración del fondo de escala para la que está prevista la utilización del material. Si los resultados de los ensayos no están dentro del ± 10 % de la concentración de gas aplicada, el material debería ser recalibrado.

Para material con solamente alarma, debería aplicarse una concentración de gas que sea igual al 5% del LIE por encima del máximo ajuste de alarma del material. Todas las alarmas

deberían actuar durante este ensayo. Si un material falla este proceso, y las acciones de corrección sugeridas no resuelven el problema, el material debería ser recalibrado.

Deberían registrarse los resultados de estas verificaciones.

→ **Mantenimiento y recalibración**

Los procedimientos para el mantenimiento deberían efectuarse únicamente por personal cualificado y entrenado en el funcionamiento, el mantenimiento y la reparación del material de detección de gases combustibles. Si la instalación de mantenimiento no está equipada adecuadamente y/o si no hay disponibilidad de personal cualificado para efectuar las verificaciones y procedimientos de mantenimiento recomendados por el fabricante, el usuario debería devolver el material al fabricante o a otro reparador externo cualificado. En el caso de material certificado Ex o EEx, se debería consultar con el fabricante acerca de las piezas de repuesto.

Para el material de detección de gas portátil y transportable, es importante que la unidad entera sea retirada a un emplazamiento no peligroso para su inspección y mantenimiento.

Después de que sea corregida cualquier función defectuosa (reparada o reemplazada en estricto acuerdo con las instrucciones del fabricante), se debería efectuar un procedimiento completo de mantenimiento y recalibración.

Las unidades detectoras deberían ser:

- Devueltas al fabricante; o
- Devueltas a un agente de reparación autorizado por el fabricante; o
- Reparadas en un taller especial montado por el usuario para el mantenimiento de detectores de gas.
- Deberían registrarse los resultados del mantenimiento y recalibración

2.5.4. Instalaciones de control continuo

→ **Generalidades**

La instrumentación fija se debería de utilizar cuando se requiera una supervisión permanentemente de la concentración de un gas, en áreas determinadas de una planta u otra instalación.

Normalmente, los tres tipos más importantes de material fijo que se utilizan son:

Material que posee un sensor y una unidad de control situada dentro del área peligrosa. El sensor y la unidad de control pueden ser combinados o suministrados como unidades peligrosas, como se muestra en la figura siguiente.

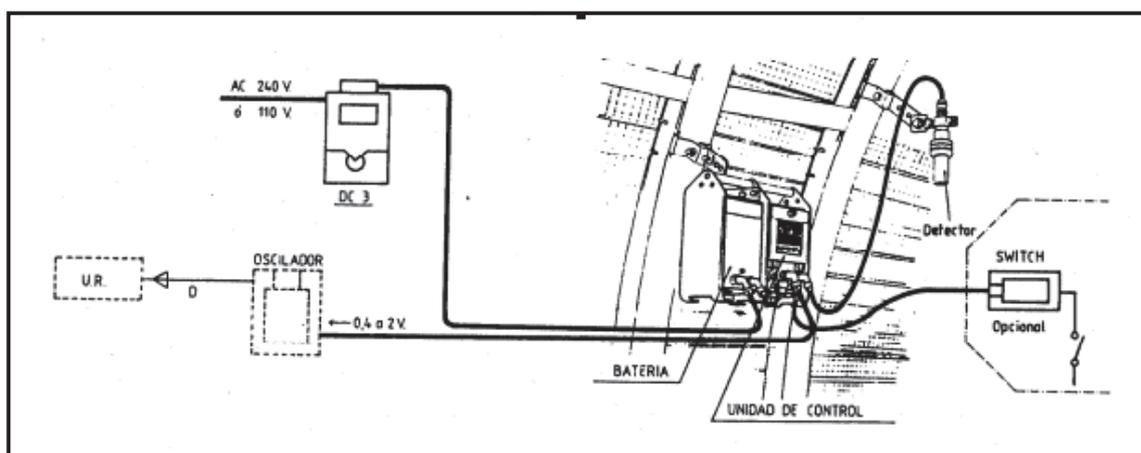


Figura 2.19: Instalación de control continuo

Material que posee sensores separados de la unidad de control. Este tipo de material normalmente tiene sensores individuales en la zona peligrosa, conectados a la unidad de control asociada que está fuera del área peligrosa. Éste es el tipo más común para la mayoría de las aplicaciones industriales.

Material de muestreo. Este tipo de material tiene normalmente uno o más puntos de muestreo en el área peligrosa, cada punto conectado al sensor por medio de líneas aspiradas de muestreo.



Figura 2.20: Sensor fijo para medida de gases

Para un funcionamiento fiable de un sistema fijo de detección de gas, cada sensor debería ubicarse en un lugar adecuado con su aplicación individual. La inspección y el mantenimiento, incluyendo la recalibración con gas deberían efectuarse periódicamente

por el personal entrenado. Si el usuario no pudiera encargarse de estas actuaciones, el trabajo debería ser efectuado por el fabricante u otra persona competente.

→ Instalación

En un sistema fijo de detección de gas, cada sensor debería ser instalado de tal manera que fuera capaz de supervisar aquellas partes de una planta u otras instalaciones donde se pudieran acumular accidentalmente gases combustibles. El sistema debería ser capaz de dar un aviso rápido tanto de la presencia como de la ubicación general de una acumulación accidental de gases combustibles, para iniciar, ya sea automáticamente o bajo control manual, uno o más de las siguientes acciones:

- Aumentar la ventilación.
- Eliminar el peligro.
- Suspender el proceso de la planta.
- Evacuación segura del lugar.

La longitud de cualquier línea de muestreo, debería ser tan corta como sea razonablemente posible. Se debería incorporar un sistema de drenaje y/o calefacción adecuado en el diseño del sistema, para minimizar la humedad y la condensación de agua en el material, en el cabezal detector, y en el sistema de conductos y cableado de interconexión. Cualquier gas combustible que se introduzca dentro de los sistemas de muestreo debería ser ventilado de manera segura. En general, un sistema fijo debería ser instalado de tal manera que el fallo de los elementos individuales del sistema, o su retirada temporal para mantenimiento, no comprometa la seguridad de las instalaciones que están siendo protegidas. Es recomendable duplicar o triplicar los sensores remotos y el material de control en todas las áreas donde se precise supervisión continua.

Debería ser detectable la avería o el fallo de la fuente de alimentación, ya que la seguridad del área de supervisión tiene que ser preservada. Es altamente recomendable que para la indicación de fallo de alimentación y/o del material, se utilicen contactos que estén cerrados en el estado desactivado.

Deberían incorporarse precauciones adecuadas, como por ejemplo el uso de cables apantallados, al instalar el sistema completo de cableado (incluido el de los controles de ventilación, etc.) para asegurar que el sistema total es inmune a los efectos de interferencias electromagnéticas.

El material de detección de gas debería ser instalado y utilizado de manera que sólo personal autorizado tenga acceso a los controles funcionales del material.

Criterio para la colocación de los sensores y los puntos de muestreo

Los sensores y los puntos de muestreo deberían ser ubicados de tal manera que las acumulaciones de gas sean detectadas antes que creen un peligro significativo. La ubicación de los sensores y de los puntos de muestreo se debería determinar siguiendo el asesoramiento de expertos que tengan conocimiento especializado en la dispersión del gas, expertos que tengan conocimiento del sistema de procesado de la planta y del equipo involucrado, y personal de seguridad e ingeniería. Se debería registrar el acuerdo alcanzado sobre la ubicación de los sensores y de los puntos de muestreo.

Los sensores fijos y los puntos de muestreo deberían ser instalados en sitios en los que no fueran vulnerables a daños mecánicos o de agua, por operaciones normales en el área. Los sensores deberían ser fácilmente accesibles para permitir las operaciones periódicas de calibración, mantenimiento e inspección de la seguridad eléctrica. Si es imposible lograr el acceso directo y frecuente hasta el sensor, entonces como requisito mínimo, debería dotarse de algún medio automático para la calibración remota del gas.

Los factores que deberían tomarse en cuenta al determinar los lugares adecuados se exponen a continuación.

→ Propósito del sistema de detección de gases

Un detector de gases se puede utilizar para:

- Monitorizar fugas. El sensor debe ser instalado tan cerca como sea posible (teniendo en cuenta los siguientes criterios) de la posible fuga, para facilitar que la detección de la fuga, en caso de que la hubiese, sea lo más rápida posible.
- Monitorizar zonas. En las zonas donde no hay una fuente potencial de fugas, los detectores se distribuyen regularmente a través de toda la zona. Dependiendo del riesgo y de la valoración de éste, se suele utilizar un detector por cada 40 – 80 m².
- Protección personal (para gases tóxicos). En aquellas zonas donde no exista una clara fuente potencial de fugas o escapes, los detectores deben instalarse en la zona de inhalación de los trabajadores y a la altura de la cabeza.

→ Condiciones ambientales: temperatura, presión y humedad

Todos los sensores y sistemas electrónicos que forman parte de los detectores tienen unas limitaciones que vienen especificadas por el fabricante, y por ello deben de ser utilizados solamente en las zonas que cumplan estas especificaciones. Si es preciso realizar la monitorización de zonas cuyas condiciones ambientales no cumplan las especificaciones del aparato (por ejemplo elevadas temperaturas), el elemento sensor se coloca a distancia del

resto del equipo de detección. Otras veces, es necesario hacer llegar los gases hasta el sensor por aspiración, mediante el uso de bombas y conductos apropiados para los gases.

→ Movimientos de aire

Si hubiera movimientos significativos del aire ambiente, o el gas se liberase en emplazamientos cerrados, se vería modificado el comportamiento del gas. El comportamiento de los gases tras un escape es complejo y depende de muchos parámetros. Sin embargo, no es suficiente, en la práctica, el conocimiento de la influencia de estos parámetros para predecir la extensión y/o la velocidad de aumento de una atmósfera inflamable por ejemplo. La predicción puede mejorarse mediante:

- La aplicación de reglas empíricas normalmente aceptadas por los expertos, basados en su propia experiencia anterior.
- La experimentación in situ, para simular y describir de manera precisa el comportamiento de los gases. Esto incluye el uso de ensayos de tubo de humo, lecturas de anemómetros o técnicas más precisas como el análisis con trazadores de gas.
- La simulación numérica de la dispersión de gas.

En general casi todos los equipos de detección, los gases acceden al sensor mediante difusión. Si la velocidad del viento es muy elevada, el flujo de gases y aire puede verse alterada. Esto debe ser tenido en cuenta especialmente para los sensores de combustión catalítica, para los cuales con velocidades superiores a los 6 m/s pueden ocasionarse unas turbulencias dentro, que darían lugar a un enfriamiento diferencial de elementos activo y de referencia, provocando lecturas erróneas. Para controlar este efecto, pueden colocarse pantallas o cubiertas protectoras que por otro lado incrementan el tiempo de respuesta.

El sensor ha de colocarse en aquella posición, para la cual la probabilidad de detectar una fuga sea mayor. Por ello, conviene colocar en lugares donde predominan corrientes de aire, ya que es más probable que se detecten las mayores concentraciones del gas medido. A la hora de colocar un sensor en un punto se tendrán en cuenta las variaciones en la intensidad y dirección del viento a lo largo del tiempo.

→ Vibraciones, golpes y protección mecánica

Los detectores se deben instalar en lugares donde no se produzcan vibraciones, ya que éstas pueden dañar seriamente los sensores. Por esta razón los equipos de detección deben de ser fijados sobre elementos estáticos como una pared, y no sobre una fuente de vibraciones como puede ser un motor. Por otro lado, cuando el gas accede al sensor mediante aspiración, el tubo debe de ser de un material flexible para evitar posibles vibraciones.

Es conveniente también, elegir un emplazamiento donde la probabilidad de recibir impactos sea mínima. Una medida alternativa sería utilizar jaulas de protección.

→ Interferencias electromagnéticas

Tanto el equipo de detección, como el cableado necesario para su instalación, deben colocarse evitando la proximidad de fuentes emisoras de interferencias electromagnéticas.

→ Interferencias con otros gases

Los detectores deben colocarse en lugares donde se evite, en medida de lo posible, el acceso de otros gases distintos a los medidos y que puedan provocar lecturas falsas en el sensor.

→ Accesibilidad

Los equipos de detección que necesitan calibraciones periódicas deben de ser instalados en lugares que permitan un fácil acceso, y con suficiente espacio para permitir conectar el adaptador y otros aparatos de calibración.

→ Orientación del sensor

Algunos detectores requieren una orientación determinada, como por ejemplo los de combustión catalítica. En este caso el sensor debe colocarse verticalmente hacia abajo para evitar que se deposite humedad y suciedad sobre éste.

→ Tipo de gas medido

▪ Gases combustibles

Algunos gases combustibles como el hidrógeno o el metano, son mas ligeros que el aire, por lo que el detector debe colocarse por encima del posible punto origen de la fuga, o en el techo, donde existe una gran probabilidad de que se formen acumulaciones de estos gases. Por otro lado, otros gases como el propano o el butano, tienden a desplazarse por las partes bajas, pudiendo cubrir extensas áreas. Por ello para detectar este tipo de gases de la forma más rápida posible, es necesario colocar los detectores en las partes bajas de la instalación. Estos no deben de colocarse a menos de 45 cm. del suelo para evitar que esté en contacto con agua y lodo. De todas formas hay que prestar especial atención a la ventilación de la zona monitorizada, que puede alterar de forma importante el movimiento de estos gases.

▪ Gases tóxicos

Como estos gases se presentan en bajas concentraciones, su comportamiento es bastante similar al del aire, y por ello los sensores deben de colocarse a la altura de respiración de los trabajadores. No obstante, si la temperatura de la fuga del gas tóxico es superior a la del aire, éste tiende a ascender, por lo que sería necesario colocar el sensor por encima del punto de fuga.

→ Otras consideraciones

Se deberían tomar precauciones para proteger los sensores y los puntos de muestreo contra daños ocasionados por su exposición a atmósferas corrosivas (por ejemplo, amoníaco, o nieblas ácidas).

Los sensores y puntos de muestreo no deberían estar expuestos a contaminantes que puedan afectar adversamente a su funcionamiento. Por ejemplo, no deberían usarse materiales que contengan siliconas donde se instalen sensores catalíticos.

La práctica de limpiar con agua una planta con agua bajo presión puede causar una severa degradación de los sensores de gas y, por lo tanto, debería evitarse en las áreas donde éstos estén ubicados.

→ Funcionamiento

Después de la calibración inicial de gas, los sistemas fijos deberían volver automáticamente al modo de supervisión después de un intervalo predeterminado, sin ajustes complementarios. Sin embargo, para asegurar un correcto funcionamiento, es esencial, llevar a cabo periódicamente tanto inspecciones, como recalibraciones.

Los ensayos individuales del sistema de detección de gases combustibles son un factor de extrema importancia que afecta a la fiabilidad de las unidades. Un funcionamiento óptimo del sistema, y un funcionamiento fiable sólo se alcanzarán a través de un programa definido de ensayos completos.

Es esencial que se mantenga la seguridad mediante medidas adecuadas, cuando el sistema de detección de gas, o una parte de él, se vuelve inoperante durante la calibración, o si es retirado del servicio. Medidas adecuadas pueden ser:

- Utilización de un sistema redundante
- Uso de material portátil o transportable
- Aumento de la ventilación
- Eliminación de las fuentes de ignición
- Control de funcionamiento inicial y calibración del gas

Antes de su utilización, se debería inspeccionar el conjunto del sistema de detección de gas, incluyendo todos los equipos auxiliares, para asegurar que el diseño y la instalación han sido efectuados de manera satisfactoria. Debería efectuarse un examen para confirmar que ha sido suministrada una serie completa de instrucciones de operación, planos y registros, para el sistema completo. Las instrucciones deberían incluir detalles sobre la utilización, ensayo, calibración y funcionamiento.

Para su registro y mantenimiento, deberían suministrarse planos de la instalación que muestren la ubicación de todas las partes del sistema (unidades de control, sensores, y puntos de muestreo, cajas de conexiones, etc.) junto con el trazado y tamaños de todos los cables. Debería también incluirse esquemas con las cajas de conexiones y la distribución de los cables. El registro debería actualizarse cuando se efectúe cualquier cambio en la instalación.

Para material que sólo indique hasta el LIE, el ajuste de la alarma (o el ajuste menor cuando haya dos o más) debería ser tan bajo como fuera posible, tomando en consideración la necesidad de evitar falsas alarmas. Los ajustes deberían efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Después de su instalación en su lugar, cada sensor debería ser calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La calibración se debería efectuar sólo por una persona competente, adecuadamente entrenada.

→ Inspección

El sistema de detección debería ser inspeccionado frecuentemente por una persona competente. La inspección debería estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y con los requisitos específicos de la aplicación. Los intervalos pueden ser especificados por el fabricante o mediante regulaciones de las autoridades responsables. Si fueran definidos intervalos diferentes, se debería tomar el período de tiempo más corto.

Debería efectuarse una inspección visual de todas las unidades del sistema de detección de gas, y se deberían examinar las funciones de ensayo. Debería prestarse una atención especial a la contaminación (por ejemplo polvo o tierra) y a la condensación de agua o disolventes en los sistemas de muestreo y en el emplazamiento de los sensores.

Deberían seguirse las instrucciones de funcionamiento del fabricante con respecto a:

- La limpieza periódica de los filtros, ventanas de los sensores, etc.
- El montaje de los materiales requeridos, por ejemplo el gas auxiliar para algunos dispositivos
- Funcionamiento seguro del sistema
- Deberían registrarse los resultados de todas las inspecciones.

→ Mantenimiento y recalibración

Los procedimientos de mantenimiento no deberían comprometer la seguridad en el área que está siendo protegida. El material defectuoso debería ser retirado para su reparación en un taller fuera del área que está siendo protegida. Si un repuesto del material no puede ser suministrado inmediatamente, entonces se debería utilizar material transportable como sustituto temporal.

Los procedimientos de mantenimiento deberían llevarse a cabo únicamente por personal entrenado para la operación, el mantenimiento y la reparación de instrumentos de detección de gas inflamable. Si las instalaciones de mantenimiento no están adecuadamente equipadas y/o no hubiese personal cualificado disponible para realizar los procedimientos de chequeos y mantenimiento recomendados por el fabricante, el usuario debería enviar el material al fabricante o a reparadores externos autorizados.

Deberían obtenerse del fabricante instrucciones completas y explícitas acerca de los ensayos y los exámenes de los componentes reemplazables del material. El manual de instrucciones debería suministrar esquemas y listados de piezas de repuesto adecuadas. Se deberían seguir las instrucciones del fabricante cuando haya que decidir si hay que reemplazar un conjunto o bien repararlo mediante la sustitución de un componente. Si se reemplazan componentes, los componentes de repuesto deberían adecuarse a las especificaciones y tolerancias de los componentes originales.

El sistema de detección de gas debería ser examinado y recalibrado periódicamente por personal competente, basándose en las instrucciones del fabricante sobre reparación y mantenimiento. Los intervalos pueden estar especificados por el fabricante o mediante reglamentos de las autoridades locales responsables.

Dependiendo de la aplicación, puede ser necesario elegir intervalos de calibración más frecuentes. En todos los casos, el intervalo de calibración debería ser tal que todas las desviaciones de las medidas estén dentro de la precisión del instrumento.

Durante el procedimiento de recalibración, se debería controlar la lectura y la precisión por métodos adecuados y los valores obtenidos se deberían comparar con los valores de la calibración inicial. El examen de la precisión debería efectuarse mediante el uso del gas de calibración adecuado, suministrado normalmente en botellas de gas. Si no fuera posible disponer de una botella del gas de calibración certificada, puede utilizarse un gas de referencia aprobado por el fabricante, u otro método con una precisión adecuada. Normalmente el aire limpio se utiliza como gas cero, y se utiliza un gas de calibración con una concentración apenas por encima de los niveles de alarma para los ensayos de sensibilidad, aunque deberían seguirse las instrucciones del fabricante. Si este examen llevase a resultados claramente diferentes del valor inicial dado por el fabricante o del obtenido en controles previos, se debería remediar adecuadamente, por ejemplo, acortando el intervalo de calibración, o reemplazando el sensor o el elemento sensible.

Dependiendo de la aplicación específica, se debería controlar lo siguiente:

- La adecuación de todo el sistema.
- Los controles requeridos para los tipos de sensores específicos.
- La ubicación de los sensores.
- Los niveles de alarma y las funciones de salida automáticas en caso de alarma.
- El sistema de muestreo.
- Los dispositivos para la transmisión e indicación de datos.

Después de que cualquier función defectuosa sea corregida (reparada o reemplazada en acuerdo estricto con las instrucciones del fabricante), se debería seguir un procedimiento completo de mantenimiento y de calibración.

Las unidades defectuosas deberían ser:

- Devueltas al fabricante; o
- Devueltas a un agente de reparación autorizado por el fabricante; o
- Reparadas en un taller especial montado por el usuario para el mantenimiento de detectores de gas.

Debería registrarse el resultado del mantenimiento y de la recalibración.

2.6. EL RUIDO

2.6.1. Prescripciones normativas aplicables

- *Ley 37/2003*, de 17 de Noviembre, del Ruido.
- *R.D. 1513/2005*, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- *R.D. 1367/2007*, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- *R. D. 286/2006*, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

2.6.2. Técnicas de control

Control de ruido no significa exclusivamente reducción de ruido. Existen diferentes técnicas de control que se pueden clasificar en tres grupos diferentes:

- Reducción del ruido en la fuente.
- Control del ruido en el medio transmisor.
- Uso de medidas protectoras contra el ruido por parte del receptor.

→ Reducción del ruido en la fuente

Para conseguir reducir el ruido en la fuente se pueden utilizar distintos procedimientos.

- Reducción de la amplitud de vibración del foco original. Se puede lograr por:
 - Reducción de impactos o impulsos.
 - Equilibrado de masas en movimiento (Máquinas rotativas).
 - Equilibrado de fuerzas magnéticas (Motores eléctricos, generadores).
 - Compensación dinámica, mediante los absorbentes dinámicos.
 - Aislamiento de vibraciones.
- Reducción de la amplitud de vibración de otros focos que entran en vibración debido a la vibración original.
- Alteración de la frecuencia natural de vibración de un elemento resonante.
- Disipación de la energía mediante uso de materiales amortiguantes.
- Cambios en el procedimiento operacional.

→ Control del ruido en el medio transmisor

Se tienen los siguientes tipos de medidas:

- Adecuado emplazamiento de la fuente sonora, tal que al aire libre, la atenuación máxima se logrará aumentando en lo posible la distancia entre la fuente sonora y el receptor, y/u otras veces alterando la orientación relativa de la fuente y el receptor.
- Adecuada planificación de la construcción.

- Deflexión del medio. En transmisiones aéreas de ruidos, pueden ser efectivas barreras u obstáculos colocados estratégicamente. Estas barreras deben ser de mayor tamaño que la longitud de onda del ruido que va a ser desviado.
- Mediante técnicas de encerramientos pueden conseguirse atenuaciones considerables de ruido, siempre que el diseño sea adecuado alrededor bien de la fuente sonora o del receptor.
- Mediante técnicas de absorción. El uso de absorbentes acústicos colocados en techos, suelos y paredes puede conseguir importantes atenuaciones. En el caso de conductos ruidosos pueden emplearse forros absorbentes de ruido.
- Mediante uso de filtros y silenciadores acústicos.

→ Medidas protectoras contra el ruido en el receptor

Uso de equipos de protección individual.

Información y formación al personal.

Control administrativo de la exposición.

Existen otros procedimientos para el control de ruidos, denominados procedimientos activos, ya que implican modificaciones en los equipos y procesos.

→ Sustitución de equipos o procesos

La sustitución de equipos o procesos ruidosos por otros que generen menos ruido pero que mantengan o mejoren los requerimientos técnicos y económicos, no siempre es fácil, pero, de modo general cuando es posible, se consiguen buenos resultados cuando se sustituye:

- El remachado por la soldadura.
- Las prensas mecánicas por prensas hidráulicas.
- Los martillos neumáticos por los martillos de acción electromagnética.
- Las herramientas portátiles neumáticas (especialmente si no disponen de silenciosos en los escapes de aire) por las herramientas eléctricas.
- Los procedimientos de enderezado o conformado de perfiles metálicos por otros a base de gatos, prensas, etc.

→ Modificación de los procedimientos de trabajo

Estos procedimientos se basan en la modificación parcial de los equipos o máquinas de modo que el ruido generado o estimado sea menor con métodos tales como:

- Sustituir expulsores neumáticos por otros mecánicos.
- Reducir en lo posible las velocidades de rotación.
- Sustituir ventiladores helicoidales por otros centrífugos.
- Sustituir engranajes rectos por otros helicoidales o bien ambos por correas trapezoidales.
- Introducir escalonamientos en las operaciones con útiles de trabajo.

→ Reducción de las fuerzas generadoras del ruido

Estos procedimientos consisten básicamente en la introducción de una serie de modificaciones o elementos que reduzcan las fuerzas generadoras del ruido, tales como:

- Equilibrando dinámicamente la maquinaria.
- Sustituyendo las piezas desgastadas.
- Engrasando y lubricando las partes móviles.
- Disminuyendo la superficie de radiación del ruido.
- Modificando la rigidez de las superficies radiadoras de ruido.
- Modificando la masa de los equipos.
- Incluyendo uniones y anclajes elásticos.
- Instalando elementos antivibratorios, etc.
- Interponiendo materiales amortiguadores entre superficies que chocan entre sí.
- Colocando silenciosos en escapes neumáticos y salidas de aire, etc.

Otros procedimientos sin embargo, son procedimientos pasivos ya que no implican modificaciones en la maquinaria.

→ Reducción del ruido en el medio de propagación

Existen diversos procedimientos de control que tratan de atenuar los efectos del ruido sobre los receptores, modificando las condiciones de la transmisión y propagación de las ondas acústicas, entre los focos emisores y las personas:

- La disposición y planificación adecuada de los equipos ruidosos en una planta.

- El acondicionamiento acústico de las superficies límites interiores de los recintos donde se instalen equipos ruidosos.
- La instalación de cabinas, envolventes, barreras totales o parciales interpuestas entre los focos de ruido y los receptores.
- El tratamiento de las trayectorias de propagación del ruido y de las vibraciones por aislamiento de las máquinas y elementos.

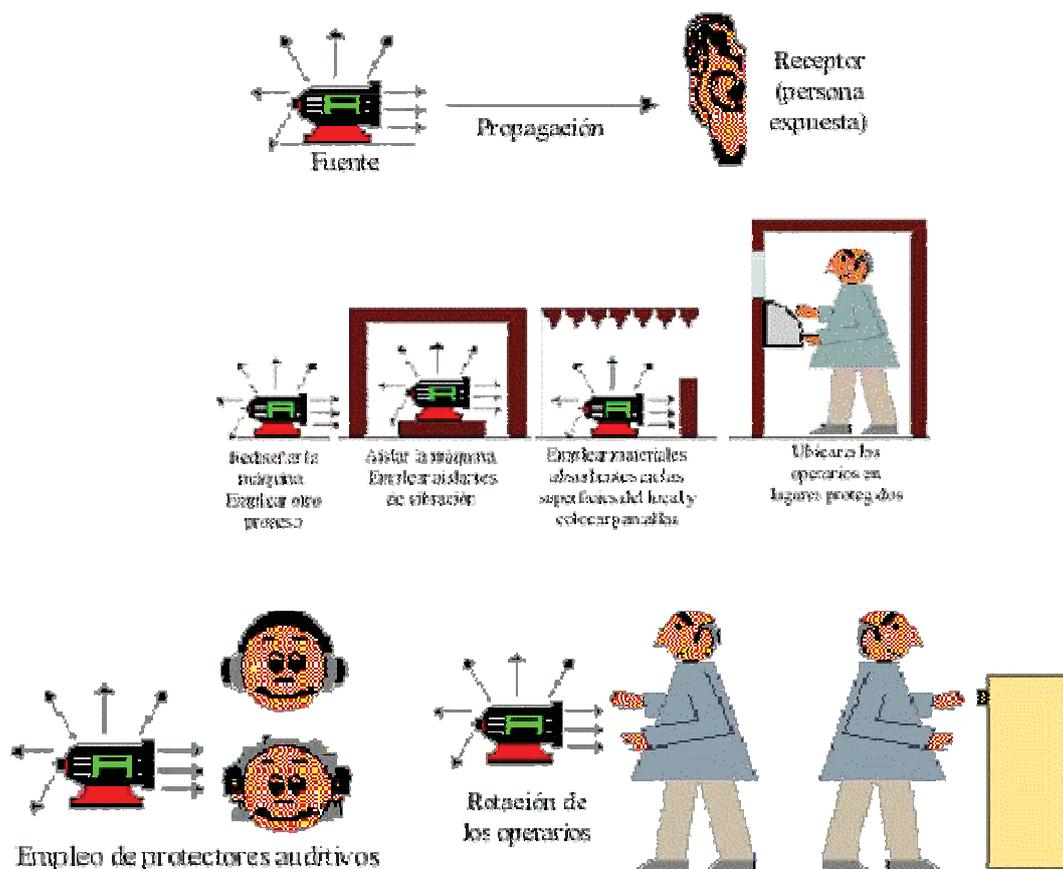


Figura 2.21: Técnicas de control del ruido



Capítulo 3

EQUIPOS DE TRABAJO

3. EQUIPOS DE TRABAJO

3.1. PRESCRIPCIONES NORMATIVAS APLICABLES

- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, R.D. 863/1985, de 2 de abril.
- *ITC MIE SM 02.2.01*, Puesta en servicio, mantenimiento, reparación e inspecciones de equipos de trabajo.
- *ITC MIE SM 04.5.04*, Vehículos automotores.
- *ITC MIE SM 04.6.02*, Seguridad del personal.
- *ITC MIE SM 04.6.03*, Precauciones contra incendios.
- *ITC MIE SM 12.0.01*, Certificaciones y homologaciones.
- *Ley 31/1995*, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- *Real Decreto 1215/1997*, de 18 de julio, donde se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo empleados por los trabajadores.
- *Real Decreto 1389/1997*, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras

3.2. PUESTA EN SERVICIO DEL EQUIPO DE TRABAJO

3.2.1. Requisitos generales

Para la puesta a disposición de los trabajadores de equipos de trabajo, y antes de su puesta en servicio, el empresario deberá asegurarse de que adquiere y utiliza únicamente equipos que satisfagan todos los requisitos y disposiciones legales que les sean de aplicación y, en particular, las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo empleados por los trabajadores en el trabajo establecidas en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.

Para ello, es necesario que disponga de la documentación técnica que permita una correcta y segura instalación, utilización y mantenimiento. Esta documentación deberá estar redactada en una lengua oficial del área geográfica a la que se destina el equipo.

3.2.2. Procedimiento para equipos en su primera puesta a disposición de los trabajadores

En el caso de equipos nuevos o evaluados como nuevos, el empresario deberá disponer de los siguientes documentos, los cuales deberán ser tenidos en cuenta en la elaboración de la documentación establecida en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales:

- El nombre o la marca de identificación y domicilio del suministrador o representante.
- La denominación e identificación del equipo de trabajo.
- La declaración de conformidad CE en español (y su versión original si procede), la declaración de conformidad nacional, o la resolución de homologación conforme a los procedimientos definidos en la ITC 12.0.01 «Evaluación de la conformidad de productos para uso en minería» del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en virtud de lo establecido en el artículo 3.1.a) del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- Los documentos que permitan acreditar que el equipo cumple con lo dispuesto en el artículo 3.1.b) del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- Los documentos que permitan acreditar que se ha dado cumplimiento a los apartados 2, 3 y 4 del artículo 3 del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- El plan de mantenimiento establecido y los modelos de las fichas de inspección y comprobación previstas, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.1 de la parte A del anexo del Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras, con el fin de garantizar que los equipos de trabajo se conservan durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones tales que satisfagan las disposiciones del anexo I del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, en virtud de lo establecido en el artículo 3.5 de dicho real decreto.
- Los documentos que permitan acreditar que se ha realizado la comprobación inicial del equipo exigida por el artículo 4.1 del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, así como el procedimiento a seguir para dar cumplimiento a los apartados 2, 3, 4 y 5 del artículo 4 del citado real decreto.
- La evidencia de que el empresario ha proporcionado a los trabajadores la formación e información adecuada y de que ha garantizado su participación

y consulta, en los términos establecidos en los artículos 5 y 6 del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.

3.2.3. Procedimientos particulares para equipos que ya han sido puestos anteriormente a disposición de los trabajadores

→ Equipos que están en conformidad con los requisitos vigentes de puesta en el mercado

Además de los documentos referenciados en el apartado correspondiente anterior, donde la declaración de conformidad o la resolución de homologación son las que se requerían en el momento de su primera comercialización, el empresario debe disponer de los siguientes documentos:

- Evidencia de la disponibilidad del historial de intervenciones de reparación y mantenimiento,
- Una declaración del suministrador en la que se asegure que:
- El equipo ha sido mantenido al menos en las condiciones establecidas por el fabricante original, y
- Que no se han introducido modificaciones o reformas del mismo.

En el caso de no disponerse de estos dos documentos, el empresario someterá el equipo a una inspección detallada por parte de un taller de los recogidos en el apartado 4 de la ITC 02.2.01 ó, en el caso de maquinaria móvil o semimóvil, por parte de un organismo de control autorizado para inspección técnica de acuerdo con lo establecido en el apartado 5 de dicha ITC, que emita, junto con el informe de inspección, una declaración en la que se asegure que el equipo ha sido mantenido, al menos, en las condiciones establecidas por el fabricante, y que no se han efectuado reformas o modificaciones en el mismo.

→ Equipos que no están en conformidad con los requisitos vigentes de puesta en el mercado

Sin perjuicio del cumplimiento de las disposiciones mínimas establecidas en el anexo I del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, los equipos de trabajo usados cuya fecha de primera comercialización fue anterior a la entrada en vigor de las directivas europeas sobre comercialización en el ámbito de la seguridad industrial y, por lo tanto, no sujetos a mercado CE, solo podrán ponerse a disposición de los trabajadores si cumplen los siguientes requisitos:

- Su primera comercialización se produjo en un Estado miembro del Espacio Económico Europeo antes del final del período transitorio de las Directivas que le son de aplicación, y
- En su primera comercialización, el equipo cumplía los requisitos de comercialización nacionales del Estado miembro de la Unión Europea, y
- No ha sido objeto de retirada obligatoria del servicio por imposición de la autoridad competente del Estado miembro de la Unión Europea del que provienen.

Para la puesta a disposición de los trabajadores de estos equipos de trabajo, además de los documentos referenciados en el apartado anterior, el empresario debe disponer de los siguientes:

- Documentos donde se establecen las limitaciones intrínsecas de utilización que condicionan su posterior puesta a disposición de los trabajadores.
- Acreditación del cumplimiento de las circunstancias señaladas en los subapartados a), b) y c) anteriores.

3.3. CONTROL DEL MANTENIMIENTO REALIZADO

Las intervenciones de mantenimiento solo podrán ser efectuadas por personal cualificado y autorizado por el empresario, que además adoptará las medidas necesarias para documentar las actuaciones de reparación y mantenimiento realizadas a lo largo de la vida del equipo.

3.3.1. Requisitos de mantenimiento de equipos en servicio

El empresario adoptará las medidas necesarias para realizar un mantenimiento adecuado de todos los equipos, con el fin de que se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones que satisfagan todas las disposiciones de seguridad y de uso. Las operaciones de revisión y las de sustitución de elementos o componentes indicados por el fabricante se considerarán como operaciones de mantenimiento.

Este mantenimiento se podrá realizar por el empresario, siempre siguiendo las instrucciones del fabricante y las condiciones de utilización y teniendo en cuenta cualquier otra circunstancia normal o excepcional que pueda influir en su deterioro o desajuste.

La documentación técnica para la correcta ejecución del mantenimiento es la que acompaña al suministro del material, ya se trate de un equipo comercializado siguiendo las reglas nacionales de certificación u homologación, como de un equipo comercializado

siguiendo las reglas establecidas en las Directivas europeas que son de aplicación a los equipos de trabajo con marcado CE, o a sus componentes.

Para la determinación de los documentos que deben acompañar los suministros antes de su puesta en servicio, así como aquellos que se deben establecer durante su vida operativa, se podrá utilizar la norma UNE-EN 13460 que proporciona directrices generales.

La aplicación de nuevos elementos de seguridad sobre equipos en servicio se considera una mejora, tal y como se define en la norma UNE-EN 13306 y, por tanto, se documentará como una operación de mantenimiento.

Cuando el empresario no disponga del manual de instrucciones adoptará las medidas para solicitar al fabricante del equipo o a su distribuidor o servicio técnico autorizado, una copia del mismo al menos en castellano. En ausencia de las indicaciones del fabricante, el empresario podrá adoptar un plan de mantenimiento específicamente elaborado por una entidad de las definidas en el apartado 4 de la ITC 02.2.01, la cual asumirá la responsabilidad como fabricante. La redacción de dicho plan de mantenimiento deberá ajustarse a los requisitos correspondientes en la normativa vigente aplicable.

El referido plan de mantenimiento se registrará en forma de libro de mantenimiento para cada uno de los equipos de trabajo, el cual será supervisado por el Director facultativo o Jefe de Obra y estará a disposición de la autoridad competente en Materia de Seguridad Laboral y/o industrial.

Se adjunta en el anexo 3 un ejemplo de libro de mantenimiento.

3.3.2. Reparación de elementos de seguridad de equipos

La reparación de elementos que cumplen una función de seguridad y que el fabricante ha incorporado a un equipo de trabajo sin indicar al usuario su procedimiento de reparación, sólo podrá efectuarse:

- Por los servicios de reparación propios del fabricante, o por servicios técnicos autorizados bajo el control y responsabilidad del fabricante original,
- Por un taller autorizado para la reparación de los elementos de seguridad en cuestión por la autoridad competente, según se detalla en el apartado 4 de la ITC 02.2.01.

Si no fuera posible seguir un procedimiento de los descritos anteriormente, las reparaciones de elementos de seguridad podrán ser autorizadas por la autoridad competente, previo informe de verificación por una Entidad Colaboradora de la Administración (ECA) sobre la adecuación del equipo a las condiciones originales.

La autoridad competente podrá someter cualquier reparación de elementos de seguridad a su verificación unitaria por una Entidad Colaboradora de la Administración, que emitirá un certificado/informe de control sobre la adecuación del equipo a las condiciones originales.

3.3.3. Niveles de mantenimiento

El mantenimiento de la maquinaria, que debe protocolarizarse de acuerdo a un criterio fijo de trabajo, debe quedar específicamente recogido en el libro de mantenimiento de la máquina. Este protocolo puede realizarse según el número de horas de trabajo de la máquina de tal manera que se establezcan una serie de niveles que irán siendo más exhaustivos y de mayor complejidad a medida que el número de ciclos de trabajo consecutivos aumenta.

3.4. EQUIPOS DE PERFORACIÓN

3.4.1. Puntos de inspección singulares

Se prestará especial atención a los puntos de control que se indican a continuación para cada una de las partes de la máquina.

→ Equipamiento general

- Funcionamiento de los interruptores de parada de emergencia y zumbador.
- Funcionamiento de las luces de trabajo.
- Funcionamiento de las luces de desplazamiento.
- Funcionamiento de los paneles indicadores.
- Existencia de fugas de aceite.
- Control del estado del extintor: presión, estado de la anilla y revisiones.

→ Equipo portador

- Comprobación del estado general de los neumáticos.
- Comprobación de los puntos de engrase de las partes móviles del vehículo.
- Comprobación del ajuste de los discos de frenos de servicio.
- Comprobación del funcionamiento del freno de seguridad.
- Comprobar estado del catalizador de gases de escape.

→ Motor

- Comprobación de fugas de fluidos.
- Comprobación de los conectores de encendido.
- Comprobación del sistema de admisión de combustible (línea de fuga).
- Compresor
- Comprobación de fugas de aceite.
- Comprobación del estado de las mangueras.
- Comprobación del funcionamiento del contacto de parada del termómetro.

→ Martillo

- Fugas de aceite.
- Estado del adaptador.
- Estado de la boca de perforación.
- Estado de los latiguillos y racores de conexión.
- Comprobación de las presiones del acumulador.
- Estado de las válvulas de llenado del acumulador y presión de los tapones.

→ Corredera/Deslizadera

- Comprobación del cilindro de avance y estado general de la corredera.
- Estado de los casquillos del centralizador.
- Estado y tensión del cable de avance.
- Estado y conexiones de las mangueras.
- Estado y sujeción de los cilindros impulsores.
- Estado del sistema de fijación al terreno (taco de goma, muescas de hierro...)

→ Brazos

- Estado y conexión de latiguillos y racores.
- Estado de los cables eléctricos.

→ Circuito hidráulico

- Comprobación visual del nivel de aceite hidráulico.
- Existencia de fugas de aceite.
- Funcionamiento de los manómetros.
- Existencia de agua en el circuito de aceite.

→ Circuito de aire comprimido

- Estado del presostato.
- Válvulas de control de aire.
- Brazo de la cesta
- Comprobación de los latiguillos.
- Comprobación de pasadores de unión.
- Comprobación de la unión del brazo al soporte.
- Inspección de los bloqueos de los cilindros de elevación, de la junta del brazo, y del cilindro estabilizador.
- Soldaduras de uniones de giro de las orejetas.
- Inspección del estado de las vigas de los brazos.
- Funcionamiento de la válvula de descenso de la carga.

3.4.2. Niveles de mantenimiento

Para un equipo de perforación que trabaja en labores subterráneas, se pueden establecer hasta 8 niveles de mantenimiento en función del número de horas trabajadas por el equipo.

→ Mantenimiento Diario

- Comprobación del funcionamiento de las paradas de emergencia y del zumbador.
- Funcionamiento de las luces de trabajo.
- Funcionamiento de las luces de desplazamiento.
- Funcionamiento de los indicadores.

- Existencia de fugas de aceite.
- Limpieza del equipo.
- Estado del filtro del aire.
- Comprobación del nivel de combustible.
- Comprobación del nivel del aceite hidráulico.
- Comprobación del nivel del aceite de la transmisión.
- Relleno del depósito del agua.
- Comprobación de fugas de aceite en el motor Diesel.
- Comprobación del nivel de refrigerante del motor Diesel.
- Comprobación del nivel de aceite del motor Diesel.
- Comprobación del apriete de tuercas y tornillos del enrollador.
- Comprobación del dispositivo de indicación de averías.
- Comprobación del nivel de aceite del compresor.
- Comprobación de fugas de aceite en el compresor.
- Comprobación del estado exterior del martillo.
- Comprobación del estado de los tornillos de la carcasa del martillo.
- Estado de la lubricación del adaptador.
- Verificar que no existen fugas de aceite.
- Estado del adaptador.
- Revisar el estado de la boca de perforación.
- Comprobación del estado de los tornillos de la carcasa de barrido del martillo.
- Estado de los latiguillos y racores del martillo.
- Estado de las juntas de barrido (Durante la perforación).
- Apriete de los tornillos de la corredera.
- Estado general de la viga de la corredera.
- Estado del cilindro de avance.

- Estado del retenedor y del varillaje de perforación.
- Limpieza de la corredera.
- Estado de los casquillos del centralizador.
- Comprobar el engrase de los brazos.
- Apriete de los tornillos y tuercas de los brazos.
- Limpieza del brazo.
- Estado de los retenes rascadores.
- Comprobar los filtros y sustituir de acuerdo con indicadores.
- Comprobar fugas de aceite en el circuito hidráulico.
- Funcionamiento de los manómetros.
- Comprobación del contenido de agua en el aceite.
- Eliminar el agua del circuito de aire.
- Estado del lubricador del adaptador.
- Comprobación visual del nivel de aceite del lubricador del adaptador.
- Purgar el aire del circuito de agua.
- Purgar el aire de la bomba.
- Verificar el lavado del separador de lodos.
- Funcionamiento del regulador de presión, y del refrigerador de aceite del circuito de agua.
- Comprobación de los latiguillos de la cesta.
- Comprobación del estado de los pasadores de unión.
- Limpieza del brazo de cesta.

→ **Mantenimiento Cada 50 Horas**

- Limpiar el lavador de agua.
- Comprobar el estado y presión de los neumáticos.
- Revisión de los puntos de engrase del vehículo.
- Comprobación de las baterías y las conexiones de plomo.

- Comprobación del sistema de refrigeración.
- Estado de los tirafondos del martillo.
- Estado de los tornillos del acumulador de presión.
- Estado de los tornillos del motor de rotación.
- Estado de las presiones del acumulador.
- Comprobación de las juntas y cojinetes de la carcasa de barrido.
- Mandril, buje de rotación, acoplamientos, espaciadores, casquillos del adaptador, extremo de golpeo del pistón, junto con el cambio del adaptador.
- Estado de las válvulas de llenado y presión del acumulador.
- Estado del cable de avance de la corredera.
- Estado de las conexiones de las mangueras.
- Estado y sujeciones del cilindro de avance.
- Estado del tope de goma o sistema de anclaje al frente.
- Estado y ajuste de las piezas de deslizamiento.
- Lubricación del tensor de mangueras.
- Apriete de los tornillos y tuercas del brazo.
- Estado y conexiones de latiguillos y mangueras del brazo.
- Estado de los cables eléctricos.
- Comprobación y estado de las piezas de desgaste.
- Sustituir los filtros de presión del aceite hidráulico.
- Comprobación del presostato del circuito de aire.
- Estado de las válvulas de control de aire.
- Lubricar pasadores y rotulas del brazo de cesta.
- Comprobación de las uniones del brazo a los soportes.
- Inspección de los bloqueos del pasador.
- Inspección del bloqueo del pasador de la junta del brazo de elevación.
- Inspección del bloqueo del pasador de la unión del brazo de elevación.

- Inspección del bloqueo del pasador del cilindro de elevación.
- Inspección del bloqueo del pasador del cilindro del estabilizador.
- Inspección del bloqueo del pasador de la junta del cilindro estabilizador y los alojamientos de las rótulas.
- Inspección del bloqueo de pasador de la unión de la cesta.

→ **Mantenimiento Cada 250 Horas**

- Comprobación del nivel de aceite en los diferenciales del eje.
- Comprobación del nivel de electrolito de la batería.
- Sustitución del filtro de aceite de la transmisión.
- Ajuste de los frenos de disco.
- Ajuste del freno de seguridad.
- Limpieza interna del depósito de lubricador del adaptador.

→ **Mantenimiento Cada 500 Horas**

- Control del estado del extintor de fuego.
- Sustitución del filtro del aire.
- Sustitución del filtro de aceite hidráulico.
- Sustitución del aceite de la transmisión.
- Sustitución del aceite del motor.
- Sustitución del cartucho del filtro de aire del motor.
- Sustitución de la concentración de aditivos refrigerantes del motor.
- Comprobación de las bancadas del motor.
- Comprobación de las correas trapezoidales.
- Limpieza del prefiltro de aire.
- Comprobación del nivel de aceite de la unidad de par.
- Comprobación de apriete de tuercas y tornillos del enrollador.
- Lubricar la cadena del enrollador.
- Comprobación de la tensión de la cadena.

- Sustitución del aceite del compresor.
- Sustitución del filtro de aceite del compresor.
- Limpieza de la malla de retorno del tubo de aceite.
- Limpieza exterior del refrigerador.
- Limpieza interior del compresor.
- Comprobación de las conexiones del motor.
- Sustitución de los cartuchos de los filtros de aceite.
- Revisión general del martillo.
- Sustitución de las piezas de ajuste de la corredera.
- Estado de la banda de desgaste.
- Holgura de los pasadores del cilindro y de los casquillos de las rótulas.
- Estado de las cajas de sensores.
- Limpiar y revisar las conexiones de las cajas eléctricas.
- Estado de la función de restricción de la válvula del distribuidor.
- Sustitución del filtro de presión del aceite hidráulico.
- Sustitución del filtro del respiradero del aceite hidráulico.
- Sustitución del filtro de llenado del aceite hidráulico.
- Comprobación de las presiones hidráulicas en el brazo de cesta.
- Inspección de la soldadura de la orejeta de la unión de giro.
- Inspección del bloqueo de pasador de la unión del cilindro de extensión.
- Inspección de la soldadura de la orejeta de fijación del extremo del cilindro estabilizador de la cesta.
- Inspección del bloqueo del pasador de la unión del cilindro de giro.
- Inspección del funcionamiento de la válvula de descenso de carga.
- Inspección del estado de las vigas de los Brazos.

→ **Mantenimiento Cada 1000 Horas**

- Tensión de las conexiones del conductor.

- Sustituir el cartucho del filtro del aire.
- Comprobación de los manguitos abrazaderas en el lado de admisión de aire.
- Catalizador del gas de escape.
- Sustituir el aceite en los diferenciales del eje.
- Cambio de aceite en los ejes planetarios.
- Comprobación de las baterías.
- Comprobación de los conectores de encendido del motor.
- Limpieza del depósito de aceite hidráulico.
- Sustitución del aceite hidráulico.
- Limpiar las celdas del refrigerador del aceite hidráulico.

→ **Mantenimiento Cada 1500 Horas**

- Comprobación del juego de taques.
- Revisión general del tensor de mangueras.

→ **Mantenimiento Cada 2000 Horas**

- Comprobación del sistema de combustible. (Línea de fuga).
- Comprobación del estado de las mangueras del aire comprimido.

→ **Mantenimiento Cada 3000 Horas**

- Comprobar los cojinetes de los soportes de los enrolladotes.
- Cambiar el aceite de la unidad de par.
- Comprobación de fugas de aceite en el compresor.
- Estado de las mangueras del compresor.
- Sustitución de las correas.
- Sustitución de los tapones de la válvula de admisión.
- Sustitución de los tapones de la válvula de descarga.
- Comprobar el funcionamiento del contactor de la parada del termómetro.

En el anexo 3 se pueden ver los niveles de inspección de un Jumbo Axera T11 Data del fabricante Sandvik.

3.5. EQUIPOS DE ARRANQUE PUNTUAL

3.5.1. Puntos de inspección singulares

Se prestará especial atención a los puntos de control que se indican a continuación para cada una de las partes de la máquina.

→ Documentación

- Revisión del estado del manual de instrucciones.
- Verificación de la declaración CE de conformidad.
- Chasis y paradas de emergencia
- Estado general del chasis y cabina, o techo de protección
- Comprobar funcionamiento de las paradas de emergencia
- Sistema de herramientas de corte
- Número de picas y estado de desgaste
- Estado de la camisa de las picas y del vástago
- Estado de los bloques portapicas
- Estado del tambor rotativo de la cabeza de corte

→ Reductores

- Estado y lubricación del reductor de la cabeza de roza
- Estado y lubricación del reductor de la pala cargadora
- Estado y lubricación de la reductora de la transmisión de las orugas

→ Sistema de lubricación

- Estado de las bombas del sistema de lubricación
- Estado de las conducciones del sistema de lubricación; ausencia de fugas
- Estado de lubricación de los puntos de engrase de la máquina

→ Sistema hidráulico

- Estado del filtro de retorno
- Estado del filtro de presión
- Estado del depósito de circuito hidráulico
- Estado de cilindros, latiguillos y racores, ausencia de fugas

→ Transportador

- Estado y tensión de la cadena
- Estado de los elementos del transportador
- Sistema de agua
- Estado de los rociadores
- Ausencia de fugas en las conducciones de agua o bombas

→ Orugas

- Estado y tensión de la cadena de las orugas
- Funcionamiento de los frenos de las orugas
- Estado de los elementos de las orugas, tejas y bulones
- Estado de las ruedas dentadas motrices de las orugas
- Estado de los rodillos de las orugas

→ Sistema eléctrico

- Comprobación del estado del cable de alimentación
- Comprobación del estado de las protecciones eléctricas

3.5.2. Niveles de mantenimiento

Para un equipo de arranque puntual que trabaja en labores subterráneas, se pueden establecer hasta 8 niveles de mantenimiento en función del número de horas trabajadas por el equipo.

→ Mantenimiento diario antes de cada operación

- Comprobación del funcionamiento de las paradas de emergencia

- Comprobación del funcionamiento de la bocina
- Nivel de lubricante de todas las transmisiones
- Nivel de aceite hidráulico
- Estado del fluido hidráulico del depósito, espumas, suciedad, etc...
- Funcionamiento del control de presión y temperatura
- Fugas en el sistema de lubricación
- Funcionamiento del dispositivo de agua y bocas de rociado
- Realizar la comprobación del filtro de agua
- Inspección visual de tuberías y mangueras
- Funcionamiento correcto de la protección anticolidión
- Comprobar los tornillos de purga de aire de los reductores
- Comprobación del desgaste de las picas de la cortadora
- Comprobación del agua de refrigeración del circuito cerrado
- Comprobar que la cadena del transportador esta correctamente tensada
- Comprobación de las rastras del transportador, búsqueda de desgastes o daños
- Comprobación del conductor del rotativo, existencia de fugas en el mismo y estado de las válvulas de control
- Comprobación de que el cable de maniobra no esta rota ni agrietada
- Comprobación que los cables eléctricos de maniobra y las tuberías no tengan fugas ni estén obstaculizados
- Mantenimiento diario después de cada operación en caso de trabajos en anhidritas (Yeso, Marga, Arcilla, Sal, Potasa...)
- Comprobación del dispositivo de carga y transportador de cadenas
- Estado de la limpieza de la cabeza de corte
- Aplicación de aceite a los pernos de las orugas y del transportador de cadenas
- Lubricación de la máquina, de acuerdo con el programa de lubricación
- Sopleo con aire comprimido

- Rociado con agua
- Arranque de las orugas y el transportador de cadenas en marcha normal y en marcha lenta

→ Mantenimiento semanal

- Limpieza general
- Engrase general
- Inspección de las diferentes transmisiones por si presentan ruidos inusuales, se calientan excesivamente o fugan.
- Inspeccione las condiciones de los portapicás
- Comprobación de el apriete de los tornillos de unión, entre la transmisión de la cortadora y el motor de la cortadora; entre el brazo de la cortadora y la transmisión de la cortadora; entre los vástagos guía y la estructura de la base y entre el transportador y la rampa de carga
- Comprobación de la bomba de circulación del aceite en la transmisión de la cortadora
- Comprobación de que el refrigerador del aceite no esté sucio ni tenga fugas
- Comprobación de la flecha y el tensado adecuado de la cadena del transportador
- Comprobación de la flecha y el tensado adecuado de las cadenas de las orugas
- Comprobación de el filtro del flujo de retorno y el filtro de la purga del sistema hidráulico
- Comprobación de el ajuste de todas las válvulas de alivio de la presión y de las válvulas de retención
- Comprobación de el nivel de aceite de los dispositivos de liberación de los frenos de las transmisiones de las orugas
- Lubricación de la maquina de acuerdo con el programa de lubricación
- Comprobación de que no haya fugas en las transmisiones de carga ni en alojamientos de acoplamiento
- Comprobación de el filtro de purga de la transmisión del cargador y de las orugas

- Comprobación de que los relés de sobrecarga eléctrica se encuentran correctamente ajustados
- Inspección de todos los cables de potencia.
- Comprobación de aspersores de agua de refrigeración (motor-cabeza).
- Comprobación “Parada de Emergencia”.
- Limpieza del filtro de agua de refrigeración.
- Revisión y limpieza del radiador de refrigeración.
- Comprobación de la regulación del electroventilador (40°C).

→ **Mantenimiento mensual**

- Comprobación de que todas las carcasas, cajas y contactores de los equipos eléctricos están libres de depósitos de polvo de condensaciones de agua
- Comprobación de la tensión de alimentación eléctrica
- Mantenimiento cada 500 horas
- Comprobación de vibraciones y ruidos de las reductoras
- Revisión y limpieza del equipo eléctrico
- Revisión del tren de rodaje (tensado)
- Revisión del transportador blindado (tensado y desgaste)
- Revisión estructural general
- Mantenimiento cada 1000 horas
- Cambio del filtro de aceite hidráulico
- Cambio de aceite de reductoras
- Revisión del tren de rodaje (tensado y desgaste)
- Mantenimiento cada 2000 horas
- Revisión estructural general
- Cambio del filtro de aceite hidráulico
- Cambio de aceite de reductoras
- Revisión del tren de rodaje (tensado y desgaste)

- Cambio de aceite hidráulico y filtro
- Cambio de aceite de mandos finales
- Comprobación de regulación del termostato
- Comprobar consumos y aislamientos de motores eléctricos

3.6. EQUIPOS DE CARGA Y TRANSPORTE

3.6.1. Puntos de inspección singulares

Se prestará especial atención a los puntos de control que se indican a continuación para cada una de las partes de la máquina.

→ Documentación

- Revisión del estado del manual de instrucciones.
- Verificación de la declaración CE de conformidad.
- Verificación del certificado y placa de inspección.

→ Chasis

- Estado del bastidor delantero y trasero.
- Estado de los anclajes del bloque motor.
- Estado de los anclajes de elevación del cazo.
- Estado de las orejetas de giro.
- Estado de los anclajes de los trenes.
- Estado de los contrapesos.
- Estado de los puntos de remolcado.
- Estado del parachoques.

→ Neumáticos

- Estado de los neumáticos delanteros, ausencia de rajaduras y cortes, presiones y estado de los tornillos, tacos y banda de rodadura.
- Estado de los neumáticos traseros, ausencia de rajaduras y cortes, presiones y estado de los tornillos, tacos y banda de rodadura.

→ Sistema de dirección

- Estado y funcionamiento de volantes y joysticks, y holguras en los mismos.
- Estado general de los cilindros de dirección, fugas de aceite y holguras en los mismos
- Estado de los topes de giro
- Simetría en la dirección principal
- Funcionamiento de la dirección secundaria
- Sistema de frenado
- Funcionamiento del freno de servicio
- Fugas de aceite en los paquetes
- Funcionamiento del freno de estacionamiento
- Funcionamiento del freno de emergencia
- Pruebas de retención del par motor en todas direcciones con y sin carga
- Comprobación de la trayectoria de frenada
- Estado de los dispositivos de aviso

→ Motor

- Estado del depósito, conducciones y sistema de llenado de combustible, comprobar la ausencia de pérdidas o escapes
- Revisión del estado del radiador, ventilador, depósito, conducciones y tapón de refrigerante
- Estado del circuito de escape
- Ausencia de fugas de aceite en el motor
- Estado de las correas de transmisión del motor

→ Transmisión

- Estado externo de los árboles de transmisión y diferenciales, ausencia de pérdidas de grasa o aceite.

→ Sistema hidráulico

- Revisión de los depósitos hidráulicos, ausencia de fugas
- Revisión de las conducciones hidráulicas, ausencia de fugas
- Estado de mandos finales, fugas y desperfectos

→ Sistema neumático

- Estado exterior del calderón
- Estado de las conducciones neumáticas

→ Cabina y accesos a mantenimiento

- Estructuras de protección contra caída de objetos
- Estado de las escaleras, estribos, asideros, barandillas y superficies antideslizantes
- Estado de la cerradura, puertas de la cabina, anclajes de las puertas y burletes de las puertas
- Estado de parabrisas y ventanillas
- Estado de los retrovisores
- Estado de la Salida de Emergencia
- Estado del asiento del operador
- Estado de los reglajes del asiento, suspensión y cinturón de seguridad
- Legibilidad de los símbolos de los mandos
- Verificar la inexistencia de ruidos en la cabina
- Estado de climatización e iluminación de la cabina
- Funcionamiento de los indicadores de la centralita
- Ausencia de vibraciones en el asiento del operador

→ Horómetro

- Verificación del estado y funcionamiento del horómetro

→ Puesta en Marcha

- Estado de la puesta en marcha de la maquina
- Estado de la parada de la maquina

→ Trabas de seguridad

- Estado general de las trabas del equipo
- Estado de las trabas mecánicas de giro
- Estado de las trabas de los mandos del equipo de trabajo

→ Equipos de trabajo

- Adecuación de la maquina
- Estado de los brazos de elevación, giro y cazo
- Estado de los bulones de los brazos de elevación giro y cazo
- Estado de los cilindros de giro y elevación

→ Resguardos

- Estado de puertas, resguardos y guardabarro
- Indicadores y advertencias de peligro
- Estado de los indicadores de la cabina
- Estado de los indicadores de la maquina
- Estado de los indicadores de remolcado
- Protección contra incendios
- Estado del material ignifugo
- Estado del sistema de extinción de incendios

→ Sistema eléctrico

- Estado de la batería
- Estado general de las conexiones e instalación eléctrica
- Funcionamiento del cortacorrientes

- Avisadores acústicos
- Funcionamiento de los avisadores de marcha atrás
- Funcionamiento de la bocina
- Funcionamiento del avisador de puesta en marcha

→ Iluminación y señalización

- Funcionamiento de las luces de cruce, largas, trabajo, posición, freno, marcha atrás, intermitentes y faro giratorio, tanto delanteras como traseras
- Estado de los catadióptricas

→ Sistema de escape

- Comprobación de opacidad de los humos
- Comprobación de ausencia de gases nocivos a la salida

3.6.2. Niveles de mantenimiento

Para un equipo de carga y transporte que trabaja en labores subterráneas, se pueden establecer hasta 8 niveles de mantenimiento en función del número de horas trabajadas por el equipo.

→ Mantenimiento del motor

▪ Mantenimiento diario

- Comprobación del nivel de combustible
- Comprobación del nivel de aceite
- Comprobación del nivel de agua de refrigeración
- Revisión ocular de manómetros. (Presión de aceite y Temperatura de Agua)

▪ Mantenimiento cada 100 horas

- Comprobación del nivel de combustible
- Comprobación del nivel de aceite
- Comprobación del nivel de agua de refrigeración
- Revisión ocular de manómetros. (Presión de aceite y Temperatura de Agua)

- Limpieza general del motor
- Comprobación de fugas de combustible, aceite o agua
- Limpieza y sustitución si fuera necesario de filtros de aire y combustible
- Limpieza del radiador de refrigeración
- **Mantenimiento cada 250 horas**
 - Comprobación del nivel de combustible
 - Comprobación del nivel de aceite
 - Comprobación del nivel de agua de refrigeración
 - Revisión ocular de manómetros. (Presión de aceite y Temperatura de Agua)
 - Limpieza general del motor
 - Comprobación de fugas de combustible, aceite o agua
 - Limpieza y sustitución si fuera necesario de filtros de aire y combustible
 - Limpieza del radiador de refrigeración
 - Cambio de aceite y filtro
 - Control de baterías
 - Revisión del estado y tensión de correas
 - Revisión estructural general

➔ **Mantenimiento general de la máquina**

- **Mantenimiento diario**
 - Limpieza general
 - Engrase de bulones y rodillos
 - Comprobación de fugas de aceite hidráulico y mandos finales
- **Mantenimiento cada 50 horas**
 - Limpieza general
 - Engrase de bulones y rodillos
 - Comprobación de fugas de aceite hidráulico y mandos finales
 - Engrase general

- Comprobación del nivel de aceite hidráulica
- Comprobación de nivel y estado de aceite y mandos finales
- **Mantenimiento cada 500 horas**
 - Limpieza general
 - Engrase de bulones y rodillos
 - Comprobación de fugas de aceite hidráulico y mandos finales
 - Engrase general
 - Comprobación del nivel de aceite hidráulica
 - Comprobación de nivel y estado de aceite y mandos finales
 - Revisión del tren de rodaje (Tensado)
 - Revisión y limpieza del radiador de refrigeración
 - Comprobación de la regulación del electroventilador
- **Mantenimiento cada 1000 horas**
 - Limpieza general
 - Engrase de bulones y rodillos
 - Comprobación de fugas de aceite hidráulico y mandos finales
 - Engrase general
 - Comprobación del nivel de aceite hidráulica
 - Comprobación de nivel y estado de aceite y mandos finales
 - Revisión del tren de rodaje (Tensado)
 - Revisión y limpieza del radiador de refrigeración
 - Comprobación de la regulación del electroventilador
 - Cambio del filtro de aceite hidráulico
 - Revisión y limpieza del equipo eléctrico
 - Revisión del tren de rodaje (Limpieza y desgaste)
 - Revisión estructural general
- **Mantenimiento cada 2000 horas**

- Limpieza general
- Engrase de bulones y rodillos
- Comprobación de fugas de aceite hidráulico y mandos finales
- Engrase general
- Comprobación del nivel de aceite hidráulica
- Comprobación de nivel y estado de aceite y mandos finales
- Revisión del tren de rodaje (Tensado)
- Revisión y limpieza del radiador de refrigeración
- Comprobación de la regulación del electroventilador
- Cambio del filtro de aceite hidráulico
- Revisión y limpieza del equipo eléctrico
- Revisión del tren de rodaje (Limpieza y desgaste)
- Revisión estructural general
- Cambio de aceite hidráulico y filtro de aceite
- Cambio de aceite de los mandos finales
- Comprobación de la regulación del termostato
- Revisión general de motor eléctrico (Consumo y aislamiento)

En el Anexo 3 se adjuntan los niveles de mantenimiento de una cargadora de ruedas Caterpillar 950H.

3.7. EQUIPOS DE PROYECCIÓN DE HORMIGÓN

3.7.1. Puntos de inspección singulares

Se prestará especial atención a los puntos de control que se indican a continuación para cada una de las partes de la máquina.

→ Equipamiento general

- Funcionamiento de los interruptores de parada de emergencia y zumbador.
- Funcionamiento de las luces de trabajo.

- Funcionamiento de las luces de desplazamiento.
- Funcionamiento de los paneles indicadores.
- Existencia de fugas de aceite.
- Control del estado del extintor: presión, estado de la anilla y revisiones.

→ Equipo portador/chasis

- Comprobar el nivel del líquido de frenos y su estado.
- Comprobar estanqueidad del circuito hidráulico.
- Comprobar estado depósito de combustible.
- Comprobar el radiador del aceite hidráulico.
- Comprobar holgura de los soportes.
- Comprobar el estado de los neumáticos.
- Comprobar alumbrado y sistema eléctrico.

→ Motor

- Revisión de fugas en conductos de combustible.
- Verificar la no existencia de pérdidas de fluidos.
- Estado y limpieza del sistema de refrigeración del motor.

→ Bomba de hormigón

- Comprobación de fugas de aceite.
- Comprobación de los conductos de manguera hidráulicos.
- Revisión del eje oscilante.
- Comprobación del estado del mecanismo agitador y paletas.
- Revisión del ajuste del tubo oscilante en “S”.
- Estado del radiador de aceite.
- Comprobación de la tubería de transporte de hormigón, y medición del espesor de la pared.

→ Brazo telescópico

- Revisar el estado de los cepillos del motor eléctrico.
- Revisar el estado de las guías de deslizamiento.
- Existencia de fugas de aceite.
- Verificar el estado de los soportes de las mangueras.
- Revisar el funcionamiento de electro válvulas y mandos.

→ Circuito hidráulico

- Comprobación visual del nivel de aceite hidráulico.
- Existencia de fugas de aceite.
- Funcionamiento de los manómetros.
- Existencia de agua en el circuito de aceite.
- Circuito de aire comprimido
- Estado del presostato.
- Válvulas de control de aire.

3.7.2. Niveles de mantenimiento

Para un equipo de proyección de hormigón que trabaja en labores subterráneas, se pueden establecer hasta 8 niveles de mantenimiento en función del número de horas trabajadas por el equipo y de la parte de la máquina a mantener.

→ Mantenimiento de la bomba de hormigón

- Controles visuales diarios
- Dispositivos de seguridad.
- Puntos de lubricación.
- Nivel de aceite del grupo hidráulico
- Depósitos de agua del grupo hidráulico.
- Ensuciamiento del refrigerador.
- Hilo fusible de la brida intermedia de la cámara de agua.

- Nivel de agua de la cámara de agua.
- Ensuciamiento del agua de la cámara de agua.
- Pared interior y anillo de desgaste del tubo oscilante.
- Casquillo de desgaste del tubo oscilante
- Idoneidad y desgaste de la tubería de suministro de material

→ **Comprobación de las funciones antes de cada utilización**

- Medir tiempos de carrera.
- Arranque/parada del motor
- Todos los elementos de mando.
- Indicador de vacío filtro de aire del motor
- Indicador de suciedad filtro de retorno del grupo hidráulico.
- Desconexión del mecanismo agitador del grupo hidráulico.
- Cilindros motores del grupo hidráulico.
- Cilindro de conmutación del grupo hidráulico.
- Conductos y atornilladuras del grupo hidráulico.
- Todos los elementos de mando del armario de mando.
- Comprobación de las funciones al bombear

→ **Puntos de lubricación**

- Cojinete y junta del eje oscilante del tubo oscilante.
- Cojinete y junta del manguito de presión del tubo oscilante.
- Cojinete y junta del eje mezclador de la tolva.
- Supervisar los instrumentos.

→ **Comprobación de las funciones después de cada utilización**

- Puntos de lubricación.
- Limpieza de la maquina.
- Purgar el agua de la cámara de agua.

- Verificar la fisura de estanqueidad del tubo oscilante.
- Comprobar la pared interior y el anillo de desgaste del tubo oscilante.
- Comprobaciones a realizar a las 500 Horas o anualmente
- Verificar las uniones atornilladas.

→ **Test de rendimiento.**

→ **Test de funcionamiento.**

- Cambio de aceite y limpieza del cárter de aceite (cambiar todos los filtros del grupo hidráulico).
- Verificar los diodos luminosos de las válvulas e interruptores magnéticos del grupo hidráulico.
- Verificar la desconexión del mecanismo agitador del grupo hidráulico.
- Limpiar el radiador de aceite y verificar su funcionamiento del grupo hidráulico.
- Verificar el sensor térmico del grupo hidráulico.
- Hacer salir y entrar los cilindros hasta los topes de la bomba central (expulsar agua).
- Verificar el estado de los vástagos del émbolo de la bomba central
- Verificar las juntas de los vástagos del émbolo de la bomba central.
- Verificar los tornillos de la brida intermedia de la bomba central.
- Comprobar el émbolo de transporte de la bomba central.
- Verificar el desgaste, medir el grosor de pared del tubo oscilante
- Verificar los cojinetes y las juntas del manguito de presión del tubo oscilante
- Verificar el ajuste del tubo oscilante
- Verificar el par de apriete de los tornillos de apriete de la palanca giratoria del tubo oscilante.
- Verificar el cojinete esférico del cilindro de conmutación del tubo oscilante.
- Verificar los cojinetes y las juntas del eje oscilante del tubo oscilante
- Verificar el cojinete del eje mezclador del mecanismo agitador.

- Mantenimiento del brazo proyector telescópico
- Mantenimiento cada 10 horas o diario
- Tener limpio todas las placas, vidrios y adhesivos
- Limpiar el ventilador y las aletas de refrigeración en el motor eléctrico con cepillo
- Controlar las guías de deslizamiento
- Verificar el nivel de aceite
- Verificar las fugas en las atornilladuras hidráulicas y las mangueras
- Limpiar la máquina y rociar con aceite de encofrado
- Verificar los soportes de la manguera y, si es necesario, sustituirlos
- Hacer control de vista
- Ajustar o reemplazar recubrimientos y cubiertas
- Mantenimiento cada 50 horas o semanal
- Lubricar todos los elementos de escape
- Engrasar las boquillas de engrase de la máquina
- Engrasar el engranaje de tornillo sin fin
- Mantenimiento cada 200 horas o mensual
- Controlar y reemplazar eventualmente todos los tornillos
- Mantenimiento cada 500 horas 2,5 meses
- Limpiar o reemplazar todos los elementos de filtro de los filtros hidráulicos
- Mantenimiento cada 1000 horas o seis meses
- Controlar el juego axial del engranaje de tornillo sin fin
- Cambiar el aceite hidráulico
- Mantenimiento del Chasis
- Mantenimiento diario
- Eje delantero y trasero con engranaje distribuidor: comprobar estanqueidad de ejes y engranaje distribuidor.
- Depósito hidráulico:

- Comprobar nivel de aceite.
- Todos los cilindros deben estar recogidos.
- Comprobar nivel de aceite con el aceite caliente y motor en ralenti.
- Comprobar filtro de aire, limpiar o cambiar en su caso cartucho filtrante y de seguridad.
- Comprobar función de todos los equipos de control y mando.
- Comprobar función del sistema de alumbrado y eléctrico.
- Comprobar función del freno de servicio y de estacionamiento.
- Comprobar sistema hidráulico de apoyo y dirección así como posibles fugas.
- Comprobar estanqueidad y perfecto estado de todas las mangueras y conducciones.
- Comprobar nivel de llenado del depósito de aceite de frenos.
- Comprobar estanqueidad del sistema hidráulico completo.
- Mantenimiento semanal
- Radiador de aceite hidráulico: comprobar aletas de refrigeración, limpiar en caso necesario.
- Engrasar las articulaciones del eje.
- Efectuar engrase del vehículo.
- Comprobar el perfecto apriete de las tuercas de las ruedas.
- Mantenimiento cada 100 horas
- Comprobar el sistema de refrigeración del motor Diesel y limpiarlo en caso necesario.
- Comprobar la existencia de todos los seguros de bulón y su perfecto asentamiento.
- Comprobar la holgura en los soportes de bulón.
- Comprobar la holgura en los soportes de los cilindros.
- Comprobar perfiles y perfecto estado de los neumáticos.
- Comprobar batería y cables.
- Comprobar el nivel de aceite de los ejes.

- Mantenimiento cada 250 horas
- Cambiar el aceite hidráulico.
- Mantenimiento cada 500 horas
- Cambiar el aceite del motor.
- Cambiar el aceite en el eje delantero y trasero.
- Cambiar el cartucho filtrante para el aceite del motor.
- Comprobar la correa trapezoidal del motor Diesel.
- Comprobar el ventilador de llenado.
- Comprobar los tornillos de sujeción del eje delantero y trasero.
- Comprobar los tornillos de sujeción del eje articulado.
- Mantenimiento cada 1000 horas
- Cambiar el aceite de frenos.
- Cambiar el cartucho filtrante del filtro de combustible del motor Diesel.
- Cambiar el filtro de retorno del filtro hidráulico, como máximo según índice de suciedad.
- Cambiar el cartucho filtrante del filtro de aspiración (sistema hidráulico de traslación), como máximo según índice de suciedad.
- Comprobar holgura de válvulas del motor.
- Comprobar la correa dentada del motor.
- Comprobar bomba transportadora de combustible, limpiar en su caso filtro tamiz.
- Cambiar el ventilador de llenado.
- Limpiar el depósito de combustible.
- Cambiar el aceite hidráulico.
- Mantenimiento del Motor
- Mantenimiento previo al funcionamiento del motor
- Nivel de aceite lubricante, reponer la cantidad necesaria
- Depurador previo de combustible

- Control del motor, dispositivo de alarma
- Juego de válvulas
- Soporte del motor (cambiar cuando tenga desperfectos)
- Mantenimiento diario del motor
- Nivel de aceite lubricante, reponer la cantidad necesaria
- Baño de aceite
- Aceite lubricante FL 2011
- Mantenimiento cada 250 horas de servicio
- Aceite lubricante
- Mantenimiento cada 500 horas de servicio
- Aceite lubricante
- Cartucho de filtro de aceite
- Batería y conexiones de cables
- Mantenimiento cada 1000 horas de servicio
- Aceite lubricante
- Baño de aceite
- Cartucho de filtro de aceite
- Cartucho de filtro de combustible
- Bomba de combustible /cambiar Filtro-tamiz
- Conducto flexible para fugas de combustible
- Depurador previo de combustible
- Filtro de aspiración de aire
- Juego de válvulas
- Correas
- Soporte del motor
- Válvula de inyección
- Válvula de purga de la presión de la cámara del cigüeñal

- Mantenimiento cada 3000 horas de servicio
- Válvula de inyección
- Válvula de purga de la caja del cigüeñal
- Correa dentada trabajo pesado
- Mantenimiento cada 5000 horas de servicio
- Correa dentada trabajo liviano
- Mantenimiento cada 6000 horas de servicio
- Correa dentada en leve funcionamiento
- Válvula de inyección
- Mantenimiento cada 12000 horas de servicio
- Baño de aceite
- Válvula de inyección
- Soporte del motor
- Revisión a fondo
- Mantenimiento del Compresor de la maquina.
- Mantenimiento diario
- Comprobación del dispositivo indicador de averías.
- Comprobación del nivel de aceite.
- Comprobación de fugas de aceite.
- Mantenimiento cada 500 horas
- Sustitución del aceite.
- Sustitución del filtro de aceite.
- Limpieza de la malla del tubo de retorno de aceite.
- Sustitución de los filtros de retorno de aceite.
- Limpieza exterior del refrigerador.
- Limpieza interior del compresor.
- Comprobación de las conexiones del motor.

- Sustitución de los cartuchos de los filtros de aceite.
- Mantenimiento cada 2000 horas
- Comprobación del estado de las mangueras.
- Mantenimiento cada 3000 horas
- Comprobación fugas de aceite.
- Comprobación del estado de las mangueras.
- Sustitución de las correas.
- Sustitución de los tapones de la válvula de admisión.
- Sustitución de los tapones de la válvula de descarga.
- Comprobación del funcionamiento de la parada del termómetro.

En el anexo 4 se adjunta el programa de mantenimiento de un robot gunitador PM 407 de la marca Sika-Putzmeister.

3.8. ENCOFRADOS Y BOMBAS DE HORMIGÓN

3.8.1. Puntos de inspección singulares

Se prestará especial atención a los puntos de control que se indican a continuación para cada una de las partes de la máquina.

- Equipamiento general de la bomba de hormigón
- Funcionamiento de los interruptores de parada de emergencia y zumbador.
- Funcionamiento de las luces de trabajo.
- Funcionamiento de las luces de desplazamiento.
- Funcionamiento de los paneles indicadores.
- Existencia de fugas de aceite.
- Control del estado del extintor: presión, estado de la anilla y revisiones.
- Equipo portador/chasis de la bomba de hormigón
- Comprobar el nivel del líquido de frenos y su estado.
- Comprobar estanqueidad del circuito hidráulico.

- Comprobar estado depósito de combustible.
- Comprobar el radiador del aceite hidráulico.
- Comprobar holgura de los soportes.
- Comprobar el estado de los neumáticos.
- Comprobar alumbrado y sistema eléctrico.
- Motor de la bomba de hormigón
- Revisión de fugas en conductos de combustible.
- Verificar la no existencia de pérdidas de fluidos.
- Estado y limpieza del sistema de refrigeración del motor.
- Bomba de hormigón
- Comprobación de fugas de aceite.
- Comprobación de los conductos de manguera hidráulicos.
- Revisión del eje oscilante.
- Comprobación del estado del mecanismo agitador y paletas.
- Revisión del ajuste del tubo oscilante en “S”.
- Estado del radiador de aceite.
- Comprobación de la tubería de transporte de hormigón, y medición del espesor de la pared.
- Circuito hidráulico de la bomba de hormigón
- Comprobación visual del nivel de aceite hidráulico.
- Existencia de fugas de aceite.
- Funcionamiento de los manómetros.
- Existencia de agua en el circuito de aceite.
- Raíles para desplazamiento del carro de encofrado
- Inspección visual de los raíles de desplazamiento
- Estado del anclaje de los raíles
- Estructura del carro de encofrado

- Estado de las patas, torre y celosía.
- Estado de dinteles, suplementos, largueros, bastidores, cajetines de apoyo y tortillería.
- Equipo hidráulico del carro de encofrado
- Estado de la estación hidráulica, motor, depósito...
- Estado de los cilindros hidráulicos
- Estado de latiguillos y conducciones, ausencia de fugas
- Revisión del sistema motriz hidráulico
- Módulos de encofrado
- Estado de los módulos de encofrado
- Estado de los tornillos rigidizadores de sujeción de los módulos
- Sistema de vibrado del carro de encofrado
- Inspección de todo el sistema neumático de vibrado de hormigón
- Tuberías de transporte de hormigón
- Estado de desgaste de los tubos de transporte de hormigón.
- Estado de las bridas de unión entre tubos y existencia de pasador de seguridad.

3.8.2. Niveles de mantenimiento

Mantenimiento de la bomba de hormigón

- Controles visuales diarios
- Dispositivos de seguridad.
- Puntos de lubricación.
- Nivel de aceite del grupo hidráulico
- Depósitos de agua del grupo hidráulico.
- Ensuciamiento del refrigerador.
- Hilo fusible de la brida intermedia de la cámara de agua.
- Nivel de agua de la cámara de agua.

- Ensuciamiento del agua de la cámara de agua.
- Pared interior y anillo de desgaste del tubo oscilante.
- Casquillo de desgaste del tubo oscilante
- Idoneidad y desgaste de la tubería de suministro de material
- Comprobación de las funciones antes de cada utilización
- Medir tiempos de carrera.
- Arranque/parada del motor
- Todos los elementos de mando.
- Indicador de vacío filtro de aire del motor
- Indicador de suciedad filtro de retorno del grupo hidráulico.
- Desconexión del mecanismo agitador del grupo hidráulico.
- Cilindros motores del grupo hidráulico.
- Cilindro de conmutación del grupo hidráulico.
- Conductos y atornilladuras del grupo hidráulico.
- Todos los elementos de mando del armario de mando.
- Comprobación de las funciones al bombear
- Puntos de lubricación
- Cojinete y junta del eje oscilante del tubo oscilante.
- Cojinete y junta del manguito de presión del tubo oscilante.
- Cojinete y junta del eje mezclador de la tolva.
- Supervisar los instrumentos.
- Comprobación de las funciones después de cada utilización
- Puntos de lubricación.
- Limpieza de la maquina.
- Purgar el agua de la cámara de agua.
- Verificar la fisura de estanqueidad del tubo oscilante.
- Comprobar la pared interior y el anillo de desgaste del tubo oscilante.

- Comprobaciones a realizar a las 500 Horas o anualmente
- Verificar las uniones atornilladas.
- Test de rendimiento.
- Test de funcionamiento.
- Cambio de aceite y limpieza del cárter de aceite (cambiar todos los filtros del grupo hidráulico).
- Verificar los diodos luminosos de las válvulas e interruptores magnéticos del grupo hidráulico.
- Verificar la desconexión del mecanismo agitador del grupo hidráulico.
- Limpiar el radiador de aceite y verificar su funcionamiento del grupo hidráulico.
- Verificar el sensor térmico del grupo hidráulico.
- Hacer salir y entrar los cilindros hasta los topes de la bomba central (expulsar agua).
- Verificar el estado de los vástagos del émbolo de la bomba central
- Verificar las juntas de los vástagos del émbolo de la bomba central.
- Verificar los tornillos de la brida intermedia de la bomba central.
- Comprobar el émbolo de transporte de la bomba central.
- Verificar el desgaste, medir el grosor de pared del tubo oscilante
- Verificar los cojinetes y las juntas del manguito de presión del tubo oscilante
- Verificar el ajuste del tubo oscilante
- Verificar el par de apriete de los tornillos de apriete de la palanca giratoria del tubo oscilante.
- Verificar el cojinete esférico del cilindro de conmutación del tubo oscilante.
- Verificar los cojinetes y las juntas del eje oscilante del tubo oscilante
- Verificar el cojinete del eje mezclador del mecanismo agitador.

Mantenimiento de carros de encofrado

Cuando sea necesario:

- Limpieza general del circuito hidráulico para garantizar una mayor durabilidad de las piezas sujetas a desgaste. Se recomienda usar aceite detergente de limpieza. Examinar el tanque y la línea de aspiración, especialmente entre el filtro y la entrada de la bomba. Verificar que el filtro de aceite realiza su función correctamente.
- Lubricar, haciendo uso de los planos de engrase, todos los elementos marcados en los mismos (boogies, husillos de tensores, elementos de rodadura y roscados) haciendo uso de los equipos de protección individual correspondientes.
- Verificar el nivel de aceite del depósito.
- Verificar el aspecto del aceite (viscosidad del fluido): la presencia de espuma en la superficie indica que se ha producido una entrada de aire, sea en la bomba, sea en la línea de aspiración o en los racordajes. Un aspecto turbio indica la presencia de agua. La presencia de espuma se acompaña generalmente de un funcionamiento ruidoso de la bomba (cavitación) e irregularidades de los receptores. La mayoría de las averías (75% - 95%) en una central hidráulica bien diseñada y construida son debidas a: aceite no adecuado (de mala calidad o bueno gastado) y a malas condiciones de filtración (no filtrar o pasar mal).
- Si es necesario, añadir aceite para establecer el nivel a un valor correcto.
- Mantenimiento cada 10 horas
- Anotar todo principio de fuga, sea en un aparato o en una tubería. Durante el primer mes de servicio, una vigilancia particular de los racores permite eliminar fugas.
- Verificar el atascamiento de los filtros no sumergidos, observando la posición de los indicadores.
- Para los filtros montados en derivación, anotar las indicaciones de los manómetros a la entrada y a la salida de los filtros.
- Anotar la temperatura del aceite. Una variación importante puede tener su origen en la obstrucción del haz de tubos del refrigerador o del filtro de agua montado en la línea de alimentación del refrigerador, o bien incluso en un defecto de alimentación de la red, o en un defecto de funcionamiento de la válvula termostática.
- Ajustar las presiones de funcionamiento y corregir todo taraje que haya podido desajustarse.

- Verificar que no se manifiesta ninguna elevación anormal de temperatura en la tubería de drenaje de las bombas provistas de drenaje. Esto denota fugas internas excesivas.
- Accionar el sistema de válvulas distribuidoras manualmente a baja presión para expulsar el aire (drenaje del aire). Los puntos de extracción deberían emitir un caudal estable de fluido libre de burbujas.
- Dejar que el sistema trabaje durante un rato a baja presión. Esta será la última operación de limpieza antes de poner la bomba a plena carga, procurando que durante el tiempo que esté funcionando fluya fluido por el filtro del sistema.
- Comprobar visualmente el estado de la estructura de los carros portantes y de los paneles de encofrar. En particular, se prestará atención a defectos asociados, golpes, abolladuras o desgastes que sugieran reparar o en su defecto reponer el elemento.
- Mantenimiento cada 50 horas
- Limpiar los filtros montados en la aspiración de las bombas. La limpieza se hace por inmersión en un disolvente, cepillando con un pincel no metálico y secando con aire seco. Para los filtros montados en la línea de retorno, los cartuchos son reemplazados después de un cierto número de horas de funcionamiento, según la ficha de mantenimiento.
- Reparar las fugas anotadas en la lista en el curso de los días precedentes, durante el período de funcionamiento. No intentar reparar una fuga apretando exageradamente los elementos de racor. Es preferible cambiar los elementos defectuosos, juntas, anillos mal engastados en el tubo, bridas, etc. Si la parte hembra del racor que recibe el anillo presenta marcas, no dudar en reemplazarlo. Todo racor nuevo que se monte tendrá su fileteado macho revestido con una cinta de teflón o con otro producto estancamente adecuado.
- Asegurar el apriete de los elementos de fijación de los grupos motor-bomba, de los soportes de las válvulas, de las tuberías.
- Verificar la buena fijación de los receptores, motores hidráulicos, cilindros. En particular, para los cilindros, verificar que los alineamientos sean buenos.
- Verificar los acoplamientos elásticos entre bomba y motor.
- Hacer un examen de la estanqueidad de todas las tuberías rígidas y flexibles no accesibles durante el funcionamiento. En particular, en las tuberías flexibles, toda señal de "transpiración" de aceite cerca de los extremos debe llevar consigo el cambio inmediato del elemento defectuoso.

- Comprobar el ajuste mecánico y si es necesario lubricar los rodillos de apertura, cierre y cruce del pórtico de encofrado exterior.
- Mantenimiento cada 500 horas
- Sacar muestras de aceite a distintos niveles en el depósito para analizar. El número de horas de servicio del aceite será anotado sobre los frascos.
- Comprobar que el voltaje y la corriente especificados en el motor eléctrico y en otros componentes electrohidráulicos se correspondan con los valores adecuados. Realizar lo propio con el aislamiento. El hacer trabajar la bomba en seco o girando en sentido equivocado unos segundos, puede ser causa de serias averías. Consecuentemente, se debe arrancar el motor el menor tiempo posible para comprobar el sentido de rotación y corregirlo si es preciso.
- Vigilar las vibraciones de los bogies, tanto motorizados como sin motorizar, realizando medidas con acelerómetro. Proceder a la lubricación de los rodamientos y casquillos de los mismos utilizando para ello un aceite de garantía. Vigilar además las puntas de presión del circuito.
- Lubricar las articulaciones de los paneles de encofrado según el plano de engrase correspondiente.
- Mantenimiento cada 1000 horas
- Comprobar el ajuste mecánico de los cojinetes de los bogies y realizar aprietes si fuera necesario. Comprobar su desgaste y sustituir si fuera preciso.
- Lubricar los elementos roscados de las patas de apoyo del encofrado exterior poniendo especial cuidado para evitar impactos o atrapamientos.
- Mantenimiento cada 2000 horas
- Realizar el cambio del aceite y del filtro del sistema hidráulico, usando los EPI's correspondientes.
- Verificar el buen estado de todos los aparatos incorporados en el circuito hidráulico.
- *Para las bombas de engranajes:* Verificar el estado de las diferentes piezas en movimiento. Las piezas nuevas de recambio son limpiadas con un desengrasante y luego untadas con el fluido utilizado antes de ponerlas en su lugar. A la hora de apretar los tornillos observar el par de apriete recomendado según tablas de apriete. En el caso de que las piezas de desgaste NO deban ser reemplazadas, se vuelve a montar la bomba usando juntas nuevas. Una precaución consiste en cambiar los cojinetes.

- *Para las válvulas:* Después de desmontar y limpiar las piezas, verificar el buen estado de los asientos, clapetas correderas. Todos los elementos que presenten marcas importantes, serán reemplazados. Unas señales muy ligeras sobre las correderas se pueden pulimentar con ayuda de pasta de lapidar, eliminando después cuidadosamente todo residuo de la misma. Los cuerpos de las válvulas se verifican y las roscas de los orificios se limpian pasando un macho.
- *Para los manómetros:* Proceder a su verificación.
- *Para los depósitos:* Vaciar, limpiar las paredes y asegurarse de que la pared superior no presenta señales de oxidación. Cepillar toda señal de oxidación y volver a pintarlo si fuera necesario. Limpiar los cristales de los niveles de aceite y los elementos filtrantes del filtro de aire. Volver a montar las puertas de inspección y tener la precaución de cambiar las juntas.
- *Para los receptores:* Desmontar y verificar los motores hidráulicos, tomando las mismas precauciones que para las bombas.
- *Para los cilindros:* Los cilindros se desmontan igualmente y los pistones que presentan ligeras señales de ralladuras serán rectificadas o pulidos antes de volver a montarlos. Asimismo, un cuerpo que presente ralladuras puede ser pulimentado dentro de los límites de la tolerancia permitida para el buen trabajo de las juntas. Estos elementos se volverán a montar y se verificará la estanqueidad de cada cilindro antes de colocarlo en su emplazamiento.
- *Para las tuberías:* Durante todas las operaciones de inspección de los aparatos es indispensable cerrar los orificios de las tuberías con ayuda de tapones metálicos, con preferencia a otro medio. En ningún caso se deberán colocar trapos. Finalmente, todos los soportes de aparatos y de tuberías deberán volverse a montar y apretarse convenientemente.

3.9. INSPECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DE TRABAJO

Se realizarán inspecciones técnicas periódicas a los equipos de trabajo del tipo máquinas móviles o semimóviles, realizadas por una entidad colaboradora de la Administración (ECA) al objeto de verificar el resultado de las operaciones de reparación y mantenimiento realizadas y de acuerdo a las especificaciones técnicas elaboradas por la Dirección General de Política Energética y Minas, donde se definirán los requisitos y puntos de inspección para cada tipo de equipo, así como los procedimientos operativos objetivos y los criterios de contraste de éstos.

El certificado de conformidad emitido por la ECA que realizó la inspección se conservará a disposición de la autoridad competente, todo ello sin perjuicio de las inspecciones

preceptivas al equipo con arreglo a su categoría para la circulación por vías públicas si así fuese necesario.

Las máquinas móviles o semimóviles realizarán la primera inspección técnica a los tres años de su puesta en servicio. Adicionalmente deberán ser inspeccionadas periódicamente con los plazos indicados a continuación:

- Máquinas hasta 6 años de antigüedad Cada 3 años
- Máquinas de más de 6 y hasta 10 años de antigüedad Cada 2 años
- Máquinas de más 10 años de antigüedad o sin acreditar Cada año

Para determinar la antigüedad de una máquina, se tomará la fecha de su primera utilización, que deberá acreditarse documentalmente, y en su defecto, la fecha de fabricación.

El resultado de las inspecciones periódicas podrá ser:

Favorable: la máquina no presenta deficiencias o sólo presenta deficiencias que no tienen incidencia significativa sobre la seguridad y la salud de los trabajadores. La máquina puede ser puesta a disposición de los mismos.

Favorable con deficiencias: la máquina sólo presenta deficiencias de carácter leve, pero cuya evolución puede dar lugar a deficiencias que comprometan la seguridad y/o la salud de los trabajadores. La máquina puede ser puesta a disposición de los mismos, si bien se deberán subsanar estas deficiencias antes de cumplirse el plazo establecido para la siguiente inspección.

Desfavorable con deficiencias: la máquina presenta deficiencias que comprometen la seguridad y/o la salud de los trabajadores. La máquina no puede ser puesta a disposición de los mismos hasta la subsanación de las deficiencias mediante las correspondientes intervenciones de mantenimiento y/o reparación. Se requerirá una nueva inspección con resultado “favorable” o “favorable con deficiencias” para su puesta de nuevo en servicio.

Negativo: la máquina presenta deficiencias que afectan a los sistemas o elementos de seguridad principales. Se establecerá la parada inmediata de la máquina hasta la subsanación de las deficiencias mediante la correspondiente reparación, de acuerdo a lo establecido. Se requerirá una nueva inspección con resultado “favorable” o “favorable con deficiencias” para su puesta de nuevo en servicio.

El empresario deberá disponer de un registro de las máquinas en servicio que se hayan sometido a inspecciones periódicas, incluyendo los resultados de éstas.

En el anexo 3 se adjunta un informe tipo del resultado de una inspección periódica de un equipo de trabajo para la ejecución de obras subterráneas.

Próxima Inspección 23/06/2013 (MES Y AÑO)	Comunidad Autónoma Castilla y León	 SECRETARÍA GENERAL DE ENERGÍA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y NUCLEAR
23/06/2010 Cargadora de Ruedas		
 LOM	ITMM Laboratorio Oficial J.M. Madariaga Inspección Técnica de Maquinaria	Informe nº: LOM-ITM 02.03.00001.CR-10
9CN01635 (NÚMERO DE SERIE O BASTIDOR)		

Figura 3.1: Etiqueta identificativa de inspección técnica de maquinaria



Capítulo 4
TÉCNICAS DE PERFORACIÓN

4. TÉCNICAS DE PERFORACIÓN

4.1. GENERALIDADES

El objetivo principal de la perforación es realizar barrenos en cuyo interior se aloje el explosivo que genere la fragmentación y proyección del macizo rocoso, de tal forma que el material resultante de la voladura pueda manipularse con facilidad.

La secuencia de operaciones básicas que configuran este proceso es la siguiente:

- Emplazamiento del jumbo de perforación en el frente de trabajo, en lugar adecuado para realizar la perforación previamente replanteada con el esquema seleccionado.
- Introducción de los parámetros de perforación y navegación en el caso de jumbos robotizados.
- Perforación del barreno mediante el mecanismo de roto-percusión y la aplicación de la fuerza de avance y caudal de barrido adecuados.
- Utilización de un conjunto de útiles de perforación adecuados al tipo de terreno y diámetro y longitud del barreno prefijados.
- Extracción del detritus de perforación por el espacio anular existente entre el varillaje y la pared del barreno, mediante inyección central de agua o aire comprimido y posterior vertido al suelo del lugar de trabajo, ó extracción de dicho detritus con aire comprimido y aspirado en la boca del barreno por el sistema de captación que lo enviará al separador antes del vertido a la circulación de aire de la labor subterránea.

Los accidentes relacionados con la perforación tienen su origen en alguna de las causas siguientes, de mayor a menor importancia:

- Caída de objetos.
- Manipulación en la colocación y/o retirada de barrenas, accesorios de perforación, etc.
- Manipulación de carga y descarga de accesorios de perforación.
- Ausencia de calzado de seguridad.

Esfuerzos inadecuados del personal:

- Formación inadecuada.

- Áreas de trabajo embarradas o en malas condiciones.
- Almacenamiento inadecuado de accesorios y manipulación insegura.

Atrapamiento entre elementos del equipo:

- Manipulación de la máquina.
- Manipulación incorrecta de barrenas y accesorios.

Lesiones en ojos:

- Ausencia de gafas de protección durante la perforación (detritus del soplado, golpes para liberar partes metálicas)

Otras fuentes de accidentes:

- Contacto con líneas eléctricas colocadas en los hastiales o la propia de alimentación de la máquina.
- Caída del equipo por inestabilidad.

Por lo que se refiere a los equipos de perforación, pueden considerarse los siguientes fuentes de riesgo relacionadas con ellos:

Estacionamiento y bloqueo inadecuado de la máquina.

- Posicionado incorrecto de los apoyos de la máquina.
- Inestabilidad del terreno en el que se ubica la máquina.
- Incendios del combustible, aceites o soldaduras en malas condiciones.
- Malas condiciones del sistema de frenado de aparcamiento.

4.2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Existen una serie de precauciones generales que deben tenerse en cuenta durante toda la operación del Jumbo y que deben ser respetadas en todo momento. Las principales son:

- No se deben realizar verificaciones ni comprobaciones de la máquina cuando la misma se encuentra en marcha. En este caso, sólo se podrán hacer comprobaciones de funcionamiento de los distintos sistemas (frenos dirección, brazos, etc.).
- Las reparaciones y el engrase se harán con la máquina estacionada y motor parado. Únicamente se arrancará el motor para realizar los ajustes

estrictamente necesarios, pero en este caso será necesaria la presencia de un segundo operario ubicado en la cabina de la máquina, que debe trabajar en coordinación con el primero.

- Antes de desacoplar cualquier manguera de aire se debe comprobar que está cerrada la llave de paso.
- Cuando la máquina tenga que desplazarse por planos inclinados, se debe elegir una velocidad adecuada, moderada, sin efectuar ningún cambio de marcha durante el trayecto. Nunca se bajará una pendiente en punto muerto con la máquina desembragada.
- No se podrá abandonar la cabina de la máquina hasta que no se haya estacionado la misma y detenido el motor.
- No se utilizarán varillajes y bocas de perforación en mal estado por el riesgo que ello conlleva.
- En lo jumbos con alimentación eléctrica, se debe revisar a fondo de forma visual el estado de todos los circuitos, cable de alimentación eléctrica, acoplamientos, protecciones, etc., y se hará una revisión detallada. Esta revisión correrá a cargo de electromecánicos formados para tal labor y a ellos se les exigirá la información del estado de los circuitos;

4.3. CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL

Se debe comprobar que los operadores de maquinaria de perforación tipo jumbo se encuentran en óptimas condiciones para la correcta utilización de la misma y están en posesión del certificado de aptitud expedido por la autoridad minera competente. (Según ITC MIE SM 04.5.04).

El operador de jumbo deberá tener una formación adecuada y conocer el Manual de Operación de la máquina antes de manejarla (según ITC MIE SM 04.6.02).

Estos operadores deben conocer todas las normas de seguridad que de alguna forma estén relacionadas con el equipo de trabajo: Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (R.G.N.B.S.M.), Instrucciones Técnicas Complementarias (I.T.C.), Disposiciones Internas de Seguridad (D.I.S.).

Durante la operación del equipo de trabajo, han de utilizar los Equipos de Protección Individual adecuados. Estos equipos podrán ser de uso permanente (casco, ropa de trabajo adecuada y ceñida al cuerpo, botas de seguridad, etc.) o de uso específico: (guantes, mascarilla, protectores auditivos, gafas, cintos de seguridad cuando se trabaja por encima de 2m de altura, etc., según ITC MIE SM 04.6.02).

4.4. INSPECCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

Antes de emplazar el jumbo en el frente de avance, el operador de la máquina deberá:

- Revisar la ventilación. (según ITC MIE SM 04.7.02).
- Revisar el estado del sostenimiento y saneo del frente.
- Avisar a las personas que estén en el frente o en el camino de acceso al mismo.



Figura 4.1: Jumbo de perforación Axera T9-i

4.5. INSPECCIÓN ANTES DE PONER EL MOTOR EN MARCHA Y DURANTE EL ARRANQUE DE LA MÁQUINA

Antes de arrancar el jumbo, se deben revisar minuciosamente los siguientes elementos:

- Sistema de alimentación de energía, acoplamiento y el estado en general de los cables, mangueras, etc. En los que llevan motor diesel como fuente de alimentación, se debe controlar la emisión de humos del tubo de escape. (Según ITC MIE SM 04.5.04 e ITC MIE SM 04.7.02).
- Comprobar los niveles de aceite motor, aceite de la transmisión, aceite hidráulico y refrigerante.
- Identificar las roturas, tornillos flojos, fugas y desgastes.
- Revisar el tren de rodaje (normalmente neumáticos)
- Comprobar si hay señales de advertencia o etiquetas.
- Inspeccionar la posición correcta de todos los mandos.

- Comprobar que donde se va a arrancar (sobre todo con motores diesel), hay una adecuada ventilación. (según ITC MIE SM 05.0.03).

Una vez revisada la ventilación y antes de arrancar, se realizará una comprobación del personal y/o maquinaria existente en las cercanías o en la propia máquina. Si se cumplen las condiciones de seguridad para proceder al arranque, se avisará con señal acústica del mismo, en el caso de que no esté enclavada dicha señal con la llave o palanca de la maniobra de arranque, y se comprobará si aparece alguna indicación que no permita la puesta en marcha del equipo.

Se arrancará desde el puesto de mando, nunca desde otro lugar y antes de iniciar el desplazamiento se verificará el funcionamiento de sus mandos e implementos, fundamentalmente, dirección y frenos (con movimientos). Se comprobará el funcionamiento de todos los indicadores y se pondrá atención a la existencia de ruidos raros no habituales.

4.6. INSPECCIÓN DURANTE EL DESPLAZAMIENTO

Cuando se realice el desplazamiento de la máquina, tanto hacia el frente de trabajo como desde dicho frente hacia el exterior de la obra subterránea, los accesorios de perforación, barrenas y brazos, deberán estar perfectamente inmovilizados. Antes de iniciar el referido desplazamiento, se hará un reconocimiento detallado del trazado a recorrer, observando el gálibo de éste y obstáculos. Antes de la puesta en marcha y durante el traslado del equipo, el operador del mismo se asegurará de que no hay personas o máquinas cerca del jumbo. Si lo estima necesario durante el desplazamiento, el operador de la máquina solicitará las indicaciones de otro operario. Se pondrá especial atención a la ubicación de las canalizaciones eléctricas, de aire comprimido y otros.

El operador no permitirá que nadie viaje en ningún lugar de la máquina que no esté debidamente habilitado y autorizado para dicho fin.



Figura 4.2: Desplazamiento de la máquina desde el exterior

4.7. INSPECCIÓN DURANTE LA PERFORACIÓN

4.7.1. Generalidades

Durante la perforación, todas las personas que se encuentren fuera de la cabina, se mantendrán a una distancia suficiente del jumbo, sin sobrepasar en ningún caso la zona límite que delimita el plano ortogonal al eje de la labor y que pasa por el puesto de operador del jumbo, y el frente de trabajo.

Se emplazará el jumbo en posición de inicio de barrenado, realizando una medición ambiental antes de perforar, comprobando si existe riesgo de gases inflamables, tóxicos o asfixiantes.

El operador debe tener claro cuál debe de ser el plano de barrenado y si es preciso señalarlo.

Ni los fondos de viejos barrenos, ni los barrenos fallidos, se emboquillarán y debiendo señalizarse convenientemente, y proceder a su obturación.

Como sistema de lucha contra el polvo, los jumbos han de ir dotados de barrido de perforación por agua ó captadores potentes de polvo con su posterior sistema de filtrado previo vertido a la corriente de ventilación. Esta deberá ser lo suficientemente activa para reducir las concentraciones de polvo a los límites reglamentarios, pero no deberá exceder de aquellos límites que puedan provocar la puesta en suspensión del polvo procedente del sedimentado en las infraestructuras de obra o explotación, o de aquel que pueda generar el material transportado por las mismas (según ITC MIE SM 04.8.01).

Existirá en la máquina un conjunto de herramientas de urgencia.

En jumbos con motor diesel, especialmente se controlará el contenido de CO₂ de la atmósfera subterránea, y se observará la combustión para evitar la emisión de CO por encima de los niveles máximos permitidos (según ITC MIE SM 04.7.02).

En obras y labores subterráneas cuyo contenido de metano sea del 1% o superior, se pararán los motores eléctricos y los motores diesel, comprobando la evolución de la referida concentración del gas. Si el sistema de control ambiental es del tipo continuo, la concentración se elevará hasta 1.5% (según ITC MIE SM 05.0.02).

4.7.2. Posicionamiento de la deslizadera

La deslizadera de avance debe estar apoyada firmemente contra la roca, para que no se mueva durante la perforación, si se produjese el referido movimiento de la deslizadera durante la perforación se doblarán la barra o barras de extensión, lo que podría originar la rotura del varillaje de perforación. Una deslizadera posicionada de forma estable permite que se pueda utilizar la fuerza de avance para obtener una velocidad de perforación máxima.

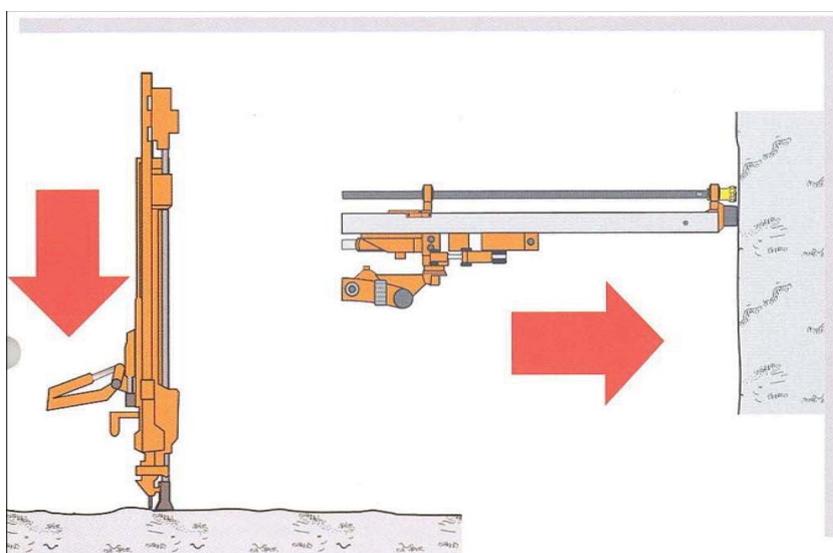


Figura 4.3: Posicionamiento de la deslizadera

4.7.3. Emboquillado (inicio del barreno)

Una vez puesto en marcha el sistema de barrido, se colocará la boca de perforación contra la roca sin percusión de la perforadora. Si se hace funcionar la percusión demasiado pronto, se aflojan las roscas del varillaje y se puede dañar la boca. Un vez que ésta se ha presionado suavemente sobre la roca, se aplicará una fuerza de avance y percusión reducidas y rotación normal. Hay que asegurarse que el barrido sea eficaz, ya que los emboquillados sin barrido adecuado, permiten que la temperatura del útil de perforación

aumente rápidamente. Por otro lado, un enfriamiento rápido cuando se hace funcionar el sistema de barrido puede dañar el metal duro del referido útil, aumentando el riesgo de quedar atascado en el taladro, o que los orificios de barrido de la boca queden obstruidos.

Se debe aumentar la energía de percusión una vez que la boca haya penetrado en la roca a la distancia suficiente (mayor que la longitud de la boca de perforación). En ocasiones, es necesario alinear la deslizadera de avance una vez que se ha perforado una pequeña longitud inicial, de manera que el avance y la barra estén paralelos, con lo que se corrige cualquier posible pandeo de la barra y minimiza la desviación del taladro. No se debe permitir excesiva desalineación entre la barra y la guía del centralizador, debiéndose inspeccionar regularmente la guía del centralizador y sustituyéndolo tan pronto como se desgaste. Si se continuase perforando con esfuerzos de flexión en la barra, aumentará considerablemente el riesgo de roturas.

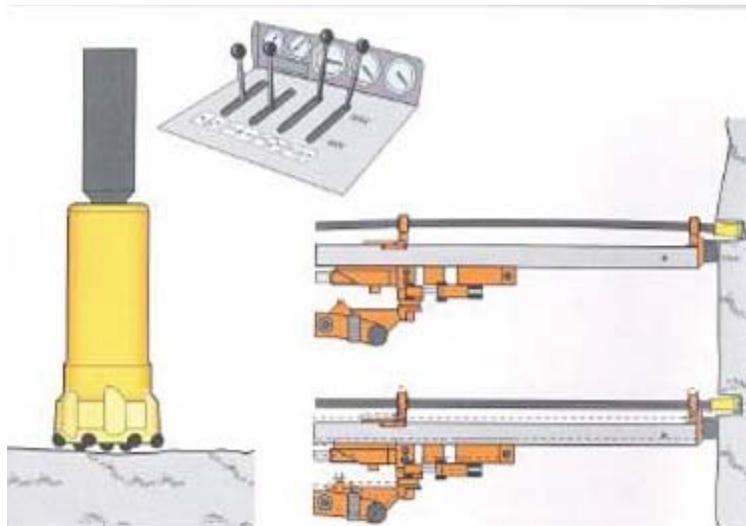


Figura 4.4: Emboquillado

4.7.4. Perforación

Se debe ajustar siempre la energía de percusión para que sea apropiada a la roca que se está perforando. Si la roca es blanda o fisurada, se debe reducir la presión del mecanismo de percusión. Los equipos de perforación modernos incorporan distintos dispositivos para este ajuste, denominados comúnmente sistemas de antiatranque.

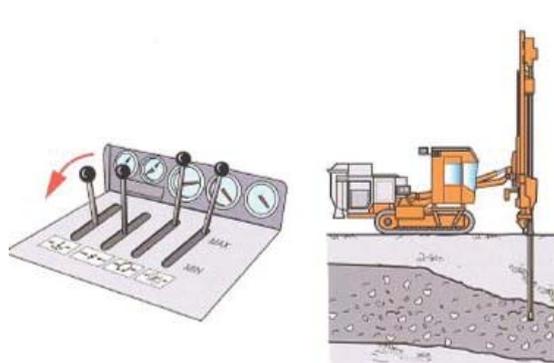


Figura 4.5: Perforación

4.7.5. Avance

Si se aplica de manera correcta la presión de avance, se obtendrá la mayor velocidad de penetración. Si la fuerza de avance es demasiado baja, lo será también la velocidad de penetración y las rocas en el varillaje se soltarán. La perforación con manguitos roscados sueltos dificulta la transmisión de energía por el varillaje y causa altos esfuerzos que pueden derivar en la fatiga prematura de la sarta de perforación. Del mismo modo, el metal duro del útil de perforación puede llegar a sufrir daños por fatiga.



Figura 4.6: Avance

Las señales de un mal avance son acoples calientes y con traqueteos, ya que una alta temperatura produce un rápido desgaste de las roscas en los manguitos, barras y adaptadores de culata. El avance puede ser también demasiado elevada, de tal manera que se reduce la velocidad de rotación de la boca de perforación. El riesgo de atascos aumenta al mismo tiempo que disminuye la velocidad de perforación y el esfuerzo de flexión en el varillaje.

4.7.6. Rotación

La velocidad de rotación debe ser la adecuada en función del diámetro de la boca y a la frecuencia del mecanismo de percusión de la perforadora. Las plaquitas y los botones de la boca deben moverse a la distancia apropiada entre cada golpe para romper siempre roca

virgen. El mayor diámetro de la boca permite una velocidad de rotación más baja, si la velocidad de rotación es demasiado alta el inserto se desgastará rápidamente, particularmente los bordes de la periferia de la boca.

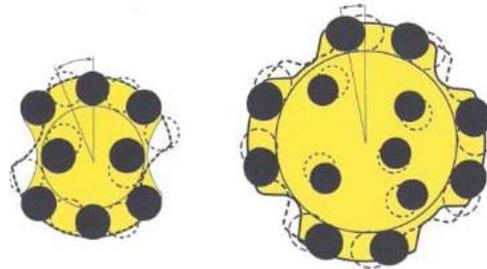


Figura 4.7: Rotación

4.7.7. Barrido

El fondo del taladro debe mantenerse limpio de detritus de perforación. Un buen barrido produce una rápida extracción del mismo, y mantiene abierto el taladro, en el caso contrario, un barrido insuficiente reduce la velocidad de penetración y aumenta el riesgo de atascos.

La presión excesiva de barrido puede causar un desgaste anormalmente alto del acero y reducir la vida útil del equipo.

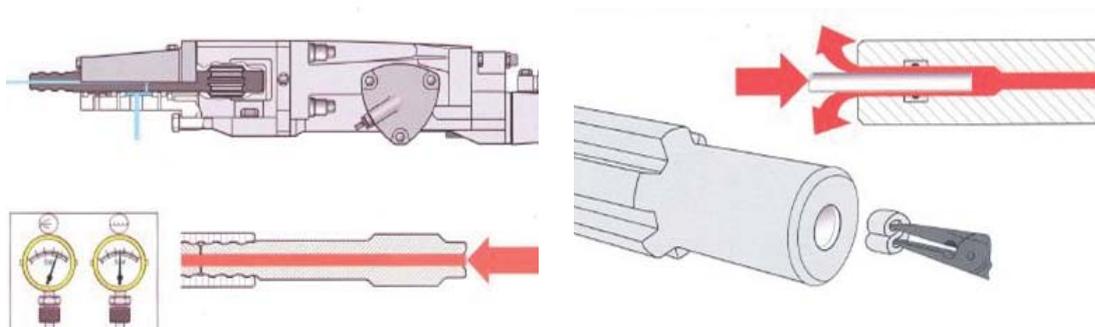


Figura 4.8: Barrido

4.7.8. Extensión del varillaje

En el caso de que se acople una rosca nueva de una barra de extensión o de una boca, con una rosca usada de un manguito de unión o de una barra de extensión, la rosca nueva se desgastará anormalmente de manera rápida.

El desgaste promedio de roscas puede ser diferente en los extremos de una misma barra, siendo el método más simple para evitar esta circunstancia, la comprobación de que todas

las barras de la serie que se estén rotando en las maniobras de perforación, se inviertan regularmente.

4.7.9. Grasa para roscas

Las roscas deben mantenerse limpias para que tengan un máximo de vida útil, debiendo de utilizarse grasa que reduzca el desgaste y facilite el desacoplado. Esta grasa debe mantenerse limpia de detritus de perforación para que no funcione como abrasivo en lugar de lubricante, por esta razón debe mantenerse lo más herméticamente cerrado el recipiente que la contiene.



Figura 4.9: Barrido

4.7.10. Desgaste

Es importante comprobar el desgaste de las roscas para poder sustituir los accesorios cuando sea conveniente desde el punto de vista técnico y económico. Perforar con roscas desgastadas implica grandes riesgos por costosos “tiempos muertos” en la producción. Para conocer el grado de desgaste de las roscas se utilizan calibreadores de roscas.

Se debe comprobar la parte más desgastada de la cada rosca, siendo posible que el extremo de la misma puede estar algo menos desgastado, ya que ha trabajado en el espacio libre de la rosca de la boca.

Así mismo, se debe contabilizar la frecuencia de sustitución de los manguitos de unión, inclusive con un alto grado de desgaste. Si se mezclan roscas nuevas y viejas, tal como se ha argumentado, se desgastan antes las nuevas .

La comprobación del desgaste de la boca de la perforación se puede realizar con un calibreador. Si se perfora con una boca desgastada, se deforma la barra en el extremo de la culata y en el adaptador de la misma se desgastan las ranuras de éste muy rápido, ocasionando un espacio libre demasiado grande entre el morro del martillo y la culata, de tal manera que el pistón golpea oblicuamente sobre ésta. Este hecho, suele derivar en un

fuerte desgaste y aplastamiento tanto de la culata como del pistón, ocasionando daños en forma de roturas en la primera.

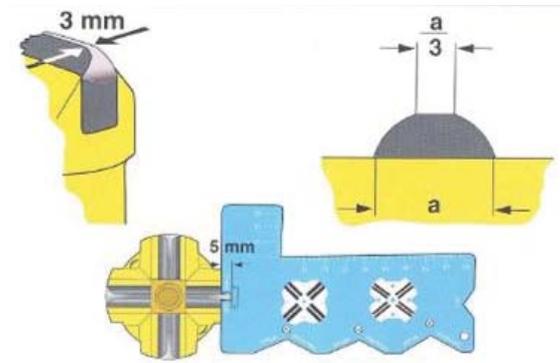


Figura 4.10: Desgastes

4.7.11. Transporte y almacenamiento

Un daño o golpe en la superficie de un accesorio de acero puede ser el punto de partida de una rotura, ya que el acero queda expuesto a altos esfuerzos por la onda de choque del pistón de la perforadora. Por esta razón, se deben tratar con cuidado las barras, los manguitos y las bocas, ya que frecuentemente tienen una capa superficial dura pero quebradiza, que es sensible a impactos laterales.

Las llaves que se usan para aflojar las roscas deben estar en buenas condiciones, sin abolladuras.

Se deben almacenar las bocas y los componentes de metal duro de una manera tal que no se dañen durante el transporte. A pesar de que el metal duro es muy resistente a golpes, es fácil dañarlo si se golpea contra otros materiales.

4.8. INSPECCIÓN AL TERMINAR EL TRABAJO

Una vez terminada la perforación, la máquina se estacionará, siendo deseable que se trate de un lugar llano, debidamente calzada, fuera del tránsito de otros equipos de trabajo y señalizado si fuera necesario. Se despresurizarán los circuitos hidráulicos y neumáticos, colocando los mandos en posición de parada, accionados los bloqueos, freno de estacionamiento, se retirarán las llaves de arranque y se activará el cortacorrientes.

Se realizará una última revisión de la máquina y en caso de avería, se informará al responsable del taller electromecánico y si fuese necesario, se señalizará en lugar visible la avería con tarjetas legibles.

4.9. INSPECCIÓN DURANTE EL MANTENIMIENTO Y SERVICIO

El mantenimiento, reparación y servicio será llevado a cabo por personal autorizado por el Director Facultativo o el Jefe de Obra.

La máquina deberá estar limpia previamente a la realización de las pertinentes operaciones de mantenimiento o reparación, en especial la cabina, los peldaños y asideros de acceso a ésta, ya que son la causa de una mayoría de accidentes en subidas y bajadas al equipo de trabajo.

Antes de iniciar cualquier operación de mantenimiento, reparación o servicio, el jumbo debe estar bien estacionado, perfectamente frenado, calzado y rígidamente inmovilizadas las partes móviles del mismo y despresurizados los circuitos hidráulicos y neumáticos. Los controles de arranque estarán bloqueados y etiquetados para que no se pongan en marcha involuntariamente.

Para realizar cualquier nivel de mantenimiento se seguirán las normas establecidas en el manual o programa de mantenimiento de la máquina.

En los jumbos con motor diesel se tendrán en cuenta las normas específicas de baterías:

Se tomarán precauciones con el electrolito ya que puede originar quemaduras o incendios.

Utilizar prendas de protección, gafas, guantes y ropa resistente al ácido.

Al cambiar una batería, el terminal negativo será el primero en desconectar y el último en conectar.

Mantener el cargador desactivado mientras se conecta la batería y quitar los tapones durante la carga.

Se revisarán las válvulas de seguridad al menos semanalmente, sustituyendo las averiadas por otras.

En la revisión o reparación de circuitos hidráulicos se extremarán las precauciones, despresurizando los mismos previamente a realizar cualquier tipo de operación de esta índole. En la misma línea de actuación, se respetarán los niveles de presión, durante la carga de los referidos circuitos, que estén debidamente especificados.

El repostado de combustible se realizará con la máquina estacionada, motor parado y lugar perfectamente ventilado. Se procurará no derramar combustible sobre superficies calientes por riesgo de incendio, para ello se contará con manguera y boquerel apropiado. En caso de derrame de combustible se limpiará lo mejor posible antes de volver a arrancar, empleando sustancias absorbentes homologadas para tal uso.

Durante el repostado, no se fumará, ni existirán llamas desnudas, material incandescente o mecanismos que generen chispa a menos de 10m. Las máquinas accionadas por motor diesel deberán disponer de un equipo de extinción de incendios y de máscaras protectoras, cuyo tipo y disposición se contemplarán en la certificación del equipo de trabajo. Se dispondrá de extintores de incendios en el surtidor de combustible y en la propia máquina (según ITC MIE SM 04.5.04 e ITC MIE SM 04.6.03).

Es necesario verificar el nivel del líquido refrigerante en frío y con la precaución de que los circuitos estén despresurizados. Se permitirá un enfriamiento gradual, para posteriormente tomar medidas para eliminar la presión residual con protecciones adecuadas y se rellenará en caso de motor caliente, con éste al ralentí y añadiendo lentamente el refrigerante.

Capítulo 5

VOLADURAS

5. VOLADURAS

5.1. PRESCRIPCIONES NORMATIVAS APLICABLES

Es de aplicación en la realización de los trabajos con explosivos para la excavación de túneles y galerías la siguiente normativa:

- RD 230/1998, de 16 de febrero, por el que se aprueba el *Reglamento de Explosivos*.
- RD 277/2005, de 11 de Marzo, por el que se modifica el *Reglamento de Explosivos*.
- RD 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- RD 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las Disposiciones Mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

5.2. AUTORIZACIONES DE CONSUMO. EL PROYECTO DE VOLADURAS.

De acuerdo al artículo 198 del Reglamento de Explosivos, los consumidores de los mismos se clasifican en:

Consumidores habituales: son aquellos que requieren para el ejercicio normal de la actividad que desarrollen el consumo de explosivos.

Consumidores eventuales: son aquellos que ocasionalmente precisan del uso de las referidas materias para realizar alguna actividad que tengan autorizada.

La autorización de los consumidores habituales tendrá carácter indefinido salvo renuncia o revocación. La autorización de los consumidores eventuales tendrá validez exclusivamente para la adquisición de la cantidad y clase de explosivos y accesorios a la que la misma se refiera, dentro del plazo que al efecto se determine, con detalle del consumo diario previsible. Ambos tipos de autorización serán expedidos por la Delegación Territorial de Gobierno en la que se localice la obra y/o explotación, previo informe de la Dirección Provincial del Ministerio de Industria Turismo y Comercio y de la Intervención de Armas y Explosivos de la Guardia Civil.

En todas aquellas excavaciones de túneles y galerías, cualquiera que sea su uso, en las que se realicen voladuras, la empresa responsable de su ejecución deberá solicitar la autorización del correspondiente proyecto técnico de voladuras a la Dirección General de

Industria Energía y Minas de la Comunidad Autónoma en la que se ubiquen las obras, debiendo aportar la siguiente documentación:

- Solicitud.
- Proyecto Técnico.
- Copia del contrato suscrito con el contratista principal, en el supuesto de que los trabajos se realicen por subcontrata.
- Documento acreditativo de la titularidad de la adjudicación de la obra.
- Copia de la resolución de la Delegación de la Subdelegación de Gobierno en la que se acuerde la condición de consumidor habitual o eventual.
- Nombramiento del Director Facultativo y listado de las Disposiciones Internas de Seguridad que han de regir los trabajos en cuestión.
- En el caso de voladuras para minería, el proyecto técnico deberá presentarse junto al plan de labores de la anualidad correspondiente.

La guía para la redacción del proyecto de voladuras puede consultarse en el anexo 5.2 del presente documento.

5.3. EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS. CONTROL DE RECEPCIÓN.

Para el control y recepción de los explosivos y accesorios se realizarán las siguientes verificaciones:

- Que los explosivos e iniciadores utilizados en la excavación de túneles y galerías estén debidamente homologados y catalogados (certificados de acuerdo a normativa vigente), y que los envases y embalajes que los contengan estén correctamente etiquetados por el fabricante (clave de identificación para la trazabilidad y nº de catalogación).
- Si los explosivos e iniciadores no están homologados, que exista un permiso escrito del Ministerio de Industria y Energía que acredite su uso en la obra.
- Que exista una autorización de consumidor de explosivos (habitual/eventual).
- Si se trata de un consumidor eventual, se comprobará la fecha límite de utilización y la cantidad máxima de explosivo autorizadas.
- Si se trata de un consumidor habitual, se comprobará la cantidad máxima de explosivo autorizado así como la fecha de renovación si así fuera preciso.

- Que exista un archivo de los originales de los pedidos mensuales expedidos por el Área de Industria de la Subdelegación del Gobierno pertinente, y de las guías de transporte autorizadas por intervención de armas de la Guardia Civil.



Figura 5.1: Explosivos y accesorios

5.4. TRANSPORTES INTERIORES Y DEPÓSITOS DE CONSUMO.

Para verificar que el transporte interior en obras y explotaciones se realiza de acuerdo a las exigencias normativas establecidas se deberán realizar las siguientes comprobaciones:

- Que existen Disposiciones Internas de Seguridad (DIS) sobre este particular y que se respetan.
- Que no se transita por vías públicas en los transportes interiores y si así fuera se deberá disponer del pertinente permiso.
- Que los detonadores se transportan separados de los explosivos y del cordón detonante, precisándose de una autorización específica para poder hacerlo en conjunto.

- Que los referidos transportes no coinciden con la entrada y/o salida de los relevos principales.
- Que los vehículos que se utilizan para estos trabajos están autorizados por el Área de Industria de la pertinente Subdelegación de Gobierno, y que cuentan con los dispositivos que son exigibles por este organismo (normalmente señalización con rombos que se puedan quitar si no se está transportando estas sustancias, diesel, extintores, puesta a tierra, etc.).
- Que los conductores de los vehículos utilizados están advertidos y conocen las DIS.
- Que existe un responsable designado y que las personas que realizan los transportes están autorizadas por éste, existiendo un control escrito de las entregas y devoluciones.
- Que se utilizan envases de origen o sacos y mochilas autorizados, y que no se supera la cantidad de 25 kg por individuo.

Tal como se establece en la ITC 10.1.01 del R.G.N.B.S.M., los consumidores habituales de explosivos deberán disponer de depósitos de consumo autorizados, excepto en casos singulares en los que la proximidad a los establecimientos de venta, a otros depósitos autorizados o por el sistema de trabajo y suministro adoptado, no los hace necesarios. En el caso de que se precise un almacenamiento de los explosivos y accesorios de voladura, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

- Que existe autorización de la puesta en marcha de los depósitos de consumo, emitida por la Subdelegación de Gobierno pertinente, y que no se superan las cantidades máximas almacenadas autorizadas.
- Que no se han modificado las distancias reflejadas en el proyecto de instalación de depósitos de consumo presentado a la Subdelegación de Gobierno, relativas a las existentes entre los mismos o entre éstos y las estructuras a proteger más cercanas.
- Que se mantienen operativas las medidas de seguridad aprobadas en el proyecto de instalación y en el plan de seguridad ciudadana (señalización, cercado, extintores, alarmas, vigilancia, etc.).
- Que las llaves de los referidos depósitos se mantienen en todo momento en poder de los responsables designados a tal efecto por el Director Facultativo.
- Que no se almacena en el interior de los mismos ninguna otra sustancia diferente a las autorizadas y no existen en las proximidades materiales combustibles o susceptibles de producir chispas.

- Que no se almacenan detonadores conjuntamente con el explosivo o cordón detonante, ni cartuchos cebados.
- Que no se fuma y no se utiliza alumbrado con llama desnuda o que pueda producir alta temperatura en la proximidad de los depósitos de consumo.
- Que se rotan las existencias de explosivos y accesorios, consumiendo siempre el material más antiguo.
- Que se almacenan las cajas con la tapa hacia arriba y sin apilar manualmente más de 1,5 m y 3 m con palets, en el caso de depósitos que así lo permitan.
- Que se lleva un control diario de las existencias, reflejado en el soporte adecuado y que sirve de base para la elaboración de los libros de consumo exigibles por la normativa vigente.
- Que existen D.I.S. donde se especifican las revisiones periódicas y las normas de destrucción de los explosivos deteriorados.

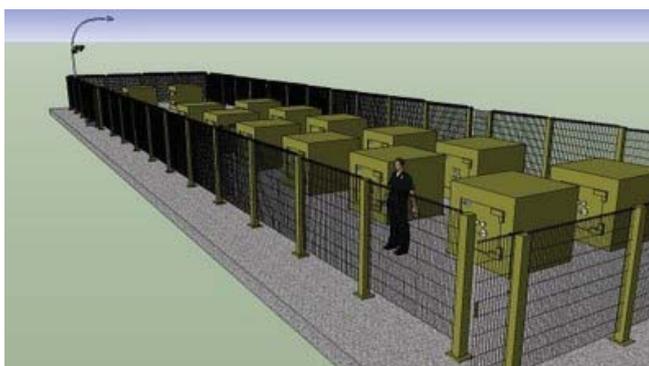


Figura 5.2: Almacenamiento de explosivos y accesorios

5.5. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DURANTE LA CARGA Y EL DISPARO.

5.5.1. Normas generales de utilización

Se realizarán las siguientes verificaciones:

- Que existe en todos los tajos y relevos donde se utilizan explosivos al menos una persona autorizada con cartilla de artillero vigente (caducidad 5 años) y que el resto de personas que manejan estos materiales están formados y autorizados por el Director Facultativo, figuran en el Plan de Seguridad y conocen las DIS.

- Que se comprueban y limpian los barrenos antes de la carga para evitar atranques.
- Que se utiliza el explosivo adecuado o la sistemática de carga apropiada si hubiera agua en los barrenos.
- Que los barrenos no alcanzan temperaturas superiores a 65 °C.
- Que si los cartuchos pudieran quedar espaciados, se utiliza cordón detonante y que en dicho caso se ceba con el detonador adosado al principio del cordón (no dentro del cartucho) y apuntando en el sentido de la detonación.
- Que las “cañas” donde se colocan los cartuchos y otros accesorios como cargadoras, mangueras de carga, atacadores, tacos, etc. sean de material adecuado y homologado.
- Que no existe mucha diferencia de diámetros entre cartucho y pared del barreno para evitar acañamientos y “efecto canal”.
- Que no se utiliza carga a granel si existen cavidades o fisuras en el macizo rocoso, salvo que se enfunde el barreno.
- Que no se simultanea perforación y voladura (a no ser que exista autorización previa) y que no se perfora sobre barrenos fallidos o en fondos de barreno de pegas anteriores (es recomendable introducir en ellos bastones de madera).
- Que no se recargan fondos de barrenos de pegas anteriores.
- Que se prepara el cartucho-cebo justo antes de introducirlo dentro del barreno (sólo uno salvo autorización) y que se desceba inmediatamente por la misma persona que lo preparó en el caso de que así fuera preciso.
- Que no se cortan cartuchos, salvo que haya una DIS aprobada a tal efecto y que no se aplastan los mismos con violencia con el atacador. Está prohibido quitarles la envoltura.
- Que se utilice retacado en todos los barrenos y que su longitud no es inferior a 20 cm.
- Que no hay limitaciones en cuanto a horarios de disparo ni número de personas presentes durante el mismo en la obra (debe existir una DIS al respecto).
- Que toda pega cargada está debidamente advertida con señalización o bajo vigilancia mientras no se produzca su detonación.

- Que existe un responsable que revisa la voladura antes del disparo, que ordena el control de accesos (con barreras u operarios), avisa a otros frentes que puedan verse afectados, y que es el último en retirarse y ordenar el disparo desde refugio seguro.
- Que se revisan el frente y los escombros después del disparo, permitiendo la evacuación previa de los humos, intentando localizar barrenos fallidos u otros restos de explosivos.
- Que si hubiera barrenos fallidos se señalarán (bastones de madera) y eliminarán a la mayor brevedad dejando constancia escrita si hubiera cambio de relevo.
- Que el Director Facultativo ha establecido quiénes serán los responsables de la eliminación de estos barrenos fallidos y les ha formado sobre los procedimientos adecuados para hacerlo.



Figura 5.3: carga del explosivo en el frente

5.5.2. Verificaciones a realizar en el caso de pega eléctrica

En el caso de utilizar detonadores eléctricos, independientemente del tipo de sensibilidad de los mismos, se realizarán las siguientes comprobaciones de la pega:

- Que no existen corrientes erráticas (estáticas o inducidas) que nos puedan afectar al circuito de la voladura, originadas por líneas eléctricas, de ferrocarril, emisoras de radiofrecuencia, etc.
- Que existe un protocolo de aviso en caso de tormenta eléctrica en superficie cuando manejemos detonadores eléctricos a menos de 200 m de profundidad o a menos de 500 m de una boca de entrada.

- Que se coloca el detonador (de la misma sensibilidad que el resto) en un extremo del barreno orientado hacia la carga, que se hace el nudo con los cables y no se dañan los mismos en el proceso de carga y retacado.
- Que los hilos del detonador se mantienen hasta la conexión cortocircuitados.
- Que no se realiza otro tipo de conexión que la conexión en serie (otra modalidad debería estar expresamente autorizada) y que todos los empalmes no tocan el terreno o quedan aislados.
- Que la serie completa queda cortocircuitada hasta que se conecte a la línea de tiro.
- Que la línea de tiro volante se utiliza una sola vez y es de la longitud adecuada (pero la menor posible) para que las proyecciones no alcancen la línea fija.
- Que la línea fija tiene características de sección y resistencia adecuadas, constituida por hilos individuales (o bipolares autorizados) sin empalmes desnudos y cortocircuitada en los extremos.
- Que dicha línea se coloca sobre aisladores para que no contacte con tuberías o cuadros y en el hastial opuesto al de cualquier tendido eléctrico (salvo excepciones justificadas en las que se colocaría 30 cm como mínimo por debajo del mismo).
- Que la misma se comprueba con óhmetro homologado desde el mismo lugar donde se efectúa el disparo y que se utiliza un explosor homologado con capacidad suficiente para disparar el n° de detonadores previsto (la manivela siempre estará en poder del artillero).
- Que ambos equipos (óhmetro y explosor) se revisan en talleres autorizados con la periodicidad que se establezca por DIS.

Detonadores eléctricos UEE	Clasificación por su sensibilidad eléctrica				
	SENSIBLES S		INSENSIBLES I		ALTAMENTE INSENSIBLES AI
	Color indicativo de la sensibilidad eléctrica	Color indicativo del tiempo	Color indicativo de la sensibilidad eléctrica	Color indicativo del tiempo	Color indicativo de la sensibilidad eléctrica
Instantáneos	Blanco	Blanco	Rosa	Blanco	Verde
Retardos de 0,5 segundos	Blanco	Azul	Rosa	Azul	Verde
Microrretardos de 30 milisegundos	Blanco	Amarillo	Rosa	Amarillo	Verde
Microrretardos de 20 milisegundos (se repite el color de la sensibilidad eléctrica)	Blanco	Rosa	Rosa	Rosa	Verde
Sísmicos	Blanco	Blanco	Azul	Azul	

Figura 5.4: Tabla de detonadores eléctricos

5.5.3. Verificaciones a realizar en el caso de pega no eléctrica

En el caso de utilizarse detonadores no eléctricos para la iniciación de la voladura se realizarán las siguientes verificaciones:

- Que no se somete al tubo de transmisión a dobleces, presiones o tensiones excesivas que pudieran dar lugar a fallos en la propagación de la señal de transmisión.
- Que no se corta ningún tubo a excepción del punto de empalme del detonador iniciador con el tubo de la línea de tiro (donde se utilizará el conector adecuado).
- Que se sella el tubo de la línea de tiro restante para que no le entre humedad.
- Que se tensan las conexiones de los tubos de transmisión con la línea maestra de cordón detonante o los manojos, de forma que no se produzcan daños en los tubos de transmisión al explotar éstos.
- Que hay una persona responsable de la revisión visual y el recuento de todos las conexiones para asegurarse que todo ha sido realizado de forma correcta y que será el último en retirarse.
- Que se utiliza la pistola iniciadora eléctrica o de pistón adecuada desde sitio seguro y que el operador que la usa conoce su manejo.



Figura 5.5: Detonadores no eléctricos

5.5.4. Verificaciones a realizar en el caso de voladuras en atmósferas potencialmente explosivas

En los casos en los que se prevea el desprendimiento de gases explosivos o inflamables a la atmósfera de la galería o túnel en excavación, se deberán realizar las siguientes comprobaciones:

- Que se revisan diariamente las instalaciones de la ventilación y sobre todo antes y después del disparo (mínimo 15 minutos de tiempo de retorno salvo que se compruebe con mediciones y solicite la posibilidad de tiempos menores).
- Que mensualmente o siempre que se alteren las condiciones se efectúan controles de ventilación (llevar a cabo el libro de registro oficial de ventilación) en los que se asegure que la velocidad del aire y los niveles de oxígeno y gases contaminantes están dentro de los límites exigidos para un momento puntual o los acumulados para una jornada de trabajo (ITC 04.7.02).
- Que periódicamente se efectúan controles de metano u otros gases inflamables, de forma que se pueda asegurar la total inexistencia de los mismos.
- Que si apareciesen dichos gases, aunque fuese en un porcentaje inferior al 1% existe un protocolo de comunicación inmediata a la autoridad competente que fijará las condiciones en las que se pueden seguir utilizando los explosivos a partir de dicho momento.

5.6. VOLADURAS ESPECIALES

Tal como se establece en la ITC 10.3.01(R) del R.G.N.B.S.M. se consideran voladuras especiales las siguientes:

- Grandes voladuras por sus características geológicas, geometría, volumen y carga máxima instantánea detonada.
- Voladuras bajo el agua en cauces fluviales, lagos, embalses o en el mar.
- Demoliciones de edificios, estructuras en general o cimentaciones, por su ubicación próxima a núcleos habitados, condicionantes del contorno o dificultad técnica.
- Voladuras con riesgos peculiares, que puedan afectar a núcleos urbanos, instalaciones industriales, vías de comunicación, sistemas de transporte, presas y depósitos de agua y almacenamientos de sustancias peligrosas.
- Voladuras próximas a instalaciones eléctricas (centros de producción, transformación y redes de transporte y distribución).
- Voladuras próximas a emisión de ondas.

Para verificar si la voladura a realizar se encuentra catalogada como una voladura especial deberemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se comprobará, de acuerdo a la norma UNE 22.381 y en base a la carga máxima operante disparada y a las distancias a las estructuras a proteger, si estamos en una zona de riesgo especial por vibraciones, con lo que se podrá requerir el control o estudio necesario de las mismas.
- En el caso de disparo con pega eléctrica, se comprobará que las distancias a líneas eléctricas, estaciones transformadoras y/o emisoras de radiofrecuencia son superiores a las indicadas en las tablas de la referida norma y que pueden verse en el Anexo....Si la referida distancia fuera inferior a la reflejada en las tablas, se realizará un estudio de corrientes erráticas y/o inducidas. En dicho caso es obligatorio anclar la línea de tiro, aislar las conexiones, y usar detonadores Altamente Insensibles.
- Se comprobará si se dispara bajo el agua o se realizan demoliciones mediante voladura de estructuras en la obra.

En el caso de que durante la excavación de un túnel o galería se contemple una situación de las descritas anteriormente y la voladura pueda considerarse como especial, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

- Que la empresa consumidora de explosivos está registrada como empresa autorizada para la ejecución de voladuras especiales (cuya renovación es anual) y que dispone de los medios y personal necesarios para hacer este tipo de trabajos, así como está al corriente de pago de los seguros de responsabilidad exigibles. Los requisitos que debe cumplir una empresa para ser autorizada para realizar voladuras especiales se recogen en el Anexo 5.6 (ITC 10.3.01 (R)).
- Que existen DIS aprobadas específicamente para este tipo de voladuras especiales que se realicen en la obra y que se respetan. Que se cumplen los horarios, señalizaciones de disparo, y medidas contra posibles proyecciones si se hubiesen prescrito por la autoridad competente.

5.7. CONTROL ADMINISTRATIVO Y VIGILANCIA

En el desarrollo del siguiente apartado se han tomado como referencia las diferentes exigencias en materia de normativa sobre explosivos planteadas por la orden PRE/2426/2004, el Reglamento de Explosivos y sus recientes modificaciones. Se realizarán las siguientes verificaciones:

- Que se redacta un acta conforme a modelo exigible para cada una de las voladuras que se realizan. Que la firman los responsables efectivos o designados por el Director Facultativo.
- Que se realizan a diario las anotaciones en el correspondiente libro de consumo por el responsable designado por el Director Facultativo (o él mismo en su defecto). Se deben anotar las entradas, salidas y existencias en depósito y éstas se deben corresponder con las sumas de las cantidades reflejadas en las actas de voladura.
- Que se indican en los anteriores documentos la exigible clave de identificación y nº de catalogación de los productos, de forma que se garantice la trazabilidad de los explosivos.
- Que estos documentos se visan mensualmente y en plazo por el Área de Industria y la Intervención de Armas y Explosivos de la Guardia Civil.
- Que existe un contrato con empresa de vigilancia de seguridad, para reforzar la seguridad en la fase de consumo (durante las operaciones de carga se situará en la zona de los emboquilles) que existe un plan aprobado por los cuerpos y fuerzas de seguridad del estado, y que se respeta.
- Que los vigilantes (durante las operaciones de carga se situarán en la zona de los emboquilles) son del tipo y portan armas adecuadas para su labor y

disponen de armeros autorizados para su depósito cuando cesen el servicio y que existe un plan de registros aprobado.

- Que existe también vigilancia en los polvorines cuando se sobrepasan los 150 kg o 1.000 detonadores. Que uno de los juegos de llaves está en su poder.



Figura 5.6: Placa de identificación de vigilante de explosivos

5.8. DESTRUCCIÓN DE EXPLOSIVOS.

Cada vez es más frecuente que sea necesaria la destrucción de explosivos y accesorios sobrantes de la voladura, por lo que se deben extremar las medidas para evitar que se produzcan estas situaciones que deberían ser excepcionales y que conllevan unos riesgos importantes. En todo caso, siempre que se proceda a la destrucción de explosivo y/o accesorios de voladura se deberán seguir las instrucciones que a tal fin ha establecido el fabricante de los referidos materiales, debiéndose realizar las siguientes comprobaciones:

- La destrucción debe realizarse en el lugar y por el personal debidamente autorizado para ello, que haya designado el Director Facultativo.
- La destrucción por disolución únicamente es adecuada para explosivos tipo ANFO, con la precaución de no contaminar cauces fluviales, lagos y/o litoral marítimo.
- Tanto en la destrucción por combustión como por detonación, se deberán mantener las distancias de seguridad que se reflejan en la tabla que se adjunta en el Anexo 5.8 de la presente Guía.
- El método más común para la destrucción de los detonadores es por detonación, mediante mazos de 25 a 30 unidades, con refuerzo de explosivo central o con cordón detonante circundante, cebados con un detonador independiente a los del mazo e introducidos en hueco realizado

en el terreno y cubierto con arena fina. La distancia de seguridad será superior a los 100 m, y el lugar ha de estar protegido contra las proyecciones.

- En la destrucción por combustión nunca se deben mezclar distintos tipos de explosivos, ni explosivos con cordón detonante que siempre se debe destruir de forma independiente. En el mismo sentido, no se deben cubrir los explosivos a destruir con elementos combustibles, tales como cajas de cartón, madera o paja, tubos omega, cables eléctricos, etc., ni realizar la destrucción con explosivo apilado o en el interior de los embalajes en los que se comercializa.
- En la destrucción por combustión se debe fabricar un lecho de material combustible sobre el que se colocará el explosivo a destruir, permitiendo que la llama alcance a estos materiales una vez que el responsable de la destrucción se encuentre en el lugar seguro a la distancia establecida.
- Previamente a proceder a la destrucción de los explosivos o accesorios de voladura, el responsable de este trabajo deberá verificar que la zona esté señalizada y bajo control para impedir el paso a personas y/o animales. Una vez finalizada este tipo de destrucción, se esperarán 30 minutos antes de retornar para comprobar la eficacia del método
- Las cantidades de explosivos y/o accesorios destruidos deberán reflejarse en el acta de consumo correspondiente a la voladura, con las referencias de trazabilidad establecidas por el fabricante.



Figura 5.7: Destrucción de explosivo

Capítulo 6

TÉCNICAS DE TRABAJO CON EQUIPO DE ATAQUE PUNTUAL

6. TÉCNICAS DE TRABAJO CON EQUIPO DE ATAQUE PUNTUAL

6.1. GENERALIDADES

Una rozadora es una máquina que desarrolla su sistema de arranque selectivo mediante un cabezal rotatorio de ataque frontal (ripping) o de ataque lateral (milling), provisto de herramientas de corte de metal duro (picas) que inciden sobre la roca, y que va montado sobre un brazo móvil. Está dotado de un sistema de recogida y transporte de escombros desde el frente hacia la parte trasera de la máquina. La excavación mecánica de la roca se realiza utilizando el sistema de ataque puntual, en el que la potencia total del motor de corte y el peso de la máquina se concentran en la cabeza de rozado.

La secuencia de operaciones básicas que configuran el ciclo de rozado es la siguiente:

- Emplazamiento de la rozadora en el frente de trabajo.
- Radiado de la sección a rozar o introducción de los parámetros de excavación para el guiado de la máquina con referencias externas.
- Rozado del terreno del frente en porción adecuada, normalmente en sentido ascendente, avanzando lateralmente hasta completar la anchura máxima de la sección a excavar.
- Utilización de un conjunto de útiles de corte adecuados al tipo de terreno y sistema de corte.
- Extracción del escombros.

Vertido del escombros en la parte trasera de la máquina sobre el equipo auxiliar de transporte hacia el exterior.

Los accidentes relacionados con el trabajo de la rozadora tienen su origen en alguna de las causas siguientes:

- Riesgo de explosión.
- Trabajos de soldadura.
- Ignición de atmósferas potencialmente explosivas.
- Arranque de la máquina no autorizado.
- Funcionamiento no intencionado de la máquina.

- Riesgo de pinzamiento.
- Riesgo de descarga eléctrica.
- Sistema bajo presión.
- Peligro de aplastamiento.

Riesgo de quemaduras.



Figura 6.1: Equipos de ataque puntual

6.2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Para minimizar el riesgo de accidente, sólo el personal autorizado (en posesión del certificado de aptitud pertinente) deberá arrancar y/o manipular la máquina y antes de arrancar la máquina, el operador se deberá asegurar que la máquina, y los equipos asociados, no suponen ningún peligro para las personas que se encuentran en el área de influencia.

Durante el funcionamiento del equipo de trabajo, se prohíbe permanecer en las siguientes zonas:

- En la parte frontal (cabeza de roza) de la máquina.
- En el área de influencia de la rampa de carga.
- En el área de influencia del brazo de la cabeza de rozado.
- En el área de influencia del transportador.

Antes de atravesar la máquina, el operador deberá avisar a todas las personas que se encuentren en las proximidades.

En caso de peligro, la máquina se deberá detener inmediatamente pulsando el botón de parada de emergencia.

El operador no deberá desatender la máquina en tanto esté conectada la alimentación eléctrica.

Durante los periodos prolongados en los que no se trabaje, se deberá desconectar el sistema eléctrico de cualquier fuente de alimentación eléctrica.

Antes de parar la máquina se deberán verificar los siguientes puntos:

Que la rozadora se encuentra en una posición segura.

Que el brazo de la cabeza de rozado está al nivel del suelo o que éste se encuentra sujeto por el tope del brazo.

Los trabajos de reparación y de mantenimiento nunca se deben llevar a cabo con la máquina en funcionamiento.

La máquina debe contar con las debidas protecciones para evitar su arranque involuntario durante los trabajos de reparación y/o mantenimiento.

Incluso durante los periodos en los que la máquina se encuentre parada, se prohíbe que las personas permanezcan bajo el brazo de la cabeza de rozado, debajo del transportador y sobre la rampa de carga.

Cuando el trabajo se realiza debajo o sobre el brazo de la cabeza de rozado, equipamiento de carga y transportador, se deberán asegurar estos componentes para evitar que puedan descender involuntariamente (tope del brazo).

Los trabajos de reparación y mantenimiento no se deberán realizar nunca en zonas de riesgo próximas a la roca o bajo techos sin sostenimiento.

Los trabajos en los sistemas eléctricos, electrónicos e hidráulicos deberán ser realizados sólo por el personal debidamente autorizado.

Con la rozadora en marcha sólo se podrán hacer comprobaciones de maniobras de operación de arranque. Las reparaciones y engrase se harán con la máquina estacionada y en ausencia de tensión. Con el motor de rozado en marcha, no se podrá abandonar la cabina de la máquina.

Se revisará a fondo de forma visual el estado de todos los circuitos, cable de alimentación eléctrica, acoplamientos, protecciones, etc., y se hará una revisión detallada que correrá a cargo de electromecánicos formados para tal labor y a ellos se les exigirá información del estado de los circuitos; servicio de mantenimiento mecánico-eléctrico.

6.3. CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL

Se debe comprobar que los operadores de la rozadora se encuentran en óptimas condiciones para la correcta utilización de la misma y están en posesión del certificado de aptitud expedido por la autoridad competente. (Según ITC MIE SM 04.5.04).

El operador de la rozadora deberá tener una formación adecuada y conocerá el Manual de Operación de la máquina antes de manejarla (según ITC MIE SM 04.6.02).

Estos operadores deben conocer todas las normas de seguridad que de alguna forma estén relacionadas con el equipo de trabajo: Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, R.G.N.B.S.M., Instrucciones Técnicas Complementarias. I.T.C., Disposiciones Internas de Seguridad, D.I.S.

Durante la operación del equipo de trabajo, han de utilizar los Equipos de Protección Individual adecuados. Estos equipos podrán ser de uso permanente (casco, ropa de trabajo adecuada y ceñida al cuerpo, botas de seguridad, etc.) o de uso específico: (guantes, mascarilla, protectores auditivos, gafas, cintos de seguridad cuando se trabaja por encima de 2m de altura, etc., según ITC MIE SM 04.6.02).

6.4. INSPECCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

Antes de emplazar la rozadora en el frente de trabajo, el operador de la máquina deberá realizar un reconocimiento previo de la zona con el fin de asegurarse de que reúne todas las condiciones de seguridad necesarias para el desempeño del trabajo. Este reconocimiento debe centrarse en:

- Conocer perfectamente la zona de trabajo.
- Revisar la ventilación. (según ITC MIE SM 04.7.02). La ventilación en el avance con rozadoras será siempre aspirante o mixta, para que el polvo producido no afecte al maquinista y ayudantes. La lona de ventilación correspondiente irá siempre por delante de la cabeza del rozador. En la salida de esta ventilación llevará siempre un dispositivo que elimine el polvo que salga por la tubería siempre que se vierta sobre una corriente de aire principal, o al exterior en una zona urbana habitada, de modo que el polvo no afecte a otros trabajadores o personas.
- Revisar el estado del sostenimiento y saneo del frente.
- Avisar a las personas que estén en el frente.



Figura 6.2: Inspección de la zona de trabajo

6.5. INSPECCIÓN ANTES DE ARRANCAR LA MÁQUINA

Es muy importante asegurarse que la máquina se maneja solamente en condiciones seguras y funcionando correctamente. Para ello, el operador debe realizar un reconocimiento previo de la máquina (inspección visual) con el fin de detectar posibles desperfectos en la misma que puedan influir en la seguridad del trabajo posterior. En este reconocimiento previo de la máquina el operador debe revisar minuciosamente los siguientes elementos y sistemas:

- Sistema de alimentación de energía, acoplamientos y el estado en general de los cables, mangueras, etc.
- Desgastes, roturas, elementos sueltos o fugas de líquidos que puedan ser causa de fallos durante el funcionamiento.
- Funcionamiento correcto de los sistemas de seguridad
- Cables de alimentación de la corriente eléctrica de la máquina. Estos cables deberán estar colocados de modo que no puedan deteriorarse y ocasionar accidentes.
- Circuito hidráulico, para evitar roturas de manguera o escapes que puedan causar lesiones.
- Niveles de aceite, hidráulico y refrigerante.
- Estado del tren de rodaje.
- Señales de advertencia o etiquetas que avisen de peligros en la máquina o indiquen averías.
- Posición correcta de todos los mandos.

Nunca se deberá poner en funcionamiento una máquina de rozado a menos que todos los dispositivos de protección y seguridad estén disponibles y operativos. Estos dispositivos de protección y seguridad incluyen:

- Los dispositivos de protección desmontables
- El botón de parada de emergencia
- Los sensores de la máquina
- El aislamiento acústico
- Las cubiertas
- El dispositivo de succión
- Otros dispositivos



Figura 6.3: verificaciones previas al arranque

Igualmente se deberá comprobar antes de subir a la máquina que el sistema de ventilación está funcionando correctamente y que proporcionará una ventilación adecuada del frente durante el trabajo de la máquina.

Para el acceso a la cabina, se utilizará la infraestructura que para tal fin equipa la máquina (asideros, peldaños, etc.). El acceso a la cabina se realizará siempre de cara a la máquina, contando el operador en todo momento con tres puntos de apoyo (bien dos manos y un pie, o bien dos pies y una mano).

Una vez situados en la cabina de la máquina y antes de arrancar la misma, se realizará una comprobación del personal y/o maquinaria existentes en el radio de acción del equipo. Igualmente, se deberán guardar de forma segura todas las herramientas y dispositivos de montaje, de forma que no supongan ningún riesgo de accidente. Si estamos en situación de arrancar con seguridad, como última precaución, se avisará con señal acústica de dicho arranque, y se comprobará si hay alguna indicación que no permita el referido arranque.



Figura 6.4: Cuadro de arranque de la máquina

Una vez arrancado el equipo de trabajo el operador debe realizar las siguientes verificaciones:

- Comprobar todos los indicadores para ver si sus lecturas son las apropiadas.
- Accionar todos los controles para ver si su funcionamiento es correcto y escuchar el sonido de la máquina para detectar ruidos anormales.
- En tiempo frío, operar lentamente los controles hasta conseguir que el aceite se fluidifique.

Al empezar a trabajar con la máquina, el operador deberá realizar un nuevo control del entorno para asegurarse de que no se encuentra nadie en las proximidades de la cabeza de roza, de las orugas, de los transportadores blindados, etc., y evitar así posibles lesiones. Igualmente deberá avisar del comienzo del trabajo del equipo, aviso que deberá hacerse por medio de una sirena mediante señales convenidas. El personal deberá comprobar el entorno, es decir, si existen obstáculos en la zona de trabajo, la capacidad portante del suelo, el ángulo de inclinación y los dispositivos necesarios de protección frente a otras máquinas.

6.6. INSPECCIÓN DURANTE LA OPERACIÓN DE ROZADO.

6.6.1. Generalidades

Existen unas consideraciones generales de seguridad que deben observarse durante toda la maniobra de rozado, con el fin de evitar situaciones peligrosas que puedan traducirse en accidentes. Entre estas consideraciones cabe destacar las siguientes:

- La máquina está diseñada para la excavación de túneles y galerías, mediante el corte de la roca. Sólo se deberá utilizar para su uso previsto, es decir, para cortar y para cargar y transportar los escombros mediante los transportadores integrados, pero no se deberá utilizar a modo de grúa, vehículo de arrastre, ni para la manipulación de otros objetos. No se debe realizar ningún tipo de operación que afecte a la estabilidad de la máquina.
- Durante todo el proceso de rozado, el operador deberá asegurarse de que en el radio de acción no haya ninguna persona, máquina u obstáculo, prestando especial atención a que no pase ninguna persona por delante de la bandeja cargadora mientras la máquina esté en funcionamiento. Tampoco permanecerá nadie a los lados de la cabeza del transportador de la máquina, ya que al pivotar ésta, para cambiar de dirección, puede atraparles contra los hastiales. Igualmente, los ayudantes que estén realizando labores de limpieza en los laterales de la máquina no permanecerán cerca de las orugas y estarán atentos a los movimientos de éstas para evitar lesiones. Cuando el operador tenga que hacer un movimiento fuera del habitual, como pivotar en exceso, deberá advertir a los ayudantes para que se aparten.
- Antes de comenzar el rozado se deberá accionar el agua de todos los pulverizadores, tanto de la cabeza de rozado como de los transportadores. El agua es imprescindible para eliminar el polvo que producen estas máquinas y para la refrigeración de las picas de roza, por lo que todos los pulverizadores, bombas, sistemas de riego o cualquier otro medio para evitar la formación de polvo deberán estar en perfectas condiciones para desempeñar su cometido.
- Durante el rozado, la ventilación de las labores deberá ser lo suficientemente activa para reducir las concentraciones de polvo a los límites reglamentarios. La velocidad de la corriente de ventilación no deberá exceder de los límites que puedan provocar la puesta en suspensión del polvo depositado en las galerías y/o túneles o en el material transportado a lo largo de los mismos (según ITC MIE SM 04.8.01).

Si se produjese un desprendimiento de metano y se alcanzase un valor superior al 1% en el tajo de la rozadora, se deberá detener el trabajo y observar la evolución de la concentración del gas. Si el sistema de control ambiental es continuo, la parada no es obligatoria hasta que la concentración llegue al 1,5% (según ITC MIE SM 05.0.02).

El operador debe tener claro el plano de rozado y si es preciso señalarlo. No debe manejar la máquina con la puerta de la cabina abierta para evitar que el personal y los equipos puedan sufrir daños.

El transportador posterior, o puente, sólo se puede utilizar cuando se encuentra en la posición elevada.

Existirá en la máquina un conjunto de herramientas de urgencia.

Es importante conocer el alcance del poder de arranque de la máquina en lo que se refiere a la máxima resistencia a compresión simple que es capaz de excavar la máquina en los distintos terrenos de trabajo. El mayor o menor valor de este parámetro está directamente relacionado con características de diseño de la máquina tales como la potencia del motor de roza y el peso de la máquina.

El sistema de corte utilizado por la máquina determinará también la resistencia máxima de la roca que es capaz de excavar. Combinando los distintos sistemas de corte con los útiles de corte posibles para instalar en cada uno, se pueden fragmentar rocas de distinta resistencia a compresión simple utilizando la misma máquina.



Figura 6.5: Trabajo de la máquina en el frente.

6.6.2. Secuencia de operación durante la maniobra de rozado

En este apartado se recogen las verificaciones que debe realizar el operador durante el proceso de rozado del frente, así como distintas técnicas e instrucciones operativas a tener

en cuenta durante dicho proceso. De este modo se pretende dar una idea general acerca de las técnicas de rozado que pueda servir como guía de buenas prácticas durante dicha operación.

El avance del frente de ataque se deberá comenzar allí donde el material a extraer tenga la mínima dureza. La profundidad del corte (X) y el espesor del corte (Y) vienen determinados por la composición del material a rozar. El brazo de la cabeza rozadora gira horizontalmente a través de toda la zona de ataque y corta el material fuera de la sección si la cabeza de corte ataca el frente de roca, estando ajustada a una profundidad de avance. Antes de cada pase en horizontal (corte diagonal), la cabeza de rozado se deberá ajustar con un espesor determinado, de forma que pueda atacar el material que se está arrancando con la profundidad adicional.

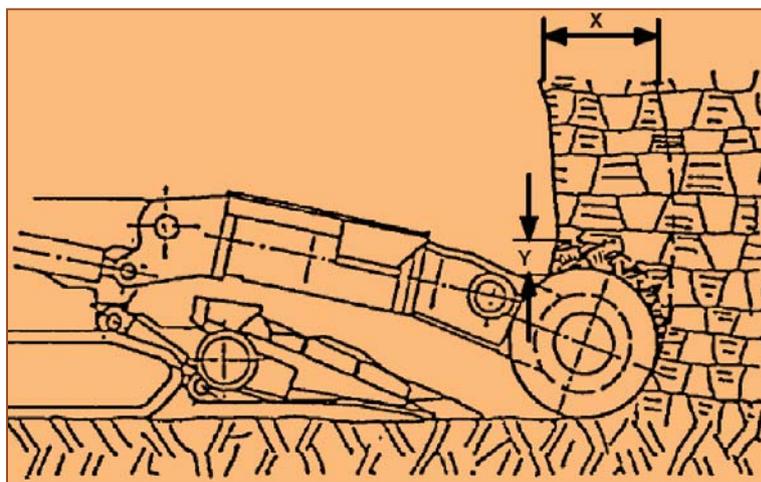


Figura 6.6: Ciclo de corte de una rozadora

→ Ataque del frente de avance

Se consigue ajustando el soporte (telescopio) o haciendo avanzar la máquina mientras que el brazo de la misma pivota horizontalmente. La profundidad de corte de ataque sólo deberá aumentarse entre 15 y 20 cm respecto a la anterior posición final de la cabeza de corte, dependiendo en buena medida del tipo de cabeza de rozado (ripping/milling).

La posición de la cabeza no deberá encontrarse nunca en las posiciones de parada de la izquierda, ni de la derecha, ni en el plano superior, ni inferior. Si la cabeza se encontrase en cualquiera de las posiciones mencionadas el brazo de la cabeza de rozado, el sistema de soporte, el apoyo del motor o los cilindros del pivote vertical pueden verse dañados, ya que en la posición final no se puede activar el sistema de seguridad de sobrecarga hidráulica (válvula de alivio de presión incorporada).

Dependiendo de la dureza del material que se debe arrancar, la profundidad del ataque (X) se puede alcanzar con varias fases de corte (x1, x2, x3, x4, etc.).

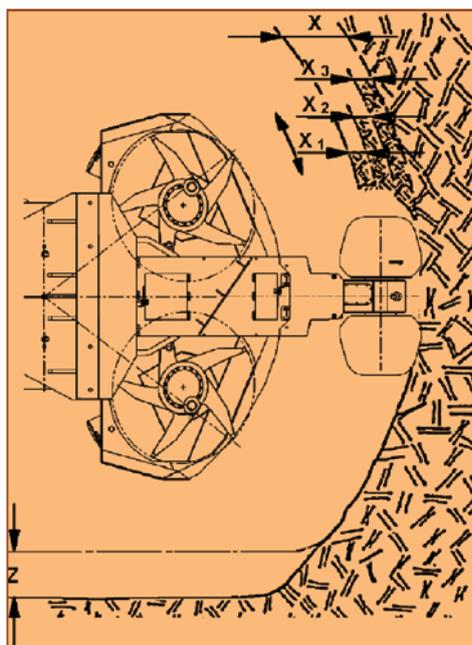


Figura 6.7: Ataque del frente de roca

La mesa recolectora se debe bajar hasta el suelo para realizar el ataque inicial. Con esto se garantiza que la mesa recolectora pueda extraer, de forma limpia, el material desprendido al avanzar la máquina.

El procedimiento adecuado consiste en realizar el ataque a la altura del suelo, y desplazándose hacia arriba continuar con el corte del frente de roca. De esta forma, la máquina cuenta con la mayor estabilidad. Empezando en sentido contrario, es decir, desde arriba y continuar descendiendo con el corte, sólo tiene ciertas ventajas bajo condiciones ideales, es decir, cuando el material es muy fácil de arrancar o cuando el ataque se hace generalmente en una sección blanda.

→ Posición de corte de la máquina

Una vez logrado el ataque inicial sobre el frente de roca, se hace subir ligeramente el frente de la máquina bajando la mesa recolectora. De esta forma, el borde de la misma soporta el frente de la máquina consiguiendo la máxima estabilidad.

El estabilizador trasero también se debe bajar hasta que se encuentre debidamente posicionado en el suelo, pero se deberá evitar elevar la máquina. Cuando se baja el estabilizador no se debe desplazar la máquina.

→ Corte del frente de roca (material arrancado)

Siempre que sea posible se debe ajustar el mayor espesor de corte (Y) que se pueda. Posteriormente, se hará girar el brazo rozador/cabeza de la rozadora horizontalmente.

Aunque el material no se transporte continuamente o sólo se transporte durante breves periodos de tiempo, no es necesario detener el proceso de corte. Los sistemas de carga y de transporte son normalmente, los suficientemente grandes como para asimilar el almacenamiento intermedio del material arrancado.

→ Desgaste de los útiles de corte

Es importante comprobar el desgaste de los útiles de corte (picas) y de los bloques portapicas alojados en la cabeza de rozado, para poder descartarlos cuando sea conveniente, optimizando los costes de operación. El rozado con picas desgastadas implica grandes riesgos, con costosas paradas en la producción.

Se debe comprobar el desgaste simétrico de la pica, similar en todas direcciones. La matriz puede estar algo desgastada, lo que indicaría que la pica ha trabajado un determinado número de horas, pero este desgaste tiene que ser parecido en otras direcciones. Un desgaste excesivo de los útiles de corte implica un deterioro posterior del bloque portapicas, cuya reposición exige una tarea de mantenimiento más compleja que la de cambiar simplemente un útil de corte. Si se lleva un control exhaustivo del desgaste de las picas, la vida del bloque portapicas aumentará.

Si se mezclan picas nuevas y viejas, se desgastan las nuevas más rápido.

Si se roza con picas desgastadas, además del consiguiente desgaste del bloque portapicas, se producirá un descenso en el rendimiento de roza pudiendo incluso llegar a deteriorarse la cabeza si dicho desgaste es excesivo.

El desgaste de las picas depende fundamentalmente de los siguientes factores:

De la resistencia a compresión de la roca: el desgaste de las picas tiene una relación directa con la resistencia a compresión simple de la roca a rozar y el porcentaje de minerales abrasivos que esta contenga, de ahí la importancia de un estudio previo de la roca a rozar no solo desde un punto de vista de resistencia mecánica, sino también de composición química.

De la resistencia a tracción: la resistencia a tracción de la roca tiene elevada importancia en el desgaste de los útiles de corte, de ahí que rocas con similares contenidos en cuarzo y con coeficientes de abrasión similares provocan desgastes notablemente superiores en las picas de la cabeza de rozado. Como norma general, las rocas que más desgastes producen son aquellas que tienen valores más altos de la tenacidad, independientemente del coeficiente de abrasión y de la resistencia a compresión.

De la abrasividad: Cuanto mayor sea la abrasividad de una roca mayor será el desgaste de los útiles de corte. Aunque puede existir variación en el consumo de picas de unas rocas a

otras con valores del coeficiente de abrasión muy similares, siendo muy superior el consumo en rocas de mayor tenacidad.

De la calidad de diseño y del material de la pica: el diseño y geometría de los útiles de corte influye directamente en el desgaste de los mismos. Un buen diseño tenderá a aumentar la vida útil de las picas reduciendo su desgaste y las roturas. La calidad de los materiales tiene una influencia muy notable en la vida de los útiles de corte, principalmente en rocas duras y abrasivas, siendo necesario utilizar materiales duros y resistentes resultantes de un proceso de fabricación muy cuidadoso.

Del número de revoluciones de la cabeza. La temperatura que alcanza la widia (metal duro) en el proceso de corte es un parámetro importante, ya que si se sobrepasa una cierta temperatura se produce un ablandamiento de la misma que aumenta los desgastes. Para cada aleación de widia hay una temperatura crítica de ablandamiento que no se puede rebasar. Esta temperatura crítica está relacionada con la velocidad de la cabeza de corte. Para cada roca existe una velocidad crítica que no debe sobrepasarse, de ahí que sea conveniente que las rozadoras tengan la posibilidad de variar el número de revoluciones de modo que se quede siempre por debajo de la velocidad crítica de rozado de la roca.

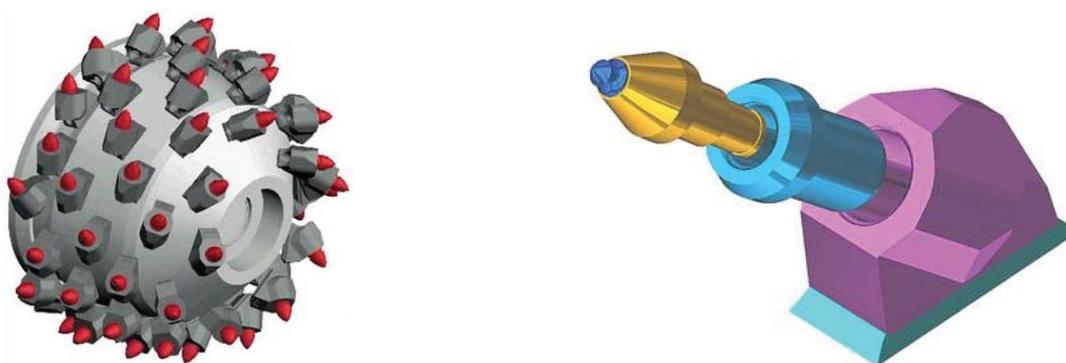


Figura 6.8: Desgaste de los útiles de corte

6.6.3. Funcionamiento en paralelo con otras máquinas y equipos

En el caso de que haya otros equipos o dispositivos auxiliares, como por ejemplo cintas transportadoras, cribas, etc., funcionando simultáneamente dentro del radio de acción de la máquina, es imperativo, por razones de seguridad, que los operadores de dichos equipos estén informados sobre las normas de seguridad de la rozadora.

Lo mismo se aplica para los conductores de aquellos vehículos utilizados para el transporte de los escombros.

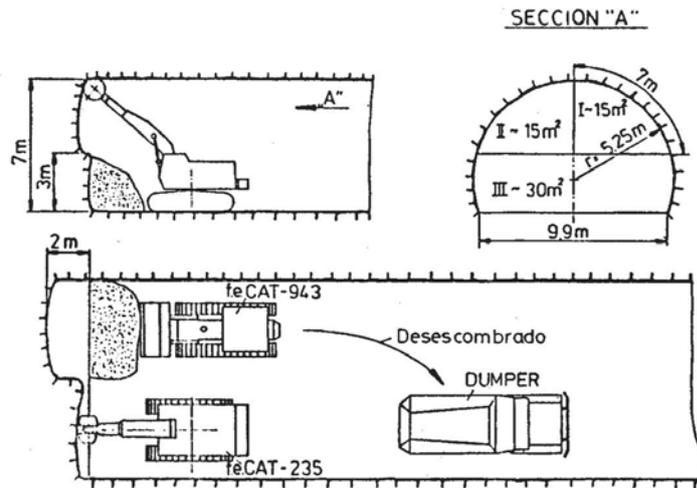


Figura 6.9: trabajo de la rozadora en paralelo con otras máquinas

6.7. INSPECCIÓN AL FINALIZAR EL TRABAJO

Una vez haya finalizado el ciclo de rozado se deben realizar las siguientes operaciones y verificaciones:

- Bajar los implementos al suelo, tanto la rampa como la cabeza de rozado, y apoyar completamente el brazo del transportador.
- No pasar nunca delante de la bandeja de carga, sin haber bloqueado totalmente la máquina.
- Estacionar la máquina, siempre que sea posible, en lugar fuera del tránsito de otros equipos, señalizando la misma si fuera necesario.
- Despresurizar los circuitos hidráulicos y dejar los mandos en posición de parada, colocar los bloqueos, retirar las llaves de arranque y activar el seccionador. Nunca se debe estacionar la máquina sobre agua ya que podría causar graves daños a la misma.
- Hacer una última revisión a la máquina y en caso de avería informar dejando nota a la persona responsable y si es necesario señalizar en lugar visible la avería con tarjetas legibles y de difícil deformación.

6.8. INSPECCIÓN DURANTE EL MANTENIMIENTO Y LAS REPARACIONES

Durante las operaciones de mantenimiento y reparación del equipo deberán cumplirse las siguientes consignas de seguridad.

- El mantenimiento, reparación y servicio será llevado a cabo por personal designado por el Director Facultativo.
- La máquina debe estar limpia y en especial la cabina, peldaños y asideros, ya que esta suciedad es la causa de la mayoría de accidentes en subidas y bajadas.
- Para realizar cualquier nivel de mantenimiento se seguirán las normas establecidas en el manual o programa de mantenimiento de la máquina.
- En caso de cualquier anomalía que observen, tanto el operador como el electromecánico, deberán dar cuenta inmediata al responsable correspondiente.
- Las áreas de mantenimiento y servicio se mantendrán limpias, sin humedades y sin acumulación de trapos sucios de grasa o cualquier otro producto que pueda provocar caídas por resbalamiento.
- Las herramientas de trabajo estarán en sus cajas o armarios.
- Está prohibido fumar durante las operaciones de mantenimiento.
- Se deben despresurizar todos los circuitos antes de comenzar cualquier tarea de reparación o mantenimiento.
- Está prohibida la apertura de los tanques de hidráulico mientras el aceite está muy caliente.
- Cuando se realizan cambios de aceite en el lugar de trabajo, se recogerá en recipientes de plástico y se llevará al punto de recogida de residuos.
- Para andamiarse en el brazo rozador, al entibar, sanear, mirar dirección, reconocer atmósfera, etc., hay que cerciorarse antes de que esté totalmente bloqueada la máquina. No podrá hacerse nunca sin bloquear primero ésta.
- Igualmente, para hacer cualquier reparación o cambio de picas en la cabeza de rozado, o en cualquier otra parte de la máquina, es necesario que esté bloqueada, debiendo bloquearse incluso en el armario eléctrico correspondiente a la máquina cuando sea necesario.
- Para la sustitución de las picas, utilizar sólo martillos blandos para montar las picas de la cabeza de corte, ya que la punta dura se puede romper durante el montaje.

Las rozadoras están equipadas con todos los medios técnicos de protección (magnetotérmicos, diferenciales, control de aislamiento, etc.), así como de todos los que sean necesarios y prescriba la normativa vigente. Está totalmente prohibido modificar,

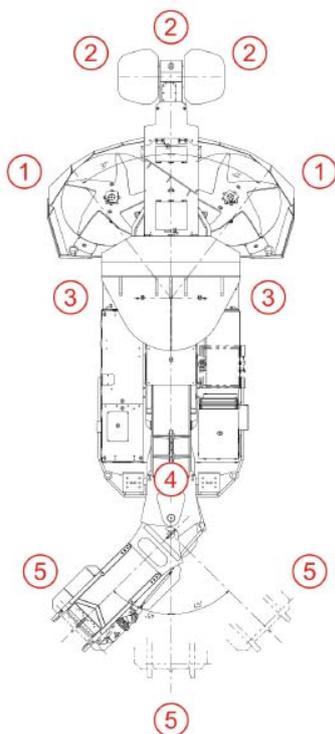
retirar o puentear estos dispositivos de seguridad. El incumplimiento de lo anterior podría provocar lesiones o incluso la muerte, ya que estos elementos son los únicos que pueden evitar la puesta en peligro de los trabajadores en caso de emergencia.

No se deberá hacer ninguna reparación en los cables, cuadros, mandos, etc., sin antes cortar la tensión y bloquear el cuadro de alimentación general correspondiente.

6.9. FUENTES DE PELIGRO DURANTE LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

Existen fuentes especiales de peligro en un equipo rozador, entre las cuales cabe destacar:

- Energía eléctrica.
- Gas, vapor, humo, polvo.
- Sistema hidráulico.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Aceites. Grasas y otros productos químicos.
- Zonas peligrosas: son todas aquellas de acceso prohibido una vez que la máquina esté arrancada.



Delante o al lado del dispositivo de carga.

Delante, al lado o debajo de la cabeza y del brazo de corte.

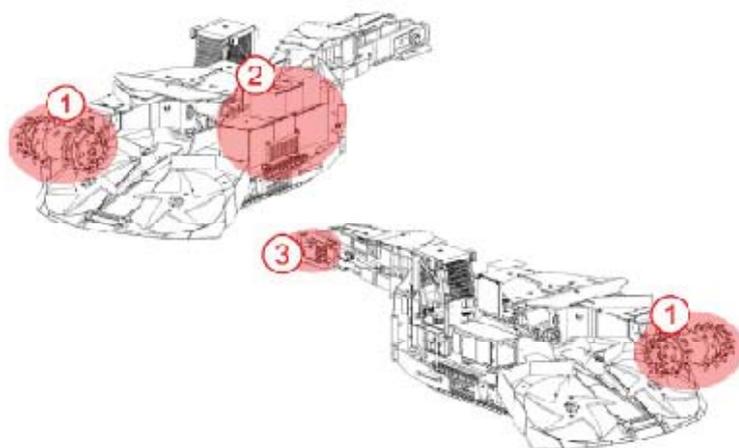
Al lado de las orugas.

Encima o debajo del transportador de cadenas.

Detrás y debajo del punto de transferencia de material, y en caso de suministrarse, el sistema de cintas de transporte.

Figura 6.10: Zonas peligrosas

- Zonas calientes: durante o después de la operación de la máquina las siguientes áreas en la máquina contienen partes calientes.



Picas de corte en el cabezal de corte.

Equipo hidráulico y tanque hidráulico.

Motor del transportador.

Figura 6.11: Zonas calientes.

Las partes en estas zonas pueden estar muy calientes durante la operación y tocarlas puede ocasionar quemaduras graves. Usar siempre guantes y lentes de seguridad al trabajar en esta área, o al tocar estas partes.



Capítulo 7

SOSTENIMIENTO. PROYECCIÓN Y BOMBEO DE HORMIGÓN

7. SOSTENIMIENTO. PROYECCIÓN Y BOMBEO DE HORMIGÓN

7.1. PRESCRIPCIONES NORMATIVAS APLICABLES

Con carácter general son de aplicación las siguientes normas:

- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera
- *ITC 04.6.05*, relativa a la Seguridad en el Sostenimiento de Obras Subterráneas.
- por el que se aprueba la *RC-08*, Instrucción para la Recepción de Cementos (*R.D. 956/2008*).
- *EHE-08*, Instrucción de Hormigón Estructural (*R.D. 1247/2008*).

Además de las instrucciones de servicio, deberá cumplirse y hacerse cumplir la normativa legal vigente con carácter general y demás reglamentaciones preceptivas en materia de prevención de accidentes y de protección del medio ambiente.

Estas obligaciones pueden afectar también, por ejemplo, a la manipulación de sustancias peligrosas o la entrega/utilización de equipos de protección personal, o bien a normas del código de circulación.

Para el uso de este tipo de equipos son de obligado cumplimiento, en cada caso, las directivas válidas de bombas, máquinas de proyección de hormigón y brazos manipuladores:

- de las mutuas de seguros de accidentes de trabajo, o
- de la compañía de seguros de responsabilidad civil del fabricante, o
- de la legislación de España, o
- de la Unión Europea (entre otras, la Directiva CE sobre máquinas),

Así como las instrucciones de servicio y mantenimiento del fabricante. Respete la normativa del país de destino.

El usuario y el maquinista son responsables del cumplimiento de todas las instrucciones.

7.2. CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.

7.2.1. Cemento

Durante la recepción de los cementos, debe verificarse que éstos se adecuan, en el momento de su entrega, a lo especificado en el proyecto o, en su caso, en el pedido, y que satisfacen las prescripciones y demás condiciones exigidas en el RD 956/2008.

La recepción comprenderá:

- control de la documentación, incluidos los distintivos de calidad, en su caso, y del etiquetado,
- control del suministro mediante inspección visual
- en su caso, control mediante ensayos

La recepción del cemento se llevará a cabo en el lugar de suministro. Si el cemento fuese retirado por el receptor en la propia fábrica o instalación del suministrador, la recepción deberá llevarse a cabo en dicho lugar y en ese momento, debiendo en este caso tomarse las medidas oportunas para asegurar que el cemento, una vez recepcionado, se transporta de forma que se garantice el mantenimiento de sus prestaciones hasta el momento de su llegada a la obra, central o instalación correspondiente.

La recepción la debe llevar a cabo el Responsable de esta tarea o, en su caso, aquella persona en quien delegue. En el momento de la recepción, deberán estar presentes el suministrador y el Responsable de la recepción o sus respectivos representantes. El Responsable de la recepción, se asegurará de que ésta se realiza conforme a lo establecido en el correspondiente Programa de control, que podrá establecer una distribución de las remesas del cemento objeto del control para formar lotes de los que extraer, en su caso, las muestras necesarias que permitan, en su caso, la comprobación experimental de los criterios de conformidad.

1. En caso de suministro continuo:

- En el caso de suministros de cemento con distinta designación o procedencia, se constituirán lotes independientes para cada tipo de cemento y procedencia.
- En general, y sin perjuicio de lo que se establezca en el Plan de control, el lote lo formará el conjunto de remesas o cantidad mensual recibida de cemento de igual designación y procedencia, salvo que se sobrepase la cantidad mensual de 200 toneladas de peso, en cuyo caso las remesas recibidas serán divididas formando lotes por cada 200 toneladas o fracción, de modo que, como mínimo, se constituyan dos lotes por mes.

2. Si el suministro de cemento es discontinuo o muy poco frecuente,

- En general, se mantendrán los criterios de establecimiento de lotes previamente descritos, de modo que, como mínimo, proceda la formación de un lote con frecuencia mensual, durante el período de suministro.
- El Responsable de la recepción o persona autorizada podrá fijar un tamaño inferior para la formación de lotes en el caso de que lo estime oportuno.

Fases del control en la recepción del cemento.

La recepción del cemento debe incluir, al menos:

- Una primera fase, de comprobación de la documentación, incluidos los distintivos de calidad, en su caso, y del etiquetado del cemento. Esta documentación comprenderá al menos los siguientes documentos:

La hoja de suministro, o albarán: el albarán incluirá al menos los siguientes datos:

- Número de referencia del pedido.
- Nombre y dirección del comprador y punto de destino del cemento.
- Identificación del fabricante y de la empresa de suministro,
- Designación normalizada del cemento suministrado conforme a la presente Instrucción.
- Cantidad que se suministra.
- En su caso, referencia a los datos del etiquetado correspondiente al mercado CE.
- Fecha de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta (matrícula).
- El etiquetado, o conjunto de información que debe ir impresa sobre el envase o, en su caso, en la documentación que acompaña al cemento. En el caso de cementos envasados, éstos deben mostrar en sus envases la siguiente información:
 - Nombre o marca identificativa y dirección completa del fabricante y de la fábrica;
 - Designación normalizada del cemento suministrado conforme a la presente Instrucción;

- Contraseña del Certificado de Conformidad con los Requisitos Reglamentarios.
- Fechas de fabricación y de envasado (indicando semana y año) según se indica en el apartado.
- Condiciones específicas aplicables a la manipulación y utilización del producto. En el caso de cementos suministrados a granel, la misma información, a excepción de la fecha de envasado, debe aparecer en el albarán o en la documentación que acompaña al suministro.



- Los documentos de conformidad, en particular la documentación correspondiente al mercado CE. Esta documentación debe contemplar los siguientes aspectos:
 - Nombre y dirección del fabricante o de su representante legal;
 - Identificación del cemento (designación normalizada);
 - Fábrica de procedencia del cemento;
 - Fecha de certificación (inicial);
 - Contraseña de certificación (formado por las siglas «DCE» y 4 cifras, separadas por un guión «-»);
 - Fechas de emisión y de caducidad del certificado; y
 - Firma y sello de la autoridad que lo concede

En el caso de aquellos cementos no sujetos al mercado CE, el certificado de garantía del fabricante firmado por persona física; y en el caso de cementos que ostenten distintivos de calidad, la documentación precisa sobre los mismos,

A los efectos de esta fase, el suministro es conforme cuando el etiquetado y la documentación que deben acompañar a la remesa: se corresponden con los del

cemento solicitado; están completos, y reúnen todos aquellos requisitos establecidos.

En caso de que la documentación o el etiquetado presenten defectos que hagan dudar de su autenticidad, el Responsable de la recepción exigirá la subsanación de tales defectos. De no subsanarse, se podrá rechazar la remesa y el Responsable de la recepción podrá levantar acta en la que se justifique la razón del rechazo.

Una segunda fase, consistente en una Inspección visual del suministro: una vez superada la fase de control documental, el Responsable de la recepción debe, para la aceptación de la remesa, someter el cemento suministrado a una Inspección visual cuando, en función del modo de transporte, o del estado de los envases en el momento de su suministro, estime necesario comprobar que el cemento no ha sufrido alteraciones o mezclas indeseables. A pesar de la dificultad de evaluar el estado del cemento mediante una inspección visual se puede utilizar este tipo de examen para valorar la presencia de ciertos síntomas, tales como la meteorización o la presencia de cuerpos extraños que puedan ser indicio evidente, o clara manifestación, de la alteración de las prestaciones del cemento suministrado, o la falta de homogeneidad manifiesta en el aspecto y color del cemento que puede, en algunos casos, reflejar una posible contaminación con otros cementos o que en el envasado se han incluido cementos de distinta procedencia. Dichos síntomas son debidos, en la mayoría de los casos, a deficiencias en el almacenamiento, la carga o el transporte del cemento ocurridos desde su fabricación hasta su llegada al lugar de recepción.

A los efectos de esta fase, el suministro es conforme cuando el cemento no presenta síntomas de meteorización relevante en relación con el volumen suministrado; no contiene cuerpos extraños; y no presenta de manera evidente muestras de heterogeneidad en su aspecto o en su color;

En el caso de cementos envasados, se comprobará igualmente que los envases no presentan indicios de haber estado sometidos a un transporte o almacenamiento inadecuado que puedan haber afectado al cemento en el sentido indicado.

En caso de que el cemento presente alguno de los defectos citados r que haga dudar de su idoneidad para el uso específico previsto, el responsable de la recepción valorará la oportunidad de realizar ensayos de control para lo que efectuará la correspondiente toma de muestra.

La primera y segunda fase son obligatorias cualquiera que sea la organización del control.

En previsión de que el Responsable de la recepción pudiera considerar necesario realizar ensayos, se incluirá una tercera fase, potestativa, de comprobación del tipo y clase del cemento, así como sus características químicas, físicas y mecánicas,

mediante la realización de ensayos de identificación y, en su caso, ensayos complementarios.

Esta tercera fase de la recepción es potestativa y de aplicación cuando, en su caso, el proyecto en función de las características especiales de la obra o en previsión de la posible presencia en la recepción de los defectos citados, así lo establezca o, en cualquier caso, cuando el Responsable de la recepción así lo decida por haberse obtenido resultados no conformes en la fase anterior o por haberse detectado defectos en el uso de los cementos procedentes de remesas anteriores.

Las características de estos ensayos se recogen en los anejos 5 y 6 de la Instrucción de recepción de cementos (RC-8), que se pueden consultar en el Anexo 7.2.1.

→ Transporte y Almacenamiento.

Con el fin de evitar dificultades en el proceso de recepción y considerando que el cemento puede mezclarse, meteorizarse, contaminarse, etc., se exigirá que el almacenamiento, la carga y el transporte de cemento desde la fábrica se realice en medios adecuados que estén en buenas condiciones de estanquidad y limpieza, en particular de esta última cuando se cambie el tipo o clase de cemento a transportar, con objeto de evitar una posible alteración de sus prestaciones y de asegurar su buen estado en el momento de la recepción.

Estas mismas precauciones deben tenerse en cuenta en caso de ser necesario el transporte interior del cemento en las propias instalaciones del receptor una vez aceptado el suministro.

El almacenamiento de los cementos a granel, una vez aceptada la remesa, se efectuará en silos estancos y se evitará, en particular, su contaminación con otros cementos de tipo y/o clase de resistencia distintos. Los silos deben estar protegidos de la humedad y tener un sistema o mecanismo de apertura para la carga en condiciones adecuadas desde los vehículos de transporte, sin riesgo de alteración del cemento.

El almacenamiento de los cementos envasados, una vez aceptada la remesa, deberá realizarse sobre palets, o plataforma similar, en locales cubiertos, ventilados y protegidos de las lluvias y de la exposición directa al sol, evitándose especialmente las ubicaciones en las que los envases puedan estar expuestos a la humedad, así como las manipulaciones durante su almacenamiento en las que puedan dañarse éstos o la calidad del cemento.

Las instalaciones de almacenamiento, carga y descarga del cemento dispondrán de los dispositivos adecuados para minimizar las emisiones de polvo a la atmósfera.

7.2.2. Agua de amasado

→ Especificaciones

El agua utilizada, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, no debe contener ningún ingrediente perjudicial en cantidades tales que afecten a las propiedades del hormigón o a la protección de las armaduras frente a la corrosión. En general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo justificación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán cumplir las siguientes condiciones:

exponente de hidrógeno pH (UNE 7234)	≥ 5
sustancias disueltas (UNE 7130)	≤ 15 gramos por litro (15.000 p.p.m.)
sulfatos, expresados en SO ₄ ⁼	
Cementos distinto de SR (UNE 7131:58),	≤ 1 gramo por litro (1.000 p.p.m.)
Cemento SR (UNE 7131:58),	≤ 5 gramos por litro (5.000 p.p.m.)
ión cloruro, Cl ⁻ (UNE 7178):	
Para hormigón pretensado	≤ 1 gramo por litro (1.000 p.p.m.)
Para hormigón armado u hormigón en masa que contenga armaduras para reducir la fisuración	≤ 3 gramos por litro (3.000 p.p.m.)
hidratos de carbono (UNE 7132)	0
sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7235)	≤ 15 gramos por litro (15.000 p.p.m.)

La toma de muestras deberá realizarse según la norma UNE 7236 y los análisis por los métodos de las normas indicadas en la tabla.

Podrán emplearse aguas de mar o aguas salinas análogas para el amasado o curado de hormigones que no tengan armadura alguna. Salvo estudios especiales, se prohíbe expresamente el empleo de estas aguas para el amasado o curado de hormigón armado o pretensado.

Se permite el empleo de aguas recicladas procedentes del lavado de cubas en la propia central de hormigonado, siempre y cuando cumplan las especificaciones anteriormente definidas. Además se deberá cumplir que el valor de densidad del agua reciclada no supere el valor 1,3 g/cm³ y que la densidad del agua total no supere el calor de 1,1 g/cm³.

7.2.3. Áridos

→ Generalidades

Las características de los áridos deberán permitir alcanzar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón que con ellos se fabrica, así como cualquier otra exigencia que se requieran a este en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse áridos gruesos (gravas) y áridos finos (arenas), según UNE-EN 12620, rodados o procedentes de rocas machacadas, así como escorias siderúrgicas enfriadas por aire según UNE-EN 12620 y, en general, cualquier otro tipo de árido cuya evidencia de buen comportamiento haya sido sancionado por la práctica y se justifique debidamente.

En el caso de áridos reciclados, se seguirá lo establecido en el Anejo nº 15 de la norma EHE. En el caso de áridos ligeros, se deberá cumplir lo indicado en el Anejo nº 16 de esta Instrucción, y en particular, lo establecido en UNE-EN 13055-1.

En el caso de utilizar áridos siderúrgicos (como, por ejemplo, escorias siderúrgicas granuladas de alto horno), se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos inestables.

Dada su peligrosidad, solo se permite el empleo de áridos con una proporción muy baja de sulfuros oxidables.

→ Suministro

Antes de comenzar el suministro, el peticionario podrá exigir al suministrador una demostración satisfactoria de que los áridos a suministrar cumplen los requisitos establecidos en el artículo 28.3 de la norma EHE. En el anexo 7.2.3 se puede ver el contenido de dicho artículo.

El suministrador notificará al peticionario cualquier cambio en la producción que pueda afectar a la validez de la información dada.

Cada carga de árido irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que figuren, como mínimo, los datos siguientes:

- Nombre del suministrador.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la cantera.
- Fecha de entrega.

- Nombre del peticionario.
- Tipo de árido.
- Cantidad de árido suministrado.
- Designación del árido (d/D).
- Identificación del lugar de suministro.

→ Almacenamiento

Los áridos deberán almacenarse de tal forma que queden protegidos de una posible contaminación por el ambiente y, especialmente, por el terreno, no debiendo mezclarse de forma incontrolada las distintas fracciones granulométricas.

Deberán también adoptarse las necesarias precauciones para eliminar en lo posible la segregación, tanto durante el almacenamiento como durante el transporte.

7.2.4. Otros componentes del hormigón

→ Especificaciones

Son de aplicación las prescripciones recogidas en el artículo 29º de la norma EHE, más las que pueda contener el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

No podrán utilizarse aditivos que no se suministren correctamente etiquetados y acompañados de la garantía del fabricante, firmado por una persona física.

En el caso de hormigón armado o en masa, cuando se utilicen cenizas volantes o humo de sílice, se exigirá el correspondiente certificado de garantía emitido por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado con los resultados de los ensayos prescritos.

→ Aditivos

Aditivos son aquellas sustancias o productos que, incorporados al hormigón antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

En los hormigones armados o pretensados no podrán utilizarse como aditivos el cloruro cálcico ni en general productos en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros componentes químicos que puedan ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras.

En los elementos pretensados mediante armaduras ancladas exclusivamente por adherencia, no podrán utilizarse aditivos que tengan carácter de aireantes.

En los documentos de origen, figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en la UNE EN 934-2:98, así como el certificado de garantía del fabricante de que las características y especialmente el comportamiento del aditivo, agregado en las proporciones y condiciones previstas, son tales que produce la función principal deseada sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón, ni representar peligro para las armaduras.

Los aditivos se transportarán y almacenarán de manera que se evite su contaminación y que sus propiedades no se vean afectadas por factores físicos o químicos (heladas, altas temperaturas, etc.). El fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado, según la UNE 83275:89 EX.

Los aditivos que modifiquen el comportamiento reológico del hormigón deberán cumplir la UNE EN 934-2:98. Los aditivos que modifiquen el tiempo de fraguado deberán cumplir la UNE EN 934-2:98.

→ Adiciones

Adiciones son aquellos materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente divididos, pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle características especiales.

Las cenizas volantes son los residuos sólidos que se recogen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados.

El humo de sílice es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos eléctricos de arco para la producción de silicio y ferrosilicio.

Las adiciones pueden utilizarse como componentes del hormigón siempre que se justifique su idoneidad para su uso, produciendo el efecto deseado sin modificar negativamente las características del hormigón, ni representar peligro para la durabilidad del hormigón, ni para la corrosión de las armaduras.

Para utilizar cenizas volantes o humo de sílice como adición al hormigón, deberá emplearse un cemento tipo CEM I. Además, en el caso de la adición de cenizas volantes, el hormigón deberá presentar un nivel de garantía, como por ejemplo, mediante la posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

El suministrador de la adición la identificará y garantizará documentalmente el cumplimiento de las características especificadas en la norma EHE.

7.2.5. Fabricación del hormigón

Una vez determinada la dosificación más conveniente para preparar la masa de hormigón, hay que medir los materiales. El agua se mide en volumen; el cemento y los áridos, en peso. En tal caso, deben utilizarse recipientes de medida de poca sección y mucha altura, para minimizar los errores que se cometen en el enrase.

El procedimiento a seguir será el siguiente:

- Comprobación que la hormigonera no tiene restos de hormigón de veces anteriores.
- Asegurarse que la hormigonera se encuentra en posición horizontal.
- Verter los materiales en la hormigonera en el orden siguiente:
- Una parte de los áridos gruesos y del agua, para hacer girar luego la hormigonera, a fin de lavar la cuba eliminando la mezcla precedente.
- Se introduce el cemento, el resto del agua, y la arena
- Se procede a dar vueltas.
- Se introducen los aditivos, en el caso que se quieran emplear
- Finalmente se introducen los áridos más gruesos, por orden creciente de tamaño.

→ **Tiempo de amasado: minuto y medio/m³**

No debe mezclarse masas con diferentes tipos de cemento. Si se cambia el tipo de cemento, debe limpiarse antes perfectamente la hormigonera. También conviene tener en cuenta las fibras de acero, en el caso que se quieran añadir como adiciones al hormigón para proyectarlo, en ese caso hay que considerar que se añaden al hormigón para mejorar la absorción de energía, la resistencia al impacto y para darle ductibilidad.



Figura 7.1: Planta de fabricación de hormigón

7.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL SOSTENIMIENTO Y PROYECCIÓN DE HORMIGÓN

La labor de llevar a cabo el sostenimiento en el túnel es una tarea dura, que se divide en un gran número de trabajos en los cuales las causas de los accidentes son muy variadas. Como medidas de seguridad generales tenemos:

- El tipo de sostenimiento será adecuado al terreno en el que se esté trabajando y al método de construcción utilizado.
- Los sostenimientos serán inspeccionados por supervisores que también comprobarán las condiciones del suelo periódicamente.
- Una vez excavado el terreno, el sostenimiento se colocará tan pronto como sea posible.
- Sanear primero la zona donde se coloque el sostenimiento; esto disminuirá los accidentes tanto en la colocación como en posteriores trabajos.

El saneo se puede realizar manualmente o por medio de máquinas, siendo este último el método más recomendable. Éste se debe efectuar inmediatamente después de eliminar los gases de la voladura y por personal cualificado. Las causas de accidentes más importantes son las siguientes:

- Aplastamientos por caída de rocas.
- Caídas desde máquinas que se utilizan para esta tarea y que no están diseñadas para esta labor.



Figura 7.2: Saneo de la labor

Las medidas de seguridad más importantes son:

- Utilizar maquinaria adecuada.
- En el caso de saneo manual, utilizar plataformas de trabajo.
- Limitar la entrada de personal a las áreas donde se esté trabajando.
- Trabajar desde una zona ya saneada o revestida, para eliminar el riesgo de caída de bloques.

La colocación de mallas para el refuerzo de techos y hastiales, de bulones para el sostenimiento de bloques, así como marcos metálicos o cerchas, lleva consigo, también, una serie de peligros. Las medidas de seguridad a tomar serán:

- En los trabajos que requieran elevación, usar siempre plataformas de trabajo y equipos de soporte adecuados.
- Usar guantes de protección.
- No realizar otras tareas en el frente o en la zona de refuerzo.
- Los bulones usados se ajustarán al tipo de terreno para el cual han sido concebidos.
- En el caso de usar malla, ésta se colocará entre el terreno y la placa de presión del perno.
- Los bulones se colocarán después del saneo, y nunca antes del turno siguiente a la pega. La colocación será siempre de arriba hacia abajo empezando desde la clave.



Figura 7.3: Sostenimiento mediante bulones y cerchas

La aplicación de hormigón proyectado es una operación peligrosa que únicamente puede ser realizada por personal cualificado. Las medidas de seguridad a tener en cuenta en las tareas de gunitado están referidas tanto al hecho de proyectar hormigón como a la manipulación del cemento y de la maquinaria empleada.



Figura 7.4: Proyección de hormigón

Con relación a la operación proyectar, los riesgos más importantes que se presentan son los siguientes:

- Caídas desde medios no apropiados utilizados para proyectarlas zonas más altas.
- Riesgo de enfermedades y molestias en ojos y vías respiratorias, ocasionadas por el polvo.

- Rebotes del material gunitado, debidos a un mal control de la presión de salida.

Las medidas más importantes para evitar estos accidentes son las siguientes:

- Usar plataformas de trabajo para aquellas tareas que requieran trabajar a una cierta altura.
- Utilizar, siempre que se trabaje con este tipo de materiales, casco y máscaras respiratorias.
- Las superficies que se hallan impregnado de aceite, polvo o carbonilla deben limpiarse antes de la aplicación del hormigón.
- Iluminación perfecta del área de trabajo.
- Durante la operación de gunitado, no se realizará ningún otro tipo de trabajo en las cercanías.
- Usar, siempre que se pueda, medios controlados a distancia.

Con relación a la manipulación de los materiales, se puede decir que es una labor de las más molestas, ya que el manejo del cemento, al estar en polvo, puede ocasionar silicosis, y debido a los componentes del mismo, como por ejemplo los acelerantes, ocasionar irritaciones en la piel y los ojos. Las medidas para evitar estos problemas son:

- Usar el material de protección adecuado para cada labor. En este caso, por ejemplo gafas, guantes, máscaras, etc.
- Utilizar equipos con dispositivos especiales como, por ejemplo, alimentación de los aditivos del hormigón por vía húmeda; éstos producen menor cantidad de polvo y son menos susceptibles a rebotes que los procesos por vía seca.
- Mantenerse alejado de las zonas donde haya polvo.

Con relación al mantenimiento de la maquinaria y riesgo de obstrucciones, también habrá que tener en cuenta una serie de precauciones:

- Desconectar la máquina, tanto de la línea eléctrica como de la del aire comprimido, para efectuar cualquier tipo de trabajo de mantenimiento.
- En caso de riesgo de obstrucciones, tener bien sujeto el extremo de la manguera y no entrar en la zona de peligro, es decir, en la dirección de proyección.

- Con respecto a las medidas de seguridad en la instalación de cerchas y cuadros metálicos tenemos las siguientes:
- El cuadro metálico debe colocarse en contacto con el terreno y elegir aquel que pueda soportar la presión del terreno.
- No usar cerchas ni cuadros que estén oxidados o en malas condiciones.
- Los huecos que quedan entre el cuadro metálico y el terreno se deben rellenar mediante madera o chapas de acero. De esta manera el cuadro entra en carga lo más rápida y homogéneamente posible.
- Los cuadros y cerchas se inspeccionarán periódicamente, comprobando:
- El estado en el que se encuentran las grapas y demás sistemas de unión y arriostrado.
- El estado de los arcos y de las bases de apoyo.
- El estado del revestimiento colocado en el trasdós.

La instalación de dovelas lleva consigo la utilización y el manejo de maquinaria pesada. Esto ocasiona peligros de aplastamiento y riesgos de golpes. Las medidas de seguridad más importantes son las siguientes:

- Situarse en la zona de seguridad durante la colocación de las dovelas.
- Mantener contacto visual con el operador que está colocando las dovelas.

Medidas de seguridad durante la colocación del revestimiento

La colocación del revestimiento lleva consigo trabajar en ocasiones a grandes alturas, especialmente cuando se está trabajando en la parte alta de los hastiales y en el techo. Estas labores se realizan mediante andamios y manejando grandes piezas, lo cual supone también un peligro.

Cuando se procede a instalar el sostenimiento, las medidas de seguridad que se deben cumplir son:

- Instalar todos los dispositivos de seguridad necesarios para prevenir caídas.
- Utilizar andamios que estén en perfectas condiciones.
- Usar plataformas de trabajo que estén diseñadas con protecciones laterales.

El trabajo dentro del encofrado es también una labor arriesgada, debido a las siguientes causas:

- Trepiezos y caídas.
- Ruido del vibrador.

Las medidas para contrarrestar los inconvenientes anteriores son los siguientes:

- Utilizar una plataforma de trabajo en las partes bajas para evitar tropiezos con las piezas del encofrado durante el trabajo y los traslados.
- Usar protecciones para los oídos.

7.4. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN EN LA PUESTA EN OBRA.

Las técnicas del gunitado se centran enteramente alrededor del gunitador, que es el artesano del equipo. La calificación de este gunitador la da la experiencia y solo mediante ella conocerá como llevar a cabo su trabajo. Por eso se hace indispensable la necesidad de un aprendizaje en un operario novato.

Al comenzar el trabajo, el Capataz o Jefe de Equipo tiene importantes decisiones que tomar, tales como:

- El tipo de máquina gunitadora
- La longitud de las mangueras
- Donde comenzar el trabajo
- Refuerzos necesarios especificados, etc.

En las especificaciones del gunitado tendrá que aparecer, el acabado deseado, dosificación y espesores correspondientes. Estas no son decisiones que le correspondan, pero pueden influir en la elección de la máquina y del gunitador, el orden de trabajo y la colocación de andamiajes.

Por lo general el gunitador trabajará de abajo a arriba, e irá rellenando las armaduras de tal manera que queden completamente embebidas en el gunitado y que no permitan la aparición de áridos sueltos detrás de los redondos. También colocará las señales, guías o maestras necesarias para llegar al espesor previsto.

El gunitador debe dirigir al maquinista mediante señales con la mano respecto a la producción y velocidad del aire comprimido. Si éste es demasiado fuerte la presión debe ser disminuida así como la velocidad del motor, con el fin de producir la mejor proyección.

Es importante facilitar a los operarios las características de la maquinaria a emplear, que suele ser suministrada por el fabricante, así como las recomendaciones que cubren todas las combinaciones en caso de duda.

Una vez elegido el tipo de máquina, así como el diámetro de las mangueras de proyección, el funcionamiento será el siguiente:

- Comprobación de las mangueras de proyección para ver si están limpias, para ello se conectan a un compresor que disponga de un manómetro, si éste muestra una presión superior a la normal, quiere decir que las mangueras están sucias. En este caso deben limpiarse doblándolas, torciéndolas o golpeándolas suavemente con un martillo, volviendo a dar aire y expulsando así el material. Las tuberías de acero solo se pueden limpiar adecuadamente con limpiatubos especiales.
- Conectar las mangueras formando el menor número posible de curvas y a ser posible sin ningún rizo, para ello las uniones de manguera se asegurarán debidamente.
- Comprobar la salida del agua, así como el funcionamiento de las bombas, en el caso de que se utilicen. Esta comprobación se hará quitando la tobera de la boquilla y desatracando si es preciso los eyectores de agua a la misma. Esta operación se deberá ejecutar con la boquilla hacia abajo, para prevenir que la corriente de agua vuelva hacia atrás por la manguera.
- Estando funcionando el agua se deberá dar entrada al aire comprimido exclusivamente, con lo cual se examinará el abanico que forma la pistola, viendo inmediatamente si existe algún fallo de agua en los eyectores, para lo cual visto éste se deberá solucionar limpiando o cambiando la boquilla. Si el abanico es débil quiere decir que no hay suficiente presión de agua, en este caso se deberá incrementar la misma. Una vez pasada esta operación, el gunitador está preparado para comenzar el trabajo.

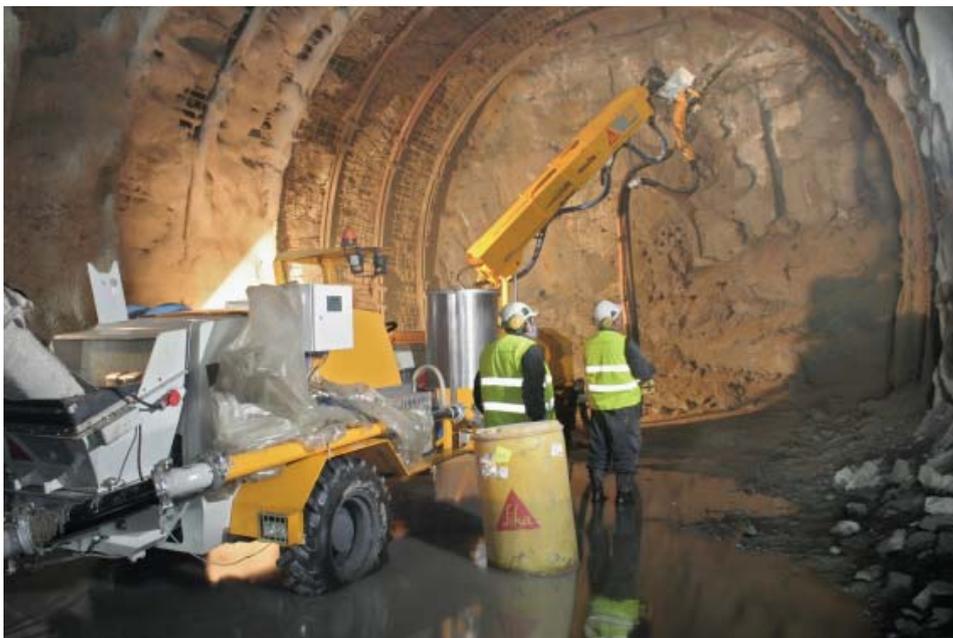


Figura 7.5: Puesta en obra de hormigón proyectado

La primera operación será proyectar una mezcla de aire y agua sobre el soporte, a fin de humedecer la superficie. Esta práctica es recomendable para todo tipo de soporte, hormigón, madera, arpillera, roca, tierra o acero

La manguera está ahora conectada con la boquilla y la gunitadora y la proyección puede comenzar.

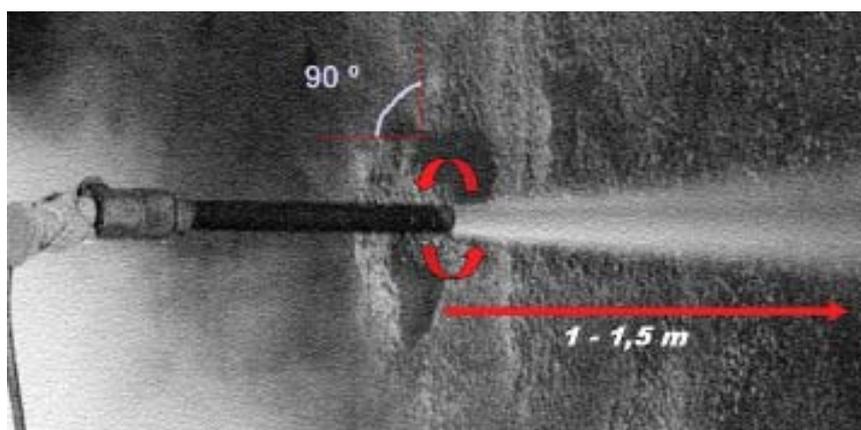


Figura 7.6: Posición de la boquilla para el gunitado

El gunitador mantendrá la boquilla (pistola) hacia abajo, en espera del suministro de la mezcla y con el agua abierta en su totalidad. Cuando la mezcla llegue regulará rápidamente el suministro de agua y dirigirá el chorro al soporte a revestir. La distancia entre el soporte y la boquilla o pistola estará situada entre 0.6 y 1.5 m, y de arriba abajo, con el fin de trabajar de modo uniforme.

En caso de cualquier irregularidad en el suministro de la mezcla o de escasez de este material, el gunitador debe dirigir la boquilla fuera del trabajo, hasta que la alimentación vuelva a ser normal.

Si el chorro de la mezcla que sale de la boquilla, disminuye de repente, indica una obturación parcial o una avería en la boquilla. En el caso de que el abanico de agua se haga desigual, el trabajo se debe parar y limpiar o cambiar la parte afectada (inyectores de agua).

Conseguida una uniformidad de proyección, el desarrollo del trabajo está ahora en manos del gunitador, que debe dirigir constantemente al maquinista, para que regule el abastecimiento aumentando o reduciendo la presión así como la velocidad. La habilidad y conocimientos del gunitador determinarán la calidad del trabajo terminado, así como el funcionamiento del mismo.

Al terminar el trabajo se deberá limpiar perfectamente las mangueras, para lo cual se cortará el suministro de la mezcla y se dejará al aire comprimido salir libremente por la

manguera, doblando ésta antes de la boquilla, disparando de vez en cuando la cantidad de aire para que se limpie totalmente, máquina gunitadora y mangueras en todo su recorrido.

Cuando la proyección se hace vertical, es decir que el punto o soporte de trabajo está por encima de la boquilla, las mangueras deben vaciarse antes de para el trabajo, si no la mezcla caerá al fondo al quedar sin presión, y no será posible moverla. En este tipo de trabajos es muy conveniente disponer doble juego de mangueras, ya que en caso de una obturación se puede inmediatamente disponer de otra paralela de repuesto.

A continuación se muestran diversos procedimientos de aplicación



Figura 7.7: Procedimientos de aplicación de hormigón proyectado

7.4.1. Hormigón proyectado: vía seca

Una vez elegido el tipo de máquina para gunitar (vía seca), así como el diámetro de la manguera de proyección, los pasos a seguir serán los siguientes:

- Comprobación de las mangueras de proyección para ver si están limpias.
- Conectar las mangueras formando el menor número posible de curvas.
- Comprobar la salida del agua., así como el funcionamiento de las bombas en el caso que se utilicen.
- Estando funcionando el agua se deberá dar entrada al aire comprimido exclusivamente, viendo el abanico que forma la pistola, para detectar algún posible fallo en los eyectores.

Una vez realizada esta operación se está listo para gunitar. Las operaciones a realizar para gunitar son:

- Proyectar una mezcla de agua y aire sobre el soporte para humedecer la superficie.

- Se conecta la manguera con la boquilla.
- El gunitador mantendrá la boquilla (pistola) hacia abajo, en espera del suministro.
- Cuando la mezcla llegue regulará el suministro de agua y dirigirá el chorro al soporte a revestir.
- La distancia entre el soporte y la boquilla será de entre 0.6 y 1.5 m., y de arriba abajo.
- En caso de cualquier irregularidad en el suministro, el gunitador debe dirigir la boquilla fuera del trabajo, hasta que la alimentación vuelva a ser normal.
- Al terminar el trabajo se deberá limpiar perfectamente las mangueras.
- Al final del trabajo diario el gunitado se debe proyectar para que forme un borde inclinado en una distancia de 20 ó 30 cm. para espesores mayores a 8 cm.
- La superficie de la junta gunitadas se limpiará para eliminar el rebote y lechadas, se limpiará con un chorro de aire-agua.

Para el acabado, en la práctica normal el gunitado se va a dejar visto, debe cepillarse con llanas, una hora después de colocado.

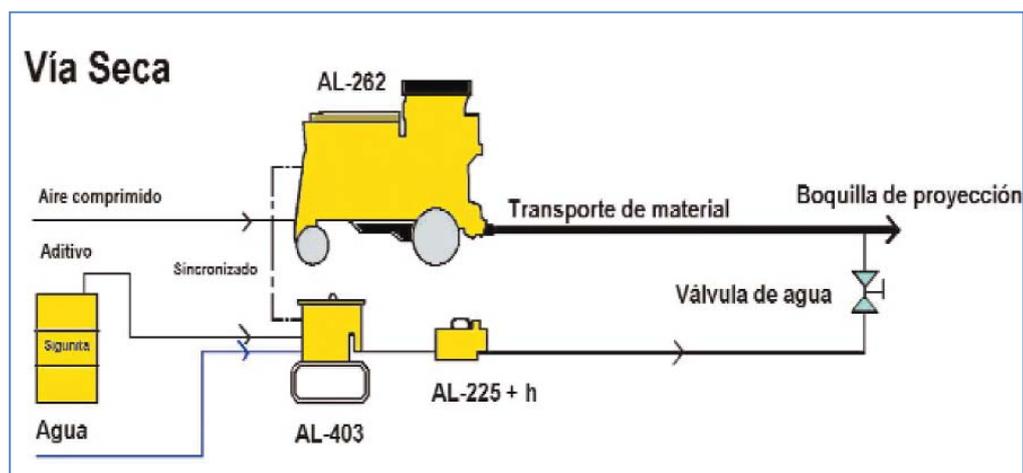


Figura 7.8: Hormigón proyectado por vía seca

Para este tipo de trabajos es necesario utilizar equipos de protección personal (botas, gafas, guantes...)

7.4.2. Hormigón proyectado: vía húmeda

Una vez elegido el tipo de máquina para gunitar (vía húmeda), así como el diámetro de la manguera de proyección, los pasos a seguir serán los siguientes:

- Comprobación de las mangueras de proyección para ver si están limpias.
- Conectar las mangueras formando el menor número posible de curvas.
- Comprobar la salida del acelerante, así como el funcionamiento de las bombas en el caso que se utilicen.
- Estando funcionando el dosificador se deberá dar entrada al aire comprimido exclusivamente, viendo el abanico que forma la pistola, para detectar algún posible fallo en los eyectores.

Una vez realizada esta operación se está listo para gunitar. Las operaciones a realizar para gunitar son:

- Proyectar una mezcla de agua y aire sobre el soporte para humedecer la superficie.
- Se conecta la manguera con la boquilla.
- El gunitador mantendrá la boquilla (pistola) hacia abajo, en espera del suministro.
- La lechada se mandará hacia una zona adyacente, fuera de la zona de trabajo (solera).
- Cuando la mezcla llegue regulará el suministro de agua y dirigirá el chorro al soporte a revestir.
- La distancia entre el soporte y la boquilla será de entre 0.6 y 1.5 m., y de arriba abajo.
- En caso de cualquier irregularidad en el suministro, el gunitador debe dirigir la boquilla fuera del trabajo, hasta que la alimentación vuelva a ser normal.
- Al terminar el trabajo se deberá limpiar perfectamente las mangueras.
- Al final del trabajo diario el gunitado se debe proyectar para que forme un borde inclinado en una distancia de 20 ó 30 cm. para espesores mayores a 8 cm.
- La superficie de la junta gunitadas se limpiará para eliminar el rebote y lechadas, se limpiará con un chorro de aire-agua.

- Para el acabado, en la práctica normal el gunitado se va a dejar visto, debe cepillarse con llanas, una hora después de colocado.
- Para este tipo de trabajos es necesario utilizar equipos de protección personal (botas, gafas, guantes...)

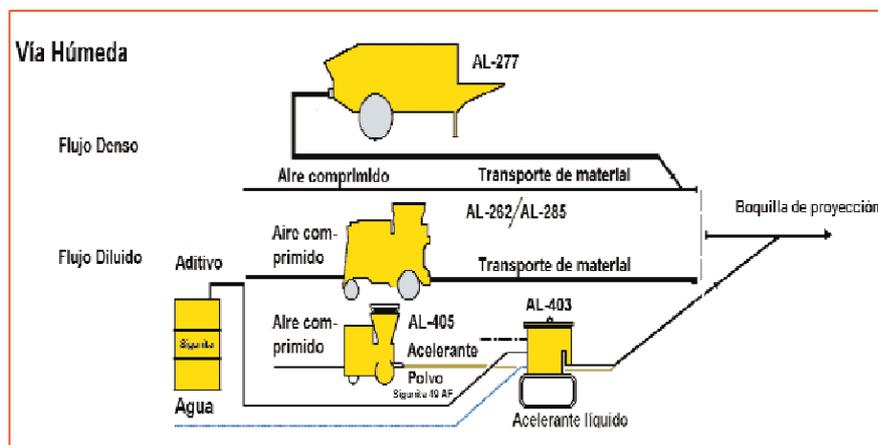


Figura 7.9: Hormigón proyectado por vía húmeda

7.4.3. Preparación de superficies para hormigón proyectado. Mallas electrosoldadas.

La gunita deberá armarse siempre que tenga que resistir esfuerzos estructurales o de temperatura, al igual que el hormigón armado. Por lo general la armadura deberá tener la forma de malla de acero electrosoldado, cuyo peso y tipo dependerá de las circunstancias especiales de cada caso.



Figura 7.10: Colocación de malla

En la mayoría de los casos deberá armarse la gunita cuando sobrepase espesores de 3 cm. Las mallas normalmente usadas son:

Luces de malla:

- 50 x 50 mm.
- 100 x 100 mm.
- 150 x 150 mm.
- 200 x 200 mm.

El diámetro del alambre como mínimo será de 3 mm. Llegando hasta los 10 mm. En cuanto a su forma, podrá ser suministrada en rollos o en paneles. Es importante que estas armaduras se coloquen en debida forma, ya que en caso de hacerlo se tiende a provocar un rebote excesivo, por lo tanto deberá evitarse el colocar:

- Barras torcidas
- Barras deformadas
- Mallas de metal desplegado
- Doblado de tela metálica de gallinero

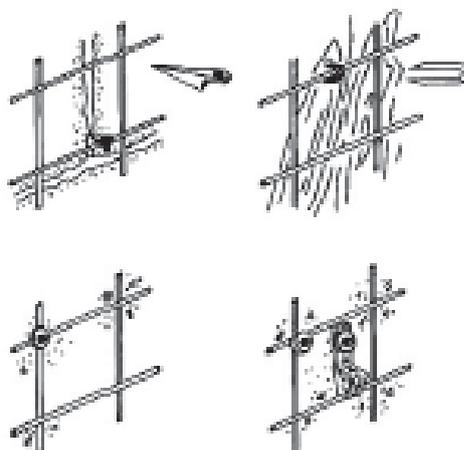
Podemos utilizar estructuras de ferrocemento, las cuales constan de varias capas de malla metálica fuertemente unidas a las que se le aplica un mortero de cemento a mano, este proceso es muy laborioso y consume mucho tiempo. Al disponer de un procedimiento de proyección de mortero se puede colocar el mismo con enorme rapidez y con una máxima compactación, este sistema resultante recibe el nombre de ferrogunita, también tenemos las armaduras de fibra que se basa en el empleo de fibras de vidrio, poliéster, polipropileno y acero como refuerzo íntegramente en la gunita.

Últimamente se ha empleado la fibra de polipropileno, que tiende a dar buenas propiedades cohesivas y elásticas a la mezcla, pero que no mejora la resistencia a la flexión. Por otra parte las armaduras de fibra de acero se han integrado satisfactoriamente en la gunita para revestir túneles y levantar estructuras, comprobándose la posibilidad de incluir hasta un 6% en peso de fibra fina de acero de 25 mm. de largo y 0.25 mm. de diámetro en la mezcla original; una proporción mayor crea problemas de obstrucción en las mangueras mientras que una menor, no merece la pena. En el caso de fibras de vidrio, poliéster y propileno se puede introducir más volumen de fibra.

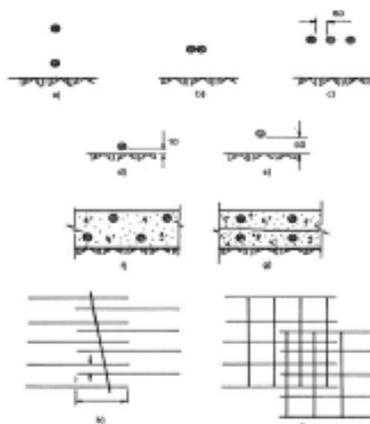
La fibra de acero tiene la desventaja de que su inclusión en la mezcla puede causar un fuerte desgaste en el sistema de proyección (maquinaria y manguera), creándose coqueas en el revestimiento muy difíciles de eliminar.

Todo tratamiento gunitado necesita de una preparación de superficies, según como sea el soporte. Esta preparación de superficies, será chorro de aire a presión, chorro de aire y agua a presión, chorro de agua a alta presión, chorro de arena, en este último caso para los soportes de hormigón. Como norma se deberán retirar los restos de materiales sueltos o de

otros oficios que estén sobre el soporte, evitando la creación de falsas zonas que no adhieran al revestimiento posterior. Los sistemas empleados para la fijación de mallas son los representados en la figura y se pueden denominar fijaciones ligeras:



En los casos de obras de Ingeniería Civil, como túneles, muros y taludes se hace necesario la fijación por medio de sistemas pesados, como son bulones, barras, anclajes, etc.



La forma correcta e incorrecta de fijar las armaduras se muestra en la siguiente figura:

En el caso de que dos o más capas de armadura vayan a ser gunitadas, la capa externa no debe ser asegurada directamente con la capa interna, sino que debe ser escalonada de manera que permita a la cara interna ser proyectada sin interferencia.

A pesar de ello se admite la colocación que se muestra en la figura (f), aunque es mejor utilizar el sistema de doble capa que se muestra en (g). la armadura interna está acomodada en la primera capa después de lo cual se fija la segunda malla y se aplica la segunda capa de gunitado.

Cuando sea posible las armaduras no deben ser empalmadas o colocadas juntas como se muestra en (b), sino que deben ser separadas como en la figura (c) y (h), donde se

mantiene las longitudes de solape normales, pero donde las barras están separadas como mínimo 50 mm. una de otra. En general las barras (redondos) paralelas no deben ser colocadas a una distancia menor de 65 mm.

Cuando se utilizan áridos finos de gunitado (mortero), la armadura debe separarse al menos 10 mm. del soporte. Esta distancia debe aumentar a 50 mm. cuando se utilicen áridos gruesos [(d) y (e)].

Como norma, conviene prever que la separación entre armaduras y soporte sea como mínimo 1.5 veces el diámetro máximo de árido.

Se muestran a continuación los puntos a seguir para la colocación de las mallas:

Colocación de mallas electrosoldadas

Para la colocación de la malla se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Retirar restos de materiales sueltos u otros oficios que estén sobre el soporte.
- Para la fijación de las mallas se utilizarán las fijaciones ligeras.
- La malla debe quedar lo más pegada al terreno posible, evitando la formación de bolsas y asegurando que el espesor del hormigón proyectado posterior, necesario para cubrirla, no sea excesivo. Para ello debe sujetarse al terreno con el número suficiente de anclajes puntuales, normalmente más de 2 unidades por m².
- Deberá respetarse un solape de los diferentes paños, tanto en sentido longitudinal como en sentido transversal, de al menos 20 cm convenientemente atado; este punto es aplicable al solape de la malla correspondiente a dos avances sucesivos.

7.4.4. Hormigón bombeado

Asegurarse que la bomba de hormigón se encuentra en posición horizontal.

Comprobar que las bombas se encuentran en perfecto estado para su utilización

Antes de comenzar, preparar una mezcla fluida de cemento y agua (lechada), para humedecer y lubricar las paredes interiores de la tubería.

Al arrancar debe ser bombeado de manera lenta y continua.

Evacuar la lechada en zona adyacente al lugar de trabajo.

Es aconsejable iniciar el bombeo solamente después de haber preparado la mezcla de hormigón.

Al acabar de bombear, se procederá a limpiar la tubería:

- Introducir una esponja en la tubería.
- Para arrastrar la esponja a lo largo de la tubería se utilizará aire comprimido.
- Cuando la esponja salga por el extremo de la tubería, se considerará que la tubería está limpia y lista para otro día de trabajo.

7.5. CONTROL DE CALIDAD.

Dada la importancia que el hormigón proyectado tiene como elemento de sostenimiento de la excavación, es sumamente importante la realización de ensayos previos, a fin de garantizar tanto el producto final como la puesta en obra del mismo.

Las exigencias y requerimientos (cada vez mayores) que se están solicitando, tanto mecánicos como de durabilidad y la multitud de variables que se pueden presentar a lo largo de la obra, hacen preciso tener bien caracterizados y estudiados cada uno de los elementos que están implicados en la fabricación y colocación del hormigón proyectado.

Ninguna obra es exactamente igual a otra y en muchos casos, las soluciones o sistemas empleados no son extrapolables de una a otra.

Los estudios previos, deben desarrollarse en laboratorio y principalmente en obra y se deberá incidir especialmente en la calidad y características de árido, cemento y aditivo y la compatibilidad y efectividad de todos ellos, y de esta forma establecer un criterio de cara a tener capacidad de respuesta ante posibles incidencias que surjan en la obra. Los ensayos en obra deberán realizarse antes de entrar en la obra subterránea. Este paso previo es fundamental y su eliminación puede suponer que éste deba ser realizado posteriormente, cuando estemos en el interior de la obra subterránea, con los problemas e inconvenientes que lleva consigo.

Una vez realizados los ensayos previos, sería recomendable realizar estudios de caracterización, con el fin de fijar un patrón de referencia ante posibles modificaciones posteriores en cuanto a componentes, dosificación o ejecución. El valor de la caracterización inicial tiene gran interés a la hora de contrastar cualquier variable. Valores por encima del patrón suponen dar validez a las modificaciones realizadas; valores inferiores traen como consecuencia la no aceptación de los cambios.

Por último, se deberá hacer un seguimiento continuado o ensayos de control cuando el túnel o galería se encuentra en producción. Con estos ensayos se pretende verificar el cumplimiento de las prestaciones especificadas, incidiendo lo menos posible en el proceso productivo.

En estos ensayos de control será preciso poner especial atención al hormigón tanto en estado fresco (manejabilidad) como en estado endurecido (resistencias a compresión), ya sea en probetas moldeadas o en probetas testigo o bien de forma indirecta por medio de los ensayos de resistencia a la penetración, penetración-extracción o arrancamiento todo ellos recogidos dentro de la Norma UNE para el Mortero y Hormigón proyectado (UNE 83.601 a 83.610).



Figura 7.11: laboratorio de control de calidad de materiales en obra



Capítulo 8

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL Y COLECTIVA

8. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL Y COLECTIVA

En apartados anteriores se ha mencionado la necesidad de utilizar Equipos de Protección Individual (EPI) en la mayor parte de las actividades relacionadas con la excavación de túneles y galerías

8.1. NORMATIVA APLICABLE

- *Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de Secretaria del Gobierno (BOE 1992-12-28), y modificación realizada por el Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero del Ministerio Presidencia (BOE 8-3-1995), que regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.*
- *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- *Resolución de 25 de abril de 1996, de la Dirección General De Calidad y Seguridad Industrial, por la que se publica, a título informativo, información complementaria establecida por el real decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (BOE de 28 de mayo de 1996).*
- *Orden de 20 de febrero de 1997, por la que se modifica el anexo del Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre (BOE núm. 56, del 6-3-1997).*

8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS EPI

8.2.1. En función del riesgo del que protegen

Dependiendo del tipo de riesgo que protege los EPI se clasifican en tres tipos:

- Categoría I: Riesgos menores
- Categoría II: Riesgos intermedios
- Categoría III: Riesgos graves o irreversibles.

Dependiendo de la naturaleza del riesgo se pueden dividir en:

→ Riesgos Mecánicos:

En emplazamientos como túneles y galerías se pueden presentar diversos riesgos mecánicos de distinta índole, los más usuales son caídas de objetos, atrapamientos, caídas a distinto nivel, impactos de partículas y atropellos por existir baja visibilidad.

Para tratar de solventar o disminuir este tipo de riesgos se deben emplear EPI como son los cascos, gafas, botas de seguridad, arneses y ropa de señalización de alta visibilidad.

→ Riesgos Térmicos:

Se debe mantener al trabajador aislado de temperaturas extremas de frío, de calor y humedad, condiciones en las que es normal trabajar en un túnel o galería, por lo tanto se debe hacer una buena elección del EPI que mejor aisle al trabajador de estas condiciones térmicas, tanto en la ropa, guantes, botas o cascos.

→ Riesgos Químicos:

Existen diversos tipos de trabajos en los cuales se emplean componentes que por su naturaleza química afectan al organismo humano, como por ejemplo aerosoles, gases, vapores o líquidos, y de los cuales se deben proteger a los trabajadores, para ello se empleará guantes y mascarillas.

→ Riesgos ambiental:

Ante atmosferas contaminadas, bien por tener contenido alto en volátiles perjudiciales para la salud, o estar sometido a polvo o gases, se deberán emplear mascarillas, autorescatadores y gafas que protejan al trabajador totalmente.

Otro riesgo medio ambiental es el estar sometido a un excesivo ruido en el lugar de trabajo para el cual usaremos cascos o tapones auditivos para proteger nuestro sistema auditivo.

→ Riesgos Eléctricos:

Un riesgo que puede aparecer bien por contacto directo, como por un arco eléctrico cuando se trabaja en las mediaciones de una línea eléctrica o una máquina. Para minimizar el posible riesgo tenemos EPI como guantes, botas, cascos y demás ropas.

→ Riesgos Biológicos:

La obligación de prevención del riesgo biológico en el medio laboral consiste en tomar medidas para evitar daños a la salud originados en agentes biológicos con capacidad infecciosa presentes en el medio laboral.

Los agentes biológicos con capacidad infecciosa pueden ser diversos (virus, bacterias, parásitos, hongos o esporas, toxinas, endotoxinas, cultivos celulares, etc. Para que este contacto se produzca debe existir una vía de transmisión, que permita que el agente entre en contacto con el órgano o sistema dónde el agente en cuestión puede causar daño.

Para prevenir este riesgo se utiliza como EPI cascos, guantes, mascararas y ropa.

8.2.2. Según la parte del cuerpo protegida

→ Cabeza

El EPI fundamental para evitar riesgos sobre esta parte del cuerpo es el casco de seguridad.

Un casco de protección para la industria es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, que está destinada esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo.

Normalmente será obligatorio en cualquier trabajo en túnel o en galería, y al cual se le podrá acoplar una lámpara como elemento suplementario de cara a conseguir una mejor visibilidad.



Figura 8.1: Cascos, protectores de la cabeza

Las exigencias obligatorias de un casco son:

- Absorción de impactos
- Resistencia a la perforación
- Resistencia a la llama
- Puntos de anclaje del barboquejo

Las exigencias opcionales son:

- Muy baja temperatura
- Muy alta temperatura
- Propiedades eléctricas
- Deformación lateral
- Salpicaduras de metal fundido

→ Oídos:

Existen distintos elementos que evitan riesgos en el sistema auditivo producidos por un elevado nivel del ruido, riesgo muy común en trabajos en túneles o galerías al ser un espacio confinado.

Los protectores auditivos individuales más comunes son: orejeras, tapones desechables de lana mineral, tapones desechables de espuma, tapones reutilizables preformados y tapones reutilizables hechos a medida.

También existen los cascos antirruído usado en ambientes muy ruidosos.



Figura 8.2: EPI auditivos

→ Ojos:

Los riesgos comunes que pueden afectar la visión de un trabajador en tareas en un túnel o galería, suelen ir ligado a trabajos donde exista probabilidad de impacto por desprendimiento de partículas o esquirlas, líquidos o polvos y en trabajos de soldaduras.

Los protectores oculares y faciales son EPI que protegen los ojos (gafas de protección) y pueden también proteger la cara o cabeza (pantallas de protección).

Existen muchos tipos de protectores para los ojos según el trabajo que se realice necesitaremos unos u otros.



Figura 8.3: Protectores oculares

→ Manos y brazos:

Los guantes de protección son EPI que protegen la mano, parte de ella y, a veces, antebrazo y brazo.

Existen muchos guantes en el mercado, es por ello que se deben conocer bien los tipos y los riesgos que minimizan.

Los requisitos generales para los guantes de protección exigen que sean ergonómicos, inocuos, limpios, cómodos y eficaces para su uso; no se aplicaría para trabajos eléctricos.

Los guantes tienen marcados unos pictogramas que indican al riesgo del que protegen. No siempre viene impreso en el propio guante, debemos buscar este pictograma en el embalaje original o en el folleto informativo.



Figura 8.4: Protectores de manos y brazos

Atendiendo al riesgo que protege se clasifican en: Mecánicos, térmicos, químicos y eléctricos.

→ Piernas y pies:

El calzado de uso profesional es un EPI que protege los pies de los riesgos que pueden aparecer durante la realización del trabajo (golpes, impactos, pisadas, corrientes eléctricas...).

Existen numerosos tipos de calzado de seguridad y la elección de cada uno es más adecuada teniendo en cuenta el riesgo, el tipo de trabajo a realizar, las condiciones climatológicas o el emplazamiento del trabajo.

Como tipos de calzado de seguridad podemos se tiene: calzado antiestático, calzado de absorción de energía en el tacón, calzado de impermeabilidad dinámica del empeine, calzado de lámina anti-perforante, de aislamiento del frío, de aislamiento del calor, calzado conductivo, de resistencia al calor por contacto, con puntera que protege los dedos.



Figura 8.5: Protectores de pies

→ Sistema respiratorio:

Los protectores respiratorios son EPI que reducen la concentración de contaminantes del aire.

Se pueden dividir en dos grupos:

- Dependientes del medio ambiente (Equipos filtrantes).

Mascarillas auto-filtrantes: Formadas por un adaptador facial que cubre nariz, boca y barbilla que en algún caso llevan acoplado un filtro.

Existen de diversos tipos dependiendo del trabajo que se va a realizar y bajo que condiciones ambientales se va a realizar la tarea.

Las hay de papel, que se emplean normalmente cuando existe polvo en el ambiente, pero también hay mascarillas con filtro químico en el caso de presentar tóxicos el ambiente de trabajo.



Figura 8.6: Protectores del sistema respiratorio

- Independientes del medio ambiente (Equipos aislantes).

Estos equipos proporcionan protección para atmósferas contaminadas y para la deficiencia de oxígeno.

Dadas las condiciones que se pueden llegar a encontrar en un túnel o galería es conveniente que los trabajadores dispongan de estos elementos.

Estos sistemas de respiración se pueden dividir en:

- Autónomos (de circuito abierto o cerrado, como son los autorescatadores, que se suelen emplear en minería y en trabajos en túneles o galerías)

Un autorrescatador es un aparato autónomo de respiración que aísla a la persona que lo utiliza de la atmósfera que la rodea.

Durante el desarrollo de las labores en la industria extractiva, sobre todo en la minería subterránea, el ambiente puede ser invadido por gases nocivos (tóxicos o asfixiantes). Frente a este fenómeno sólo cabe la posibilidad de aislarse de la atmósfera por medio de un aparato que suministre aire en circuito cerrado en condiciones aptas para ser respirado.

El autorrescatador de oxígeno químico es un equipo de protección respiratoria para escape, pequeño y robusto, que puede ser usado en aquellos lugares donde la atmósfera ambiental pueda ser deficiente en oxígeno o contener contaminantes tóxicos.

Este equipo además utiliza el principio de generación química de oxígeno. La humedad y el dióxido de carbono del aire exhalado provocan una reacción en el cartucho del autorrescatador que contiene el reactivo K₂O₂, (peróxido de potasio), con la cual el dióxido de carbono es retenido desprendiéndose oxígeno.

Debido al diseño compacto y a su bajo peso, el autorrescatador de oxígeno puede llevarse continuamente en el cinturón, de forma que está al alcance inmediato en caso de emergencia. Se coloca en segundos y suministra oxígeno al usuario para escapar o mientras se aguarda el rescate. El equipo está contenido en una caja que lo protege de las rudas condiciones que usualmente soporta en mina o túnel. La caja es hermética y está sellada. En caso de emergencia puede abrirse fácil y rápidamente.



Figura 8.7: Autorrescatadores

- No autónomos (de manguera o con línea de aire comprimido).

→ Tronco y abdomen:

Los cinturones y las fajas son EPI destinados a proteger a los trabajadores de movimientos bruscos y/o repetitivos protegiendo el tronco y el abdomen y evitando lumbalgias.



Figura 8.8: Protectores de tronco y abdomen

→ Cuerpo:

- Sistemas anticaídas:

Un sistema anticaída debe garantizar la parada segura cumpliendo:

- La distancia de caída sea mínima.
- La fuerza de frenado no provoque lesiones.
- La postura después del frenado permita esperar el rescate.

El sistema anticaída está formado por:

- Un arnés anticaída.
- Una conexión para unir el arnés a un punto de anclaje seguro (dispositivo anticaída o absorbedor de energía).



Figura 8.9: Arnés, sistema anti-caídas

→ Sistemas de señalización:

Es usual emplear en los trabajos de construcción ropa que señalice y localice al trabajador, de cara a minimizar el posible riesgo por atropello.

Normalmente se suelen emplear chalecos reflectantes amarillo o anaranjados.

Se recomienda la utilización de ellos en trabajos en túneles o galerías.



Figura 8.10: Chalecos reflectantes

8.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN

El paso previo a la selección del EPI requiere por parte del empresario, del director facultativo y de todo responsable de la seguridad del trabajador un concienciado estudio de las condiciones de trabajo bajo las cuales se van a desarrollar las labores. En el caso de un emplazamiento confinado como puede ser un túnel o una galería deben tenerse muy en cuenta los propios riesgos que la instalación implica.

Para este estudio previo se realizaran por lo menos los siguientes puntos:

- Evaluación y análisis de los riesgos que son imposibles de evitar por distintos métodos.
- Estudio de las propiedades necesarias que deben tener los EPI para evitar los riesgos que se puedan presentar en el emplazamiento de trabajo, teniendo en cuenta el propio riesgo potencial que pueda implicar el mismo EPI en el desarrollo laboral en el lugar de trabajo determinado.
- Evaluación de las características y propiedades de los EPI existentes en el mercado, para tratar de seleccionar los equipos que mejor puedan minimizar los riesgos previamente estudiados.

- Revisiones periódicas de la evaluación de nuevos riesgos existentes por posibles cambios de métodos de trabajo, trabajos no evaluados previamente o cualquier tipo de cambio en el lugar de trabajo que pueda generar nuevos riesgos no evaluados.

8.4. RECOMENDACIONES DE USO

Se debe establecer el modo correcto de empleo del EPI de acuerdo con lo establecido por el fabricante.

Para ello, el mando directo suministra a los trabajadores las instrucciones sobre la utilización correcta y mantenimiento del EPI, recabando para ello la información necesaria del Gestor de los EPI.

Es responsabilidad de cada trabajador que se mantenga el correcto estado de uso, almacenamiento, mantenimiento, limpieza y desinfección del EPI, y pedir su sustitución cuando esté deteriorado. El mando directo supervisa permanentemente estos aspectos.

8.5. DOCUMENTACIÓN Y MARCADO

Cada uno de los equipos de protección individual, EPI, elegidos deberán contar con: Un folleto explicativo y el marcado CE.

- Un folleto explicativo del correcto uso y mantenimiento del mismo, nombre, marca comercial u otro medio de identificación del fabricante o de su representante autorizado, dirección completa, designación del tipo de producto, nombre comercial o código, fecha de caducidad del EPI o de alguno de sus componentes, pictograma y niveles de prestación.
- Para que puedan ser comercializados y por tanto utilizados en las empresas, se les exige la marca de conformidad “CE”.

Este marcado permanecerá colocado en cada uno de los EPI fabricados de manera visible, legible e indeleble, durante el período de duración previsible o de vida útil del equipo; no obstante, si ello no fuera posible debido a las características del producto, el marcado CE se colocará en el embalaje.

Este marcado se compone de los siguientes elementos:

- Las siglas CE para los equipos de las categorías I y II.
- Las siglas CE seguidas de un número de cuatro dígitos para los equipos de categoría III.



El número de cuatro dígitos es un código identificativo del organismo que lleva a cabo el control del procedimiento de aseguramiento de la calidad de la producción seleccionado por el fabricante.

8.6. INSPECCIÓN DE LOS EPI

Independientemente de que tanto el propio trabajador como el mando directo velen diariamente por el cumplimiento de las condiciones establecidas para el uso de los EPI, pueden realizarse inspecciones específicas tanto programadas como no programadas del uso de EPI según lo indicado en el procedimiento “Inspecciones de Prevención”. La realización de estas inspecciones es obligatoria en los trabajos realizados utilizando EPI de categoría III.

Anexos

ANEXO I: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE LÍNEAS DE M.T.Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

1.- Medios técnicos:

- Pértiga detectora de tensión.
- Pértiga de maniobra.
- Equipo de cortocircuitos y puesta a tierra.
- Guantes aislantes.
- Banqueta aislante.
- Telurímetro.
- Megger.
- Equipo de medición de tensiones de paso y contacto.

2.- Conductores:

- Naturaleza y características adecuadas según reglamentación vigente.
- Sección nominal mínima admisible.
- Empalmes y conexiones. Piezas adecuadas y correcta ejecución.
- Número de empalmes por conductor y vano, (no será superior a uno).
- Estado general de los conductores y piezas de empalme y conexión.
- No presentarán síntomas de oxidaciones, deformaciones graves ni rotura.
- En canalizaciones con conductores aislados, comprobación del estado de la envoltura exterior, instalación y fijación de los cables y ausencia de curvaturas o deformaciones, empalmes y conexiones.
- Verificación de que las conexiones no soportan, en la medida de lo posible, la tensión ejercida por los conductores.

3.- Cables de tierra:

- Naturaleza y características adecuadas.
- Empalmes y conexiones mediante piezas adecuadas.

- Comprobación del estado general. Oxidaciones, deformaciones graves, roturas
- Conexión del cable de tierra a las armaduras metálicas de fijación de los aisladores.
- Unión de los herrajes de la línea al cable de conexión a tierra

4.- Herrajes:

- Estado general en cuanto a deformaciones, roturas y corrosiones, no debiendo presentar defectos que pongan en peligro a las personas o bienes.
- Se verificará la correcta fijación.
- Se comprobará que no existen deslizamientos graves en las grapas de amarres del conductor.

5.- Aisladores:

Características y material adecuado.

Inexistencia de corrosiones, roturas, deformaciones, etc., en las partes metálicas y aislantes.

Fijación adecuada de aisladores y cadenas.

Comprobación de la verticalidad de los aisladores y cadenas

6.- Prescripciones especiales de líneas:

Se comprobarán los siguientes puntos que deberán cumplir las líneas en situaciones especiales tales como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación:

Se comprobará que los conductores y cables de tierra no presentan ningún empalme en el vano de cruce, en explotación normal.

No se utilizarán apoyos de madera.

Características de las grapas de fijación de los conductores (antideslizantes) y fijación de los conductores al apoyo.

En cruzamientos con líneas:

Línea de mayor tensión por encima, características, distancias entre conductores y entre estos y apoyos.

Paralelismos: Distancias y condiciones reglamentarias.

Paso por zonas de bosques, árboles masas de arbolado, edificios, construcciones y zonas urbanas.

Comprobaciones de distancias, alturas y condiciones reglamentarias

7.- Mediciones:

Mediante telurímetro o equipo similar, se efectuará la medición de la resistencia de difusión de las puestas a tierra de la línea, verificándose los valores máximos reglamentarios, no debiendo exceder de 20 ohmios.

Mediante telurímetro o similar, se procederá a la medición de la resistencia de tierra tanto de protección (herrajes metálicos), como de servicio (neutros de transformadores).

En el caso de la tierra de protección, el valor medido deberá ser lo más bajo posible, procurando que se mantenga por debajo de 10 ohm, en las épocas más secas.

En caso de ser superior a 10 ohm. y hasta 20 ohm. deberán disponerse de más electrodos o acondicionar y humedecer los existentes, a fin de mantener los valores por debajo de los 10 ohm

Por encima de 20 ohm. deberá estudiarse el realizar un sistema de puesta a tierra más eficaz, siempre que las características del terreno lo permitan.

Para la puesta a tierra de servicio, los valores de resistencia no deberán exceder de 20 ohm

Por último se comprobará la continuidad de los conductores de protección desde las puestas a tierra, hasta las distintas masas metálicas del centro, que sean accesibles, debiendo dar valores sensiblemente iguales.

Tensiones de paso y contacto.

8.- Transformadores:

Se comprobarán los siguientes puntos:

La construcción y características técnicas de los transformadores y autotransformadores, deberán ser las adecuadas, conforme a la normativa vigente.

En general los transformadores deberán encontrarse en buen estado de conservación, no debiendo presentar oxidaciones o corrosiones en la cuba y depósito de aceite, deformaciones en aletas de refrigeración, ni suciedad excesiva.

Se verificará que en su funcionamiento normal no existan vibraciones o ruidos anómalos, temperaturas excesivas (más de 60° no es aconsejable), pérdidas importantes de líquido refrigerante y nivel de aceite por debajo del mínimo a 20°C, o muy por encima.

En caso de utilización de ASKARELES (Piraleno) como refrigerante, deberá existir una indicación bien visible en el transformador, que alerte de su existencia (desaparición en el año 2.011).

Caso de tener ruedas, se comprobará que estén bloqueadas de forma que se impida su movimiento. El anclaje deberá estar fijado al soporte o carril mediante piezas atornilladas o soldadas, o bien deberán estar giradas las ruedas.

Estado de conservación de los aisladores de primarios y secundario, no debiendo presentar fisuras ni roturas, así como suciedad excesiva. Se verificará la correcta fijación a la tapa.

La placa estará fijada adecuadamente a la cuba del transformador y ser visible desde el exterior de la celda a ser posible, debiendo ser legibles todos los datos técnicos de la misma.

Caso de haberse cambiado los devanados del transformador para otras características de servicio, deberá quedar reflejado en la placa.

Caso de existir desecador del aceite (silicagel), éste deberá presentar un aspecto azulado. El color rosáceo indica saturación de humedad, por lo que deberá sustituirse o regenerarse.

El aislamiento exterior de los cables de fuerza, control y señalización, no deberá presentar envejecimiento, desgarros o deterioros importantes, ni provocar tensiones mecánicas en los aisladores y demás elementos.

En el caso de grandes transformadores, se colocará una pantalla entre ellos. Comprobar su estado y características.

9.- Protecciones y aparamenta:

Visualmente se efectuarán las siguientes comprobaciones:

Existencia de las protecciones contra sobreintensidades cortocircuito y sobrecarga y sus condiciones de instalación y características son las adecuadas a las exigencias de

la instalación que protegen. (Generadores, transformadores y autotransformadores de potencia, salidas de línea, baterías de condensadores, reactancias y motores de alta tensión).

Interruptores e interruptores automáticos. Estado de conservación, indicación de posición "abierto" y "cerrado", nivel de aceite o presión de gas (SF₆) y anclaje.

Seccionadores.- Estado de conservación, aisladores, cuchillas, mando, enclavamientos y anclaje, así como sus características e instalación.

Fusibles y relés.- Estado de conservación, anclajes, características e instalación.

Protección contra sobretensiones (pararrayos autoválvulas), cuando existan, verificar sus características, estado de conservación, instalación y puesta a tierra.

En el caso de que puedan visualizarse desde el exterior de las celdas, se verificarán las características de los transformadores de medida y protección y en especial las condiciones generales de conservación y limpieza, estado del aislamiento y canalización del cableado, conexionado a tierra de carcasas metálicas y circuitos secundarios y la existencia de un dispositivo que permita la sustitución o verificación de los transformadores para medida de energía (con facturación).

10.- Circuitos eléctricos:

Se efectuará la comprobación de los embarrados y canalizaciones eléctricas, inspeccionando visualmente los siguientes puntos:

Separación entre circuitos y canalizaciones eléctricas de alta tensión y baja tensión, comprobando que existe el aislamiento necesario para no provocar tensiones peligrosas.

Estado de los conductores eléctricos y sus conexiones, no debiendo presentar deformaciones, corrosiones, elementos deteriorados, falta de fijación, conexiones defectuosas ni síntomas de calentamiento.

Se verificará también la identificación adecuada de los circuitos y conductores. Las canalizaciones deberán estar realizadas y disponerse de forma que no presenten esfuerzos mecánicos que puedan dañar al resto de la instalación, comprobándose la fijación de los conductores, bandejas y soportes, no debiendo existir deformaciones, corrosiones ni falta de estabilidad.

Se comprobará que los conductores o canalizaciones no se disponen sobre materiales combustibles no autoextinguibles, ni se encontrarán cubiertas por ellos.

Las arquetas, zanjas y galerías se encontrarán limpias y sin humedad, verificándose la colocación de las tapas y cerramientos a fin de evitar posibles accidentes en pasillos y zonas de paso.

En canalizaciones con conductores aislados se verificará que las envolturas aislantes no presentan desgarros, roturas, degradación o defectos que limiten su seguridad, no admitiéndose curvaturas excesivas, falta de fijación o que se encuentren tendidos directamente en el suelo.

Los cables auxiliares de medida, mando, etc., se mantendrán separados de los cables de alta tensión, mediante tabiques en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.

Para canalizaciones con conductores desnudos, sobre aisladores de apoyo, se comprobará que el diámetro de las varillas de cobre no sea inferior a 0'8 cms. o equivalente para otro tipo de perfiles y material.

En el caso de conductores rígidos recubiertos de material aislante, se comprobarán las distancias de seguridad contra contactos, considerándose como conductores desnudos.

Los aislantes y botellas terminales se encontrarán fijados correctamente, no presentando fisuras, ni elementos rotos, debiendo estar limpias y exentas de humedad.

Se verificará el paso de canalizaciones y conductores a través de elementos de la construcción debiendo mantener las condiciones establecidas de seguridad y aislamiento.

11.- Instalaciones interiores:

Se inspeccionarán visualmente las condiciones reglamentarias de las instalaciones interiores, realizando las siguientes comprobaciones:

Puertas de acceso. Características, accesibilidad, cierre, anclaje, corrosiones, orificios no protegidos, deformaciones inadmisibles, etc.

Caso de existir en las celdas transformadores o aparatos que utilicen aceites u otro dieléctrico inflamable, con capacidad superior a 50 litros, se establecerán tabiques de separación entre ellos. Se comprobará la existencia de los mismos, características y estado.

Se verificará la existencia, características y estado de las pantallas de protección en las celdas que contengan interruptores con dieléctrico inflamable, maniobrables localmente.

Comprobación de la ventilación existente, natural o forzada

Funcionamiento y temperatura interior no debiendo exceder 40 °C.

Así mismo se verificarán las características de los huecos para ventilación y rejillas.

Protección contra contactos, penetración de agua y animales, etc.

Instalación de los aisladores para el paso de líneas aéreas al interior del centro.

Fijación, características, roturas, suciedad, entrada de agua, etc., así como el paso de canalizaciones a través de muros de la construcción, en el interior de los locales.

Señalización. Carteles de existencia de instalaciones de alta tensión en puertas de acceso, celdas y demás puntos que por las características de la instalación o su equipo lo requieran. Se verificará la existencia de estos carteles, fijación, legibilidad y que corresponden a tipos homologados.

Esquemas de las instalaciones, al menos unifilares e instrucciones generales de servicio. Fijación legibilidad, debiendo estar actualizados y poseer los datos necesarios para hacer las maniobras con total seguridad.

Sistema contra incendios. Características, estado de funcionalidad y conservación, de extintores y sistemas fijos de extinción debiendo existir en este caso un plano detallado del sistema y las instrucciones de funcionamiento del mismo.

Existencia y características de los dispositivos para recogida de aceite.

Iluminación y alumbrado de emergencia. Existencia, funcionamiento, eficacia, etc.

Almacenamiento de materiales dentro del centro. Inexistencia de materiales ajenos almacenados, obstaculización del paso, riesgo de contactos, etc.

Instrucciones y elementos para prestación de primeros auxilios. Placa con las instrucciones sobre primeros auxilios colocadas en lugar bien visible, fácilmente legible.

Caso de existir, estado del material para la realización de los primeros auxilios (botiquín de urgencias, camilla, mantas ignífugas, etc.) e instrucciones para su uso.

Elementos y dispositivos de seguridad para maniobra. Se comprobará su existencia y estado de conservación no presentando suciedad, roturas o defectos que

disminuyan la seguridad para las personas o cosas, debiendo responderá modelos homologados.

Verificación de las distancias reglamentarias a elementos bajo tensión en pasillos de maniobra y de inspección, así como prescripciones para las zonas de protección contra contactos accidentales.

Caso de existir conjuntos prefabricados bajo envolventes metálicas o aislantes, condiciones reglamentarias de los mismos así como de la aparamenta, inexistencia de suciedad, humedad, etc. defectos en el aislamiento, roturas, fisuras y corrosiones, etc.

Se comprobarán los enclavamientos, contactos, conexiones, etc, así como la conexión a tierra y placa de características de la aparamenta.

12.- Instalaciones de puesta a tierra:

Visualmente se realizarán las comprobaciones e inspecciones siguientes:

Separación entre las instalaciones de puesta a tierra de protección y de servicio.

Imposibilidad de contacto simultaneo entre los circuitos o parte de ellos, de las instalaciones de puesta a tierra de protección y de servicio.

Estado de la instalación de puesta a tierra. Fijación de cables adecuados, inexistencia de corrosiones deformaciones, falta de sección (hilos rotos), piezas de unión y conexiones defectuosas, trazados incorrectos, falta de protección mecánica, defecto en los aislamientos de los conductores (caso de poseer una cubierta aislante), etc.

Punto de puesta a tierra o cajas de verificación.- Existencia e instalación, características adecuadas, correcto estado de conservación e identificación del circuito.

La sección de los conductores de las líneas de tierra, en ningún caso, serán inferiores a: Cobre = 25 mm² Acero = 50 mm² o sección equivalente para otro tipo de material.

No se utilizarán las estructuras metálicas o partes de ellas como conductores de tierra, salvo que cumplan con las características exigidas a los conductores y a su instalación, comprobándose la continuidad con el circuito principal

En las canalizaciones de tierra se evitarán trazados muy largos y tortuosos y curvas de poco radio, debiendo estar realizadas preferiblemente al exterior mediante conductores desnudos, a fin de que sean visibles en todo su recorrido.

Se comprobarán que no existen intercalados interruptores, ni fusibles en las líneas de tierra, salvo el punto de puesta a tierra para medida de la toma, independientemente de la instalación.

Se verificará la interconexión a tierra de protección de todas las masas metálicas del centro que no se encuentren bajo tensión normalmente, salvo en el caso de un defecto, tales como: chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.

Las puertas se conectarán a tierra mediante latiguillo flexible.

Como norma general, los elementos metálicos de la estructura se conectarán a tierra.

ANEXO II: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE B.T.

1.- Comprobaciones visuales:

En Cuadros de Baja Tensión Principal y Cuadros Secundarios:

Interruptor general automático.

Comprobación de las líneas distribuidoras, cuadros secundarios de distribución e interruptores omnipolares.

Relación entre las intensidades de las protecciones magnetotérmicas y las secciones de los conductores correspondientes.

Protección contra contactos directos.

Protección contra contactos indirectos de todos los circuitos.

Puesta a tierra de cuadro y hoja de puerta (si es metálico).

Esquema Unifilar.

Indicaciones de todos y cada uno de los circuitos.

Alumbrado de emergencia sobre cuadro.

2.- Cableado:

Todos los cables utilizados en instalaciones eléctricas protegidas contra contactos indirectos según lo indicado en la ITC 9.0-02, apartado 2.2.2.1 del R.G.N.B.S.M, llevarán incorporado un conductor de protección que podrá estar constituido por la armadura metálica o por uno o varios conductores conectados en paralelo.

Las secciones mínimas del conductor de protección, en función de las correspondientes a las de los conductores de fase, cuando el de protección y éstos sean del mismo metal, serán las siguientes:

Secciones mínimas del conductor de protección/mm²) en función de la sección S de los conductores activos:

$S < 16$ (mm²) S (mm²)

$16 \leq S \leq 35$ (mm²) 16 (mm²)

$S \geq 35 \text{ (mm}^2) S/2 \text{ (mm}^2)$

Si los conductores de protección que forman parte de los cables son de distinto metal que los conductores de fase o se utiliza para dicho fin la armadura metálica de los cables, en ambos casos, será la misma que la de los conductores de protección correspondientes, indicados en la tabla anterior.

La intensidad máxima admisible por un cable en servicio permanente se asignará de modo que la temperatura de equilibrio alcanzada por el aislamiento sea la correspondiente al 95 por 100 de la admisible por éste para dicha clase de servicio en aplicaciones convencionales. Los valores correspondientes están recogidos en las normas UNE 22.511 (cables rígidos armados), UNE 22.512 (cables flexibles armados) y UNE 22.513 (cables flexibles), fijándose también los coeficientes correctores a aplicar cuando las condiciones de instalación se aparten de las elegidas para establecer las capacidades de carga de referencia.

Los cables estarán protegidos contra sobreintensidades de modo que el aislamiento no resulte deteriorado ni envejecido prematuramente; en particular, para la temperatura de emergencia admisible en caso de cortocircuito, se tomará un valor correspondiente al utilizado en aplicaciones convencionales reducido al 95 por 100. Con este criterio en las normas UNE 22.511, UNE 22.512 y UNE 22.513 se dan las densidades de corriente de cortocircuito admisibles para los distintos tipos de cable, en función del tiempo de actuación de la protección. La intensidad de cortocircuitos a aplicar en el cálculo será la correspondiente al cortocircuito máximo en el comienzo del cable.

En las canalizaciones con varios cables en paralelo, se protegerán contra sobrecargas todos los cables individualmente, pudiendo disponerse una protección común si se trata de dos cables y éstos son de la misma longitud, sección y tipo.

La protección contra sobrecargas común a un motor y a su cable de alimentación deberá ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de funcionamiento en dos fases.

La sección de los cables de transporte de energía se calculará de manera que, en régimen normal permanente, la tensión en bornes de los receptores no sea inferior al 95 por 100 de la nominal.

No obstante, se admiten caídas superiores de tensión, si se justifica que el par de los motores no desciende por debajo de los valores que puedan ocasionar en los mismos calentamientos peligrosos.

Los cables estarán protegidos contra los efectos de los daños mecánicos. A este fin, dispondrán de una armadura metálica, o en caso contrario, la instalación estará

equipada con un dispositivo eléctrico que asegure la desconexión automática de todos los conductores activos del cable e impida su reconexión en cualquiera de las siguientes circunstancias:

Defectos de aislamiento entre cualquier par de conductores; el umbral de aislamiento límite de actuación se establecerá para que el fallo pueda ser eliminado antes de que se produzcan manifestaciones exteriores o puedan resultar de dicho fallo aumentos peligrosos (50 V) del potencial de las masas respecto a tierra.

Corte del conductor de protección o aumento de su resistencia por encima del límite que impida cumplir la prescripción de que las masas en ningún caso pueden estar respecto a tierra a más de 50 V.

Defecto del propio circuito eléctrico de protección.

3.- Mediciones:

Medición de la resistencia de la puesta a tierra.

Resistencia de aislamiento entre conductores, y entre conductores y tierra.

Comprobación de los Interruptores diferenciales.

Continuidad del conductor de protección en todas las tomas.

Fugas en la instalación.

ANEXO III: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES DE AIRE COMPRIMIDO

Deberá llevarse a cabo con una periodicidad anual, para cada uno de los dispositivos de tratamiento y almacenamiento de aire comprimido que les sea especificado, las siguientes actividades de mantenimiento preventivo.

Toda operación de mantenimiento preventivo del dispositivo tendrá prioritariamente en cuenta las recomendaciones expuestas por el fabricante. Si el fabricante expone alguna lista de piezas de repuesto que son recomendadas para cada uno de los componentes, se deberá utilizar (si ello es posible), materiales contenidos en el listado expuesto.

Verificación general del estado exterior del dispositivo compresor: se verificará que no se ha producido deterioro evidente externo alguno en el equipo de manera que pueda constituir un riesgo: especialmente se vigilará la presencia de abolladuras, corrosiones, fisuras, fugas, rezumes.

Estado de juntas y costuras.

Verificación de elementos de inspección: tapas, mirillas, etc... aptitud y buen estado para su función.

Conexiones de conducciones, niveles, controladores, etc... aptitud y buen estado para su función. Se vigilará especialmente la ausencia de fisuras, fugas, rezumes.

Valvulería: en general, se comprobará su aptitud y buen estado.

Verificación del estado de la(s) válvula(s) de seguridad: se verificará su buen estado y que no presente deterioro físico alguno, se verificará el estado del precinto de la válvula, se verificará que este dispositivo no ha actuado a consecuencia de una sobrepresión. Se desmontará completamente, comprobando que sus distintos elementos no presentan anomalías.

Verificación de dispositivo manómetro: se verificará su buen estado y que no presente deterioro físico alguno, se verificará su correcto funcionamiento mediante comparación con manómetro patrón. Se verificará que la clase del manómetro se corresponde con la categoría de precisión 2.5. Se comprobará que el tubo de conexión está libre de obstrucciones.

Verificación de sistemas de maniobra: se verificará su buen estado y que no presente deterioro físico alguno, se verificará su correcto funcionamiento.

Verificación del conjunto de componentes eléctricos (incluyendo conexiones y cableado): se verificará su buen estado y que no presente deterioro físico alguno, se verificará su correcto funcionamiento, su aptitud. Especialmente se verificará los dispositivos de protección (incluyendo toma de tierra).

Verificación del conjunto de lubricación: en la medida que sea posible, se verificará el buen estado del sistema, comprobándose que no se presentan fugas, derrames, incrustaciones, resinificaciones. Se comprobará que en ningún caso se utilizan lubricantes con punto de inflamación igual o inferior a 125°C. Si las presiones de trabajo del dispositivo compresor sobrepasaran los 20 kg/cm², se comprobará que en ningún caso se utilizan lubricantes con punto de inflamación igual o inferior a 220°C.

Prueba del equipo: una vez comprobados los puntos anteriores, y corregidas todas las deficiencias (en el caso de que las hubiere), se pondrá en marcha el equipo y se verificará que este opera satisfactoriamente. Se verificará que aquellas operaciones para las que está destinado el dispositivo y las que es posible realizar con el aparato en funcionamiento, no presentan dificultades de carácter técnico debido a deficiencias.

ANEXO IV: PUNTOS DE COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES DE CONTROL Y COMUNICACIONES.

Las instalaciones telefónicas se alimentarán a tensión inferior a 50V.

Los equipos telefónicos instalados en labores con nivel de peligrosidad igual o superior a 3 (ITC 09.0-03) serán de seguridad intrínseca. Si forman parte de los Sistemas de Comunicación que deben ser mantenidos en funcionamiento cuando la concentración de metano (CH₄) sea superior al límite reglamentario (artículo 124 del RGNBSM), serán de seguridad intrínseca de categoría «i(a)».

Para las instalaciones de señalización se admiten tensiones de hasta 220 V.

Los transformadores de alimentación de las instalaciones telefónicas y de señalización deben ser de uno de los siguientes tipos:

Transformadores con primario y secundario sobre distintas columnas.

Transformadores con primario y secundario sobre la misma columna, con una pantalla metálica unida a tierra y capaz de soportar durante el tiempo de actuación de las protecciones, la corriente que se deriva a tierra por un contacto con el primario.

Transformadores con el primario y secundario sobre la misma columna, con una pantalla aislante, en cuyo caso debe cumplirse lo establecido para la separación entre arrollamientos en la norma UNE 20.339, sobre transformadores de seguridad.

Tanto las instalaciones telefónicas como de señalización, deberán estar protegidas contra cortocircuitos. Sus conductores estarán dispuestos de manera que no puedan ponerse en contacto con los de otras canalizaciones o aparatos eléctricos o establecer un cierre accidental de su propio circuito. Estas instalaciones deberán protegerse convenientemente contra todo riesgo derivado de fenómenos de inducción.

Los cables utilizados para circuitos de señalización no podrán llevar más conductores suplementarios que los de telefonía.

Si la instalación telefónica es de seguridad intrínseca, los conductores de su línea no podrán estar situados en cables que contengan otros conductores que por su utilización pudieran comprometer este modo de protección.



ANEXO V: ÍNDICE TIPO DE UN PROYECTO DE VENTILACIÓN

1. Esquema de ventilación.
 - 1.1. Situación actual.
 - 1.2. Situación prevista.
2. Cálculo de la cantidad de aire necesaria.
 - 2.1. Obras subterráneas en general.
 - 2.1.1. En función del número de trabajadores.
 - 2.1.2. En función de la potencia de los motores de combustión.
 - 2.1.3. En función del polvo respirable.
 - 2.1.4. En función del clima.
 - 2.1.5. Caudales de aire que no recorren las labores.
 - 2.2. Obras subterráneas con riesgo de explosión.
 - 2.3. Caudal total en la obra subterránea y de los ventiladores.
 - 2.4. Previsión de caudales en fases futuras.
 - 2.5. Cálculo de los caudales necesarios para efectuar el disparo de explosivo con personal en el interior en horarios no establecidos.
3. Determinación del orificio equivalente de la obra y cálculo de resistencias.
 - 3.1. Cálculo y/o medida de la resistencia de las labores.
 - 3.2. Determinación del orificio equivalente y curva característica.
 - 3.3. Determinación de los orificios equivalentes en las fases de ventilación futuras.
4. Determinación de la fuerza aeromotriz natural (ventilación natural).
5. Cálculo de la red. Punto de funcionamiento de los ventiladores y reparto de caudales.
6. Característica de los ventiladores principales, instalación y condiciones de servicio.
 - 6.1. Obras subterráneas en general.

-
- 6.2. Obras subterráneas con riesgo de explosión.
 - 6.3. Características de los ventiladores principales.
 - 6.4. Instalación de los ventiladores.
 - 6.5. Indicación de la marcha de los ventiladores.
 - 6.5.1. Obras subterráneas en general.
 - 6.5.2. Obras subterráneas con riesgo de explosión.
 - 6.6. Inversión, protección del ventilador y ventilador de reserva.
 7. Disposición interna de seguridad sobre el régimen de marcha y el arranque y parada de los ventiladores.

ANEXO VI: EJEMPLO DE LIBRO REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

Libro de Mantenimiento

Equipo: SANDVIK:DT920i

OT	Tipo	Fecha Ap.	OT Estado	Resp.OT	Area	OS	Fecha Ejec.	Mto. Resp.	Mantenimient	Descrip. O.T.	Observaciones Mto.	HorasMaq.
9	Mante	24/06/2010	Cerrada	BENQ\Administr			24/06/2010	Electromecanica\Jorge	3N22.	Revisión general del martillo	Revisado martillo.	504
8	Mante	24/06/2010	Cerrada	BENQ\Administr			24/06/2010	Electromecanica\Jorge	3N16.	Sustitución del filtro de aceite del compresor.	Sustituido filtro de aceite del compresor	504
7	Mante	18/03/2010	Cerrada	BENQ\Administr			18/03/2010	Electromecanica\Jorge	2N6.	Limpieza interna del depósito de lubricador del adaptador.	Limpiado depósito de lubricación del adaptador	259
6	Mante	17/03/2010	Confirm	BENQ\Administr			17/03/2010	Electromecanica\Jorge	2N3.	Sustitución del filtro de aceite de la transmisión.	Sustituido filtro de aceite de la transmisión	258
5	Mante	16/03/2010	Confirm	BENQ\Administr			16/03/2010	Electromecanica\Jorge	2N1.	Comprobación del nivel de aceite en los diferenciales del eje.	Rellenado nivel de aceite de los diferenciales del eje	258
4	Mante	02/03/2010	Confirm	BENQ\Administr			02/03/2010	BENQ\Administrador	1N23.	Sustituir los filtros de presión del aceite hidráulico.	Todos sustituidos.	53
3	Mante	01/03/2010	Confirm	BENQ\Administr			01/03/2010	BENQ\Administrador	1N3.	Revisión de los puntos de engrase del vehículo.	Todos los puntos engrasados	53

FIRMA

Jueves, 24 de Junio de 2010

Página 1 de 1

Orden de Trabajo

SANDVIK : DT920i

Centro: ELB

3N16. Sustitución del filtro de aceite del compresor.

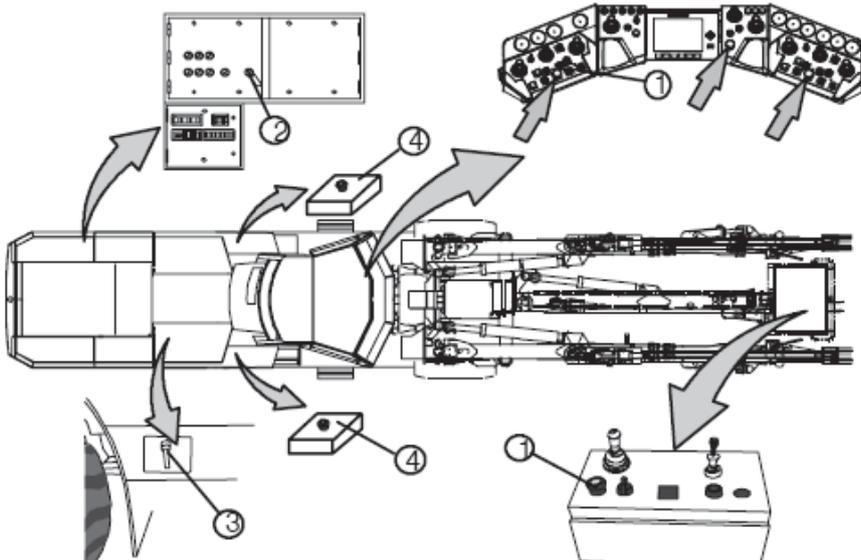
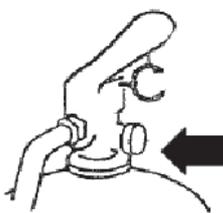
Area: OS

NivelMto: 3

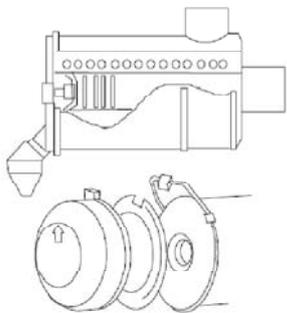
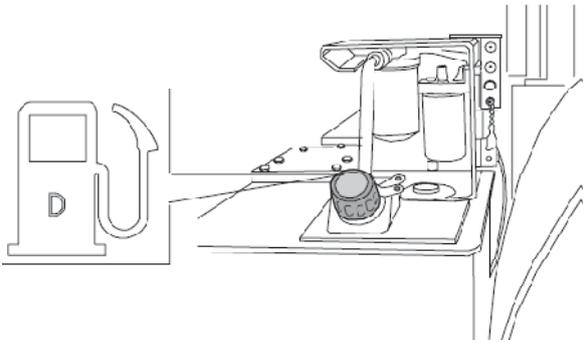
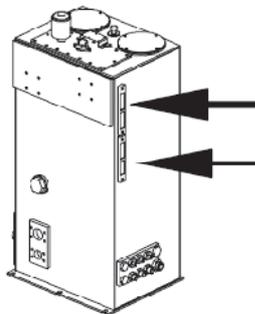
IDOT	Fecha Apertura	OT lanzada por:	Descripción	Fecha Mto:	Responsable Mto	Recurso	Uds	TipoUd	NºAlbara	Proveedor
8	24/06/2010	BENQ\Administrador	3N16. Sustitución del filtro de aceite del compresor.	24/06/2010	Electromecanica	Filtro aceite compresor	1	Uds		
						Manuel García	1	h		

PUNTOS DE MANTENIMIENTO DEL JUMBO AXERA T-II DATA

GENERAL.

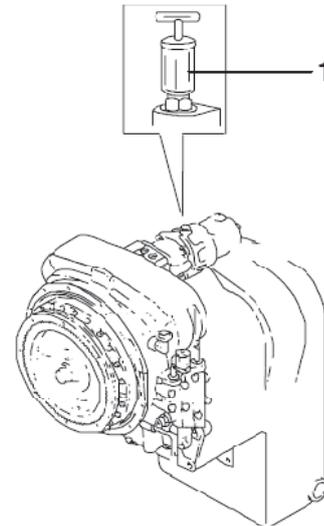
CADA RELEVO	
	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprueba el funcionamiento de los sistemas de alarma y parada. ▪ Luces de trabajo. ▪ Luces de desplazamiento. ▪ Funcionamiento de los indicadores. ▪ Fugas de aceite. ▪ Limpie el equipo. 	
CADA 50 HORAS	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compruebe el funcionamiento de los sensores de alarma y parada. ▪ Estanqueidad de todas las conexiones de los conductores (terminales). ▪ Compruebe el estado de llenado del extintor de fuego comprobando que la aguja del manómetro no se encuentra en la zona roja. 	

Portador TC 450 / 500.

CADA RELEVO	
<ul style="list-style-type: none">▪ Limpie el filtro de aire.<ul style="list-style-type: none">▪ Si la alarma luminosa amarilla del panel de instrumentos se enciende con el motor en marcha. Se debe dar servicio al cartucho del filtro de aire.▪ Sustituya el cartucho antes de que se cumplan los 12 meses de servicio o cuando esté tupido por hollín.	
<ul style="list-style-type: none">▪ Comprobación del nivel de combustible.<ul style="list-style-type: none">▪ Compruebe el nivel de combustible del motor mediante el indicador de nivel de combustible. Limpie la zona alrededor del tapón de llenado antes de retirarlo. Llene el depósito con el combustible diesel del grado adecuado al término del relevo para evitar la condensación en el depósito durante las horas en las que el equipo esté parado.	
<ul style="list-style-type: none">▪ Comprobación del nivel de aceite hidráulico.	

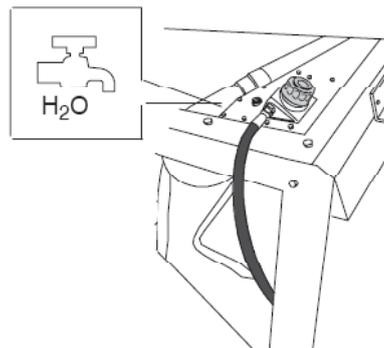
▪ **Compruebe el nivel de aceite de la transmisión.**

- Para comprobar el nivel de aceite el motor debe estar funcionando al ralentí. La palanca de cambio de sentido de marcha se coloca en punto muerto. La temperatura del aceite debe ser de 80 90º C.
- Compruebe el nivel de aceite en la varilla de medición. El nivel debe encontrarse entre las marcas mínima y máxima, preferentemente cerca del límite superior.



▪ **Relleno del depósito de agua.**

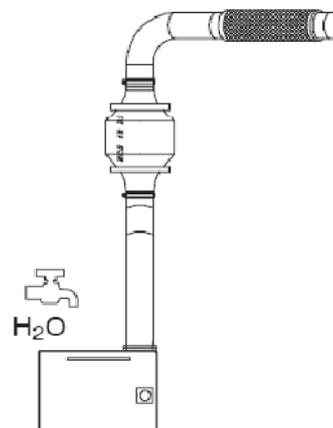
- El depósito se rellena una vez por relevo y más frecuentemente cuando sea necesario. Mantenga la limpieza durante el llenado ya que las impurezas pueden obstruir la válvula de solenoide

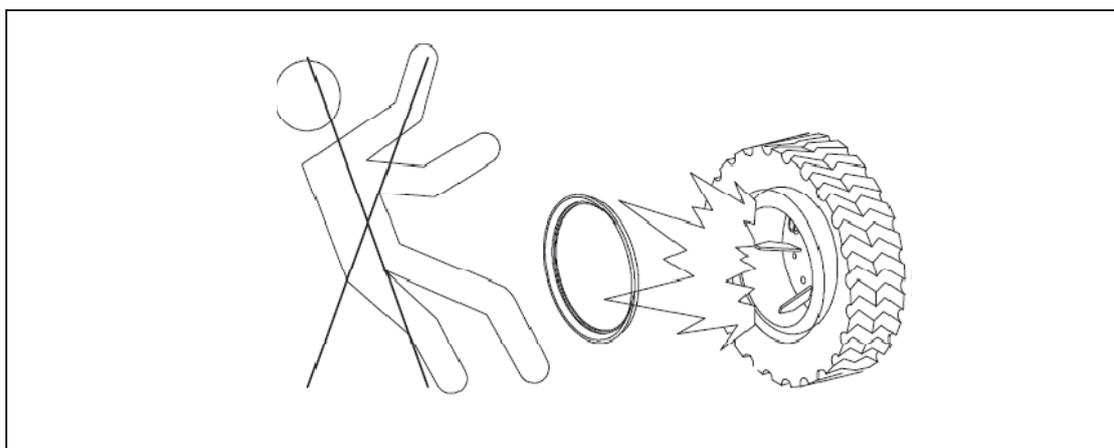


CADA 50 HORAS

▪ **Limpie el depurador de agua.**

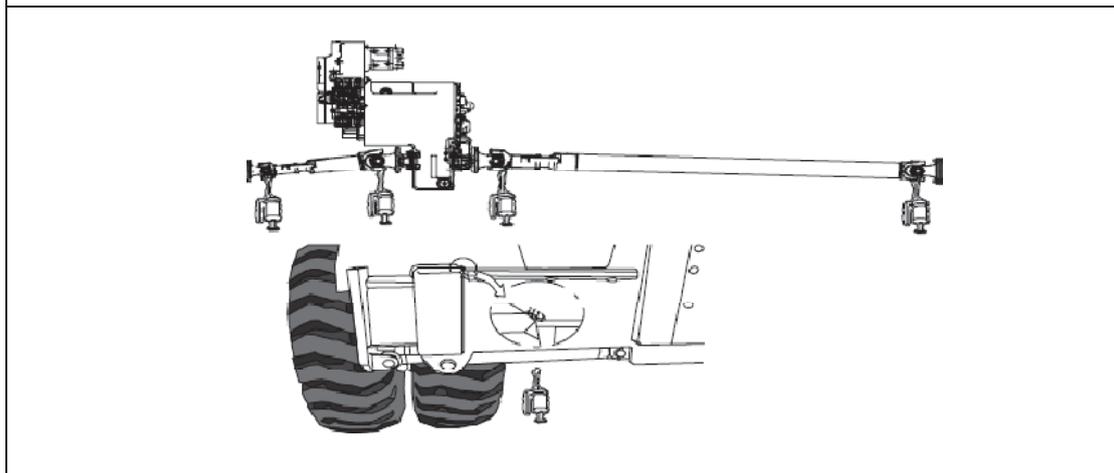
- Abra los tapones en la parte superior e inferior del depurador y haga pasar durante varios minutos una corriente de agua a través del depurador para eliminar el hollín. A continuación cierre los tapones





▪ **Compruebe el estado y la presión de los neumáticos.**

- La detección temprana de cortes y otros daños se puede reparar fácilmente y por lo tanto prolongar la vida útil de los neumáticos o evitar el cambio de neumáticos en un entorno de trabajo dura. La presión máxima de los neumáticos es de 8,0 bares. Compruebe que los neumáticos y los anillos de bloqueo no tienen daños y están montados correctamente.

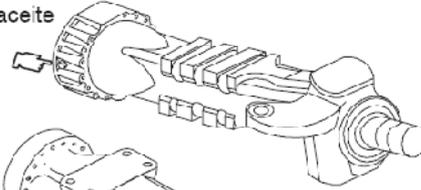


▪ **Engrase de los puntos de engrase del vehículo.**

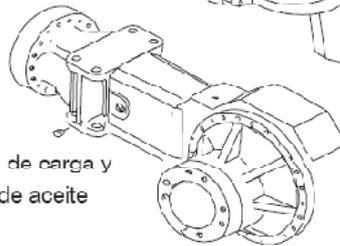
- Lubrique los engrasadores del eje de propulsión. Todas las secciones de la transmisión cuentan con engrasadores en las juntas universales y en las secciones telescópicas. La lubricación se debe realizar con cuidado para evitar dañar los retenes. Lubrique los engrasadores del cilindro telescópico. Todos los demás engrasadores se lubrican mediante el sistema de lubricación centralizado.

CADA 250 HORAS

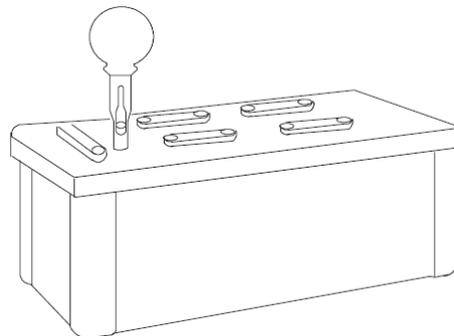
Tapón de carga y nivel de aceite



Tapón de carga y nivel de aceite



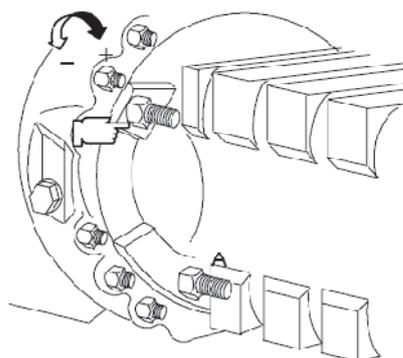
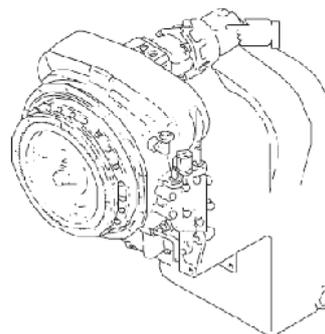
- **Compruebe los niveles de aceite en los diferenciales en los diferenciales del eje.**
 - La base para una correcta comprobación del nivel de aceite de todos los ejes y sus componentes es que la máquina esté situada en un plano horizontal en todas las direcciones. Limpie los respiraderos. El aceite se introduce a través del tapón de llenado / recarga situado en la tapa de la carcasa del eje. Rellene el nivel de aceite después de cada 125 horas de funcionamiento.



- **Compruebe el nivel de electrolito de la batería.**
 - El electrolito de la batería es una mezcla de agua y ácido sulfúrico, cuando la batería está completamente cargada la mayoría del ácido sulfúrico se encuentra diluido en el agua pero a medida que se toma corriente de la batería y se reduce la carga, el ácido sulfúrico del electrolito se combina químicamente con las placas y el electrolito que queda se convierte en más ligero.
 - Realice una medición del peso específico en las celdas individuales con un hidrómetro comercial.
 - La lectura del hidrómetro (consulte la tabla) indica el estado de la carga. Durante la medición, la temperatura del electrolito debería ser preferentemente 20 °C / 68 °F.

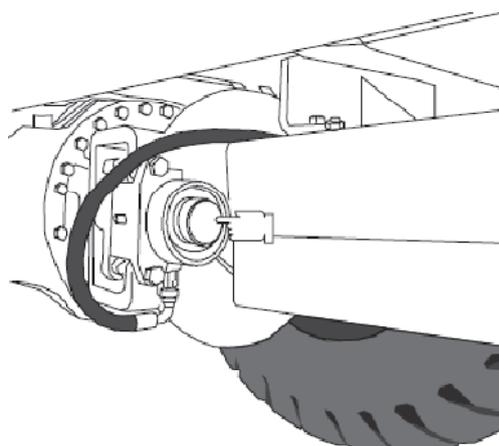
▪ **Cambie el filtro de aceite de la transmisión.**

- Retire y deseche los elementos del filtro. Limpie las carcasas del filtro e instale los nuevos elementos. Lubrique la junta de cierre antes de instalar el nuevo filtro. Apriete el filtro a 2,8...3,4 kgm.



▪ **Ajuste de la holgura del freno de Disco.**

- Asegúrese de que el portador está nivelado y que está levantado en los gatos de apoyo.
1. Gire los tornillos de ajuste en sentido contrario a las agujas del reloj hasta que toquen en sus topes de retención.
 2. Gírelos 3/4 de vuelta en sentido de las agujas del reloj. Esto corresponde a un espacio de 0,75 mm entre los discos de freno.
 3. No olvide comprobar el efecto de frenada tras completar el ajuste



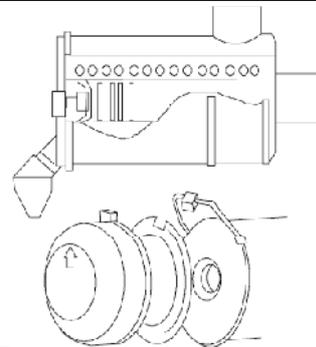
▪ **Ajuste del freno de seguridad (Hurth 184)**

1. Retire la tapa y afloje la tuerca de bloqueo.
2. Libere el freno de seguridad.
3. Apriete la tuerca de ajuste en sentido de las agujas del reloj hasta
4. que el juego entre la pastilla del freno y el disco de freno sea de 1 mm.
5. Asegúrese de que la holgura es de un 1 mm midiéndola con un palpador.
6. Apriete la tuerca de bloqueo. Par de apriete: 140...160 Nm.
7. Coloque la tapa.

CADA 500 HORAS

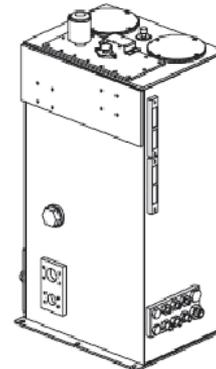
▪ **Cambio del filtro de aire.**

- Si la alarma luminosa amarilla del panel de instrumentos se ilumina con el motor en marcha. Se debe dar servicio al cartucho del filtro de aire.
- Sustituya el cartucho antes de que se cumplan los 12 meses de servicio o cuando este tupido de hollín.



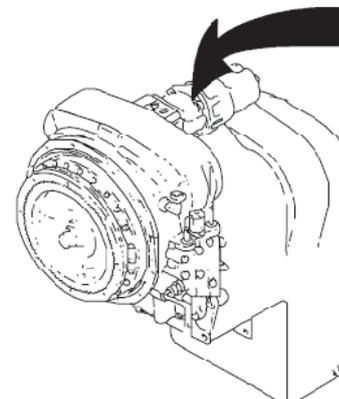
▪ **Cambio del aceite hidráulico.**

- **Nota:** Siga las instrucciones de lubricación periódicas para el equipo de perforación.



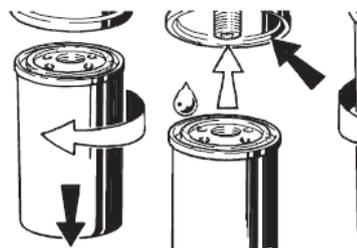
▪ **Cambio del aceite de transmisión.**

- El aceite se debe cambiar poco después que el vehículo haya estado en funcionamiento mientras el aceite está todavía caliente y cualquier partícula extraña está en suspensión en el líquido.
- **Nota:** Siga las instrucciones de lubricación periódicas para el equipo de perforación.



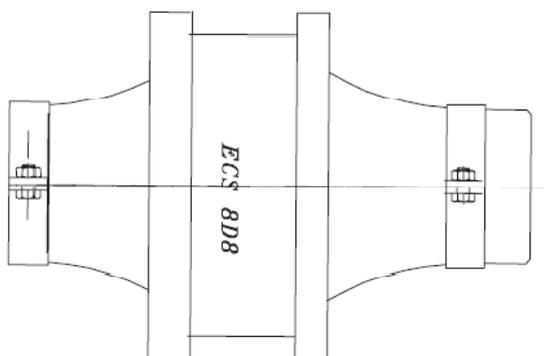
CADA 1000 HORAS

- Cambio del cartucho del filtro de combustible



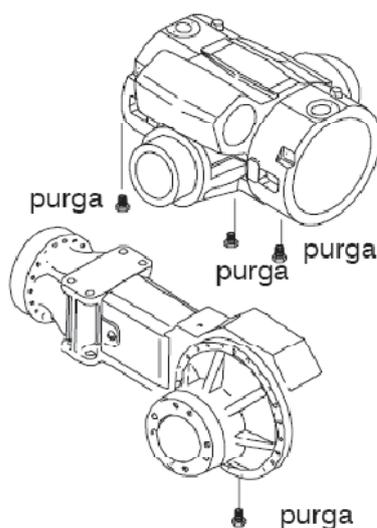
- Compruebe los manguitos/abrazaderas del lado de la admisión de aire.

- Debe comprobar la estanqueidad de las conexiones y de los colectores de culata y reapretarlas cuando sea necesario. Las conexiones de los tubos de combustible también se deben comprobar.



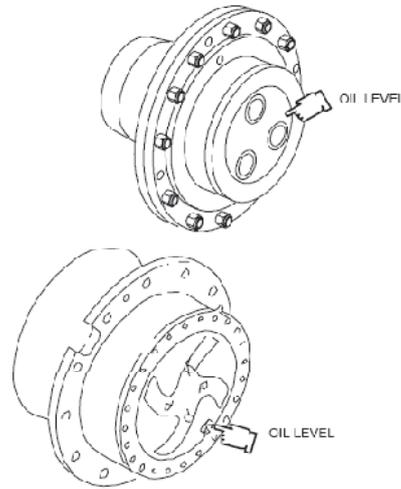
- Limpieza del purificador catalítico de los gases de escape.

- El estado del tubo de escape y la cantidad de partículas pesadas o húmedas determina el ciclo de limpieza.



▪ **Cambie el aceite en los diferenciales del eje.**

- Asegúrese de que el portador está estacionado en terreno nivelado cuando realice el cambio de aceite y que el aceite está caliente. Limpie el área de alrededor del tapón de comprobación/llenado y retírelo.
- Retire los tapones de vaciado de los diferenciales delanteros y traseros del eje y vacíe el aceite en un contenedor. Cuando los diferenciales estén vacíos, vuelva a colocar los tapones de vaciado. Llene el diferencial con aceite nuevo a través de los tapones de comprobación/recarga, hasta que el nivel de cada eje alcance la parte inferior de la abertura del tapón. Utilice el tipo de aceite recomendado.
- Vuelva a colocar los tapones de llenado / comprobación.

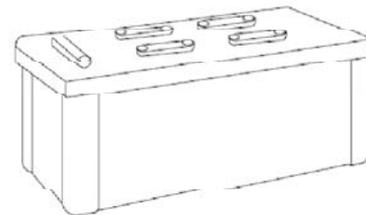


▪ **Cambie el aceite en los ejes planetarios.**

- Cambie el aceite inmediatamente tras el desplazamiento cuando el aceite esté caliente y fluya fácilmente. Coloque por turnos cada una de las cuatro ruedas de forma que el tapón del aceite esté hacia abajo. Vacíe los aceites. Gire la rueda de nuevo hasta que la palabra "OIL LEVEL" en el portador planetario se pueda leer en posición horizontal. Rellene con aceite nuevo del grado correcto. Rellene hasta que se alcance el nivel correcto de aceite tal como se muestra en la línea "OIL LEVEL" del portador planetario. Instale de nuevo los tapones cuando se complete el llenado.

▪ **Comprobación del estado de las baterías.**

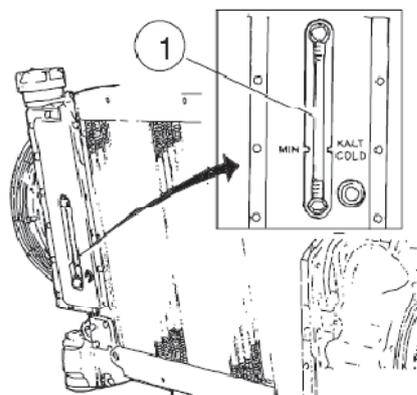
- Cámbielas si es necesario.



MOTOR DEUTZ.

CADA RELEVO

- Compruebe si hay fugas.



- Compruebe el nivel de refrigerante.

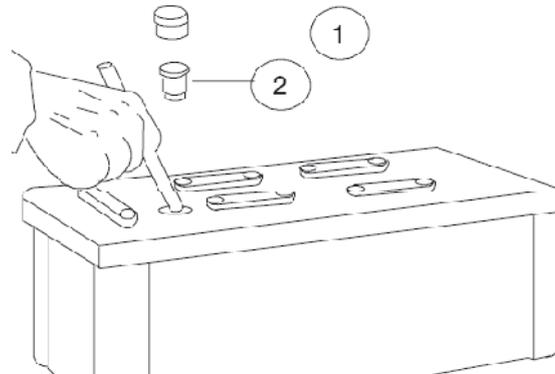
- Cuando el motor está frío el nivel de refrigerante 1 = debe estar por encima de la marca Kalt-Cold.
- Rellene con refrigerante si el nivel está por debajo de la marca mínima de la mirilla o si activa el interruptor de alarma del refrigerante.

- Comprobación del nivel de aceite del motor.

- Pare el motor.
- Compruebe el nivel de aceite.
- En las varillas de comprobación con dos marcas (D y -), la marca inferior es el nivel mínimo.
- En caso necesario, rellene con aceite hasta la marca superior.

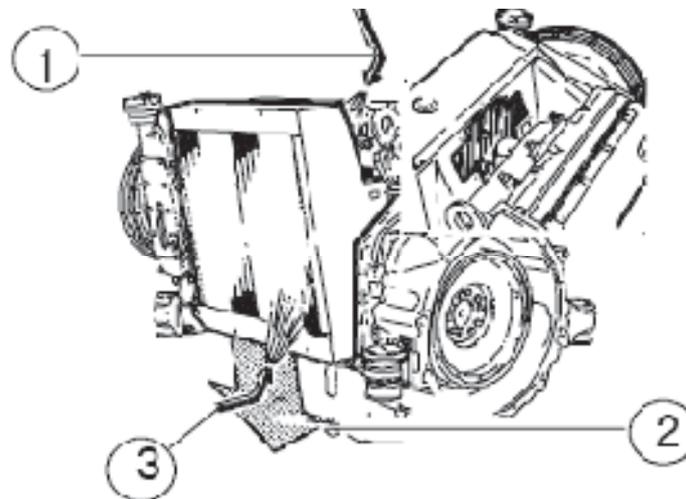


CADA 50 HORAS



▪ **Comprobación de la batería y las conexiones de plomo.**

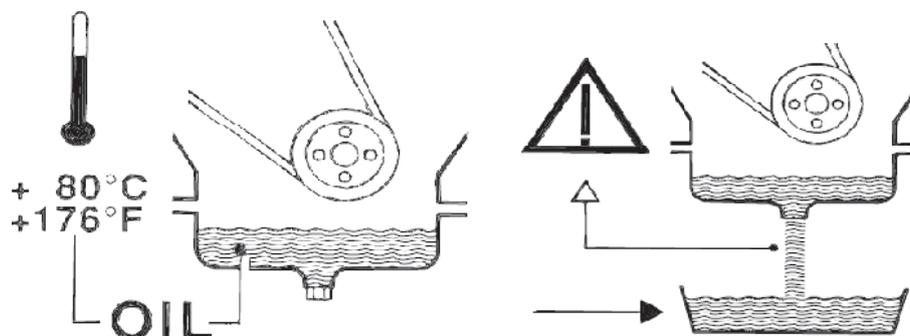
- Antes de retirar los tapones de la batería, limpie la parte superior de las baterías. Compruebe que el nivel del líquido en cada celda está aproximadamente 1 cm por encima de las placas.
- Retire los tapones (1).
- Si se utilizan comprobadores (2), el electrolito debe subir hasta su base.
- Si no se utilizan comprobadores, el nivel del electrolito debe ser 10-15 mm sobre la parte superior de las placas.
- En caso necesario, rellene con agua destilada.
- Coloque de nuevo los tapones.



▪ **Comprobación del sistema de refrigeración (en función del uso).**

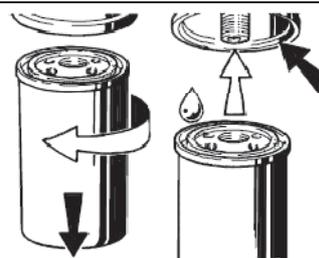
- La cantidad de suciedad en el sistema de refrigeración depende de la aplicación del motor.

CADA 500 HORAS



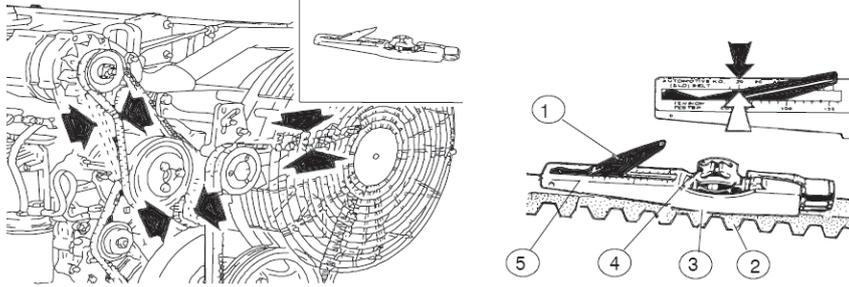
- **Cambio del aceite del motor.**
 - Asegúrese de que el motor o vehículo se encuentra en una superficie nivelada.
 - Deje que el motor se caliente.
 - La temperatura del aceite de lubricación debe ser de 80°C / 146°F.
 - Pare el motor.
 - Coloque la bandeja de recogida aceite bajo el motor.
 - Desenrosque el tapón de vaciado y vacíe el aceite.
 - Coloque de nuevo el tapón de purga con una nueva junta y apriete firmemente.
 - Rellene con aceite lubricante.
 - Grado / viscosidad.
 - Cantidad.
 - Arranque el motor y déjelo al ralentí unos 2 minutos.
- **Tenga cuidado cuando vacíe aceite caliente- ¡peligro de quemaduras! No deje que el aceite usado caiga al suelo, recójalo en un contenedor preparado para su eliminación adecuada.**

- **Cambie el cartucho del filtro de aceite del motor.**
- **¡Atención! Tenga cuidado con las quemaduras provocadas por el aceite caliente.**



- **Cambio de la concentración de aditivos del refrigerante.**

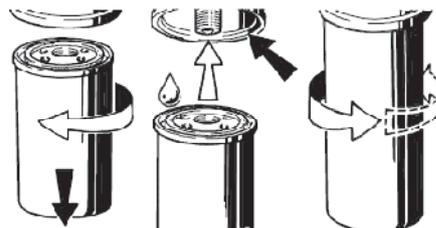
- **Compruebe las bancadas del motor.**



▪ **Compruebe las correas trapezoidales (1013).**

- Compruebe todas las correas en busca de daños.
- Sustituya las correas dañadas.
- Tras instalar correas nuevas, arranque el motor durante 15 minutos, a continuación compruebe la tensión de las correas.
- Utilice un tensómetro para correas trapezoidales para comprobar la tensión.
- Coloque el brazo indicador (1) en el medidor.
- Coloque el medidor sobre la correa (2), a mitad de camino entre las poleas, y con una pestaña (3) en la parte inferior del medidor contra el borde de la correa.
- Presione con suavidad la placa negra (4) perpendicularmente a la correa (2) hasta que se escuche o se sienta que el muelle o se dispara.
- Retire con cuidado el medidor sin alterar la posición del brazo indicador.
- Lea el valor: Mueva el medidor hacia los lados para ver el lugar exacto en el que el tope del brazo indicador negro (1) se cruza con la escala (5) (flecha).
- Si es necesario, apriete de nuevo la correa y mida de nuevo.

▪ **Cambie el cartucho del filtro de combustible.**

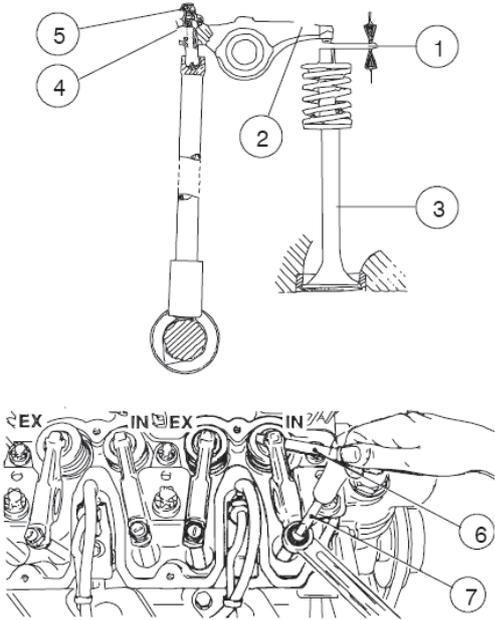


▪ **Cambie el prefiltro de combustible.**

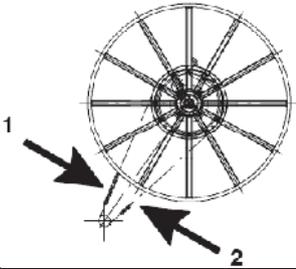
CADA 1000 HORAS

▪ **Compruebe las bujías incandescentes.**

CADA 1500 HORAS

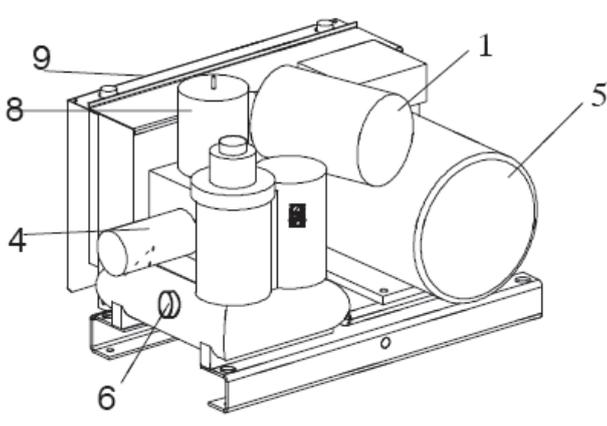

<ul style="list-style-type: none"> Compruebe y ajuste el juego de taqués.
CADA 2000 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> Compruebe el sistema de combustible (fugas en los conductos).

Enrollador de cable / Enrollador de mangueras.

CADA RELEVO	
<ul style="list-style-type: none"> ENROLLADOR: Compruebe el apriete de los tornillos y tuercas. 	
CADA 500 HORAS	
<ul style="list-style-type: none"> ENROLLADOR: Compruebe el apriete de los tornillos y tuercas. 	
<ul style="list-style-type: none"> UNIDAD DE PAR: Compruebe el nivel de aceite. 	
<ul style="list-style-type: none"> CADENA: <ul style="list-style-type: none"> 1. Lubrique. 	
<ul style="list-style-type: none"> CADENA: <ul style="list-style-type: none"> 2. Compruebe la tensión. 	

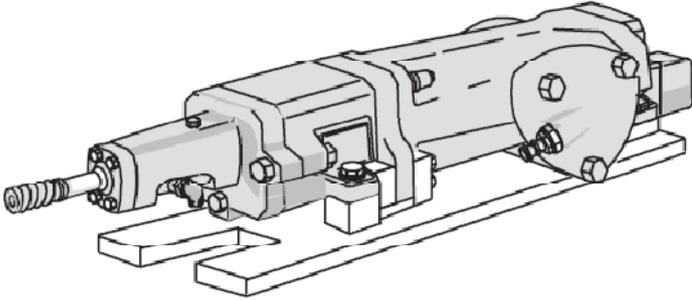
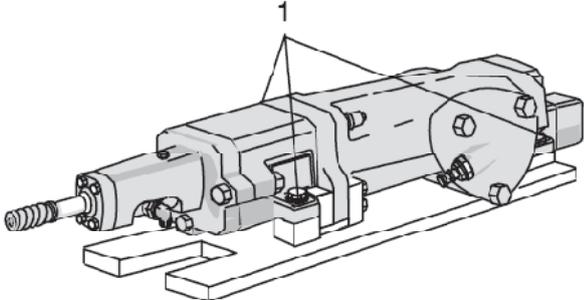
CADA 3000 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ENROLLADOR: Compruebe los cojinetes de apoyo.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ UNIDAD DE PAR: Compruebe el apriete de los tornillos y tuercas.

Compresor.

CADA RELEVO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compruebe el dispositivo indicador de averías.
CADA 500 HORAS

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite. ▪ (4) Sustituya el filtro de aceite. ▪ Limpie la rejilla del tubo de retorno de aceite. ▪ (1) Sustituya los filtros de aire. ▪ (9) Limpie el refrigerador externamente. ▪ Limpie el interior del compresor. ▪ (5) Compruebe las conexiones del motor. ▪ Sustituya los cartuchos del filtro de aceite.
CADA 2000 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compruebe el estado de las mangueras y latiguillos.
CADA 3000 HORAS

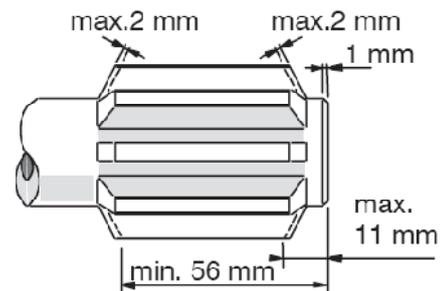
- Compruebe las fugas de aceite.
- Compruebe el estado de las mangueras y latiguillos.
- Sustituya las correas.
- Sustituya los cierres de la válvula de admisión (8).
- Sustituir los cierres de la válvula de escape.
- Comprobación del funcionamiento del contacto del termómetro de parada.

Martillo.

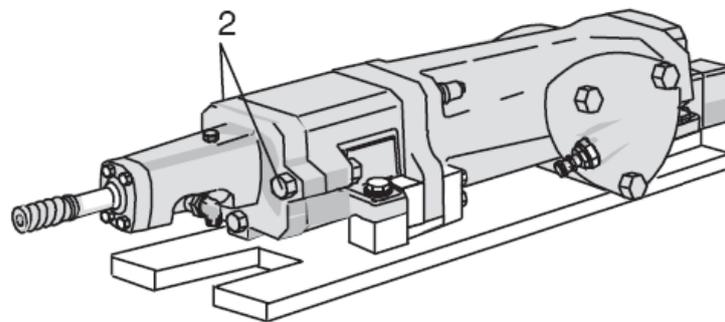
CADA RELEVO	
	
<ul style="list-style-type: none">▪ Compruebe el martillo	
	
<ul style="list-style-type: none">▪ Compruebe los tornillos de sujeción del martillo (1).<ul style="list-style-type: none">▪ Preapriete a 100 Nm y después a 400 Nm.	
<ul style="list-style-type: none">▪ Lubricación del adaptador.	
<ul style="list-style-type: none">▪ Fugas de aceite.	

▪ **Estado del adaptador.**

- El adaptador se debe sustituir si el biselado de 1 mm de la cabeza de golpeo o los 2 mm de las estrías están desgastados o se supera cualquier otro límite de desgaste.



▪ **Estado de la boca de perforación.**



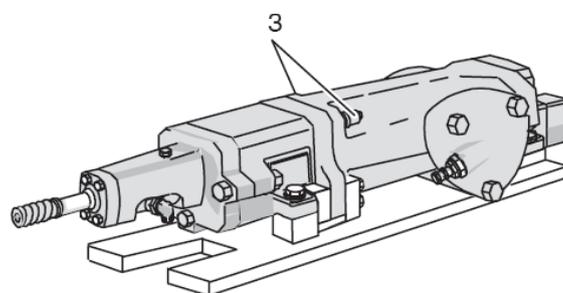
▪ **Tornillos de la carcasa de barrido (2).**

- Preapriete a 150 Nm y después a 300 Nm.

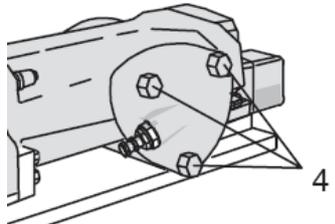
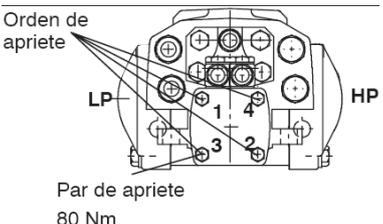
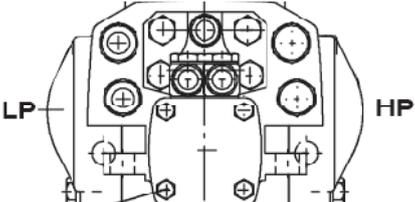
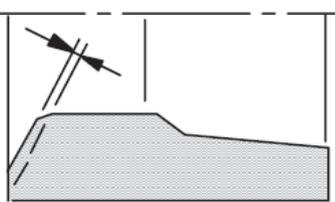
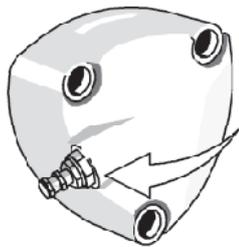
▪ **Estado de los latiguillos y racores.**

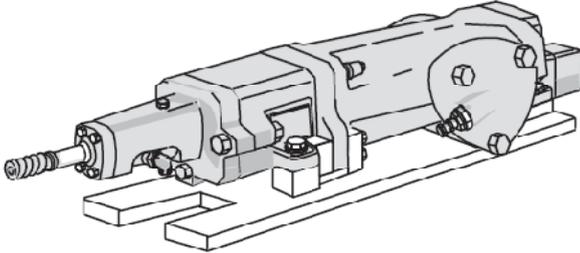
▪ **Estado de los retenes de barrido (durante perforación).**

CADA 50 HORAS

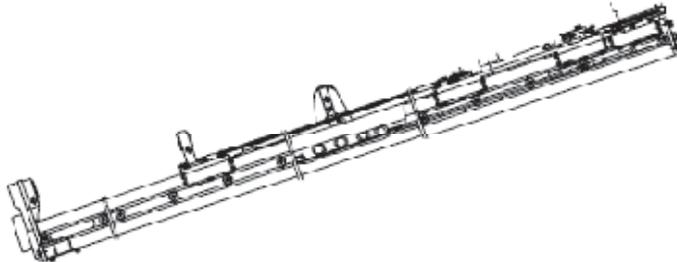


▪ **Tirafondos (3).**

<ul style="list-style-type: none"> Si no están apretados, afloje el par de tronillos de sujeción. A continuación, apriete los tirafondos en el orden adecuado y vuelva a apretar el par de tornillos centrales de sujeción. Preapriete a 200 Nm y luego a 400 Nm. 	
<ul style="list-style-type: none"> Tornillos del acumulador de presión (4). <ul style="list-style-type: none"> Lubrique con grasa las tuercas de los tornillos. Preapriete los cuatro tornillos a 100 Nm (10kpm). El par de apriete final es de 200 Nm (20 kpm). 	
<ul style="list-style-type: none"> Tornillos del motor de rotación. 	
<ul style="list-style-type: none"> Compruebe las presiones del acumulador. 	
<ul style="list-style-type: none"> Compruebe el mandril, el buje de rotación cuando cambie el adaptador. <ul style="list-style-type: none"> El mandril interno del buje de rotación debe sustituirse si el desgaste es superior a 1 mm (dibujo) o si hay grietas capilares. El mandril se sustituye utilizando la prensa hidráulica y un punzón. 	
<ul style="list-style-type: none"> Quando cambie el adaptador; compruebe en conjunción el mandril, el buje de rotación, los espaciadores de acoplamiento, los casquillos del adaptador, y el extremo de golpeo del pistón. 	
<ul style="list-style-type: none"> Compruebe las válvulas de llenado del acumulador de presión y sus tapones. 	

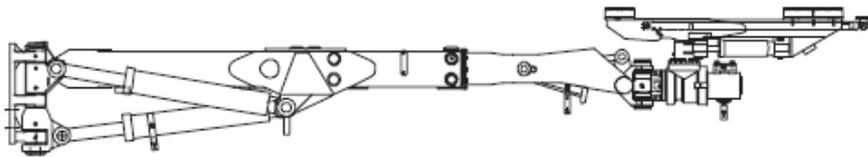
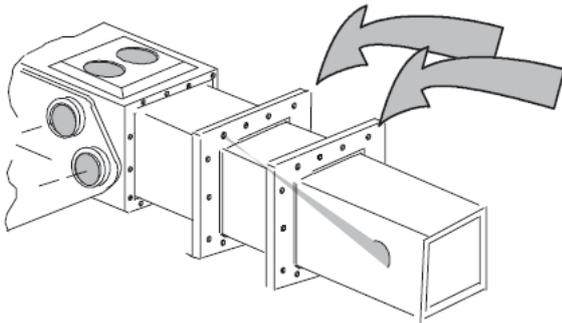
CADA 500 HORAS

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión general del martillo.

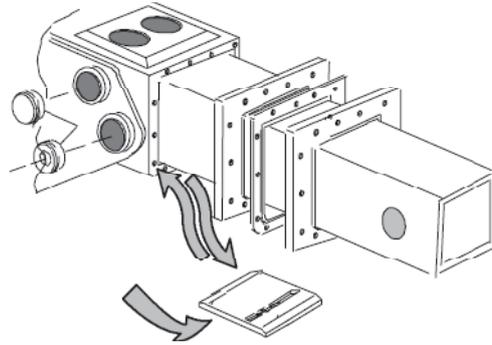
Corredera TF 500.

CADA RELEVO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apriete todos los tornillos y tuercas

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Viga; comprobación, limpieza y lavado.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cilindro de avance.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retenedor del varillaje de perforación.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lavado.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Casquillos del centralizador.
CADA 50 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cable de avance; estado y tensión.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mangueras; estado y conexiones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cilindros de impulso; estado y sujeción.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tope de Goma.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piezas de deslizamiento; ajuste y estado.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensor de mangueras.
CADA 500 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piezas de deslizamiento; ajuste y estado.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Banda de desgaste; estado.
CADA 1500 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensor de mangueras.

Brazos TB.

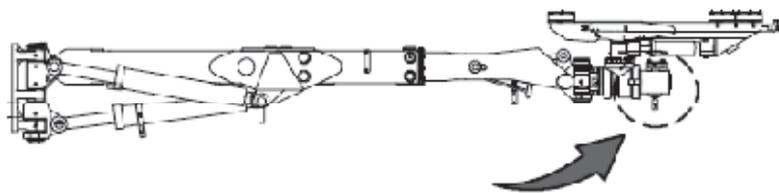
CADA RELEVO

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos los engrasadores.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apriete de todos los tornillos y tuercas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brazos.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retenes rascadores (extensión de los brazos).
CADA 50 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mangueras; estado y conexiones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cables eléctricos; estado.



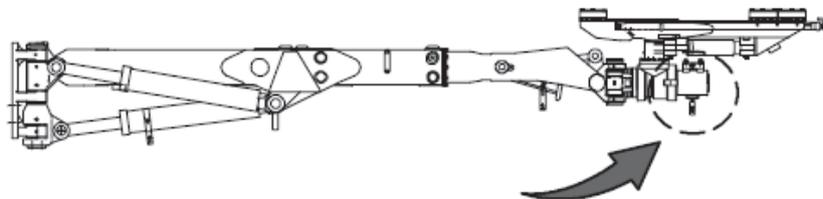
- Comprobación del ajuste y estado de las piezas de desgaste.

CADA 500 HORAS

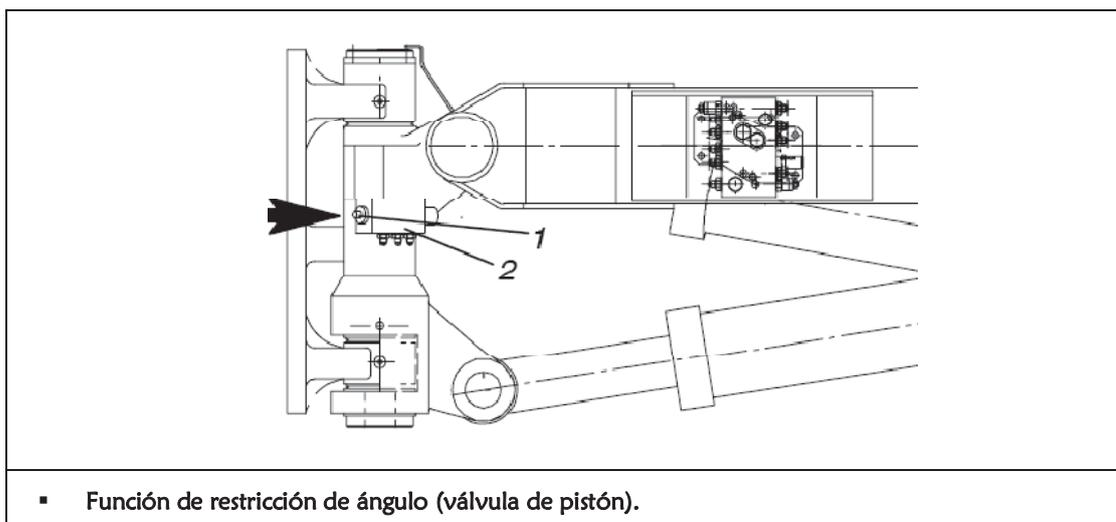
- Holgura de los pasadores del cilindro y los casquillos de las rótulas.



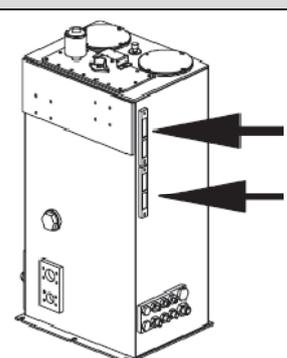
- Cajas de los sensores.

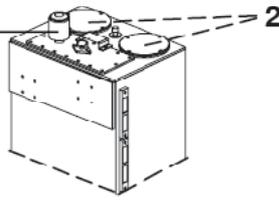


- Conexiones de la caja eléctrica.



Circuito hidráulico.

CADA RELEVO	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nivel de aceite hidráulico, comprobación visual. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Filtros de presión; sustituir de acuerdo con el indicador (si es necesario). 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fugas de aceite. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionamiento de los manómetro(s). 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comparación del contenido de agua en el aceite. 	
CADA 50 HORAS	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Filtros de presión; sustituir de acuerdo con el indicador (si es necesario). 	
CADA 500 HORAS	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Filtros de presión; sustituir de acuerdo con el indicador (si es necesario). 	

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Filtro del respiradero del depósito de aceite hidráulico (1). ▪ Filtro de llenado (2). 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Depósito de aceite hidráulico. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aceite hidráulico. 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Celdas del refrigerador de aire. 	

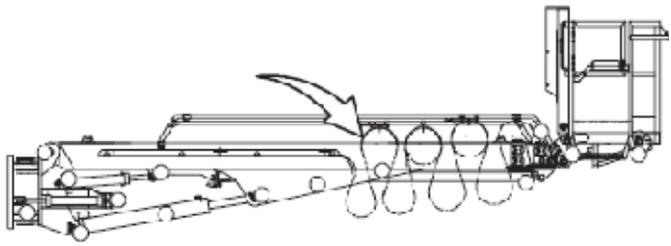
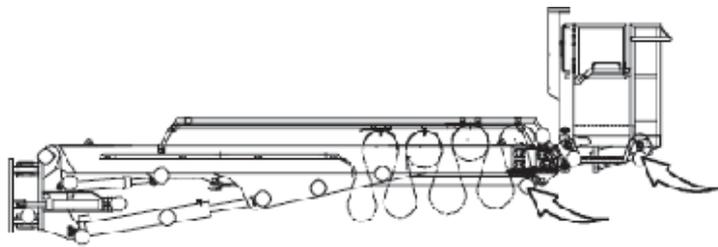
Circuito de aire.

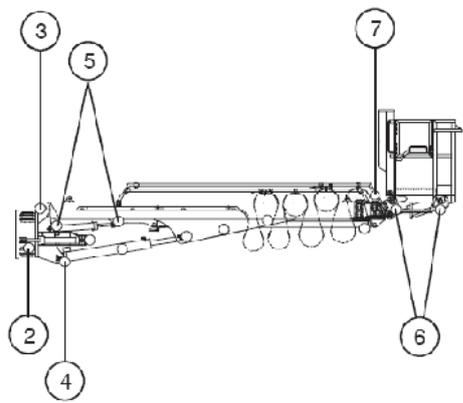
CADA RELEVO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Separador(es) de agua.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricador del adaptador e IP5.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estado del lubricador del adaptador.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricador del adaptador, comprobación visual.
CADA 50 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Válvulas de control neumáticas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presostato.
CADA 250 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza interna del depósito del lubricador adaptador.

Circuito de agua.

CADA 50 HORAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sople con aire el circuito de agua y añada anticongelante cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Purgue el aire de la bomba
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lave el separador de lodos.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionamiento del regulador de presión y del refrigerador de aceite.

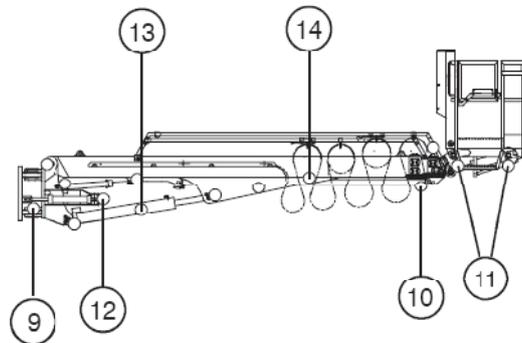
Brazo de cesta TBB5.

CADA RELEVO	
	<ul style="list-style-type: none">▪ Compruebe los latiguillos hidráulicos.
	<ul style="list-style-type: none">▪ Compruebe los pasadores del cilindro de estabilización y el pasador de la unión de la cesta si la cesta ha golpeado contra el suelo.
	<ul style="list-style-type: none">▪ Brazo de Cesta.

CADA 50 HORAS	
	<ul style="list-style-type: none">▪ Lubrique los pasadores y las rótulas.

- Compruebe la unión del brazo a la abrazadera de sujeción.
- Compruebe el bloqueo del pasador de la junta del brazo de elevación.
- Compruebe el bloqueo del pasador de la junta del cilindro de elevación.
- Compruebe el bloqueo del pasador de la junta del cilindro de estabilización.
- Compruebe el bloqueo del pasador de la junta del cilindro de estabilización y los alojamientos de las rótulas.
- Compruebe el bloqueo del pasador de la unión de la cesta.

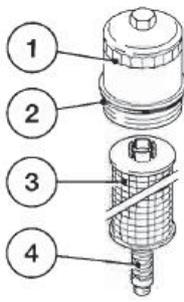
CADA 500 HORAS



- Compruebe las presiones hidráulicas.
- Compruebe la soldadura de la orejeta de la unión de giro.
- Compruebe el bloqueo del pasador de la unión del cilindro de extensión.
- Compruebe la soldadura de la orejeta de fijación de los extremos del cilindro estabilizador de la cesta.
- Inspeccione el bloqueo del pasador de la unión del cilindro de giro.
- Inspeccione el funcionamiento de la válvula de descenso de carga.
- Inspeccione el estado de las vigas del brazo.

PUNTOS DE MANTENIMIENTO DEL ROBOT GUNITADOR SIKA-PM 407

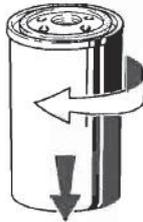
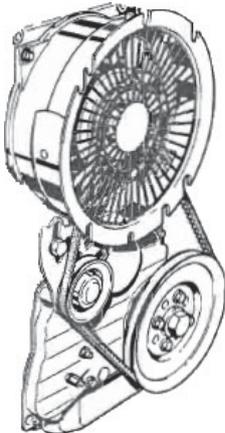
MOTOR DEUTZ

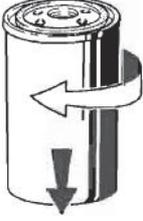
 COMPROBAR / PROBAR  LUBRICAR  LIMPIAR Y LAVAR  CAMBIAR / SUSTITUIR S SERVICIO		
Mantenimiento CADA RELEVO (10 h)		
Nivel de aceite lubricante, reponer la cantidad necesaria.		
Revisar el filtro de combustible y, si es necesario, sustituirlo.		
Comprobar el indicador de presión del aceite.		

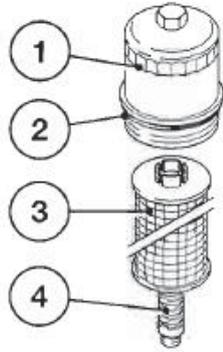
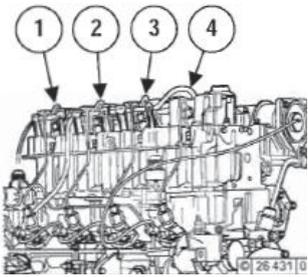
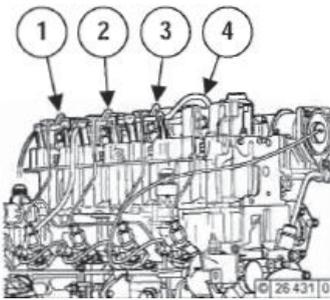
Mantenimiento SEMANAL (50 h)		
Nivel de aceite lubricante, reponer la cantidad necesaria.		
Revisar el depurador previo de combustible.		
Comprobar el indicador de presión del aceite.		

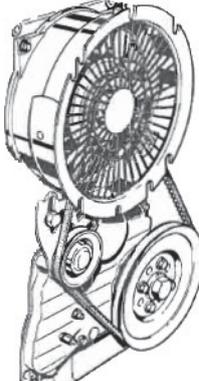
Mantenimiento MENSUAL (250 h)		
Cambiar el aceite lubricante (BFL 2011).		

Mantenimiento BIMENSUAL (500 h)		
Cambiar el aceite lubricante (BFL 2011).		

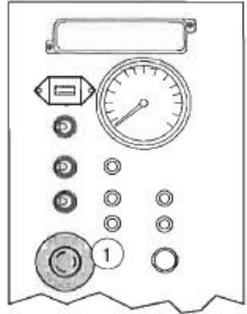
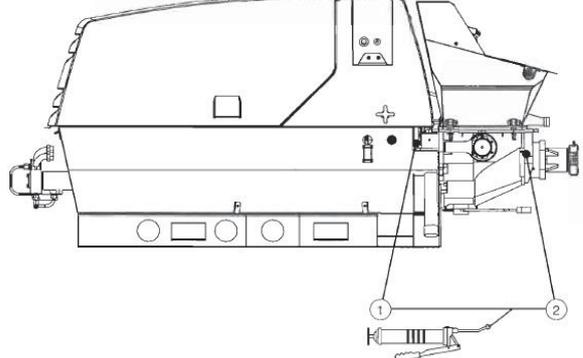
<p>Cambiar el filtro del aceite lubricante del motor.</p>		
<p>Comprobar la correa trapezoidal del motor.</p>		

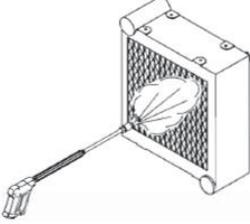
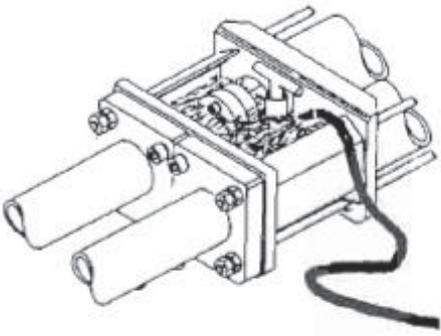
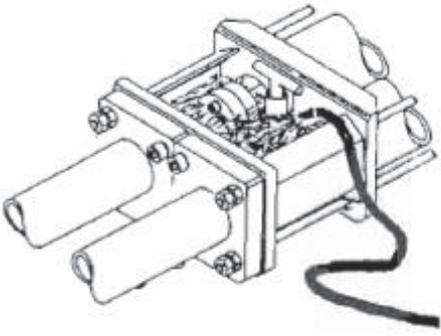
<p>Mantenimiento SEMESTRAL (1000 h)</p>		
<p>Cambiar el filtro del aceite lubricante del motor.</p>		

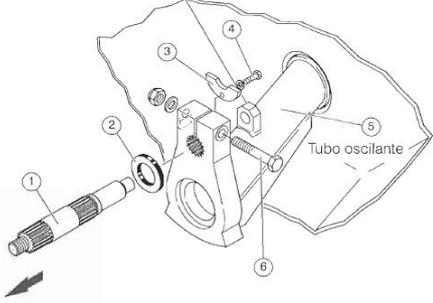
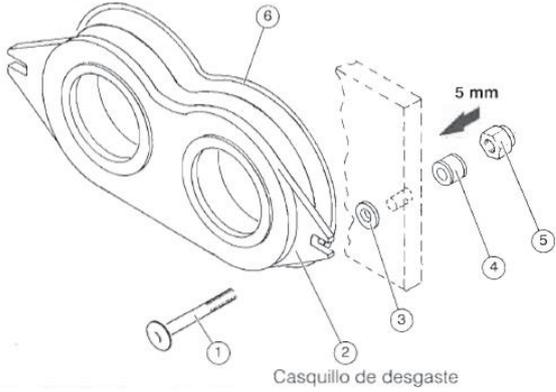
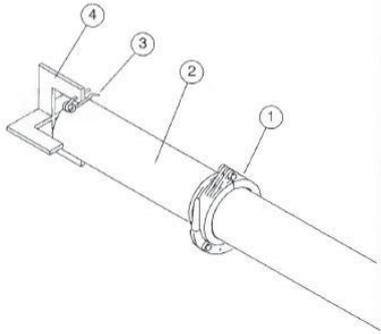
<p>Cambiar el filtro de combustible.</p>		
<p>Cambiar el filtro de aspiración del aire.</p>		
<p>Comprobar la holgura de las válvulas.</p>		
<p>Comprobar la válvula de inyección.</p>		

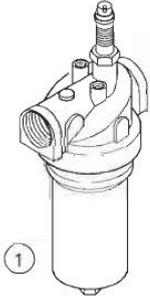
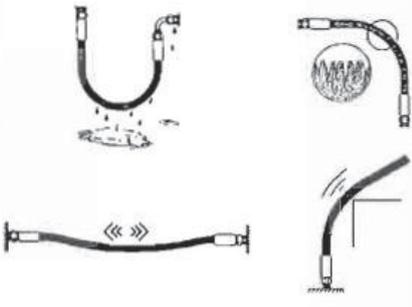
<p>Comprobar la válvula de purga de la presión de la cámara del cigüeñal.</p>		
<p>Comprobar la correa trapezoidal del motor.</p>		
<p>Limpiar o cambiar el filtro tamiz.</p>		
<p>Limpiar el depósito de combustible.</p>		
<p>Cambiar el aceite lubricante (BFL 2011).</p>		

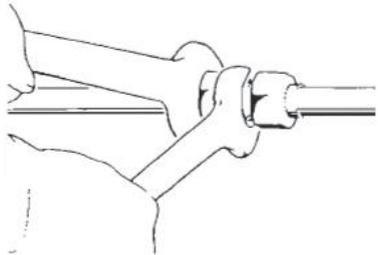
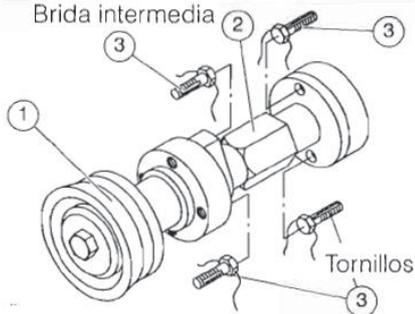
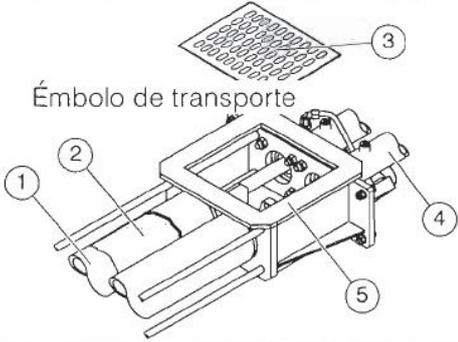
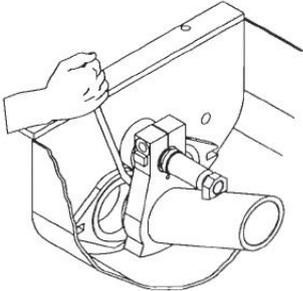
BOMBA DE HORMIGÓN

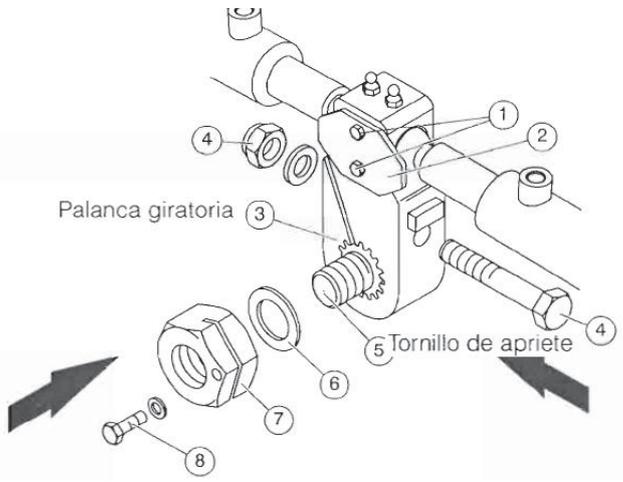
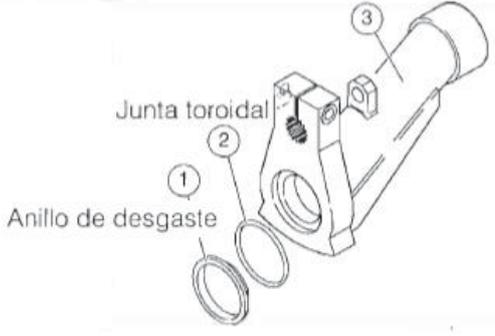
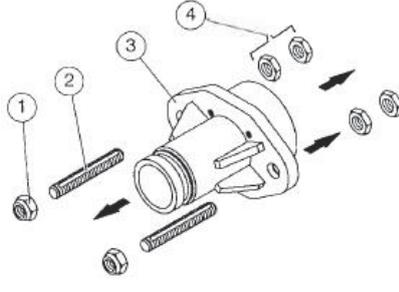
 COMPRO- BAR / PRO- BAR  LUBRICAR  LIMPIAR Y LA- VAR  CAMBIAR / SUSTITUIR S SERVICIO		
Mantenimiento CADA RELEVO (10 h)		
Revisar la parada de emergencia.		
Revisar puntos de lubricación parte trasera.		
Revisar nivel de aceite del grupo hidráulico.		

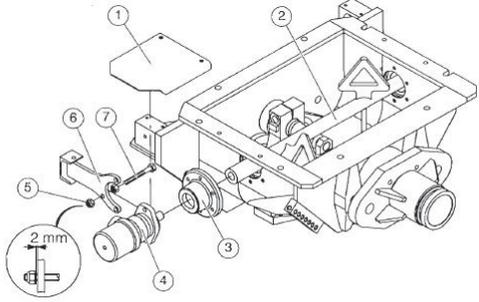
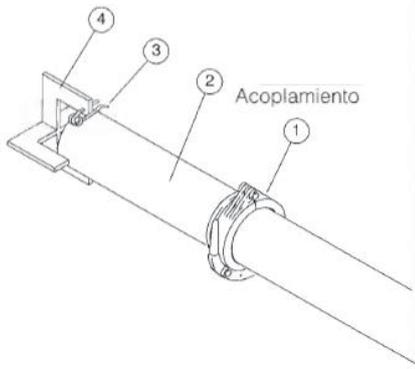
<p>Purgar los depósitos de agua.</p>	<p>S</p>	
<p>Comprobar el nivel de suciedad del refrigerador del motor eléctrico.</p>	<p>A</p>	
<p>Comprobar el nivel de agua en la cámara.</p>	<p>A</p>	
<p>Comprobar que no haya aceite ni hormigón en la cámara.</p>	<p>A</p>	

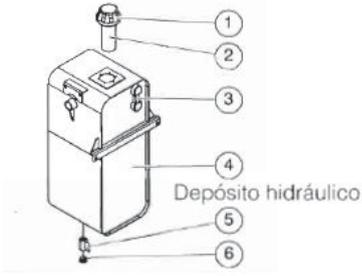
<p>Comprobar que la pared interior del tubo oscilante no presenta desgaste.</p>		
<p>Comprobar que el casquillo de desgaste del tubo oscilante no presenta desgaste.</p>		
<p>Comprobar que la tubería de suministro de material está diseñada para soportar la presión de transporte, está bien instalada y con grosor de pared suficiente.</p>		

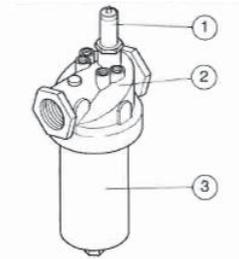
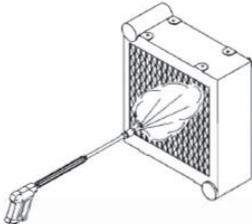
<p>Verificar el indicador de suciedad del filtro del aire del motor.</p>		
<p>Verificar el indicador de suciedad del filtro de retorno.</p>		 <p>Indicación óptica (botón rojo)</p>
<p>Cambiar el filtro de aceite del grupo hidráulico si es necesario.</p>		 <p>Filtro de retorno</p>
<p>Cambiar las mangueras hidráulicas del grupo hidráulico si es necesario.</p>		

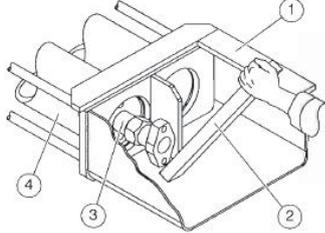
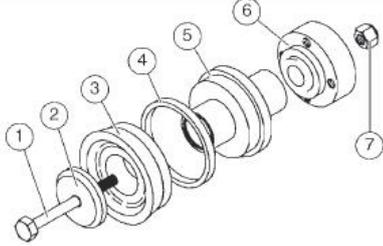
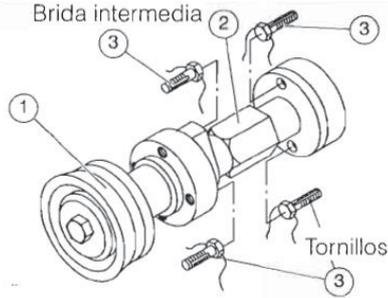
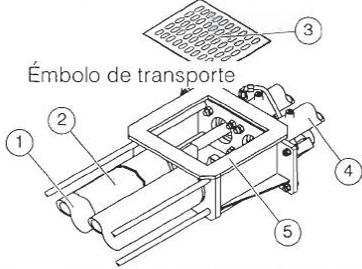
<p>Apretar o cambiar las uniones rebordeadas si es necesario.</p>		
<p>Apretar tornillos de la brida intermedia de la bomba central si es necesario.</p>		
<p>Cambiar el émbolo de transporte de la bomba central si es necesario.</p>		
<p>Regular el tubo oscilante si es necesario.</p>	<p>S</p>	

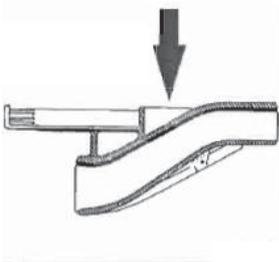
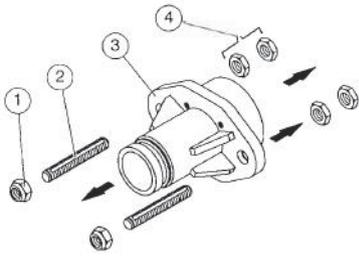
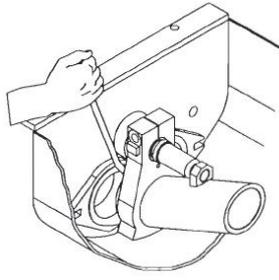
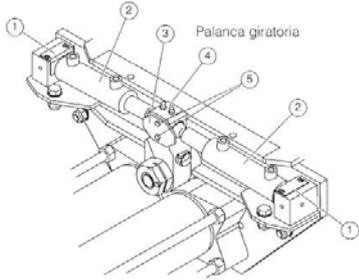
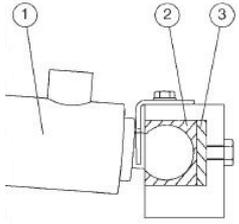
<p>Apretar los tornillos de apriete de la palanca giratoria.</p>		
<p>Cambiar los cojinetes y las juntas del eje oscilante.</p>		
<p>Comprobar cojinetes y juntas del manguito de presión.</p>		

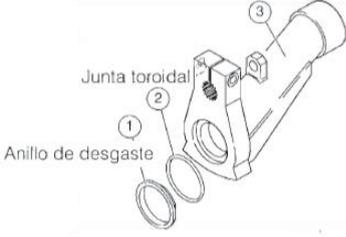
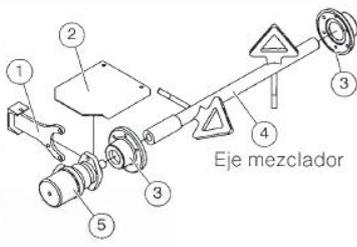
<p>Cambiar los cojinetes y las juntas del mecanismo agitador.</p>		
<p>Comprobar el acoplamiento de la tubería al tubo a presión.</p>		

<p>Mantenimiento BIMENSUAL (500 h)</p>		
<p>Cambio de aceite y limpieza del cárter del grupo hidráulico.</p>		

<p>Cambio del filtro de aceite del grupo hidráulico.</p>		
<p>Verificar interruptores luminosos de las válvulas (LED-control de tensión).</p>		
<p>Verificar el funcionamiento y desconexión del mecanismo agitador.</p>		
<p>Limpiar el radiador de aceite y verificar su funcionamiento.</p>		
<p>Verificar el sensor de temperatura del aceite hidráulico.</p>		

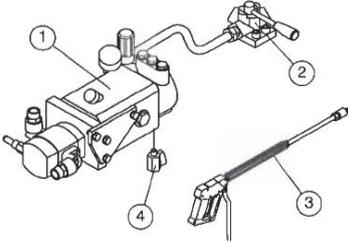
<p>Hacer salir y entrar los cilindros de la bomba central hasta los topes.</p>		
<p>Verificar el estado de los vástagos y de las juntas de los vástagos del émbolo.</p>		
<p>Verificar los tornillos de la brida intermedia</p>		
<p>Comprobar el émbolo de transporte.</p>		

<p>Verificar el desgaste y medir el grosor de la pared del tubo oscilante.</p>		
<p>Verificar los cojinetes y las juntas del manguito de presión.</p>		
<p>Verificar el ajuste del tubo oscilante.</p>		
<p>Verificar el par de apriete de la palanca giratoria (tornillos de apriete).</p>		
<p>Verificar el cojinete esférico del cilindro de conmutación.</p>		

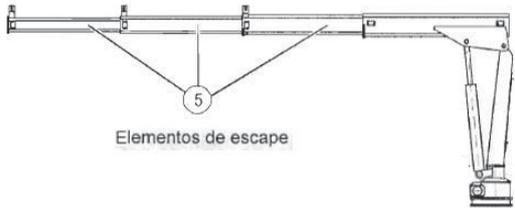
<p>Verificar los cojinetes y las juntas del eje oscilante.</p>		
<p>Verificar el cojinete del eje mezclador del mecanismo agitador.</p>		

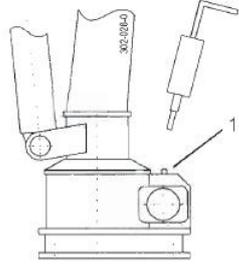
BRAZO PROYECTOR

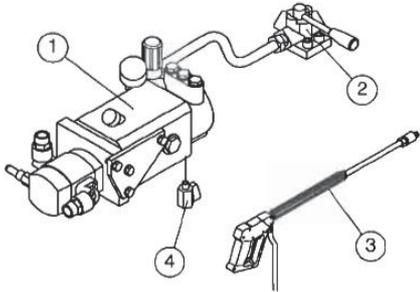
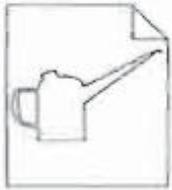
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>COMPRO- BAR / PRO- BAR</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LUBRICAR</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LIMPIAR Y LA- VAR</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CAMBIAR / SUSTITUIR</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>S SERVICIO</p> </div> </div>		
<p>Mantenimiento CADA RELEVO (10 h)</p>		
<p>Limpiar ventilador y aletas de refrigeración del motor diesel.</p>		

<p>Controlar las guías de deslizamiento.</p>		
<p>Revisar nivel de aceite del brazo proyector.</p>		
<p>Revisar fugas en las atomilladuras hidráulicas y de las mangueras.</p>		
<p>Limpiar la máquina con el limpiador a alta presión.</p>		
<p>Rociar la máquina con aceite de encofrado antes de gunitar.</p>		

<p>Revisar los soportes de la manguera.</p>		
<p>Ajustar o reemplazar recubrimientos y cubiertas defectuosas.</p>		

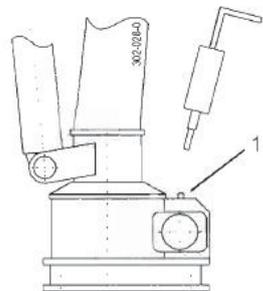
<p>Mantenimiento SEMANAL (50 h)</p>		
<p>Lubricar todos los elementos de escape.</p>		 <p>Elementos de escape</p>
<p>Engrasar las boquillas de engrase del brazo.</p>		 <p>Engrasar los boquillas de engrase de la máquina</p>

<p>Engrasar el engranaje del tornillo sin fin.</p>		
<p>Limpiar ventilador y aletas de refrigeración del motor diesel.</p>		
<p>Controlar las guías de deslizamiento.</p>		
<p>Revisar nivel de aceite del brazo proyector.</p>		

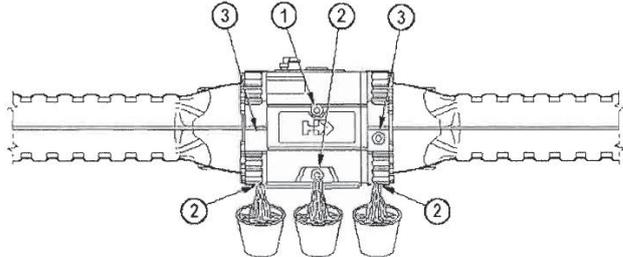
<p>Revisar fugas en las atornilladuras hidráulicas y de las mangueras.</p>		
<p>Limpiar la máquina con el limpiador a alta presión.</p>		
<p>Rociar la máquina con aceite de encofrado antes de gunitar.</p>		
<p>Revisar los soportes de la manguera.</p>		

<p>Ajustar o reemplazar recubrimientos y cubiertas defectuosas.</p>		
---	---	--

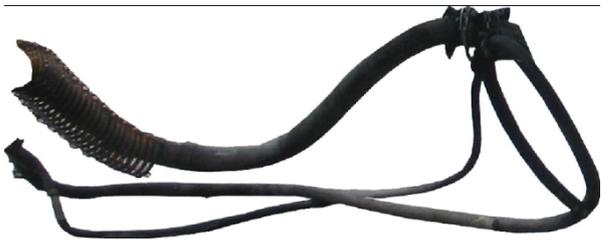
Mantenimiento BIMENSUAL (500 h)		
<p>Sustituir los filtros hidráulicos si es necesario.</p>		

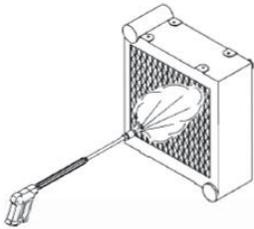
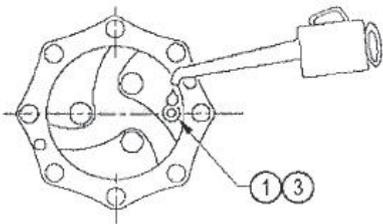
Mantenimiento SEMESTRAL (1000 h)		
<p>Controlar el juego axial del engranaje del tornillo sin fin.</p>		

CHASIS PAUS

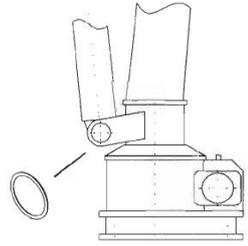
Mantenimiento CADA RELEVO (10 h)		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>COMPRO- BAR / PRO- BAR</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LUBRICAR</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LIMPIAR Y LA- VAR</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CAMBIAR / SUSTITUIR</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>S SERVICIO</p> </div> </div>		
<p>Comprobar la estanqueidad de los ejes y el engranaje distribuidor.</p>		
<p>Comprobar el filtro de aire, limpiar o cambiar si es necesario.</p>		
<p>Comprobar el resto de equipos de control y de mando.</p>		

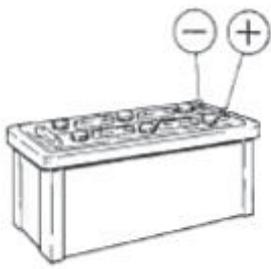
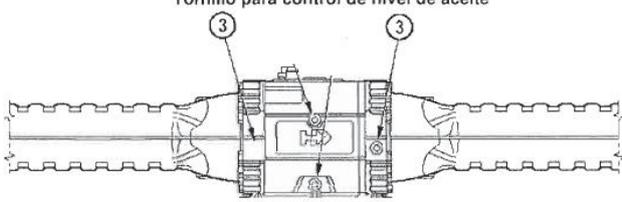
<p>Comprobar el sistema eléctrico y de alumbrado.</p>		
<p>Comprobar el funcionamiento del freno de servicio.</p>		
<p>Comprobar el funcionamiento del freno de estacionamiento.</p>		
<p>Comprobar el sistema hidráulico de apoyo.</p>		

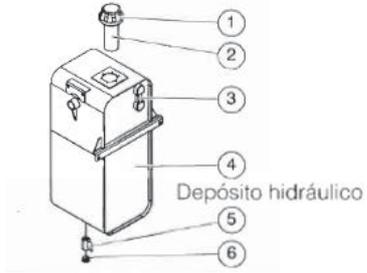
<p>Comprobar el sistema hidráulico de dirección.</p>		
<p>Comprobar la estanqueidad de todas las mangueras y conducciones.</p>		
<p>Comprobar el nivel del depósito de aceite de frenos.</p>		
<p>Comprobar estanqueidad de todo el sistema hidráulico.</p>		

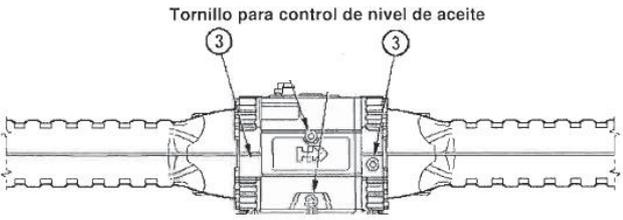
Mantenimiento SEMANAL (50 h)		
<p>Nivel de aceite lubricante, reponer la cantidad necesaria.</p>		
<p>Efectuar el engrase de las articulaciones del eje.</p>		
<p>Efectuar el engrase de todo el vehículo.</p>		
<p>Comprobar el apriete de las tuercas de las ruedas.</p>		

Mantenimiento QUINCENAL (100 h)

<p>Comprobar el sistema de refrigeración del motor Diesel.</p>		
<p>Comprobar la existencia de todos los seguros de bulón.</p>		
<p>Comprobar la holgura en los soportes de bulón.</p>		

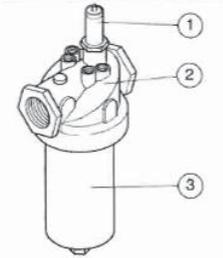
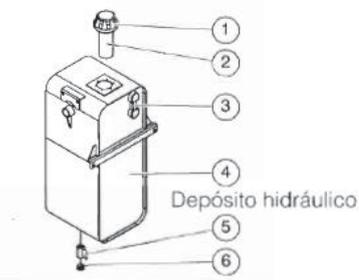
<p>Comprobar la holgura en los soportes de los cilindros.</p>		
<p>Comprobar los perfiles y perfecto estado de los neumáticos.</p>		
<p>Comprobar la batería y cables.</p>		
<p>Comprobar el nivel de aceite de los ejes.</p>		<p>Tornillo para control de nivel de aceite</p> 

Mantenimiento MENSUAL (250 h)		
<p>Cambiar el aceite hidráulico del chasis.</p>		

Mantenimiento BIMENSUAL (500 h)		
<p>Cambiar el aceite en el eje delantero y trasero.</p>		
<p>Comprobar el ventilador de llenado del aceite hidráulico.</p>		

<p>Comprobar los tornillos de sujeción del eje delantero y trasero.</p>		
<p>Comprobar los tornillos de sujeción del eje articulado.</p>		

Mantenimiento SEMESTRAL (1000 h)		
<p>Cambiar el aceite de frenos.</p>		

<p>Cambiar el filtro de retorno del circuito hidráulico.</p>		
<p>Cambiar el filtro de retorno del circuito hidráulico de traslación.</p>		
<p>Cambiar el ventilador de llenado.</p>		
<p>Cambiar el aceite hidráulico.</p>		

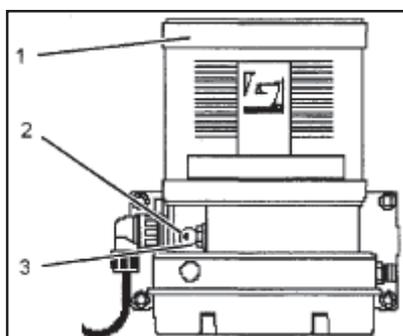
PUNTOS DE MANTENIMIENTO DE LA PALA CARGADORA CATERPILLAR 950H

CUANDO SEA NECESARIO.

Tanque de grasa de lubricación automática. Llenar.

ADVERTENCIA

Existe un peligro debido a la presión. Se pueden sufrir lesiones personales o mortales al quitar mangueras o conexiones que están bajo presión. Alivie la presión del sistema antes de quitar mangueras o conexiones.



El depósito de grasa (1) está ubicado cerca del parachoques trasero en el lado derecho de la máquina.

Llenado del depósito:

1. Quite la tapa antipolvo (2) del depósito de grasa (1).
2. Limpie el conjunto de tubo de llenado (3) y el acoplamiento del conjunto de llenado.
3. Instale el conjunto de llenado en el conjunto de tubo de llenado (3).
4. Llene el depósito de grasa (1) con grasa hasta el nivel máximo que se indica en el depósito (1).
5. Quite el conjunto de llenado e instale la tapa antipolvo (2).

Batería Reciclar.

Siempre recicle la batería. Nunca deseche una batería.

Regrese siempre las baterías usadas a uno de los siguientes lugares:

1. Un proveedor de baterías
2. Un lugar autorizado para la recolección de baterías
3. Una instalación de reciclaje

Batería o cable de batería – Inspeccionar / Reemplazar

1. Gire el interruptor de arranque con llave del motor a la posición Desconectada. Gire todos los interruptores a la posición Desconectada.
2. Gire el interruptor general a la posición Desconectada. Saque la llave.
3. Desconecte el cable negativo de la batería del interruptor general.

Nota: No permita que el cable de la batería que ha desconectado toque el interruptor general.

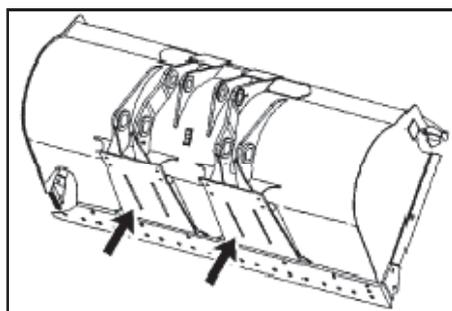
4. Desconecte de la batería el cable negativo.
5. Desconecte de la batería el cable positivo.
6. Inspeccione los terminales de la batería para ver si tienen corrosión. Inspeccione los cables de la batería para ver si están desgastados o dañados.
7. Haga cualquier reparación necesaria. Si es necesario, reemplace los cables de la batería o la batería.
8. Conecte el cable positivo de la batería en la batería.
9. Conecte el cable negativo de la batería.
10. Conecte el cable de la batería al interruptor general.
11. Introduzca la llave en el interruptor general y gire el interruptor general a la posición Conectada.

Planchas de desgaste del cucharón. Inspeccionar / Reemplazar.

ADVERTENCIA

Se pueden producir lesiones personales o mortales como consecuencia de la caída del cucharón.

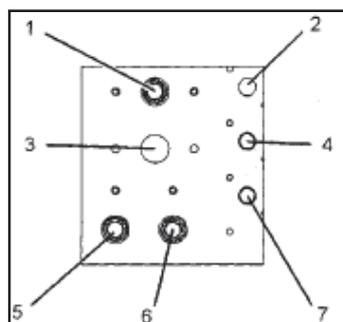
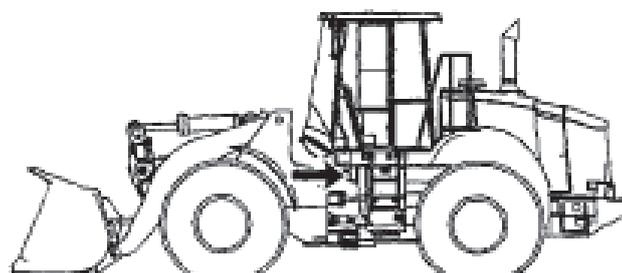
Bloquee el cucharón antes de cambiar las planchas de desgaste del mismo.



Inspeccione las planchas de desgaste. Reemplace las planchas de desgaste antes de que ocurran daños en la parte inferior del cucharón. Consulte a su distribuidor Caterpillar en cuanto al reemplazo de las planchas de desgaste.

Disyuntores. Rearmar.

Oprima el botón para rearmar los disyuntores. Si el circuito está funcionando adecuadamente, el botón quedará oprimido. Si el botón no permanece oprimido, verifique el circuito eléctrico apropiado.



(1) Disyuntor de 105 amperios

(2) Reserva

- (3) Reserva
- (4) Disyuntor de 30 amperios
- (5) Disyuntor de 80 amperios
- (6) Disyuntor de 80 amperios
- (7) Disyuntor de 20 amperios

Los disyuntores están ubicados en el lado izquierdo de la máquina delante de los escalones.

Elemento primario del filtro de aire del motor – Limpiar y reemplazar.

ADVERTENCIA

Peligro de quemaduras: Los componentes del motor pueden estar calientes durante y después de la operación de la máquina.

Los componentes calientes pueden causar lesiones personales graves. No toque los componentes calientes con la piel sin proteger.

Para evitar lesiones, póngase anteojos y máscara de protección siempre que tenga que usar aire comprimido.

Caterpillar recomienda el uso de los servicios certificados de limpieza de filtros de aire disponibles en los distribuidores Caterpillar. El proceso de limpieza de Caterpillar utiliza procedimientos que aseguran una limpieza de calidad y una duración apropiada del filtro.

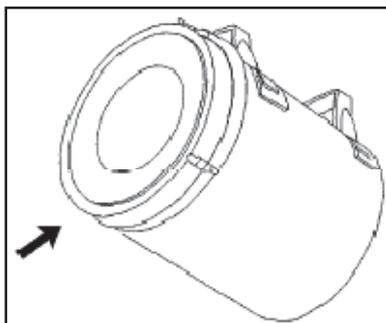
Si intenta limpiar el filtro usted mismo, observe las siguientes instrucciones:

- a) No golpee el elemento del filtro para el eliminar el polvo.
- b) No lave el elemento del filtro.
- c) Use aire comprimido a baja presión para eliminar el polvo del elemento del filtro. La presión del aire no debe sobrepasar de 207 kPa (30lb/pulg²). Dirija el flujo de aire a lo largo de los pliegues por el interior del elemento del filtro. Tenga mucho cuidado para no dañar los pliegues.
- d) No use filtros de aire con pliegues, empaquetaduras o sellos dañados. Si entra suciedad al motor se pueden dañar los componentes del motor.

Dé servicio al filtro de aire sólo con el motor parado.

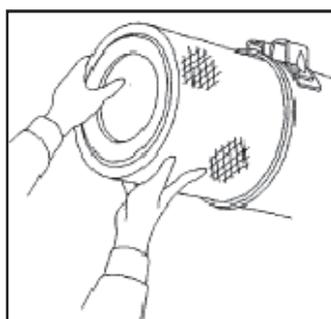
De lo contrario, puede causar averías al motor:

1. Abra el compartimento del motor. El filtro del aire se encuentra en el lado derecho de la máquina.



2. Afloje los pestillos de la tapa y quite la tapa del filtro de aire.

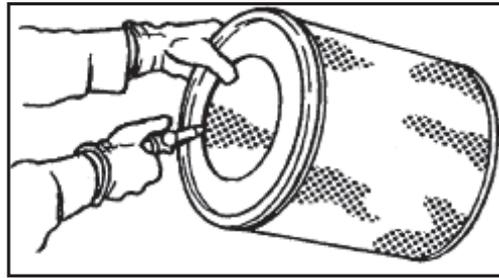
Nota: Los pestillos de la caja del filtro de aire se pueden desenganchar con fuerza de resorte cuando los suelte.



3. Saque el elemento primario del filtro de la caja del filtro de aire. Para quitar el elemento primario del filtro de aire motor, tire del elemento hacia fuera. Mientras tira del elemento hacia fuera, sacuda el elemento.

Use los pasos 4 a 6 para limpiar el elemento primario.

4. Inspeccione el elemento primario. Si los pliegues, las empaquetaduras o los sellos están dañados, deseche el elemento. Reemplace un elemento primario con uno limpio.



5. Si el elemento primario no está dañado, límpielo.

Se puede utilizar aire comprimido para limpiar un elemento primario que no se haya limpiado más de dos veces. Utilice aire filtrado seco u a una presión máxima de 207 kPa (30lb/pul).

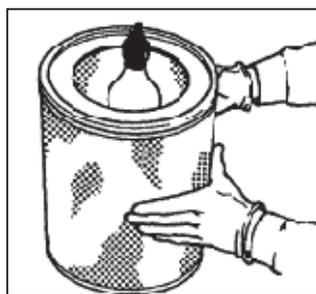
Nota: El aire comprimido no eliminará los depósitos de carbón y de aceite.

6. Cuando limpie el elemento primario, comience siempre por el interior del elemento (lado limpio). Esto forzará las partículas de suciedad hacia el exterior del elemento (lado sucio).

Dirija el aire a lo largo de la longitud (interior) del filtro. Esto ayudará a impedir que se dañen los pliegues de papel.

Nota: No apunte el chorro de aire directamente contra el elemento primario. Si lo hace así, puede incrustar las partículas de suciedad en los pliegues del elemento.

Use los pasos 7 a 10 para inspeccionar el elemento primario.



7. Coloque una luz dentro del elemento de filtro. Utilice una luz azul de 60 vatios en una cámara oscura o en una instalación similar. Inspeccione para detectar si la luz es visible a través del material filtrante del elemento primario.
8. Inspeccione el elemento primario mientras lo hace girar. Inspeccione para ver si hay rasgaduras y/o agujeros en el elemento primario. No utilice un elemento primario

que tenga rasgaduras y/o agujeros en el material filtrante. No utilice un elemento primario que presente daños en los pliegues, las empaquetaduras o los sellos.

9. Si es necesario, compare el elemento primario con un elemento primario nuevo. Utilice un elemento primario nuevo que tenga el mismo número de pieza. Esto puede ser necesario para confirmar los resultados de la inspección.
10. Deseche un elemento primario dañado.

Use los pasos 11 a 13 para instalar un elemento primario limpio.

11. Instale un elemento primario limpio del filtro sobre el elemento secundario del filtro de aire del motor. Aplique una presión firme al extremo del elemento primario a medida que sacude suavemente el elemento de filtro. Esto asienta el elemento primario.
12. Limpie la tapa de la caja del filtro de aire. Alinee la ranura de la tapa con el pasador en la caja del filtro de aire. Instale la tapa.
13. Cierre el motor.

No use un filtro si tiene los pliegues, las empaquetaduras o los sellos dañados.

Elemento secundario del filtro de aire del motor – Reemplazar.

ADVERTENCIA

Peligro de quemaduras: Los componentes del motor pueden estar calientes durante y después de la operación de la máquina.

Los componentes calientes pueden causar lesiones personales graves. No toque los componentes calientes con la piel sin proteger.

Dé servicio al filtro de aire sólo con el motor parado. De lo contrario, puede causar averías al motor.

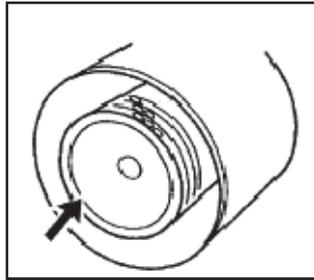
Reemplace siempre el elemento secundario. No trate de volver a utilizarlo limpiándolo, porque se pueden producir daños en el motor.

Nota: Reemplace el elemento secundario cuando dé servicio al elemento primario por tercera vez.

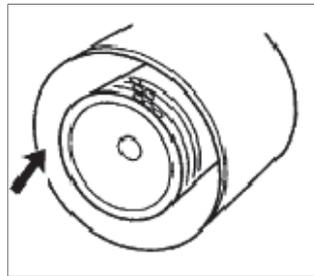
Si se ha instalado un elemento primario limpio y continúa activa una advertencia del filtro de aire, reemplace el elemento secundario. También reemplace el elemento secundario si el

humo de escape permanece negro después de que se haya instalado un elemento primario limpio.

1. Saque el elemento primario.



2. Quite el elemento secundario.



3. Cubra la abertura de la admisión de aire. Limpie el interior de la caja del filtro de aire.
4. Inspeccione la empaquetadora que está entre el tubo de admisión de aire y la caja del filtro de aire. Reemplace la empaquetadora si esa dañada.
5. Destape la abertura de la admisión de aire, Instale un elemento secundario nuevo.
6. Instale un elemento primario limpio y la tapa para la caja del filtro de aire.
7. Cierre la puerta de acceso.
8. Repita el procedimiento para el otro filtro de aire.

Antefiltro de aire del motor – Limpiar.

Dé servicio al filtro de aire sólo con el motor parado, pues de lo contrario se puede causar daño al motor.

1. Quite el prefiltro.

2. Inspeccione la rejilla de la admisión de aire para ver si hay acumulación de polvo y basura. Quite la rejilla. Limpie la rejilla si está sucia.
3. Inspeccione las aberturas del tubo del prefiltro. Quite la suciedad y la basura.
4. Limpie el prefiltro con aire comprimido o lávelo en agua caliente. Seque todas las piezas.
5. Instale la rejilla del prefiltro.

Sistema de combustible – Cebiar.

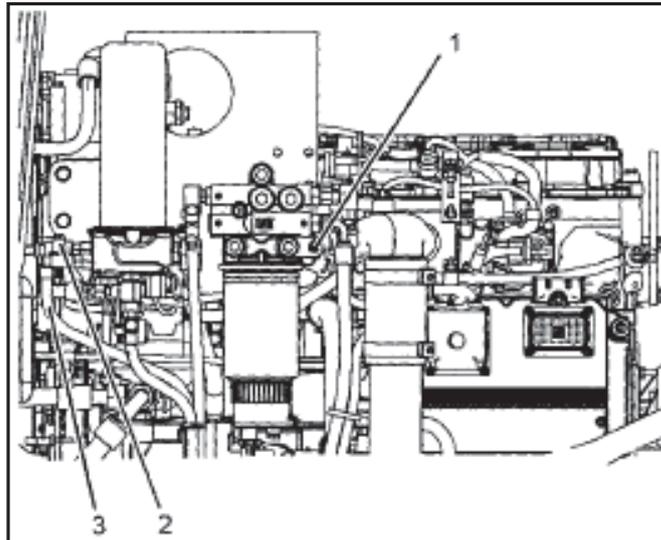
Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Es necesario cebiar el sistema de combustible debido a las siguientes circunstancias:

1. Se ha cambiado el filtro primario del combustible.
2. Se ha cambiado el filtro secundario del combustible.
3. Se han quitado los inyectores de combustible.
4. Se ha agotado el combustible del motor.

Nota: El volumen de aire en el separador de agua es pequeño; Normalmente, no es necesario cebiar el sistema de combustible si se cambia solamente el elemento del separador de agua.

Su máquina está equipada con una bomba eléctrica para cebiar el combustible. La bomba de cebado está situada en el lado derecho del motor, encima del filtro primario del combustible.



1. Abra el capó del motor para tener acceso a la bomba de cebado del combustible. La bomba de cebado de combustible está ubicada en el lado derecho de la máquina.
2. Coloque la manguera de drenaje (3) en un recipiente adecuado para recoger el combustible. Abra la válvula de drenaje (2). Mueva el interruptor de volquete (1) para activar la bomba de cebado.
3. Opere la bomba de cebado hasta que el combustible escape de la manguera de drenaje. Opere la bomba de cebado hasta que el combustible que fluye de la manguera de drenaje no tenga burbujas de aire. Cierre la válvula de drenaje. Apague la bomba de cebado.

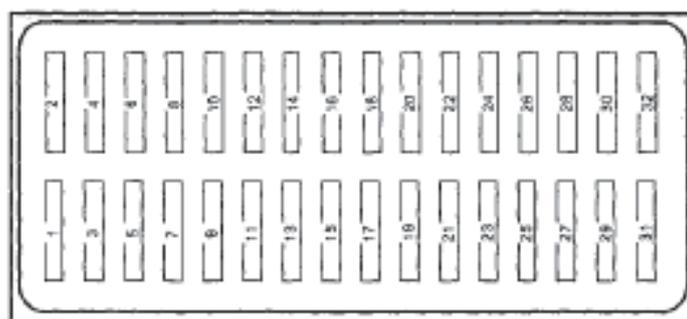
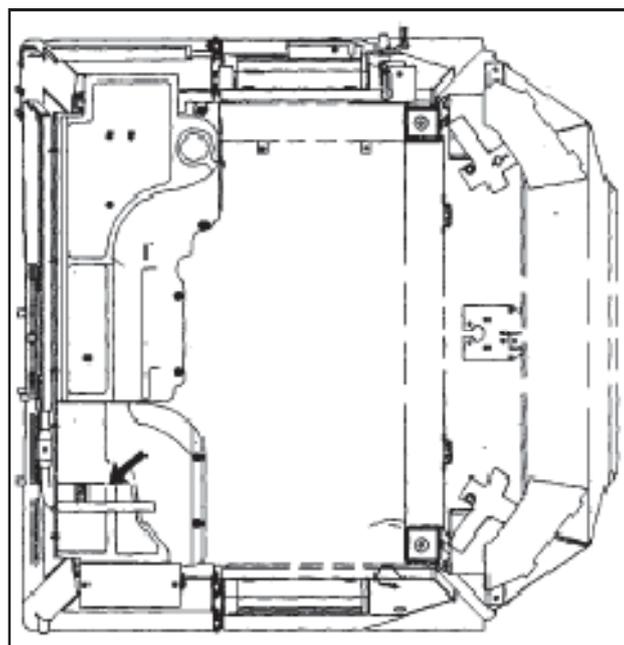
Fusibles – Reemplazar.

Reemplace los fusibles solamente con otros del mismo tipo y tamaño. De no hacerlo así se pueden ocasionar daños eléctricos

Si es necesario reemplazar los fusibles con frecuencia, puede ser un indicio de que existe un problema eléctrico.

Fusibles - Los fusibles protegen el sistema eléctrico cuando un circuito se sobrecarga. Cambie un fusible si el elemento del mismo se separa. Si se separa el elemento de un fusible nuevo, compruebe el circuito.

Repare el circuito si es necesario.



Los fusibles están ubicados en la cabina, en el lado derecho del asiento del operador.

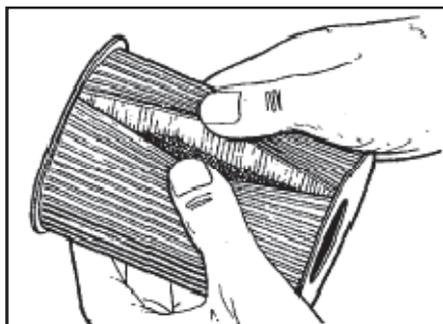
- (1) Embrague del enfriador de aceite del eje. 20 amperios.
- (2) Manija de cambios HMU. 10 amperios.
- (3) Soplador HVAC (Calefacción y aire acondicionado). 20 amperios.
- (4) Acoplador rápido. 10 amperios.
- (5) Reflectores traseros de la cabina. 15 amperios.
- (6) Reserva. 10 amperios.
- (7) Dirección secundaria- 10 amperios.
- (8) Corriente con interruptor del ECM. 10 amperios.

-
- (9) Reflectores delanteros de la cabina. 15 amperios.
 - (10) Baliza y espejos retrovisores con calefacción. 10 amperios.
 - (11) Luces de giro, relés del reflector delantero y relés del reflector trasero 10 amperios.
 - (12) Sistema de Seguridad de la Máquina y ProductLink. 10 amperios.
 - (14) Sensor de posición de inclinación y sensor de posición de levantamiento. 10 amperios.
 - (13) Tableros de indicadores izquierdo y derecho. 10 amperios.
 - (15) Sensores de palanca y sensor del pedal del freno izquierdo. 10 amperios.
 - (16) Asiento con suspensión neumática y asiento con calefacción. 10 amperios.
 - (17) EMS, módulo de cuatro medidores, tacómetro e iluminación de fondo. 10 amperios.
 - (18) Lavaparabrisas de las ventanillas delantera y trasera. 10 amperios.
 - (19) Sistema de control de carga útil (PCS). 10 amperios.
 - (20) Convertidor de voltaje para la radio. 10 amperios.
 - (21) Memoria del convertidor de voltaje (accesorio). 10 amperios.
 - (22) ECM del motor. 15 amperios.
 - (23) ECM de la transmisión. 15 amperios.
 - (24) ECM del accesorio. 15 amperios.
 - (25) ECAP y pantalla de indicadores en el tablero central 10 amperios.
 - (26) Luces de espacio libre y trasera izquierda. 10 amperios.
 - (27) Accionador del capó. 10 amperios.
 - (28) Luces de parada. 10 amperios.
 - (29) Bocina. 10 amperios.
 - (30) Memoria del convertidor de voltaje (estándar). 10 amperios

(31) Interruptor de arranque con llave y ProductLink. 10 amperios.

(32) Luces del techo 10 amperios.

Filtro de aceite – Inspeccionar.



Use un cortafiltros para cortar y abrir el elemento del filtro. Separe los pliegues e inspeccione el elemento para ver si hay residuos metálicos o de otro tipo. Una cantidad excesiva de residuos en el elemento del filtro puede indicar una posible avería.

Si se descubren metales en el elemento de filtro, se puede utilizar un imán para diferenciar entre metales ferrosos y no ferrosos.

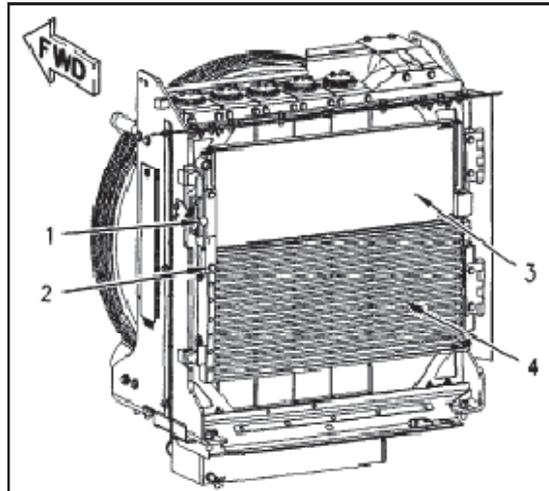
Los metales ferrosos pueden indicar desgaste en las piezas de acero y de hierro fundido.

Los metales no ferrosos pueden indicar desgaste de piezas de aluminio en el motor, como los cojinetes de bancada, cojinetes de biela o cojinetes del turbocompresor.

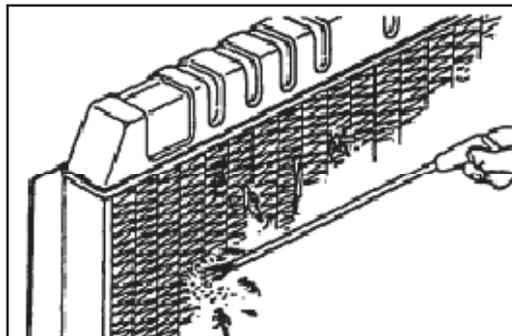
Se pueden encontrar pequeñas cantidades de residuos en el elemento de filtro. Esto se puede deber a fricción y a desgaste normal. Consulte a su distribuidor Caterpillar para realizar un análisis adicional si se encuentra una cantidad excesiva de residuos.

Si se usa un elemento de filtro no recomendado por Caterpillar puede resultar en daños serios a los cojinetes del motor, al cigüeñal y a otras piezas del motor. Esto puede resultar en partículas más grandes en el aceite no filtrado. Estas partículas pueden entrar en el sistema de lubricación y causar daños adicionales.

Núcleo del radiador – Limpiar.



1. Abra el capó del motor. El conjunto del radiador está situado en la parte trasera de la máquina.



2. Saque el perno (2). Mueva el condensador en dirección opuesta al radiador. Utilice la perilla de control (1) para soltar el enfriador del aceite hidráulico. Rote el enfriador del aceite hidráulico (3) y el condensador (4) alejándolos del radiador.
3. Se puede utilizar aire comprimido, agua o vapor a alta presión para quitar el polvo y otras basuras de las aletas del radiador. No obstante, se prefiere el uso del aire comprimido.
4. Regrese el enfriador del aceite hidráulico a la posición de funcionamiento y vuelva a colocar los dos pernos.
5. Regrese el condensador del acondicionador de aire a la posición de funcionamiento y reinstale los dos pernos.
6. Cierre el capó del motor.

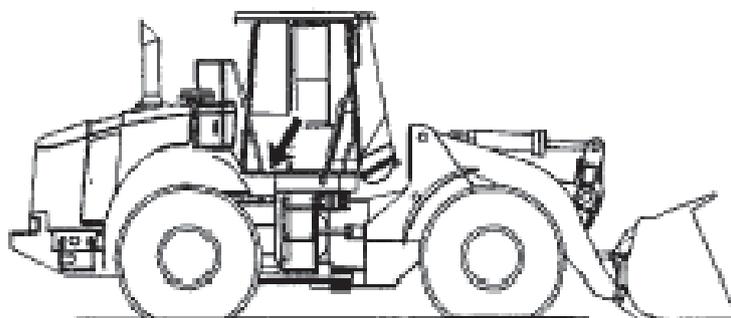
Acumulador del control de amortiguación – Comprobar.

El acumulador del control de amortiguación reduce el cabeceo de la máquina. Si la máquina parece saltar demasiado, verifique la carga en el acumulador del control de amortiguación.

Nota: Se necesitan herramientas y equipos especiales para probar el acumulador.

Deposito del lavaparabrisas – Llenar.

Cuando trabaje a temperaturas de congelación, use líquido lavaventanas Caterpillar que no se congela, o uno equivalente. Si usa un producto que se congela, puede causar daños al sistema.



Depósito del lavaparabrisas – El depósito del lavaparabrisas está ubicado debajo de una puerta de acceso en la plataforma en el lado derecho de la máquina. Llene el depósito de fluido lavaparabrisas por la abertura de llenado.

Limpiaparabrisas – Inspeccionar y reemplazar.

Inspeccione las escobillas de los limpiaparabrisas. Reemplace las escobillas si están desgastadas o dañadas o si dejan rayaduras.

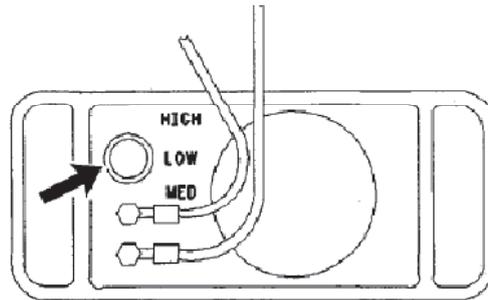
CADA 10 HORAS DE SERVICIO O CADA DÍA.

Alarma de retroceso – Probar.

Gire el interruptor de arranque del motor a la posición CONECTADA para hacer la prueba.

Aplique el freno de servicio. Coloque la transmisión en RETROCESO.

La alarma de retroceso debe sonar de inmediato. La alarma de retroceso continuará sonando hasta que la transmisión se coloque en NEUTRAL o en AVANCE.



Un interruptor de tres posiciones en la alarma de retroceso regula el volumen de la misma.

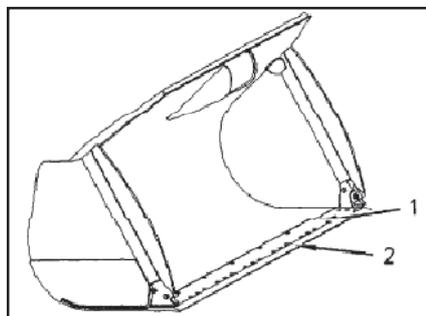
La alarma de retroceso se fija en el nivel de sonido más alto cuando la máquina se embarca desde la fábrica. El ajuste debe permanecer en ALTA a menos que el sitio de la obra requiera un nivel inferior de ruido.

Cuchillas de cucharón – Inspeccionar/Reemplazar.

ADVERTENCIA

Si un cucharón se cae, se pueden producir lesiones graves mortales.

Bloquee el cucharón antes de cambiar las cuchillas del cucharón.



Compruebe si las cuchillas y cantoneras están desgastadas y/o dañadas. Aplique el siguiente procedimiento para darle servicio a las cuchillas y cantoneras:

1. Levante el cucharón y ponga unos bloques de soporte debajo del mismo.
2. Baje el cucharón sobre los bloques de soporte. Pare el motor.
3. Quite los pernos (1), la cuchilla (2) y las cantoneras.
4. Limpie todas las superficies de contacto.

5. Utilice el lado opuesto de la cuchilla si no está desgastado. Las cantoneras no son reversibles. Si ambos lados de la cuchilla están desgastados, instale una cuchilla nueva.
6. Instale los pernos (1). Apriete los pernos al par / especificado.
7. Arranque el motor. Levante el cucharón y quite los bloques de soporte. Baje el cucharón al terreno.
8. Después de unas cuantas horas de operación, examine los pernos para ver si tienen el par de apriete apropiado.

Puntas de cucharón – Inspeccionar/Reemplazar.

ADVERTENCIA

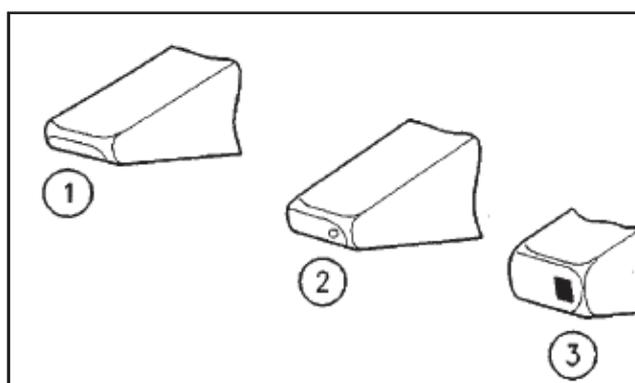
La caída del cucharón puede causar lesiones graves o fatales.

Ponga soporte al cucharón para cambiarle las puntas

(1) Utilizable

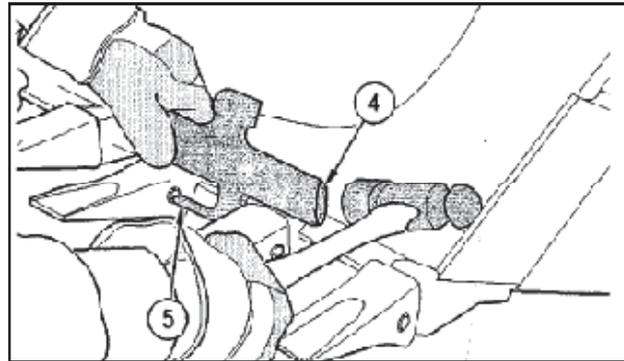
(2) Reemplazar

(3) Reemplazar



Compruebe las puntas del cucharón para ver si están gastadas. Si la punta tiene un agujero, reemplácela.

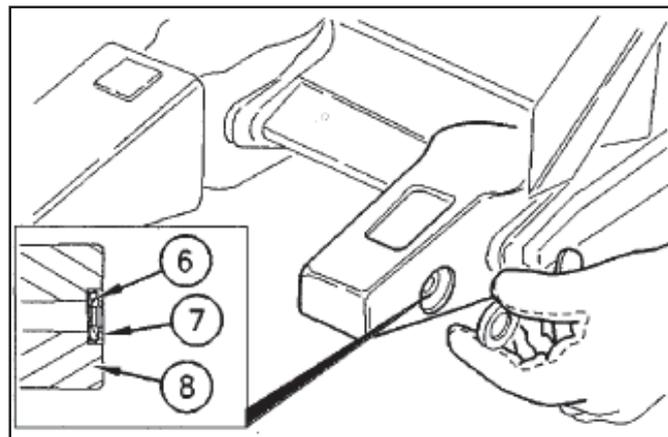
1. Quite el pasador de la punta del cucharón. El pasador puede quitarse usando uno de los siguientes métodos.
 - a) Use un martillo y un punzón para expulsar el pasador del lado de retención del cucharón.
 - b) Use un Pin-Master. Siga los pasos 1.a a 1.c para obtener el procedimiento.



(4) Parte trasera del Pin-Master.

(5) Extractor.

- c) Coloque el Pin-Master en el diente del cucharón.
- d) Alinee el extractor (5) con el pasador.
- e) Golpee el Pin-Master por la parte trasera (4) y quite el pasador.

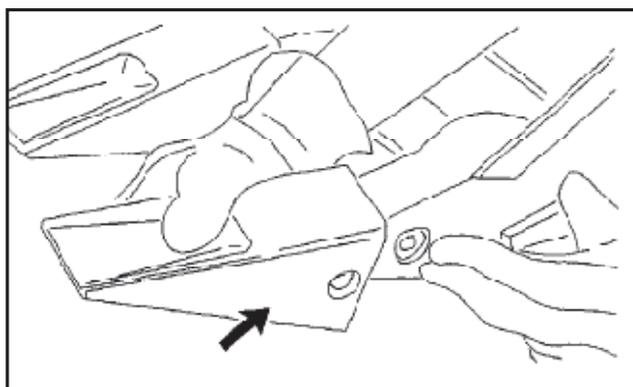


6) Retén.

(7) Arandela de retención.

(8) Adaptador.

- 2. Limpie el adaptador y el pasador.
- 3. Encaje el retenedor (6) en la arandela de retención (7). Instale este conjunto en la muesca que está en el lado del adaptador (8).



4. Instale la punta nueva del cucharón en el adaptador.

Nota: La punta del cucharón puede girarse 180 grados para una mayor o menor penetración.

5. Introduzca el pasador por la punta del cucharón. El pasador puede instalarse usando uno de los siguientes métodos:

Desde el lado opuesto al retén, impulse el pasador a través de la punta, del adaptador y del retén.

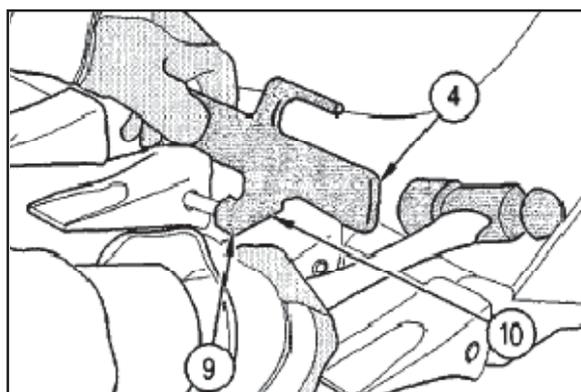
Use un Pin-Master. Siga los pasos 5.a a 5.e para obtener el procedimiento.

Nota: Para instalar correctamente el pasador en el retén, se debe impulsar el pasador desde el lado derecho del diente. La instalación incorrecta del pasador puede causar la pérdida de la punta del cucharón.

(4) Parte trasera del Pin-Master

(9) Colocador de pasador

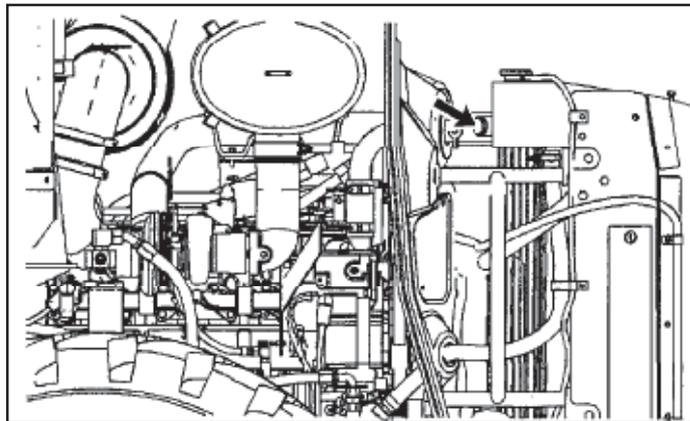
(10) Sujetador del pasador



- a) Introduzca el pasador a través del diente del cucharón.
- b) Coloque el Pin-Master sobre el diente de cucharón y localice el pasador en el agujero.

- c) Golpee la herramienta con un martillo por la parte trasera (4) para empezar a introducir el pasador.
 - d) Saque el sujetador (10) del pasador y gire ligeramente la herramienta para alinear el ajustador del pasador con el pasador .del sujetador (10).
 - e) Golpee el extremo de la herramienta hasta introducir completamente el pasador.
6. Después de meter el pasador, asegúrese de que el retén encaja bien en la ranura del pasador.

Nivel de Refrigerante – Comprobar.



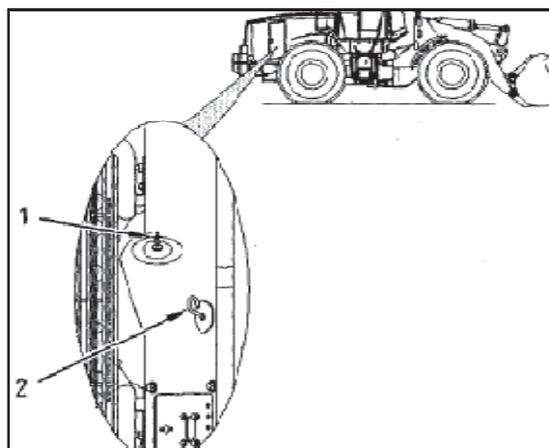
Abra la puerta de servicio en el lado izquierdo de la máquina. La mirilla del nivel del refrigerante está situada en el lado izquierdo del radiador.

Mantenga el nivel del refrigerante dentro de la mirilla indicadora. Añada refrigerante si es necesario.

Nota: Si es necesario añadir refrigerante diariamente, inspeccione para ver si hay fugas en el sistema de enfriamiento.

Nivel de aceite del motor – Comprobar.

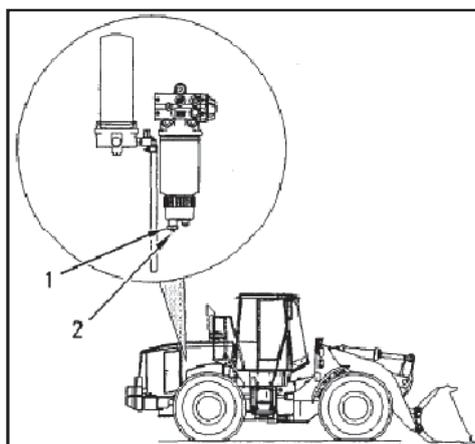
No llene de aceite el cárter del motor por encima o por debajo del nivel adecuado. En ambos casos se pueden producir daños en el motor.



1. Pare el motor. Abra la puerta de acceso del lado derecho de la máquina.
2. Saque la varilla de medición (2) y límpiela con un trapo limpio. Después, reinserte y saque la varilla de medición otra vez. Esto dará una medición más precisa del nivel del aceite.
3. Mantenga el aceite de motor entre las marcas FULL (Lleno) y ADD (Añadir) en la varilla de medición (2). Si es necesario, quite la tapa de llenado (1) y añada aceite.
4. Cierre la puerta de acceso al motor.

Filtro primario del sistema de combustible – Drenar.

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

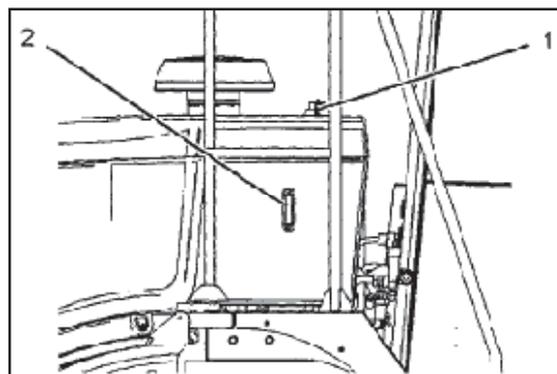
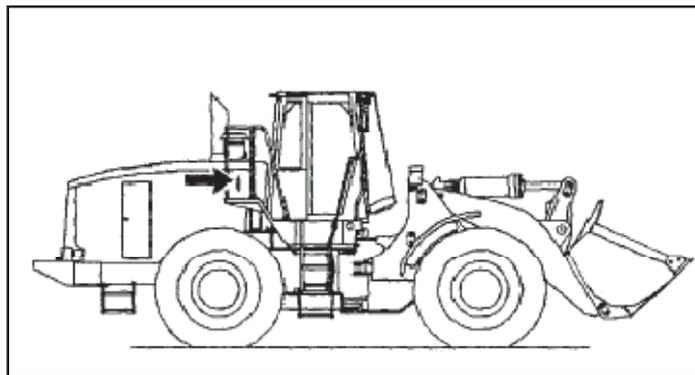


1. Abra el capó del motor. El separador de agua se encuentra en la parte inferior del filtro primario del combustible, en el lado derecho de la máquina.
2. Conecte una manguera a la parte inferior de la válvula de drenaje (2). Abra la válvula de drenaje (1) en el fondo de la taza del separador de agua. Deje que el agua y el combustible drenen en un recipiente adecuado.
3. Cierre la válvula del drenaje.

Nota: El separador de agua está bajo succión durante la operación normal del motor. Apriete firmemente la válvula de drenaje para evitar la entrada de aire en el sistema de combustible.

4. Cierre el capó del motor.

Nivel de aceite del sistema hidráulico – Comprobar.

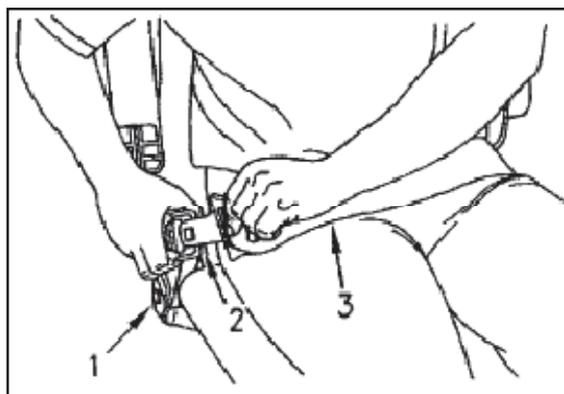


El tanque hidráulico está ubicado detrás de la cabina de la máquina.

Hay que bajar los brazos de levantamiento con el cucharón horizontal a fin de comprobar el aceite hidráulico. Compruebe el nivel de aceite hidráulico con el motor parado. Mantenga el nivel del aceite por encima de la marca "ADD COLO" (Añadir frío) en la mirilla (2). Quite lentamente la tapa de llenado (1) y añada aceite, si es necesario.

Cinturón de seguridad – Inspeccionar.

Antes de operar la máquina, compruebe siempre el estado del cinturón de seguridad y de la tornillería de montaje. Antes de operar la máquina reemplace cualquier pieza que esté dañada o desgastada



Vea si hay desgaste o daños en la tornillería de montaje del cinturón de seguridad (1). Reemplace la tornillería de montaje que esté desgastada o dañada. Asegúrese de que los pernos de montaje estén ajustados.

Vea si hay desgaste o daños en la hebilla (2). Si la hebilla está desgastada o dañada, reemplace el cinturón de seguridad.

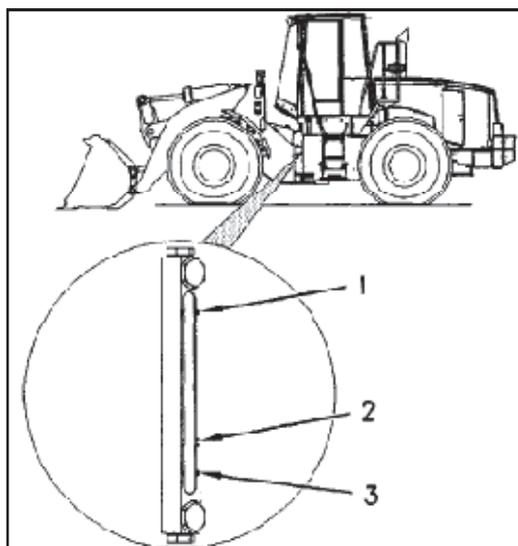
Inspeccione para ver si la trama del tejido del cinturón de seguridad (3) está desgastada o deshilachada. Reemplace el cinturón de seguridad si está desgastado o deshilachado.

Consulte a su distribuidor Caterpillar para reemplazar el cinturón de seguridad y la tornillería de montaje.

Nota: Reemplace el cinturón de seguridad cuando hayan transcurrido tres años desde su fecha de instalación o cinco años desde su fecha de fabricación. Reemplace el cinturón de seguridad en la fecha que ocurra primero. Hay una etiqueta de fecha para determinar la edad del cinturón colocada en el mismo, en la hebilla del cinturón de seguridad y en el retractor del cinturón de seguridad.

Si su máquina tiene una extensión del cinturón de seguridad, realice también este procedimiento de inspección en la extensión del cinturón de seguridad.

Nivel de aceite de la transmisión – Comprobar.



La mirilla del nivel del aceite de la transmisión está situada en el lado izquierdo de la máquina, cerca de la unión de articulación.

1. Opere la máquina durante algunos minutos para calentar el aceite de la transmisión.
2. Estacione la máquina en una superficie horizontal y firme. Ponga el control de la transmisión en la posición NEUTRAL. Baje el cucharón al suelo con una ligera presión hacia abajo. Conecte el freno de estacionamiento.

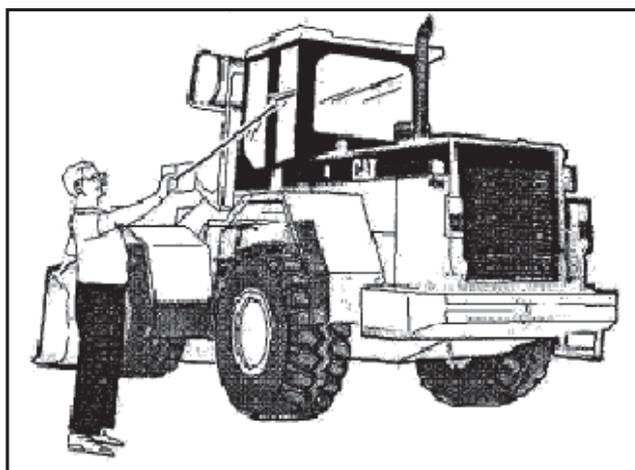
Nota: El nivel del aceite de la transmisión debe estar por encima de la marca "MIN START"(1) en el extremo superior de la mirilla indicadora, antes de arrancar la máquina.

3. Compruebe el nivel del aceite con el motor funcionando a baja velocidad en vacío.

Cuando el motor está funcionando a baja velocidad en vacío, el nivel del aceite de la transmisión debe estar entre la marca "MIN" (3) Y la marca "MAX" (2).

4. Si es necesario, quite la tapa del tubo de llenado y añada aceite.

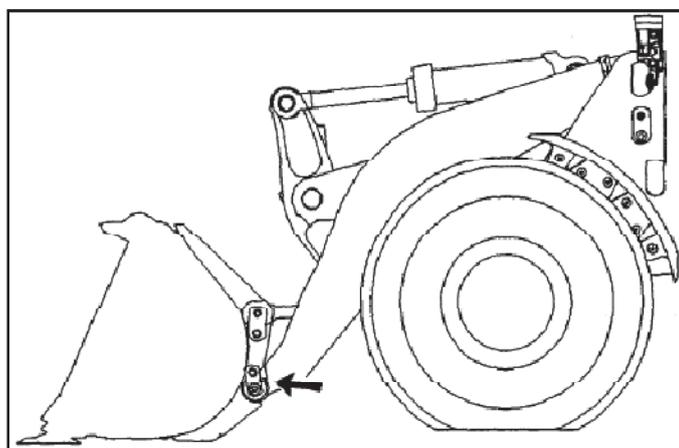
Ventanas – Limpiar.



Use disoluciones para limpieza de ventanas disponibles en el comercio para limpiar las ventanas. Limpie las ventanas exteriores desde el suelo, a menos que haya pasamanos disponibles.

CADA 50 HORAS DE SERVICIO O CADA SEMANA.

Cojinetes del pivote inferior del cucharón – Lubricar.

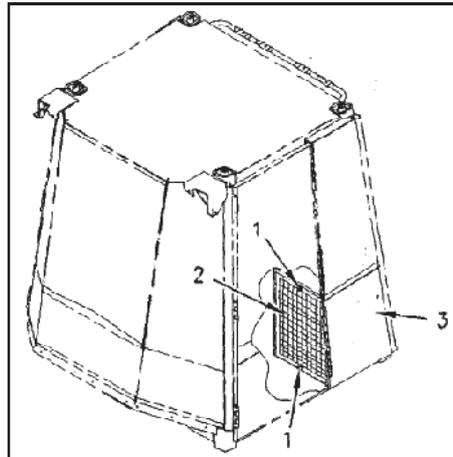


Limpie todas las conexiones de engrase antes de aplicar lubricante.

Lubrique a través de una conexión de engrase en cada lado de la máquina.

Filtro de aire de la cabina – Limpiar / Reemplazar.

Nota: Si la máquina opera en condiciones de mucho polvo, limpie los filtros del aire de la cabina con frecuencia.

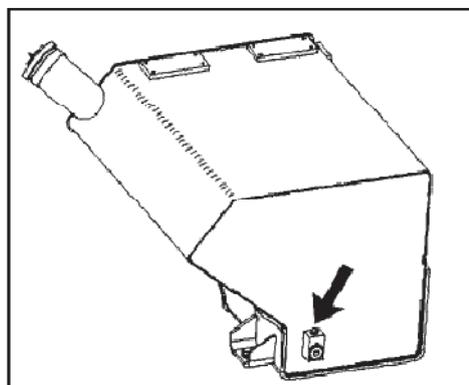


1. Quite la tapa del filtro que está detrás del asiento. Se utilizan dos perillas roscadas (1) para quitar la tapa. Saque el elemento del filtro (2).
2. Abra la puerta de acceso (3) en el lado izquierdo de la cabina. Saque el elemento del filtro.
3. Limpie 105 elementos del filtró con aire comprimido o lávelos con agua templada y un detergente casero que no forme espuma.
4. Si se utilizan agua y detergente para limpiar los elementos del filtro, enjuague dichos elementos en agua limpia y déjelos secar al aire completamente.

Nota: Si cualquiera de los elementos del filtro está dañado, instale un elemento del filtro nuevo.

5. Instale los elementos del filtro. Instale la tapa del filtro y cierre la puerta de acceso.

Agua y sedimentos del tanque de combustible – Drenar.

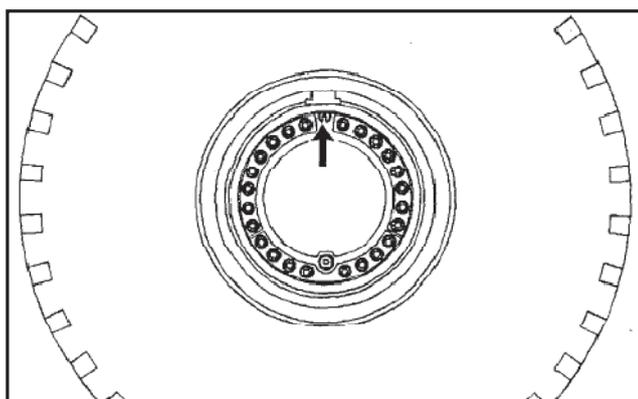


La válvula de drenaje está situada debajo del tanque de combustible.

1. Abra la válvula del drenaje y deje que el agua y el sedimento drenen en un recipiente adecuado.
2. Cierre la válvula del drenaje.

Nota: Si en los intervalos semanales de mantenimiento encuentra agua y sedimentos regularmente, drene el sedimento diariamente.

Inflado de los neumáticos – Comprobar.



Obtenga siempre las presiones apropiadas para inflado de los neumáticos y las recomendaciones de mantenimiento de los neumáticos de su máquina de su proveedor de neumáticos. Mida la presión en cada neumático.

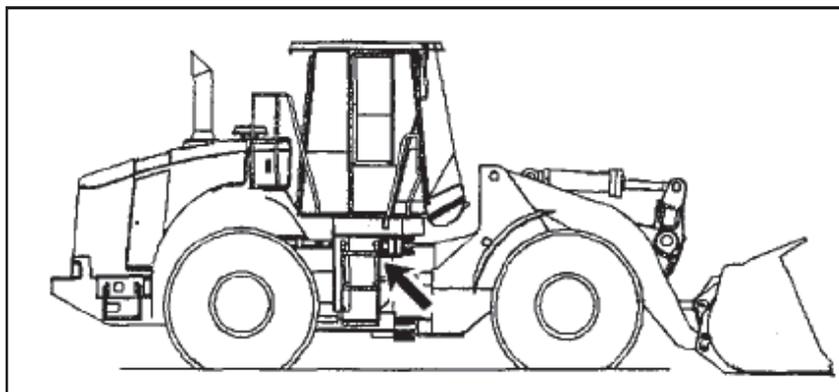
Infle los neumáticos con nitrógeno, si es necesario.

CADA 100 HORAS DE SERVICIO.

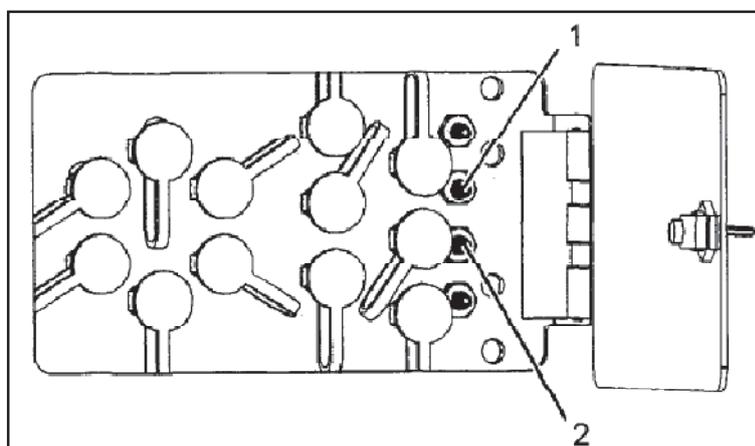
Cojinetes de oscilación del eje – Lubricar.

ADVERTENCIA

Peligro de aplastamiento. Asegúrese de que el interruptor de arranque de la máquina esté en la posición DESCONECTADA y de que el freno de estacionamiento esté conectado antes de entrar en el área de articulación. Si no lo hace así, podría sufrir lesiones graves y mortales.



Abra el panel de acceso en el lado derecho de la máquina delante de los escalones,



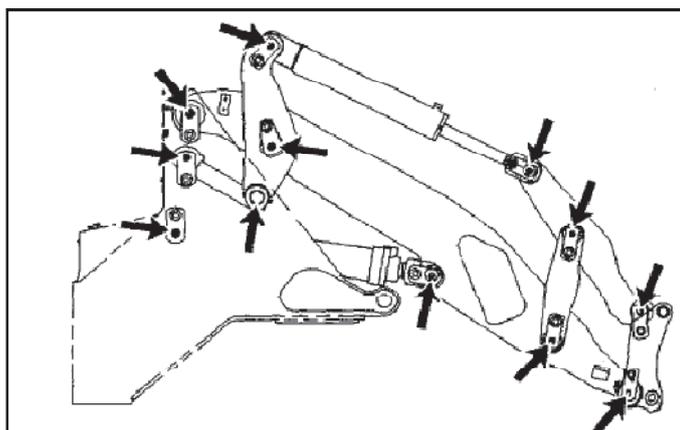
Limpie todas las conexiones de engrase antes de lubricar. La conexión de engrase (1) lubricará el cojinete de pivote del eje que está en la parte delantera del eje trasero. La conexión de engrase (2) lubricará el cojinete del pivote del eje que está en la parte trasera del eje trasero.

Nota: Se recomienda el uso de Grasa de molibdeno 5P-0960. Se puede usar la Grasa de uso múltiple 1P-OaOa.

Articulación del cucharón y cojinetes del cilindro cargador – Lubricar.

Portaherramientas Integral

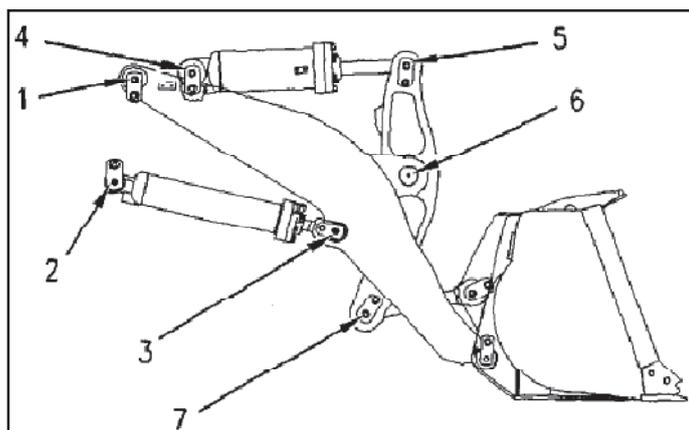
Limpie todas las conexiones de engrase antes de aplicar lubricante.



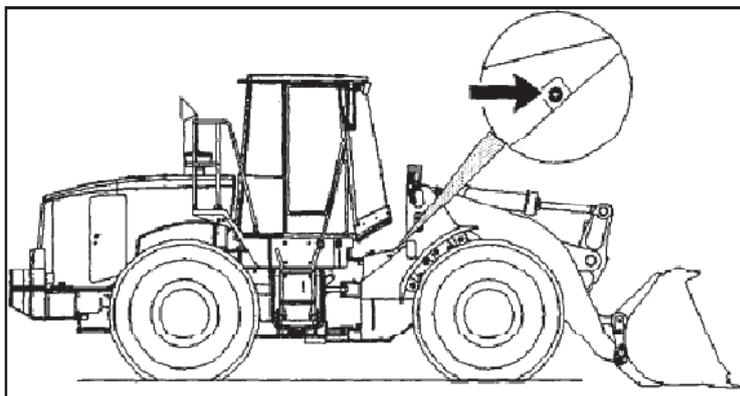
Aplique el lubricante a través de las doce conexiones de engrase en cada lado de la máquina. Hay un total de 24 conexiones de engrase.

Cargador de Ruedas

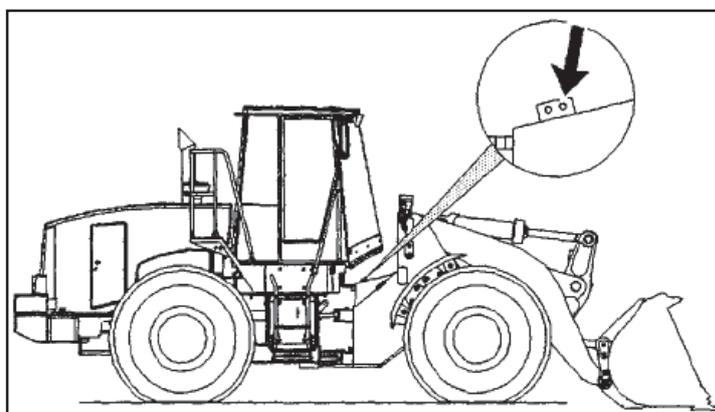
Limpie todas las conexiones de engrase antes de aplicar lubricante.



Aplique el lubricante a través de las conexiones de engrase (2) y (3) en ambos cilindros de levantamiento. Aplique lubricante a través de las conexiones de engrase (5), (6) y (7).

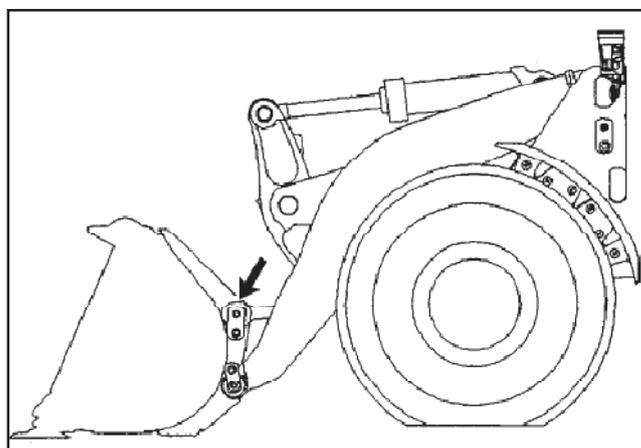


Para la unión de pasador (1), aplique el lubricante a través de una conexión de engrase remota en cada lado de la máquina.



Para la unión de pasador (4), aplique el lubricante a través de una conexión de engrase a distancia, en el lado derecho de la máquina. Utilice la conexión de engrase que está hacia la parte delantera de la máquina.

Cojinetes del pivote superior del cucharón – Lubricar.



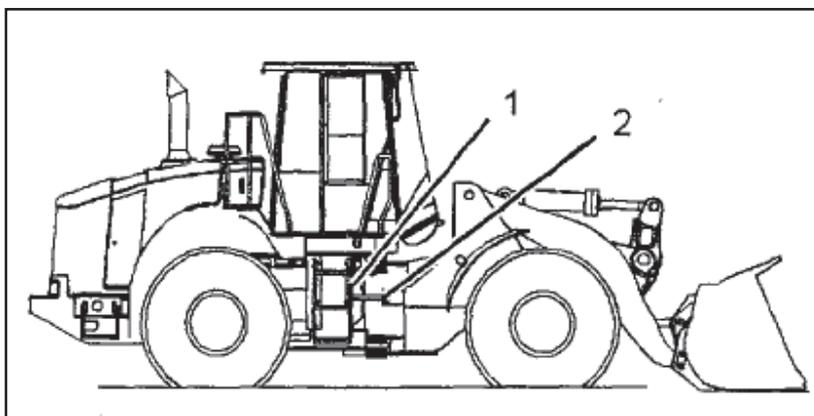
Limpie la conexión de engrase antes de aplicar lubricante.

Aplice lubricante a través de la conexión de engrase.

Cojinetes del cilindro de dirección – Lubricar.

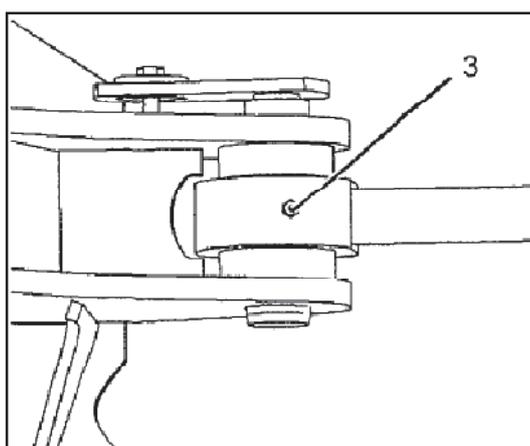
ADVERTENCIA

Peligro de aplastamiento. Asegúrese de que el interruptor de arranque de la máquina esté en la posición DESCONECTADA y de que el freno de estacionamiento esté conectado antes de entrar en el área de articulación. Si no lo hace así, podría sufrir lesiones graves y mortales.

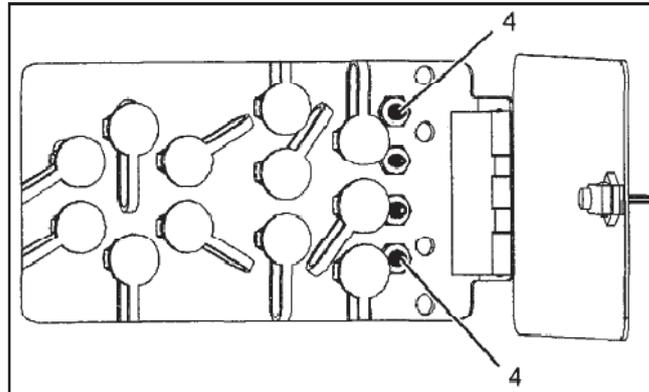


(1) Ubicación de las conexiones de engrase para los extremos de varilla.

(2) Ubicación de las conexiones de engrase remotas para los extremos de cabeza



Ubicación de las conexiones de engrase para los extremos de varilla (ambos lados)



Ubicación de las conexiones de engrase remotas para los extremos de varilla

Limpie las conexiones de engrase antes de aplicar el lubricante. El extremo de varilla de 105 cilindros de la dirección se lubrica usando las conexiones de engrase normales (3).

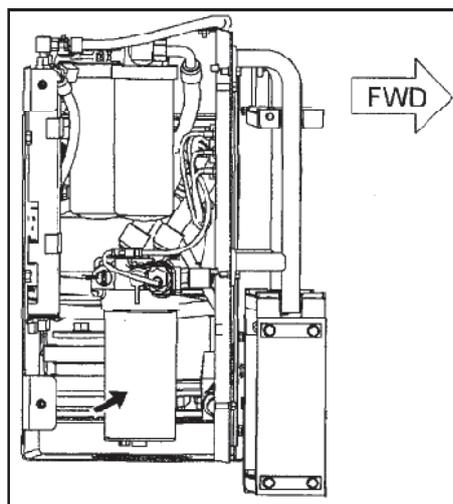
Los extremos de cabeza de 105 cilindros de la dirección se lubrican usando las conexiones de engrase remotas (4) que están ubicadas en el lado derecho de la máquina delante de 105 escalones.

CADA 250 HORAS DE SERVICIO.

Filtro de aceite de la transmisión – Reemplazar.

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

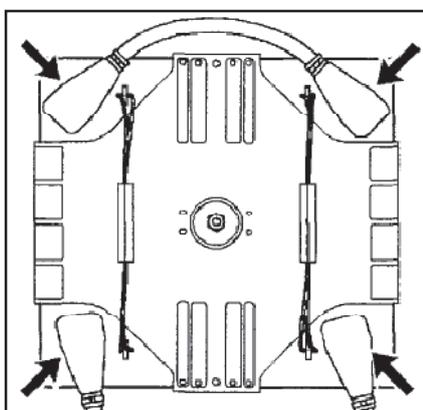
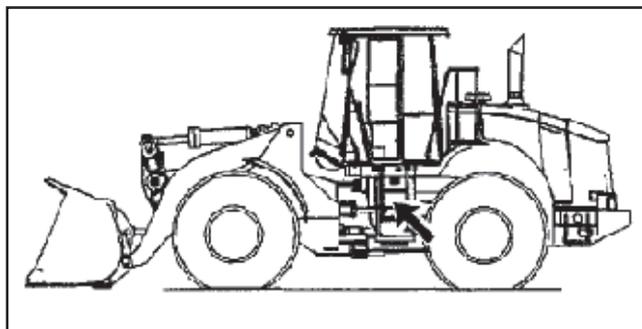
Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.



El filtro de aceite de la transmisión está ubicado en el lado derecho de la máquina debajo de la plataforma.

1. Opere la máquina para calentar el aceite. Estacione la máquina en un terreno horizontal. Baje el cucharón hasta el suelo y aplique una ligera presión hacia abajo.
2. Conecte el freno de estacionamiento y pare el motor.
3. Abra el panel de acceso.
4. Saque el tapón de drenaje de la caja del filtro y deje que el aceite drene en un recipiente adecuado.
5. Utilice una llave de banda para quitar la caja del filtro.
6. Quite el elemento de filtro usado. Deseche el elemento de filtro usado de manera adecuada.
7. Limpie la caja del filtro y la base de la caja del filtro con un disolvente limpio, no inflamable.
8. Inspeccione el sello de la caja del filtro. Reemplace el sello si está dañado.
9. Instale un elemento nuevo de filtro en la caja del filtro de la transmisión. Limpie el tapón de drenaje de la caja del filtro e instálolo.
10. Arranque el motor. Opere lentamente los controles de la transmisión para hacer circular el aceite de la transmisión. Compruebe para detectar si hay fugas de aceite en la máquina.
11. Verifique el nivel del aceite de la transmisión.

Batería – Limpiar.



Abra el compartimiento de las baterías en el lado izquierdo de la máquina debajo de la plataforma.

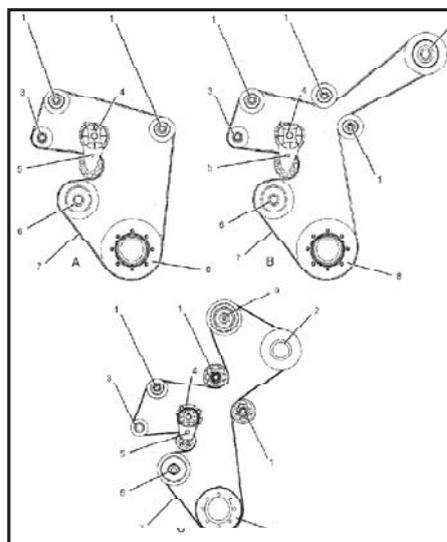
Quite el sujetador de las baterías.

Limpie los bornes de las baterías y las superficies de las baterías con un trapo limpio. Cubra los bornes de las baterías con gelatina de petróleo. Asegúrese de que los cables de las baterías estén firmemente instalados.

Vuelva a instalar el sujetador de las baterías.

Correa – Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar.

Su máquina está equipada con una sola correa en forma de serpentín. Pare el motor. Abra el capó trasero. La correa está ubicada en la parte trasera del motor. Inspeccione el estado de la correa. Reemplace la correa si está desgastada o deshilachada.

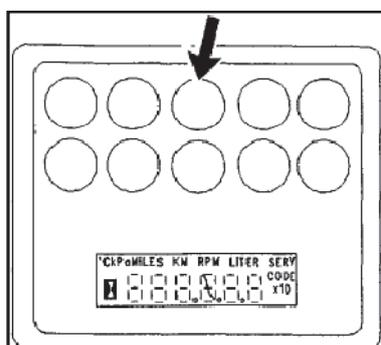


- | | |
|--------------------------|---|
| (1) Polea loca | (6) Bomba de agua |
| (2) Compresor (si tiene) | (7) Correa de serpentin |
| (3) Alternador | (8) Polea del cigüeñal |
| (4) Tensor | (9) Bomba de enfriamiento del aceite del eje (si tiene) |
| (5) Agujero cuadrado | |

Un tensor (4) mantiene la tensión correcta de la correa (7). Introduzca un trinquete con un impulsor cuadrado en el agujero (5). Gire el tensor hacia la izquierda para aliviar la tensión en la correa. Quite la correa.

Instale la correa nueva. Asegúrese de que la correa nueva esté colocada correctamente, como se muestra. La vista (A) representa las máquinas que no están equipadas con un acondicionador de aire. La vista (B) representa las máquinas que están equipadas con un acondicionador de aire. La vista (C) representa las máquinas equipadas con acondicionador de aire y bomba de enfriamiento del aceite del eje. Gire el tensor hacia la izquierda para instalar la correa nueva. Suelte el tensor cuando la correa nueva esté instalada. Se aplicará automáticamente la tensión correcta.

Acumulador de freno – Comprobar.

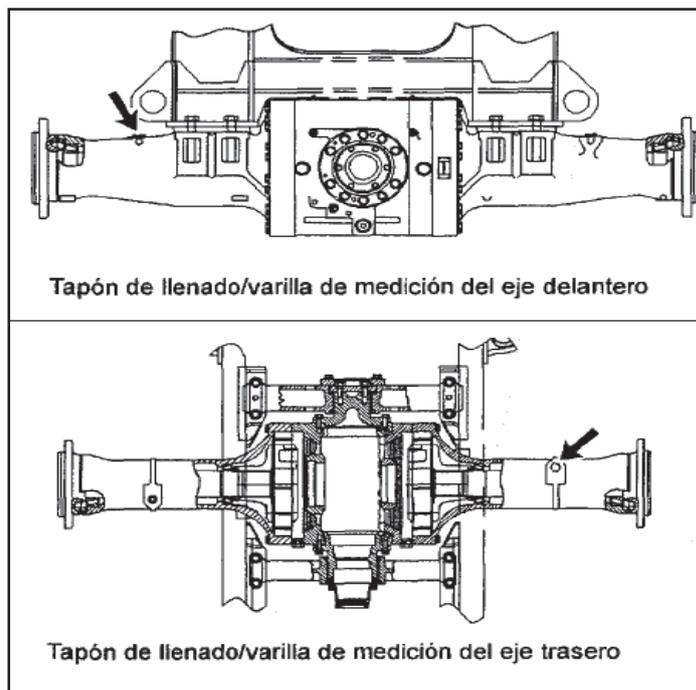


1. Gire el interruptor de arranque del motor a la posición **CONECTADA**. Si el sistema de frenado no está a la presión de funcionamiento normal, se debe encender el indicador de alerta de la presión del aceite del freno.
2. Arranque el motor. Haga funcionar el motor a media velocidad durante dos minutos para aumentar la presión del acumulador. Se debe apagar el indicador de alerta de la presión del aceite del freno.
3. Pare el motor. Conecte y desconecte el pedal del freno de servicio hasta que se encienda el indicador de alerta de la presión del aceite del freno. Esto disminuirá la presión del acumulador. Es necesario pisar el pedal del freno de servicio al menos cinco veces
4. Si el indicador de alerta se enciende después de aplicar el freno menos de cinco veces, mida la presión de precarga del acumulador. Un distribuidor autorizado de Caterpillar le puede medir la presión del nitrógeno del acumulador. Utilice solamente nitrógeno seco para cargar el acumulador.

Sistema de frenos – Probar.

Para comprobar el sistema de frenos, vea en el Manual de Servicio Pruebas y ajustes del sistema de frenos para su máquina o consulte a su distribuidor Caterpillar.

Nivel de aceite del diferencial y mandos finales – Comprobar.



Nota: Antes de medir el nivel de aceite, haga) funcionar la máquina durante varios minutos para estabilizar el nivel de aceite.

1. Estacione la máquina sobre terreno horizontal. Baje el cucharón y aplique una ligera presión hacia abajo. Conecte el freno de estacionamiento. Pare el motor.
2. Quite el tapón de llenado/varilla de medición. Quite el medidor de nivel con un paño limpio y reinserte el tapón. Esto asegurará una medición más precisa del nivel de aceite.

Nota: Asegúrese de que el tapón esté completamente instalado antes de comprobar el nivel del aceite. Si el tapón no está completamente instalado, puede ocurrir una lectura del nivel de aceite incorrecta.

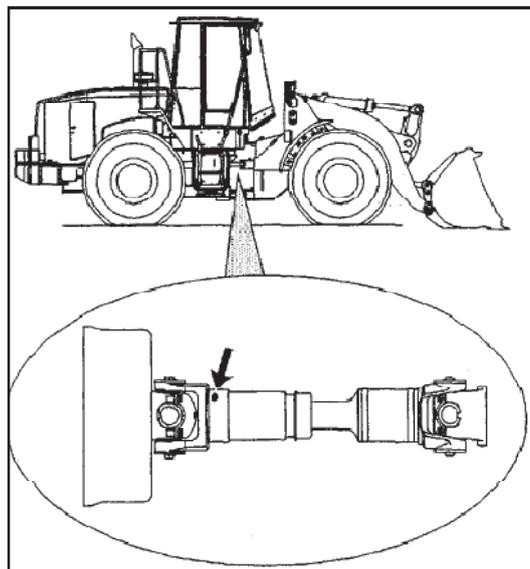
3. Quite otra vez el tapón de llenado/varilla de medición y verifique el nivel del aceite. Mantenga el nivel del aceite entre la marca ADD (Añadir) y la marca FULL (Lleno). Si es necesario, añada aceite.
4. Limpie el tapón e instálelo.
5. Repita los pasos 2 a 4 para el eje trasero.

Estrías del eje motriz (de centro) – Lubricar.

Nota: Para obtener un mejor acceso a la conexión de engrase, articule la máquina hacia la derecha o hacia la izquierda. Como no se puede conectar la traba del bastidor de la dirección en este caso, quite la llave del interruptor de arranque del motor y gire el interruptor general a la posición DESCONECTADA.

Limpie la conexión de engrase antes de aplicar cualquier lubricante.

Aplique el lubricante a través de la conexión de engrase de la estría del eje motriz central.



Aceite y filtro aceite del motor – Cambiar.

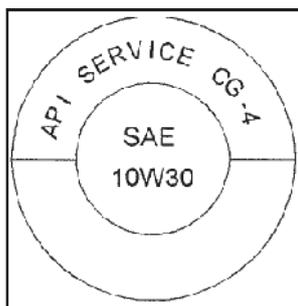
Se puede utilizar un intervalo de 500 horas para cambiar el aceite del motor siempre que se cumplan las condiciones de operación y se utilicen los tipos de aceite multigrado recomendados. Si no se cumplen esos requisitos, reduzca el intervalo de cambio de aceite a 250 horas o use un programa SOS de muestreo y análisis de aceite para determinar el intervalo, de cambio de aceite aceptable para su máquina.

Si selecciona un intervalo demasiado largo para cambiar el aceite y los filtros, podrá causar daños al motor.

Se recomiendan los filtros de aceite Caterpillar.

Los tipos de aceite multigrado recomendados se indican en las tablas. No utilice aceites monogrado.

Los ciclos de operación anormalmente rigurosos o las condiciones ambientales difíciles pueden acortar la vida útil del aceite del motor. Las temperaturas árticas, los ambientes corrosivos o las condiciones extremadamente polvorosas pueden requerir una reducción en el intervalo entre cambios de aceite del motor en comparación con las recomendaciones de las tablas.



Cargador de Ruedas 950H				
Intervalo de cambio de aceite del motor⁽¹⁾				
Tipo de aceite multigrado	Condiciones de operación			
	Normal⁽²⁾	Factor alto de carga⁽³⁾ por encima de 23 L (6 gal. EE.UU.) de combustible por hora	Severa	
			Azufre en el combustible desde un 0,3% a un 0,5%⁽⁴⁾	Altitud por encima de 1,830 m (6,000 pies)
DEO Cat Preferido	500 horas	500 horas	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾
ECF-1 11,0 mínimo NBT⁽⁴⁾ Preferido	500 horas	500 horas	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾
ECF-1 NBT⁽⁴⁾ por debajo de 11,0	500 horas	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾	250 horas ⁽⁵⁾
CG-4 API	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾	250 horas ⁽⁵⁾	250 horas ⁽⁵⁾

(1) El intervalo tradicional de cambios de aceite para motores es de 250 horas. El intervalo estándar de cambios de aceite para esta máquina es de 500 horas, si se cumplen las condiciones de operación y se utilizan los tipos de aceite recomendados que se indican en esta tabla. Las mejoras hechas al motor permiten este intervalo de cambios de aceite del motor. Este nuevo intervalo no está permitido como estándar para otras máquinas. Vea más información sobre otras máquinas en los Manuales de Operación y Mantenimiento correspondientes.

(2) Las condiciones normales incluyen estos factores: azufre en el combustible por debajo de un 0,3%, altitud por debajo de 1.830 m (6.000 pies) y buen mantenimiento del filtro

de aire y del filtro de combustible. Las condiciones normales no incluyen factor alto de carga, ciclos abrasivos de operación o ambientes abrasivos.

(3) Los factores de carga altos pueden acortar la vida útil del aceite del motor. Los ciclos continuos con carga pesada y poco tiempo de operación en vacío aumentan el consumo de combustible y la contaminación del aceite. Estos factores agotan más rápidamente los aditivos del aceite. Si el consumo promedio de combustible del Cargador de Ruedas 950H excede 23 L (6 galones EE.UU.) por hora, siga las recomendaciones de la columna "Factor alto de carga" en la tabla. Para determinar el consumo promedio de combustible, mida el consumo de combustible durante un periodo de 50 a 100 horas. Si se cambia la aplicación de la máquina, el consumo promedio de combustible puede cambiar.

(4) Para un contenido de azufre por encima de 0,5% vea la Publicación Especial, SEBU6250, "Número de Base Total (NBT) y niveles de azufre en el combustible para motores diesel de inyección directa (DI)".

(5) Para verificar un intervalo de cambios de aceite de 500 horas, vea el "Programa A" a continuación.

(6) Use el "Programa B" para determinar un intervalo apropiado.

Cargador de Ruedas 962H Portaherramientas Integral IT62H Intervalo de cambio de aceite del motor⁽¹⁾				
Tipo de aceite multigrado	Condiciones de operación			
	Normal⁽²⁾	Factor alto de carga⁽³⁾ por encima de 25 L (6,5 gal. EE.UU.) de combustible por hora	Severa	
			Azufre en el combustible desde un 0,3% a un 0,5% ⁽⁴⁾	Altitud por encima de 1,830 m (6,000 pies)
DEO Cat Preferido	500 horas	500 horas	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾
ECF-1 11,0 mínimo NBT ⁽⁴⁾ Preferido	500 horas	500 horas	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾
ECF-1 NBT ⁽⁴⁾ por debajo de 11,0	500 horas	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾	250 horas ⁽⁵⁾
CG-4 API	500 horas	250 horas ⁽⁵⁾	250 horas ⁽⁵⁾	250 horas ⁽⁵⁾

(1) El intervalo tradicional de cambios de aceite para motores es de 250 horas. El intervalo estándar de cambios de aceite para esta máquina es de 500 horas, si se cumplen las condiciones de operación y se utilizan los tipos de aceite recomendados que se indican en esta tabla. Las mejoras hechas al motor permiten este intervalo de cambios de aceite del motor. Este nuevo intervalo no está permitido como estándar para otras máquinas. Vea más información sobre otras máquinas en los Manuales de Operación y Mantenimiento correspondientes.

(2) Las condiciones normales incluyen estos factores: azufre en el combustible por debajo de un 0,3%, Altitud por debajo de 1.830 m (6.000 pies) y buen mantenimiento del filtro de aire y del filtro de combustible. Las condiciones normales no incluyen factor alto de carga, ciclos abrasivos de operación o ambientes abrasivos.

(3) Los factores de carga altos pueden acortar la vida útil del aceite del motor. Los ciclos continuos con carga pesada y poco tiempo de operación en vacío aumentan el consumo de combustible y la contaminación del aceite. Estos factores agotan más rápidamente los aditivos del aceite. Si el consumo promedio de combustible del Cargador de Ruedas 962H

excede 25 L (6,5 galones EE.UU.) por hora, siga las recomendaciones de la columna "Factor alto de carga" en la tabla. Para determinar el consumo promedio de combustible, mida el consumo de combustible durante un período de 50 a 100 horas. Si se cambia la aplicación de la máquina, el consumo promedio de combustible puede cambiar.

(4) Vea contenido de azufre por encima de 0,5% en la Publicación Especial, SEBU6250, "Número de base total (NBT) y niveles de azufre en el combustible para motores diesel de inyección directa (DI)".

(5) Para verificar un intervalo de cambios de aceite de 500 horas, vea el "Programa A" a continuación.

(6) Use el "Programa B" para determinar un intervalo apropiado.

Ajuste del intervalo de cambio de aceite Nota: Su distribuidor Caterpillar tiene información adicional sobre estos programas.

Programa A:

Verificación de un intervalo de cambio de aceite de 500 horas Este programa consta de tres intervalos de cambios de aceite de 500 horas. El muestreo y el análisis del aceite se hacen en intervalos de 250 horas y 500 horas, para cada uno de los tres intervalos, lo que da un total de seis muestras de aceite. El análisis incluye la viscosidad del aceite y el análisis infrarrojo del aceite. Si todos los resultados son aceptables, el intervalo de cambios de aceite de 500 horas es aceptable para la máquina utilizada en esa aplicación. Repita el Programa A si cambia la aplicación de la máquina. Si una muestra no pasa el análisis del aceite, tome una de las medidas que se indican a continuación:

- Acorte el intervalo de cambios de aceite a 250 horas.
- Continúe con el Programa B.
- Cambie a un tipo de aceite preferido de las tablas.

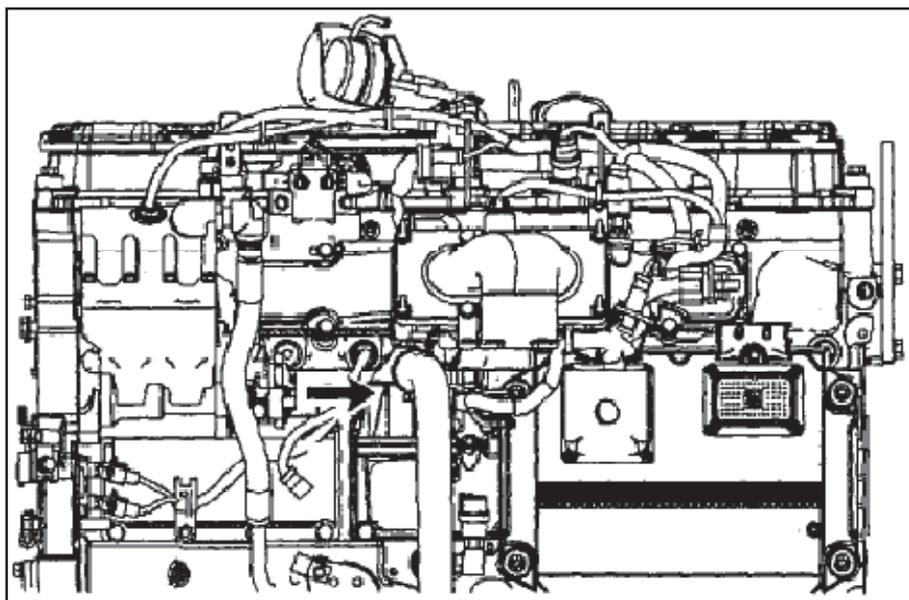
Programa B:

Optimización de los intervalos de cambios de aceite Comience con un intervalo de cambios de aceite de 250 horas. Los intervalos de cambios de aceite se ajustan por incrementos. Cada intervalo se ajusta agregando 50 horas adicionales. El muestreo y análisis programado del aceite se hace durante cada intervalo. El análisis incluye la viscosidad del aceite y el análisis infrarrojo del aceite. Repita el Programa B si cambia la aplicación de la máquina. Si una muestra de aceite no pasa el análisis, acorte el intervalo de cambios de aceite o cambie a un tipo de aceite multigrado preferido que esté indicado en la lista anterior.

CADA 500 HORAS DE SERVICIO.

Respiradero del cárter – Limpiar.

1. Abra el capó del motor. El respiradero del cárter del motor se encuentra en el lado derecho de la máquina.
2. El respiradero del cárter del motor está ubicado en el lado derecho del motor. Afloje la abrazadera de la manguera de salida y quite la manguera de salida del respiradero.
3. Saque el perno que sujeta el respiradero al motor.
4. Verifique el estado del sello en la tapa del respiradero. Reemplace el sello si está dañado.
5. Lave la tapa del respiradero y el elemento en un disolvente limpio no inflamable.



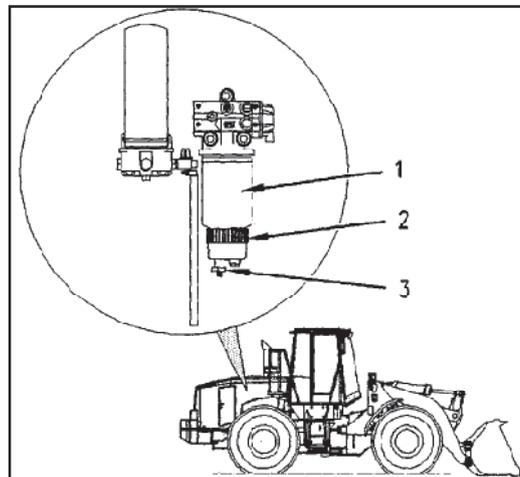
6. Sacuda el elemento para secarlo o utilice aire comprimido para secar el elemento.
7. Inspeccione para ver si hay daños en la manguera de salida. Reemplace la manguera, si es necesario.
8. Instale el respiradero.
9. Instale la manguera de salida y la abrazadera de la manguera.
10. Cierre el capó del motor.

Filtro primario del sistema de combustible – Reemplazar.

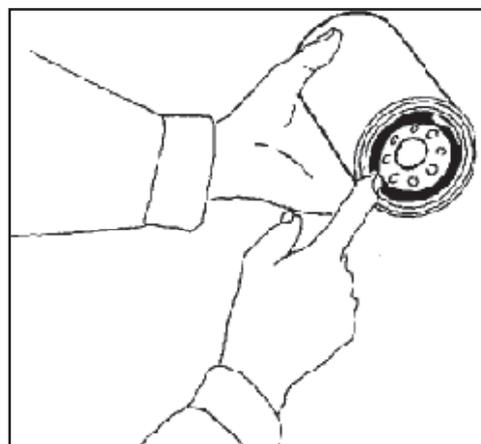
Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

No llene los filtros de combustible con combustible antes de instalarlos. El combustible contaminado puede causar el desgaste acelerado de los componentes del sistema de combustible. Debe cebarse el sistema antes de arrancar el motor.



1. Abra el capó del motor. El filtro primario del combustible se encuentra en el lado derecho de la máquina.
2. Abra la válvula de drenaje (3) en la parte inferior de la taza del separador de agua (2). Deje que el agua y el combustible drenen en un recipiente adecuado.



3. Sujete la taza de sedimentos y gire el anillo de retención (2) hacia la izquierda. Quite la taza de sedimentos. Limpie la taza del separador de agua y la ranura del sello anular.

Nota: La taza del separador de agua se puede reutilizar. No deseche la taza.

4. Utilice una llave de banda para quitar el elemento del separador de agua (1) de la base de montaje.
5. Inspeccione el sello anular de la taza del separador de agua. Reemplace el sello anular si es necesario.
6. Lubrique el sello anular con combustible diesel limpio. Coloque el sello anular en la taza del separador de agua.
7. Instale la taza de sedimentos en el elemento de filtro nuevo.
8. Aplique una capa delgada de combustible diesel limpio en el sello del elemento de filtro nuevo.
9. Instale el elemento de filtro nuevo con la mano hasta que el sello del filtro toque la base. Anote la posición de las marcas indicativas en el filtro con relación a un punto fijo en la base del filtro.

Nota: Hay marcas de rotación en el filtro de combustible espaciadas 90 grados o 1/4 de vuelta una de otra. Cuando apriete el filtro de combustible, utilice las marcas de rotación como guía.

10. Apriete el filtro de acuerdo con las instrucciones f Impresas en el filtro. Utilice las marcas de rotación como guía para el apriete. Para los filtros de otras marcas, utilice las instrucciones que se proporcionan con el filtro.

Nota: Puede ser necesario el uso de una llave de banda Caterpillar o alguna otra herramienta adecuada para hacer girar el filtro la cantidad de vueltas necesarias para su instalación final. Asegúrese de que la herramienta de instalación no dañe el filtro.

11. Cierre la válvula de drenaje (3).

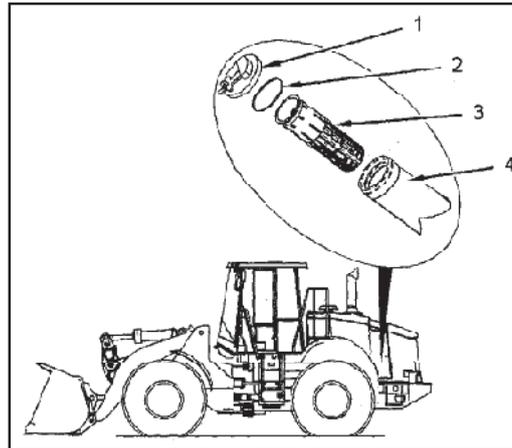
Nota: El elemento del separador de agua está bajo succión durante la operación normal del motor. Apriete firmemente la válvula de drenaje para impedir la entrada de aire en el sistema de combustible.

12. Cebe el sistema de combustible para llenar el elemento del separador de agua con combustible.

13. Cierre el capó del motor.

Tapa y colador del tanque de combustible – Limpiar.

Pare el motor. Abra la puerta de acceso del lado izquierdo de la máquina.

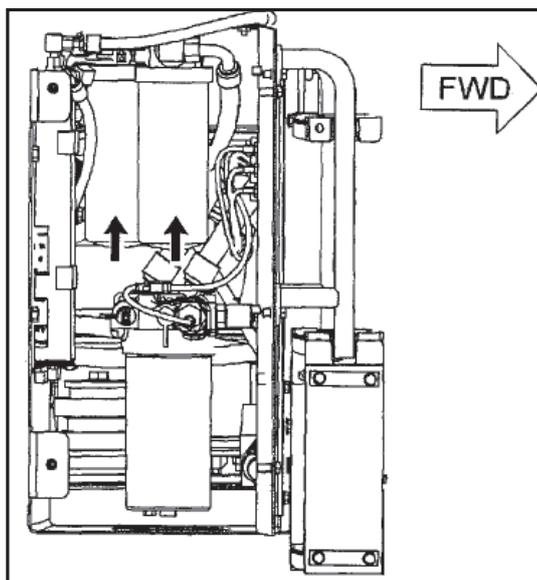


1. Quite la tapa del tanque de combustible (1) y el colador (3) del tanque de combustible (4). Quite el sello (2) de la tapa.
2. Lave el colador y la tapa del tanque de combustible con un disolvente limpio no inflamable.
3. Instale el colador en la abertura de llenado.
4. Inspeccione para ver si hay daños en el sello. De ser necesario, reemplace el sello. Instale la tapa del tanque de combustible.

Elemento del filtro de aceite biodegradable del sistema hidráulico – Reemplazar.

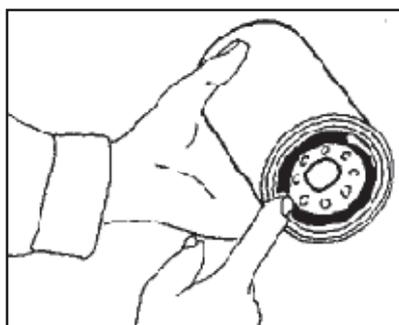
Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.



Los filtros del aceite hidráulico están ubicados en el lado derecho de la máquina debajo de la plataforma. Hay dos filtros de aceite hidráulico. Ambos filtros se deben reemplazar durante este procedimiento.

1. Use una llave de banda para sacar los elementos de filtro. Deseche los elementos de filtro usados de manera adecuada.
2. Limpie las bases de montaje del filtro. Asegúrese de que se quiten completamente todos los sellos usados.
3. Aplique un poco de aceite hidráulico limpio en los sellos de los filtros nuevos. Instale cada filtro de aceite hidráulico nuevo con la mano hasta que los sellos de los filtros toquen la base respectiva. Observe la posición de las marcas de rotación en cada filtro con relación a un punto fijo en la base del filtro.

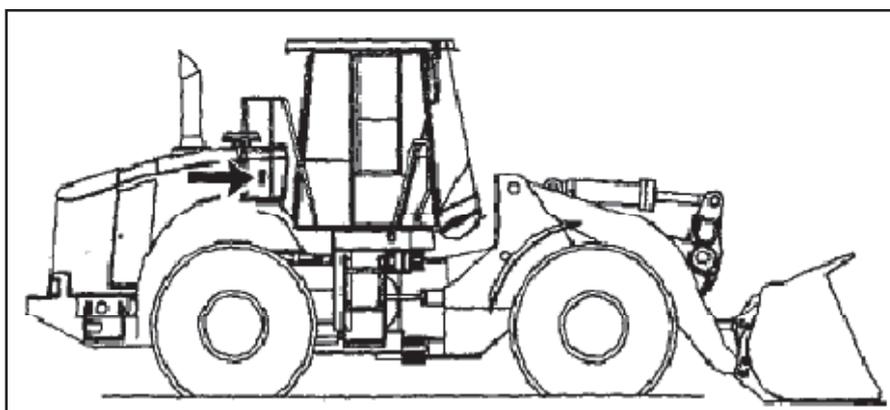


Nota: Hay marcas de rotación en cada filtro de aceite hidráulico espaciadas 90 grados o 1/4 o de vuelta entre sí. Cuando apriete los filtros de aceite hidráulico, use las marcas de rotación como guía.

4. Apriete cada filtro de acuerdo con las instrucciones impresas en el filtro. Utilice las marcas de rotación como guía para el apriete. Para los filtros de otras marcas, utilice las instrucciones que se proporcionan con el filtro.

Nota: Puede ser necesario utilizar una llave de correa Caterpillar u otra herramienta adecuada para hacer girar los filtros la cantidad de vueltas que sean necesarias para la instalación final. Asegúrese de que la herramienta de instalación no dañe los filtros.

5. Arranque el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío. Inspeccione el sistema hidráulico para ver si hay fugas.



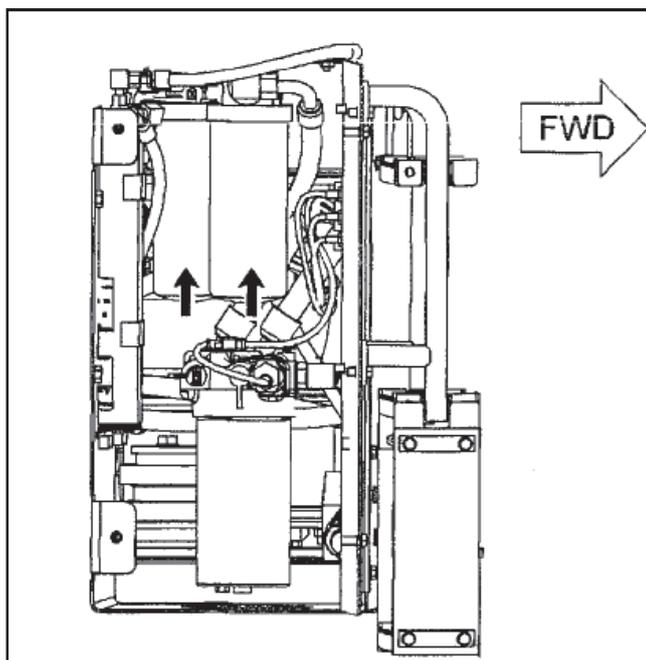
6. Mantenga el nivel del aceite por encima de la marca "ADD COLD" (añada frío) en la mirilla indicadora. Añada aceite hidráulico, si es necesario.

Filtro de aceite del sistema hidráulico – Reemplazar.

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Vea la Publicación Especial, NENG2500, "Guía de herramientas y productos de taller Caterpillar" para obtener información sobre las herramientas y suministros adecuados para recoger y contener fluidos de los productos Caterpillar.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.



Los filtros del aceite hidráulico están ubicados en el lado derecho de la máquina debajo de la plataforma. Hay dos filtros de aceite hidráulico. Ambos filtros se deben reemplazar durante este procedimiento.

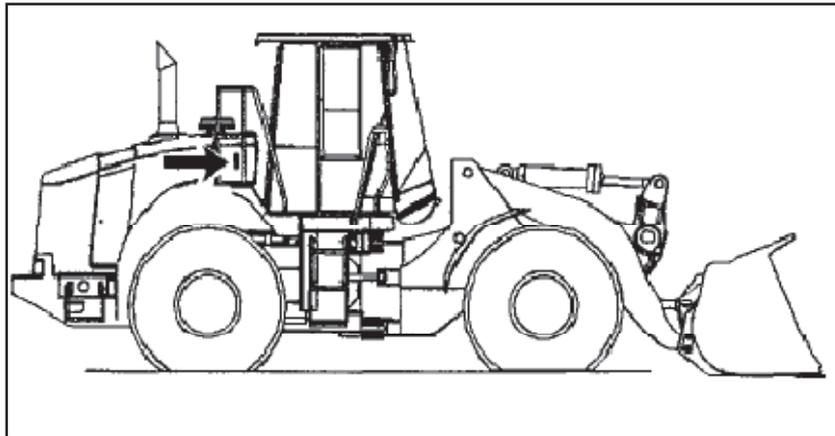
1. Use una llave de banda para sacar los elementos de filtro. Deseche los elementos de filtro usados de manera adecuada.
2. Limpie las bases de montaje del filtro. Asegúrese de que se quiten completamente todos los sellos usados.
3. Aplique un poco de aceite hidráulico limpio en los sellos de los filtros nuevos. Instale cada filtro de aceite hidráulico nuevo con la mano hasta que los sellos de los filtros toquen las bases. Observe la posición de las marcas de rotación en cada filtro con relación a un punto fijo en la base del filtro.

Nota: Hay marcas de rotación en cada filtro de aceite hidráulico separadas 90 grados o 1/4 de vuelta entre sí. Cuando apriete los filtros de aceite hidráulico, use las marcas de rotación como guía.

4. Apriete cada filtro de acuerdo con las instrucciones impresas en el filtro. Utilice las marcas de rotación como guía para el apriete. Para los filtros de otras marcas, utilice las instrucciones que se proporcionan con el filtro.

Nota: Puede ser necesario utilizar una llave de correa Caterpillar u otra herramienta adecuada para hacer girar los filtros la cantidad de vueltas que sean necesarias para la instalación final. Asegúrese de que la herramienta de instalación no dañe los filtros.

5. Arranque el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío. Inspeccione el sistema hidráulico para ver si hay fugas.



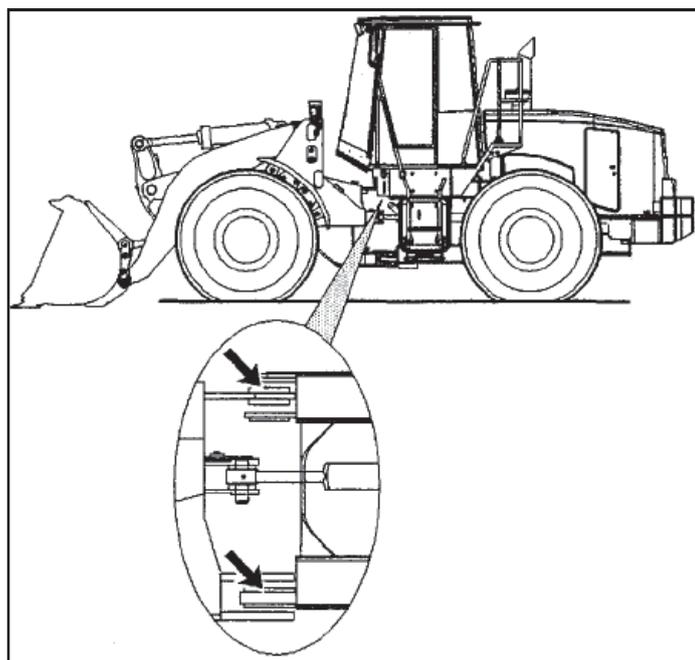
6. Mantenga el nivel del aceite por encima de la marca "ADD COLD" (añada frío) en la mirilla indicadora. Añada aceite hidráulico, si es necesario.

CADA 1000 HORAS DE SERVICIO.

Cojinetes de la articulación – Lubricar.

ADVERTENCIA

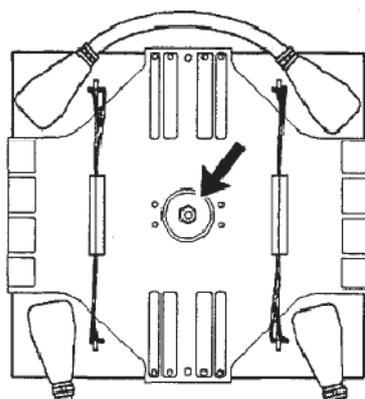
Peligro de aplastamiento. Asegúrese de que el interruptor de arranque de la máquina esté en la posición DESCONECTADA y de que el freno de estacionamiento esté conectado antes de entrar en el área de articulación. Si no lo hace así, podría sufrir lesiones graves y mortales.



Limpie todas las conexiones de engrase antes de aplicar el lubricante.

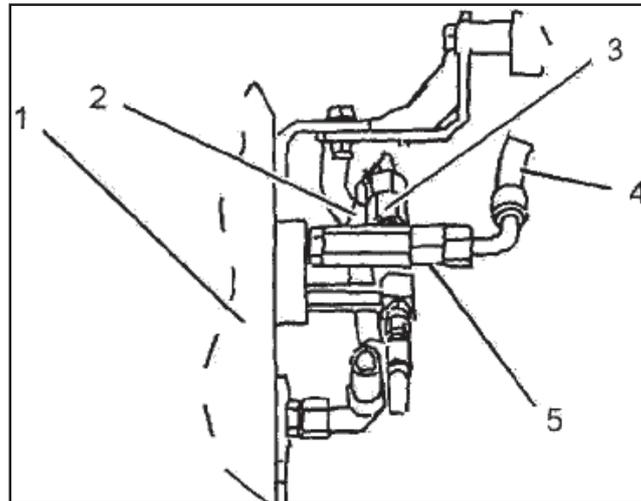
Aplique lubricante a través de una conexión de engrase en el enganche superior y a través de una conexión de engrase en el enganche inferior.

Sujetador de la batería – Apretar.



Abra el compartimiento de las baterías en el lado izquierdo de la máquina debajo de la plataforma. A medida que pasa el tiempo, las vibraciones de la máquina en funcionamiento pueden causar que los retenes de las baterías se aflojen. Para evitar baterías flojas y la posibilidad de conexiones de cables flojas, apriete la contratuerca en el centro del retén a un par de apriete de 14 ± 3 Nm (10 ± 2 lb-pie).

Rejilla de drenaje de la caja (colador) (Bomba de la dirección, Bomba del ventilador hidráulico, Motor) – Limpiar.



Las rejillas de drenaje de la caja (3) y (5) están ubicadas en las tuberías hidráulicas (2) y (4). Las tuberías hidráulicas (2) y (4) están ubicadas detrás del tanque del aceite hidráulico (1). La tubería hidráulica (2) es el drenaje de la caja para la bomba hidráulica del ventilador. La tubería hidráulica (4) es el drenaje de la caja para la bomba de dirección.

Rejilla de drenaje de la caja (Colador) (Bomba de la dirección, Bomba del ventilador hidráulico, Motor) Limpiar

1. Desconecte la tubería hidráulica (2) del tanque hidráulico (1).
2. Quite la rejilla de drenaje de la caja (3) de la tubería hidráulica (2).
3. Lave la rejilla de drenaje de la caja (3) en un disolvente limpio no inflamable.
4. Seque la rejilla de drenaje de la caja (3) usando aire comprimido.
5. Inspeccione para ver si hay daños en la rejilla de drenaje de la caja (3).

Nota: Si la rejilla de drenaje de la caja (3) está dañada, reemplácela.

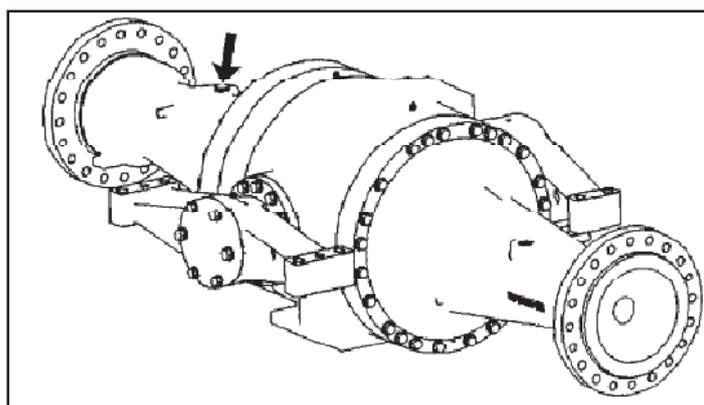
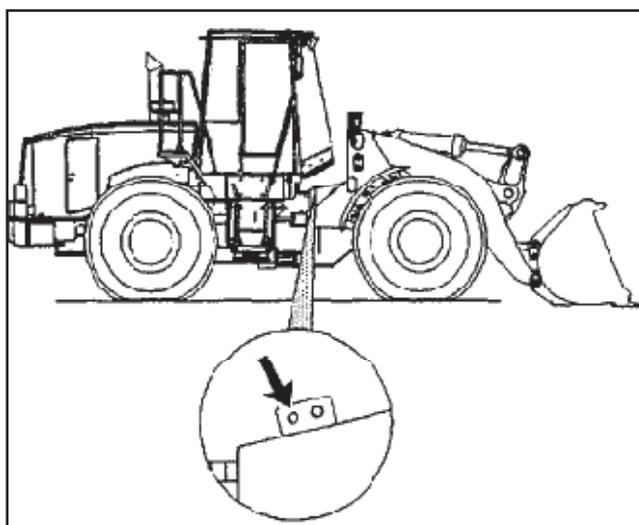
6. Instale la rejilla de drenaje de la caja (3).
7. Conecte la tubería hidráulica (2).
8. Repita los pasos 1 a 7 para la tubería hidráulica (4) y la rejilla de drenaje de la caja (5).

Cojinete de soporte del eje motriz – Lubricar.

ADVERTENCIA

Peligro de aplastamiento. Asegúrese de que el interruptor de arranque de la máquina esté en la posición DESCONECTADA y de que el freno de estacionamiento esté conectado antes de entrar en el área de articulación. Si no lo hace así, podría sufrir lesiones graves y mortales.

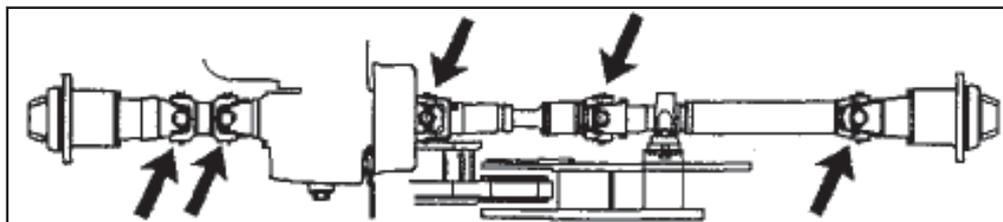
Limpie la conexión de engrase antes de lubricar. Los ejes no están equipados con válvulas de muestreo. Para obtener una muestra de aceite del diferencial y de los mandos finales se necesita una bomba de vacío o equivalente. Extraiga el fluido a través de la abertura de llenado en el lado derecho de cada eje.



Juntas universales del eje motriz – Lubricar.

Nota: Vea si hay juntas universales selladas que no requieren lubricación. Limpie todas las conexiones de engrase antes de aplicar el lubricante.

Aplique lubricante a través de una conexión de engrase en cada junta universal. Hay un total de cinco conexiones de engrase.



Filtro secundario del sistema de combustible – Reemplazar.

ADVERTENCIA

Un incendio puede causar lesiones personales o fatales.

Las fugas de combustible o el combustible derramado sobre superficies calientes o componentes eléctricos pueden causar un incendio.

Limpie todos los Jugares donde se haya derramado o escapado combustible. No fume mientras trabaja en el sistema de combustible.

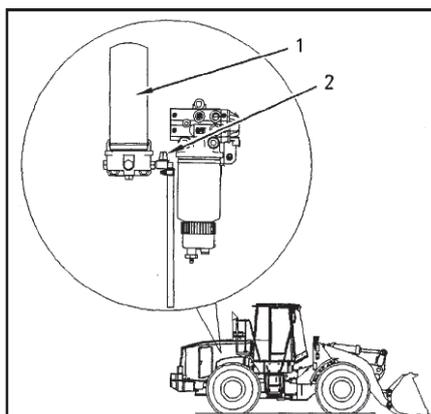
Ponga el interruptor general en la posición DESCONECTADO o desconecte la batería cuando cambie los filtros de combustible.

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

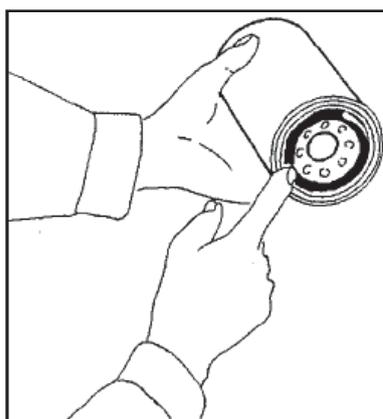
Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

No llene los filtros de combustible con combustible antes de instalarlos. El combustible contaminado causará el desgaste acelerado de las piezas del sistema de combustible.

1. Abra el capó del motor. El filtro secundario del combustible (1) está situado en el lado derecho del motor.
2. El filtro secundario del combustible está en posición invertida. Hay que drenar el filtro apropiadamente antes de quitarlo. Abra la válvula de drenaje (2). Drene el combustible en un recipiente adecuado. Ahora se puede quitar el filtro secundario del combustible.



3. Utilice una llave de banda para quitar el filtro.
4. Corte el filtro abierto e inspeccione el elemento filtrante de combustible para ver si hay basura. Deseche correctamente el elemento filtrante del combustible usado.
5. Limpie la base de montaje del filtro. Asegúrese de extraer todo el sello usado de la base de montaje del filtro.



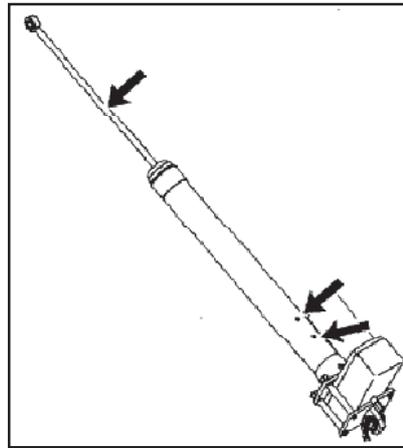
6. Aplique una capa delgada de combustible diesel limpio al sello en el filtro nuevo. Instale a mano un filtro nuevo de combustible hasta que el sello del filtro de combustible haga contacto con la base. Anote la posición de las marcas indicativas en el filtro con relación a un punto fijo en la base del filtro.

Nota: Hay marcas de rotación en el filtro de combustible espaciadas 90 grados o $1/4$ de vuelta una de otra. Cuando apriete el filtro de combustible, utilice las marcas de rotación como guía.

7. Apriete el filtro de acuerdo con las instrucciones impresas en el filtro. Utilice las marcas de rotación como guía para el apriete. Para los filtros de otras marcas, utilice las instrucciones que se proporcionan con el filtro.

8. **Nota:** Puede ser necesario el uso de una llave de banda Caterpillar o alguna otra herramienta adecuada para hacer girar el filtro la cantidad de vueltas necesarias para su instalación final. Asegúrese de que la herramienta de instalación no dañe el filtro.
9. Ceba el sistema de combustible
10. Cierre el capó del motor.

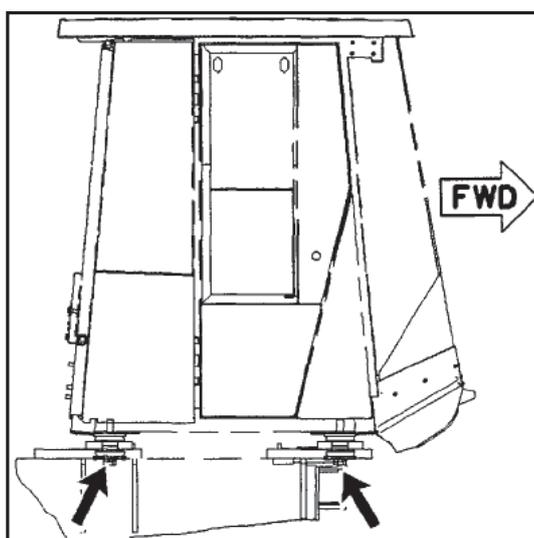
Accionador de inclinación del capó – Lubricar.



El accionador de inclinación del capó está ubicado en el lado derecho de la máquina.

1. Levante el capó del motor para extender el accionador de inclinación del capó.
2. Quite el limpiaparabrisas y lubrique la longitud completa del poste interior con la mano.
3. Limpie las conexiones de engrase antes de lubricar. Aplique lubricante a través de las dos conexiones de engrase en el cilindro. Aplique aproximadamente 15 a 20 disparos de grasa.
4. Cierre el capó del motor.

Estructura de protección contra vuelcos (ROPS) – Inspeccionar.



Inspeccione la ROPS para ver si hay pernos flojos o dañados. Sólo utilice piezas del equipo original para reemplazar los pernos dañados o faltantes. Apriete los cuatro pernos de montaje de la cabina a un par de 850 ± 100 N m (629 ± 74 lb-pie).

Nota: Aplique aceite en todas las roscas del perno antes de instalarlo. Si no se aplica aceite se puede causar un par de apriete incorrecto.

No repare la estructura ROPS soldando planchas de refuerzo en la misma. Consulte a su distribuidor Caterpillar sobre la reparación de grietas en cualquier soldadura, pieza de fundición o sección de metal de la estructura ROPS.

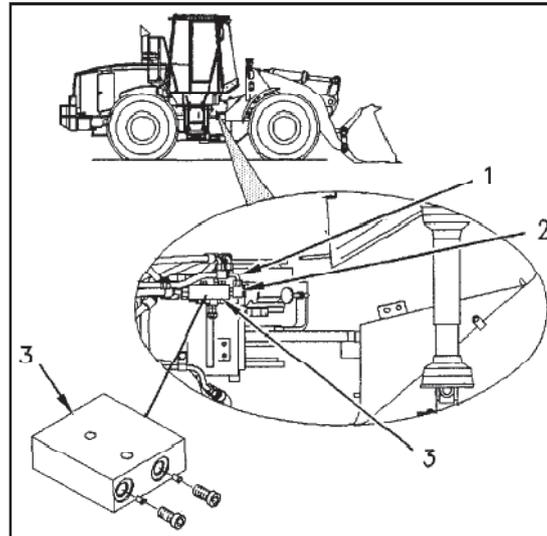
Rejilla del aceite de la dirección piloto (Dirección con Command Control) – Limpiar / Reemplazar.

ADVERTENCIA

Pueden ocurrir lesiones personales al trabajar con disolventes de limpieza.

Debido a la característica volátil de muchos disolventes de limpieza, se debe tener muchísimo cuidado cuando se usen éstos. Si no está seguro con respecto a un fluido de limpieza en particular, refiérase a las instrucciones del fabricante.

Siempre use ropa que le proteja y gafas de protección cuando esté trabajando con disolventes de limpieza.

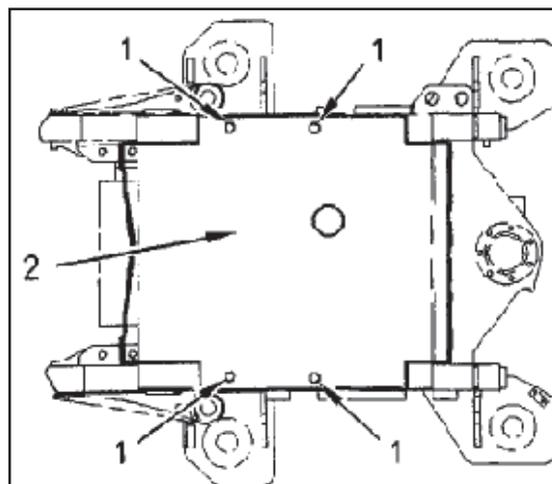


Aceite de la transmisión – Cambiar.

Se debe asegurar de que 105 fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

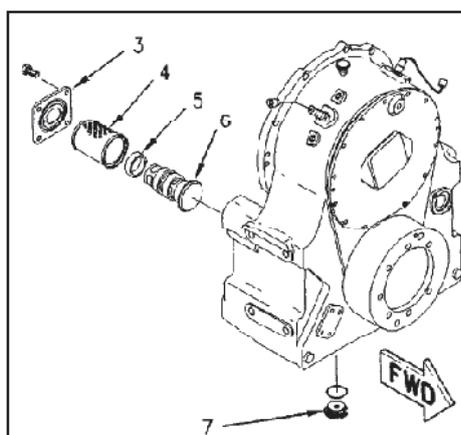
Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

1. Opere el motor durante unos minutos para calentar el aceite de la transmisión.
2. Estacione la máquina en una superficie horizontal y firme. Baje el cucharón al suelo con una ligera presión hacia abajo. Conecte el freno de estacionamiento y pare el motor.



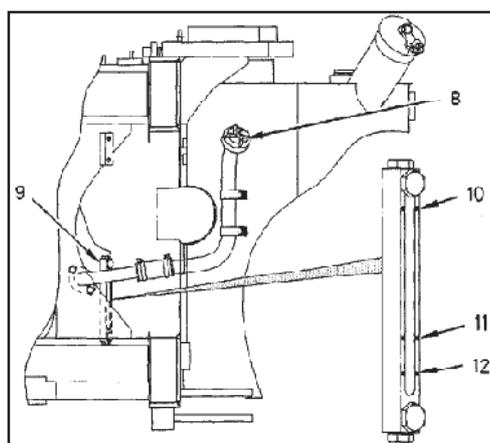
Nota: Saque los pernos (1) que sujetan el protector de la transmisión (2). Quite el protector de la transmisión en la parte inferior de la máquina para tener acceso al colador magnético.

3. Quite el tapón de drenaje del aceite de la transmisión (7). Deje que el aceite drene en un recipiente adecuado. Limpie e instale el tapón de drenaje.
4. Quite los cuatro pernos y la tapa del colador magnético (3).
5. Quite la rejilla de succión (4) y el tubo (6) de la caja. Quite los tres imanes (5) del tubo.
6. Lave el tubo y la rejilla en un disolvente limpio no inflamable.



7. Utilice un trapo, un cepillo de cerdas duras o aire comprimido para limpiar los imanes.

No deje caer ni golpee los imanes contra ninguna superficie dura. Reemplace todo imán averiado.



8. Limpie la tapa e inspeccione el sello de la tapa. Reemplace el sello si es necesario.

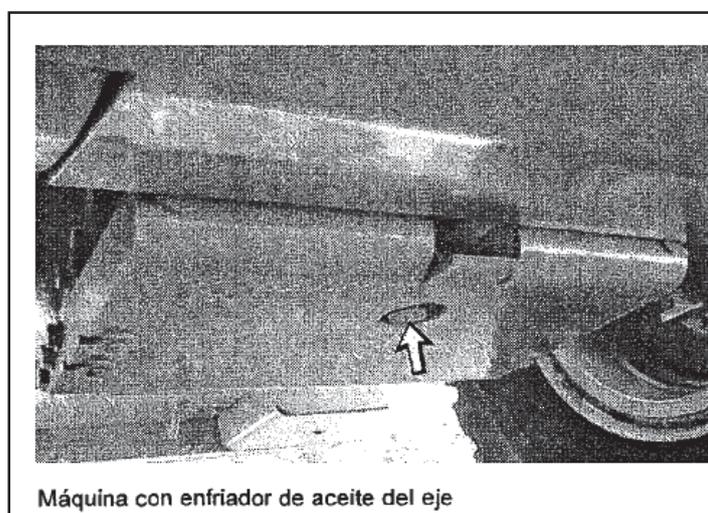
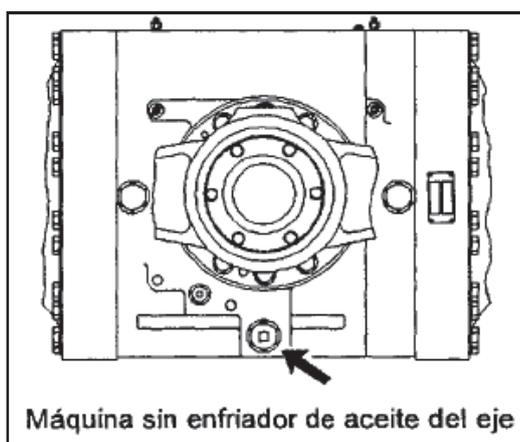
9. Instale los tres imanes (5) en el tubo. Introduzca la rejilla de succión (4) y el tubo (6) en la caja.
10. Instale la tapa y los pernos de la tapa.
11. Reemplace el filtro del aceite de la transmisión.
12. El tubo de llenado de la transmisión está situado cerca del enganche central. Quite la tapa del tubo de llenado (8) y llene la transmisión con aceite.
13. Quite el respiradero de la transmisión de la parte superior de la caja de transferencia. Lave el respiradero en un disolvente limpio, no inflamable. Instale el respiradero.
14. Arranque el motor. Opere lentamente los controles de la transmisión para hacer circular el aceite.
15. Mueva el control de la transmisión a la posición NEUTRAL. Pare el motor. Inspeccione la transmisión para ver si hay fugas.
16. Compruebe el nivel del aceite de la transmisión. La mirilla indicadora (9) está situada cerca del tubo de llenado. El aceite de la transmisión debe estar en la marca (10) si el motor está apagado. El aceite debe estar entre las marcas (11) Y (12) cuando el motor está funcionando en baja en vacío.

CADA 2000 HORAS DE SERVICIO.

Aceite del diferencial y de los mandos finales – Cambiar.

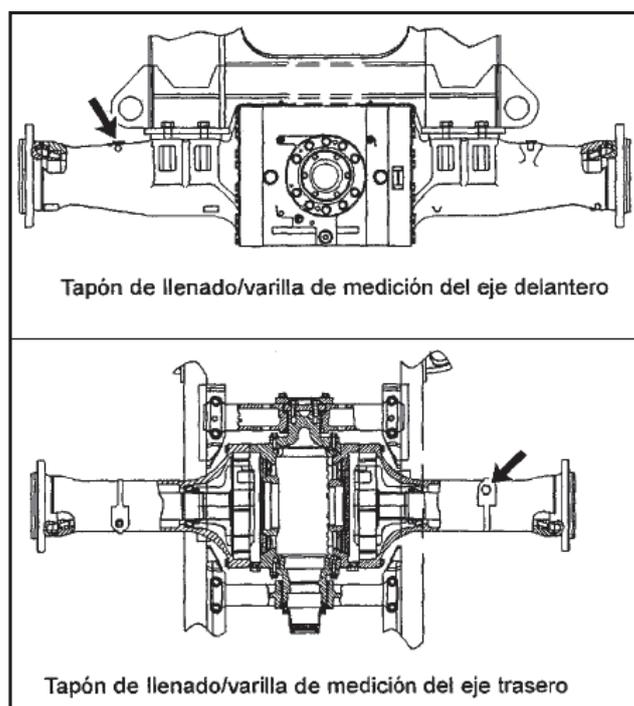
Cerciórese de que se contengan los fluidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación del producto. Esté preparado para recoger el fluido en un recipiente adecuado antes de abrir un compartimento o desarmar un componente que contenga fluidos.

Deseche todos los fluidos según los reglamentos y leyes locales.



Nota: Las cajas del eje están equipadas con válvulas de drenaje ecológicas.

1. Quite los tapones de drenaje. Conecte una manguera a un adaptador de drenaje adecuado. Instale un adaptador de drenaje en cada válvula de drenaje. Deje que el aceite drene en un recipiente apropiado.
2. Quite los adaptadores de drenaje de las válvulas de drenaje.
3. Limpie e instale los tapones de drenaje.
4. limpie los tapones de llenado/varilla de medición y las superficies alrededor de los tapones de llenado/varilla de medición.
5. Quite los tapones de llenado/varilla de medición. Añada 0,5 L (0,5 cuarto de galón) de Aditivo de aceite hidráulico 1U- 9891 a cada eje. Llene los ejes con aceite.



6. Limpie los tapones de llenado/varilla de medición e instálelos.
7. Haga funcionar la máquina en un terreno nivelado durante varios minutos para estabilizar el nivel de aceite en el eje. Compruebe el nivel de aceite en el eje.

Juego de las válvulas del motor – Comprobar.

Para obtener el procedimiento correcto, consulte el módulo del Manual de Servicio apropiado para el motor de su máquina o consulte a su distribuidor.

Nota: El juego de las válvulas del motor debe ser ajustado por un mecánico capacitado.

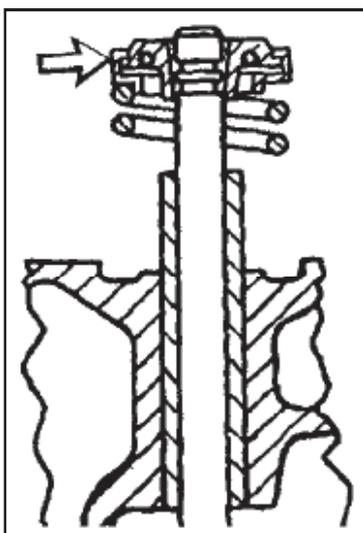
Rotaválvulas del motor – Inspeccionar.

ADVERTENCIA

Al inspeccionar los rotadores de válvulas, se deben usar gafas de seguridad o máscara y ropas protectoras para no quemarse con aceite caliente líquido o atomizado.

Peligro de descarga eléctrica. El sistema de inyectores unitarios electrónicos usa de 90 a 120 voltios.

1. Arranque el motor. Opere el motor a baja en vacío



2. Observe la superficie superior de cada rotaválvula. Siempre que una válvula de admisión o una válvula de escape se cierre, cada rotaválvula debe girar.
3. Si un rotaválvula no gira, consulte a su distribuidor Caterpillar para obtener servicio.

Nota: Caterpillar recomienda reemplazar rotaválvulas que funcionan incorrectamente. Un rotaválvula que funciona incorrectamente acortará la vida útil de la válvula debido al desgaste acelerado de las válvulas.

Nota: Si no se reemplaza un rotaválvula averiado, puede causar acanalado en la cara de la válvula. Las partículas de metal de la válvula pueden caerse en el cilindro. Esto puede causar daños a la cabeza del pistón y a la culata de cilindros.

Aceite del sistema hidráulico – Cambiar.

Selección del intervalo de cambios de aceite

Su máquina puede ser capaz de utilizar un intervalo de 4.000 horas para el aceite hidráulico. El aceite hidráulico está en un sistema que no forma parte de los frenos de servicio, los embragues, los mandos finales ni los diferenciales. El intervalo de cambio estándar es de 2.000 horas. El aceite se debe vigilar durante intervalos de 500 horas. Se puede aplicar el intervalo prolongado de 4.000 horas si se cumplen los siguientes criterios.

Filtros de aceite

Se recomiendan los filtros de aceite Caterpillar. El intervalo para cambiar el filtro de aceite debe ser de 500 horas.

Aceite

El intervalo de 4.000 horas para cambiar el aceite es para los siguientes tipos de aceite.

- Aceite hidráulico (HYDO) Caterpillar
- Aceite para transmisiones y trenes de impulsión (TDTO) Caterpillar
- Aceite TDTO-TMS Caterpillar
- Aceite para motores diesel Caterpillar
- Aceites hidráulicos biodegradables (HEES)Caterpillar
- Aceite de uso general para tractores (MTO) Caterpillar
- Aceites de servicio pesado para motores diesel con un contenido mínimo de cinc de 900 ppm

Si no se pueden usar aceites Caterpillar, use aceite de servicio pesado con una de las siguientes clasificaciones: Caterpillar ECF-1, CG-4 API, CF AI y TO-4. Estos aceites tienen que tener un aditivo mínimo de zinc de 0,09% (900 ppm).

Nota: No se recomienda el uso de aceites hidráulicos industriales en los sistemas hidráulicos Caterpillar.

Vigilancia del estado del aceite

El aceite se debe vigilar durante intervalos de 500 horas. Se debe usar el programa de Análisis de fluidos SOS de Caterpillar o un programa de muestreo de aceite equivalente.

Se deben observar las pautas actuales de limpieza del aceite. Vea "Datos medidos".

Si no hay disponible un programa de análisis de aceite, se debe utilizar el intervalo estándar de 2.000 horas para los cambios de aceite.

Datos medidos

La información siguiente se debe vigilar tomando muestras del aceite:

- Se deben vigilar los cambios significativos en los metales de desgaste. Estos metales incluyen hierro, cobre, cromo, plomo, aluminio y estaño.
- Se deben vigilar los cambios significativos en los siguientes aditivos: cinc, calcio, magnesio y fósforo.

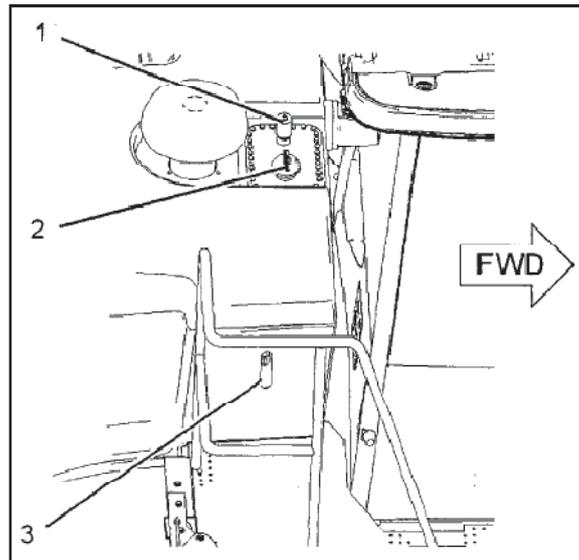
- No debe haber contaminantes. Estos contaminantes incluyen el combustible y el anticongelante. El contenido de agua debe ser de un 0,5% o menos.
- El nivel de silicio no debe exceder de 15 partes por millón (ppm) para el aceite nuevo. Se deben vigilar las mediciones de partículas.
- El nivel de limpieza recomendado para las máquinas Caterpillar que se operan en el campo debe cumplir la norma ISO 18/15 o superarla. Se debe vigilar la limpieza mediante el análisis de medición de partículas. Los niveles de contaminación no deben exceder los valores normales por más de dos códigos ISO. Se deben tomar acciones para determinar la causa de la contaminación. Se debe retornar el sistema a los niveles de contaminación originales.
- No debe haber cambios significativos en cuanto a los niveles de sodio, silicio, cobre ni potasio.
- El nivel permisible de oxidación es de un 40% (0,12 unidades abs).
- La viscosidad cinemática del aceite a 100°C (212°F) no debe diferir en más de 2 cSt de la del aceite nuevo.

Procedimiento para cambiar el aceite hidráulico

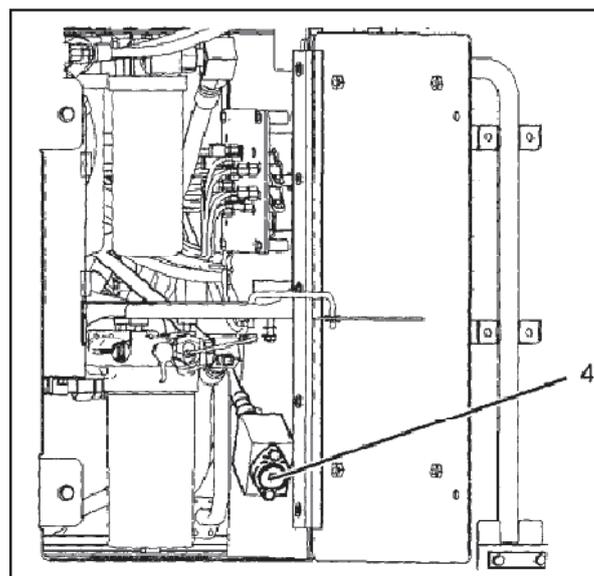
Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

1. Haga funcionar la máquina para calentar el aceite hidráulico.
2. Estacione la máquina en un terreno horizontal. Baje el accesorio al suelo y aplique al mismo una ligera presión hacia abajo. Conecte el freno de estacionamiento y pare el motor.



3. El tanque hidráulico está detrás de la cabina de la máquina. Oprima el botón en la válvula de alivio (1) para descargar cualquier presión en el tanque.
4. Quite la tapa de llenado del tanque hidráulico (2) y el colador de llenado. El colador de llenado se encuentra debajo de la tapa de llenado del tanque hidráulico. Lave la tapa de llenado y el colador en un disolvente limpio no inflamable. Instale el colador.
5. Inspeccione la empaquetadura en la tapa de llenado del tanque hidráulico para ver si está dañada. Reemplácela si es necesario.



6. El tanque hidráulico tiene un tapón de drenaje remoto situado en el lado derecho de la máquina debajo de la plataforma. Saque el tapón de drenaje (4). Lave el tapón de drenaje en un disolvente limpio, no inflamable.
7. El tanque hidráulico está equipado con una válvula de drenaje ecológico. Conecte una manguera a un adaptador de drenaje adecuado. Instale el adaptador en la válvula de drenaje y deje que el aceite drene en un recipiente adecuado.
8. Después de drenar el aceite, quite el adaptador de la abertura de drenaje.

ADVERTENCIA

Nunca arranque el motor mientras se está drenando el tanque de aceite hidráulico ni cuando el tanque está vacío. De hacerlo, se puede producir desgaste o daño excesivo de los componentes hidráulicos.

9. Cierre la válvula de drenaje. Instale el tapón del drenaje.
10. Reemplace el filtro del aceite hidráulico.
11. Llene el tanque hidráulico con aceite limpio. Cerciórese de que el nivel del aceite esté en la marca "FULL" de la mirilla indicadora (4). Instale la tapa de llenado.
12. Arranque el motor y hágalo funcionar durante al menos diez segundos. Después, pare el motor y añada aceite hidráulico al tanque hasta que el nivel del mismo esté en la marca "FULL" de la mirilla indicadora. Instale la tapa de llenado.
13. Arranque el motor y hágalo funcionar a baja velocidad en vacío. Haga que los accesorios realicen su ciclo de trabajo completo para que todos los sistemas hidráulicos se llenen con aceite.

Nota: Si se enciende el indicador de alerta del nivel bajo del aceite, pare el motor y añada aceite al tanque hidráulico inmediatamente. El nivel del aceite no debe estar por debajo de los orificios de succión en el tanque hidráulico mientras el motor esté funcionando.

14. Añada aceite hidráulico al tanque hasta que el nivel del aceite esté en la marca "FULL" en la mirilla.
15. Pare el motor. Llene completamente el tanque hidráulico de modo que el nivel del aceite esté en la marca "FULL" (Lleno) en la mirilla. Instale la tapa de llenado.

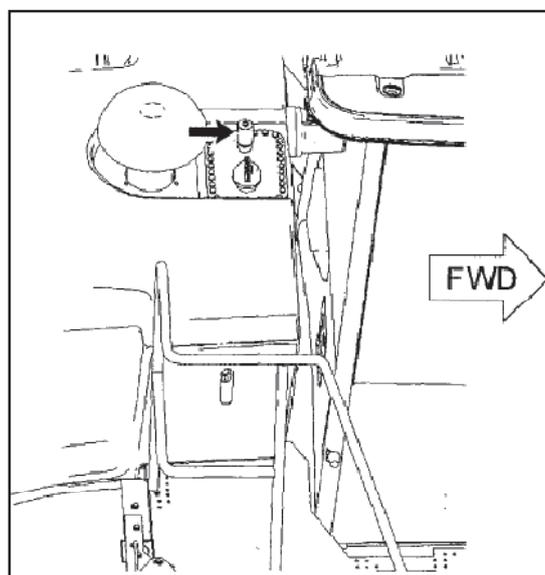
Nota: El aceite tiene que estar libre de burbujas de aire. La presencia de burbujas de aire en el aceite hidráulico significa que hay entradas de aire en el sistema hidráulico. Inspeccione la tubería de succión hidráulica y las abrazaderas de las mangueras.

16. Si es necesario, apriete cualquier abrazadera floja o cualquier conexión floja. Reemplace todas las mangueras que estén dañadas.

Válvula de alivio del tanque hidráulico – Limpiar.

La válvula de alivio del tanque hidráulico está ubicada en la parte superior del tanque hidráulico detrás de la cabina de la máquina.

1. Oprima el botón en la parte superior de la válvula para aliviar la presión en el tanque hidráulico. Quite la válvula de alivio del tanque hidráulico.



2. Limpie la válvula de alivio del tanque hidráulico en un disolvente limpio no inflamable. Sacuda la válvula de alivio hasta que esté seca o use aire comprimido para secarla.
3. Instale la válvula de alivio del tanque hidráulico.

Secador del refrigerante – Reemplazar.

ADVERTENCIA

El contacto con refrigerante puede causar lesiones.

El refrigerante puede causar congelamiento de la piel. Mantenga la cara y las manos alejadas del refrigerante para evitarse lesiones.

Debe siempre ponerse gafas de protección antes de desconectar tuberías de refrigerante, aunque los medidores indiquen que el sistema de enfriamiento está vacío de refrigerante.

Siempre que desconecte acoplamientos, hágalo con cuidado. Afloje lentamente el acoplamiento. Si el sistema está aún presurizado, alivie lentamente la presión en un área bien ventilada.

Pueden ocurrir lesiones graves o fatales por la inhalación de gas refrigerante por medio de un cigarrillo.

La inhalación de gas refrigerante por medio de un cigarrillo encendido o cualquier otro método de fumar o por contacto de llama con gas refrigerante del aire acondicionado puede causar lesiones graves o fatales.

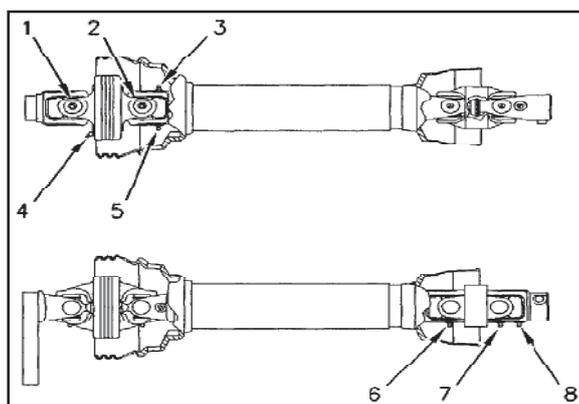
No fume mientras da servicio a los acondicionadores de aire ni cuando haya gas refrigerante en la atmósfera.

Use un equipo portátil certificado para extraer el refrigerante del sistema del aire acondicionado y reciclarlo.

Si se ha abierto el sistema de refrigerante (sin instalarle tapones) durante más de 30 minutos, se debe reemplazar el receptor-secador. Entra humedad en el sistema de refrigerante y crea corrosión, la cual causará fallas de componentes.

Eje de dirección (Dirección con Command Control) – Lubricar.

Limpie todas las conexiones de engrase antes de aplicar cualquier lubricante.

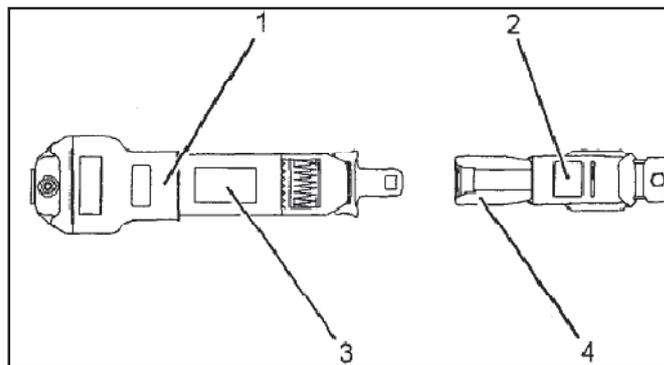


1. Quite el eje de dirección de la máquina.
2. Aplique Grasa de molibdeno 5P -0960 a través de las conexiones (3), (4), (5) y (8).
3. Aplique Grasa de uso múltiple 1P- 0808 a través de las conexiones (1), (2), (6) y (7).
4. Instale el eje de dirección.

CADA 6000 HORAS DE SERVICIO.

Cinturón – Reemplazar.

Reemplace (31 cinturón de seguridad antes de que transcurran tres años de su fecha de instalación o cinco años de su fecha de fabricación. Reemplace el cinturón de seguridad en la fecha que ocurra primero. Para determinar la edad del cinturón, hay una etiqueta de fecha colocada en el mismo, en la hebilla del cinturón de seguridad y en el retractor del cinturón de seguridad.



- (1) Fecha de instalación (retractor)
- (2) Fecha de instalación (hebilla)
- (3) Fecha de fabricación (etiqueta) (tejido completamente extendido)
- (4) Fecha de fabricación (lado inferior) (hebilla)

Consulte a su distribuidor Caterpillar para reemplazar el cinturón de seguridad y la tornillería de montaje.

Si su máquina está equipada con una extensión del cinturón de seguridad, efectúe también este procedimiento de reemplazo para la extensión del cinturón.

Prolongador de refrigerante de larga duración (ELC) para sistemas de enfriamiento – Añadir.

ADVERTENCIA

Sistema a presión: El refrigerante caliente puede causar quemaduras graves. Para quitar la tapa, pare el motor y espere hasta que el radiador esté frío. Entonces afloje la tapa lentamente para aliviarla presión.

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

Si se completa o se mezcla el refrigerante de larga duración (ELC) CAT con otros productos que no cumplen con las especificaciones EC-1 de Caterpillar se reduce la eficacia del refrigerante y se acorta su vida útil.

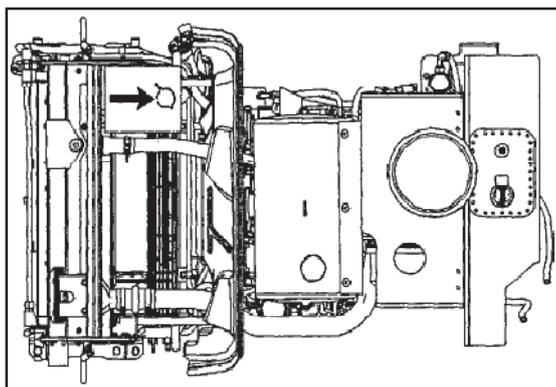
Use solamente productos Caterpillar o productos comerciales que cumplen con la especificación EC-1 de Caterpillar para refrigerantes pre-mezclados o concentrados.

Use solamente Prolongador con el ELC de Cal.

Si no se siguen estas recomendaciones, se puede acortar la vida útil del sistema de enfriamiento.

Cuando se utiliza el Refrigerante de Larga Duración (ELC) Caterpillar, hay que añadir Prolongador al sistema de enfriamiento.

Cuando se utiliza el Refrigerante de Larga Duración (ELC) Caterpillar, hay que añadir Prolongador al sistema de enfriamiento.



Cuando se utiliza el Refrigerante de Larga Duración (ELC) Caterpillar, hay que añadir Prolongador al sistema de enfriamiento.

1. Afloje lentamente la toma de presión del sistema de enfriamiento para liberar cualquier presión del sistema. Quite la tapa.

2. Si es necesario, drene suficiente refrigerante del radiador para permitir la adición del Prolongador al sistema de enfriamiento. La válvula de drenaje del sistema de enfriamiento (2) está situada en el lado izquierdo inferior del radiador.
3. Añada 1,5 L (1,6 cuartos de galón) de Prolongador al sistema de enfriamiento.
4. Compruebe el nivel del refrigerante.
5. Instale la tapa de presión del sistema de enfriamiento. Cierre el capó del motor.

Termostato del agua del sistema de enfriamiento – Reemplazar.

ADVERTENCIA

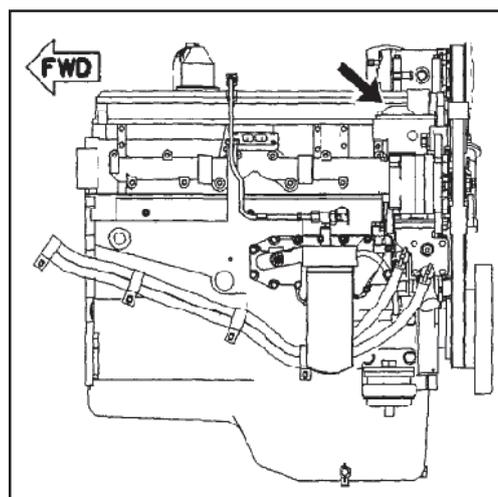
Sistema a presión: El refrigerante caliente puede • causar quemaduras graves. Para quitar la tapa, pare el motor y espere hasta que el radiador esté frío. Entonces afloje la tapa lentamente para aliviar la presión.

Si no se reemplaza el termostato del motor a intervalos regulares, esto podría causar daños graves al motor.

Los motores Caterpillar disponen de un sistema de enfriamiento de diseño en derivación y requieren que el motor funcione con un termostato instalado.

Si el termostato está mal instalado, se recalentará el motor.

Inspeccione las empaquetaduras antes del montaje y reemplácelas si están desgastadas o dañadas.



Reemplace el termostato del agua para reducir la posibilidad de problemas con el sistema de enfriamiento. El termostato del agua está situado en el lado izquierdo de la máquina, cerca del alternador.

Reemplace el termostato del agua y los sellos cuando el sistema de enfriamiento está drenado completamente o cuando el refrigerante se ha drenado hasta un nivel por debajo de la caja del termostato del agua.

Nota: Si va a reemplazar solamente el termostato del agua, drene el refrigerante hasta un nivel por debajo de la caja del termostato del agua.

CADA 12000 HORAS DE SERVICIO.

Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC) – Cambiar.

ADVERTENCIA

Sistema a presión: El refrigerante caliente puede causar quemaduras graves. Para quitar la tapa, pare el motor y espere hasta que el radiador esté frío. Entonces afloje la tapa lentamente para aliviar la presión.

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimento o desarmar componente que contengan fluidos.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones ordenanzas locales.

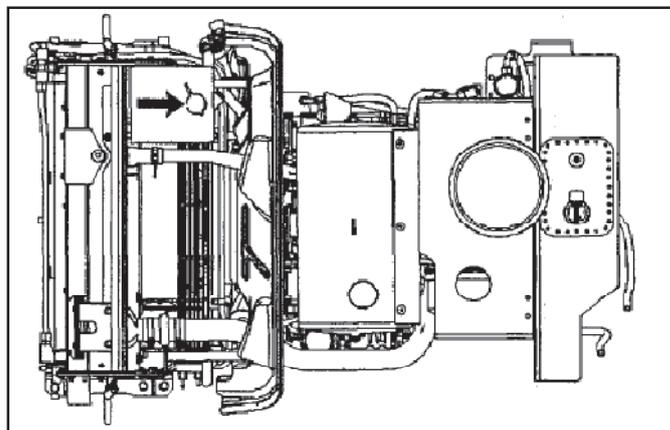
Si se completa o se mezcla el refrigerante de larga duración (ELC) CAT con otros productos que no cumplen con las especificaciones EC-1 de Caterpillar se reduce la eficacia del refrigerante y se acorta su vida útil.

Use solamente productos Caterpillar o productos comerciales que cumplen con la especificación EC-1 de Caterpillar para refrigerantes pre-mezclados o concentrados. Use solamente Prolongador con el ELC de CAT.

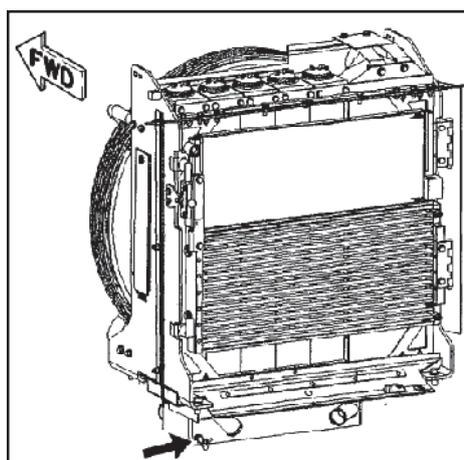
Si no se siguen estas recomendaciones, se puede acortar la vida útil del sistema de enfriamiento.

Si se utilizó previamente un Refrigerante de Larga Duración, enjuague el sistema de enfriamiento con agua limpia. No es necesario ningún otro agente limpiador. Use el siguiente procedimiento para reemplazar el Refrigerante de larga duración.

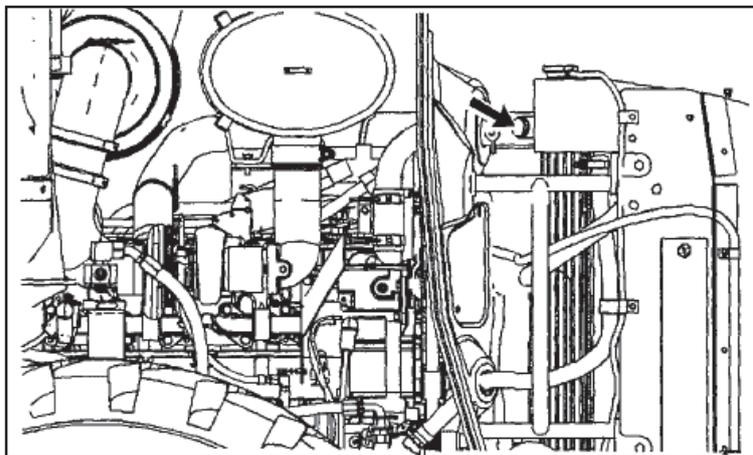
La tapa de presión del sistema de enfriamiento se encuentra debajo del capó, en la parte trasera de la máquina.



1. Afloje lentamente la tapa de presión del sistema de enfriamiento para aliviar la presión del sistema. La tapa de presión está ubicada en la parte superior del tanque del radiador en el lado izquierdo de la máquina.
2. Abra la válvula de drenaje en la parte inferior del radiador. Se puede tener acceso a la válvula de drenaje desde el lado izquierdo de la máquina. Drene el refrigerante en un recipiente adecuado.
3. Enjuague el sistema de enfriamiento con agua limpia hasta que el agua de drenaje salga limpia. Cierre la válvula de drenaje.
4. Reemplace el termostato del agua.
5. Añada el Refrigerante de Larga Duración.



6. Arranque el motor. Haga funcionar el motor sin la tapa de presión del sistema de enfriamiento hasta que el termostato del agua se abra y el nivel del refrigerante se estabilice.



7. Mantenga el nivel del refrigerante en la mirilla en el lado derecho superior del radiador.
8. Instale la tapa de presión del sistema de enfriamiento. Pare el motor.

MODELO DE INFORME RESULTADO INSPECCIÓN TÉCNICA MAQUINARIA

	SECRETARÍA GENERAL DE ENERGÍA DIRECCIÓN GENERAL DE EXPLORACIÓN Y MINAS	Inspección Técnica de Maquinaria Minera Informe de Inspección nº: LDM-ITM 02.03.00001_CR-10	
---	---	---	---

MÁQUINA Cargadora de Ruedas

Marca	Modelo	Identificación	Peso
CATERPILLAR	CAT 950 G	9CN01635	770
Año de fabricación	Construcción	Fecha de inscripción	Fecha de inspección
2008	SI	23/06/2010	29/06/2013

USUARIO

Actividad	CATERPILLAR DE ESPAÑA S.L.
Actividad	Extracción de Áridos
Actividad	CAMPO III
Actividad	542700004
Dirección	CTRA. de la Fragua, 14
Código postal	657067204
Nombre	Felix Guillén

MOTOR

Marca	Potencia	Velocidad
CATERPILLAR 3410 T	224	2.100



Laboratorio Oficial J.M. Macariaga - Inspección Técnica de Maquinaria
 LDM-ITM Madrid

Documentación

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Manual de instrucciones	DMY	No está en posesión del usuario
Declaración CE de conformidad	DM	No está en posesión del usuario

Neumáticos

Tren delantero

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Desgaste irregular de la banda de rodadura	DMY	La diferencia supera el 10%
Desgaste regular de la banda de rodadura (profundidad de los tacos)	DM	Neumáticos de pequeñas dimensiones: entre los 1 y 2 cm

Tren trasero

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Desgaste irregular de la banda de rodadura	DMY	La diferencia supera el 10%
Desgaste regular de la banda de rodadura (profundidad de los tacos)	DL	Testigo final de desgaste: faltan 0,5 cm para alcanzarlo
Presiones de inflado	DM	Rango de medidas en referencia al valor especificado por el fabricante: Entre el (95%, 98%) y el (108%, 115%)

Dirección

Dirección principal

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Columna de dirección	DM	Desperfectos (dolpes, abolladuras, falta de material, etc): Dificultando su utilización
Holguras en los cilindros	DL	Holguras radiales hasta el 10% en bulones o rótulas (V = 30 km/h)

Dirección secundaria

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Funcionamiento de dirección secundaria	DL	Control sobre el volante: El volante requiere de un esfuerzo excesivo para su operación pero no lo hace inoperativo

Frenos

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Freno de estacionamiento	DL	Eficacia menor del 85% y mayor o igual al 75% del mínimo exigido en prueba contra par motor
Freno de emergencia	DL	El accionamiento se activa cuando el valor de la energía acumulada está por debajo del 45% del valor máximo operativo especificado por el fabricante

Motor

Inspección Técnica de Maquinaria

LOM ITM Castilla y León

Sistema de combustible

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Conducciones	DL	Fugas de combustible en conducciones: Sin goteo

Sistema de refrigeración

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Ventilador	DM	Álabes y poleas: Falta un 20% de los álabes o alguna de las poleas

Compartimento motor

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Fugas de aceite	DL	Fugas de aceite del motor: Sin goteo

Elementos de acceso
Acceso a la cabina

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Estribos	DL	Presencia de golpes, abolladuras, ausencia o rotura de elementos, etc: Manteniendo tres puntos de apoyo seguros
Asideros	DL	Presencia de golpes, abolladuras, ausencia o rotura de elementos, etc: Manteniendo tres puntos de apoyo seguros
Barandillas	DL	Presencia de golpes, abolladuras, ausencia o rotura de elementos, etc: Manteniendo tres puntos de apoyo seguros

Acceso a puntos de mantenimiento

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Estribos	DM	Presencia de golpes, abolladuras, ausencia o rotura de elementos, etc: Impidiendo el acceso seguro

Puesto del operador
Seguridad en cabina

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Cristales de ventanillas y parabrisas	DL	Grietas por impactos u otras causas: De pequeñas dimensiones y dispersas, que no afectan el campo de visión del operador
Salida de emergencia	DM	Señalización: No señalizada

Asiento

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Cinturón de seguridad	DL	Deterioro del cinturón o de sus anclajes: Presentan signos de deterioro que no disminuyen su eficacia

Dispositivos de arranque/parada de la máquina

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Puesta en marcha	DL	Dificultades en el arranque: Permite su arranque pero no se realiza de modo normal

Trabas de seguridad

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Trabas mecánicas de la articulación de giro.	DM	Señalización ilegible o ausente

Equipo de trabajo (Otros implementos)

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Bulones de giro de la cuchara	DL	Holguras que provocan el golpeteo de la cuchara contra los brazos
Cilindros de elevación	DL	Émbolos rayados con fugas de aceite sin goteo

Indicadores de advertencia y de peligro

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Indicadores de cabina	DM	Legibilidad: En otro idioma, sin pictogramas que lo acompañen
Indicadores de máquina	DM	Legibilidad: En otro idioma, sin pictogramas que lo acompañen

Protección contra incendios

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Sistema de extinción	DL	Carga: Cercano al límite inferior de carga

Sistema eléctrico

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Batería	DMY	Conexiones: Ausencia de fundas de protección en los terminales positivos

Avisadores acústicos

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Avisadores de marcha atrás	DL	Nivel sonoro: Sonidos como el motor acelerado o los ventiladores lo ocultan

Dispositivos de iluminación e indicación

Parte delantera

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Largas	DL	Funcionamiento: En algunas ocasiones se apagan de forma involuntaria
Intermitentes	DL	Funcionamiento: La señalización de alguno de los cambios de dirección no funciona. Con intermitentes laterales

Parte trasera

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Luces de freno	DL	Funcionamiento: No funcionan la mitad

Ruido en cabina

Elementos verificados	Severidad	Descripción
-----------------------	-----------	-------------

Inspección Técnica de Maquinaria

LOM ITM Castilla y León

Ruido en cabina	DL	El valor diario equivalente de exposición al ruido en cabina, resultado del ensayo: Es mayor o igual a 80 dB(A) y menor de 85 dB(A)
-----------------	----	---

Vibraciones en el asiento del operador

Elementos verificados	Severidad	Descripción
Vibraciones en el asiento del operador	DM	El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de ocho horas, medido durante la inspección: Es mayor o igual a 1,15 ms ⁻² y menor de 3 ms ⁻²

*Legenda:**F = Favorable DL = Deficiencia leve DM = Deficiencia moderada DMY = Deficiencia mayor*

Ensayos de frenado:	E (%)	Desviación lateral (%)	Resultado	Prueba
Servicio:	91,83	–	F	Estática
Emergencia:	91,83	N/A	F	Estática
Estacionamiento:	81,63	N/A	DI	Estática
Bloqueo Automático:		N/A		

Velocidad media del ensayo (km/h): 0

EMISIONES GASEOSAS:

K:	0,40 m ⁻¹
NO _x :	12,00 ppm
CO:	0,01 (%)
CO ₂ :	0,10 ppm
HC:	(%)

RUIDO EN CABINA:

LAeq,d:	77,70 dB(A)
---------	-------------

VIBRACIONES EN ASIENTO OPERADOR:

A(8):	1,19 ms ⁻²
-------	-----------------------

Equipos Utilizados en las Mediciones:

Aplicación	Equipo	Nº de serie
Medida de la intensidad luminosa	Delta OHM HD 8453	02454376
Medida de la dosis de ruido del operador	Noise Pro DLX	NXF065993
Acelerómetro Triaxial	Brüel & Kjaer	94765
Medida de las emisiones gaseosas del motor	Motorsens MAC-2016	C2854322254
Medida de la opacidad de los humos del escape	Motorsens M930	B654358856
Medida de la eficacia de los sistemas de frenado	Bowmonk Brakecheck	BRK53266

RESULTADO INSPECCIÓN:	ENTERADO USUARIO:	E.C.A. (SELLO Y FIRMA):
FAVORABLE	[] <input type="checkbox"/>	
FAVORABLE CON DEFICIENCIAS	[7] <input checked="" type="checkbox"/>	
DESFAVORABLE CON DEFICIENCIAS	[0] <input type="checkbox"/>	
NEGATIVO	[] <input type="checkbox"/>	

Observaciones:

REQUERIR AL FABRICANTE LA ENTREGA DEL MANUAL DE INSTRUCCIONES Y DE LA DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD DE LAS MÁQUINAS, EN CASTELLANO.
REPARAR FRENO DE ESTACIONAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN.
REDUCIR EL NIVEL DE VIBRACIONES EN EL ASIENTO.
REPARAR LA BATERÍA.
CONTROLAR ROTURA EN PARABRISAS Y CAMBIAR SI SE VE REDUCIDA LA RESISTENCIA MECÁNICA DE ESTE O EL CAMPO DE VISIÓN DEL OPERADOR.

Tipo de medidas a adoptar:

Sistema	Urgentes	Necesarias	A Observar
Documentación		X	
Chasis			
Neumáticos		X	2
Dirección		X	
Frenos		X	
Motor			
Tren de impulsión			
Sistema hidráulico			
Sistema neumático			
Estructuras de protección			
Elementos de acceso			
Puesto del operador		X	
Trabas de seguridad			
Equipo de trabajo (Otros implementos)			
Resguardos			
Indicadores de advertencia y de peligro			
Protección contra incendios			
Sistema eléctrico			
Avisadores acústicos		X	
Dispositivos de iluminación e indicación		X	
Ruido en cabina			
Vibraciones en el asiento del operador			
Opacidad y gases de escape			

Nota informativa sobre los resultados:

Negativo: La máquina **NO** puede ser puesta a disposición de los trabajadores, hasta la subsanación de las diferencias encontradas en los sistemas afectados indicados en el informe. Requiere nueva inspección e informe favorable.

Desfavorable: Deben tomarse medidas urgentes para subsanar las deficiencias encontradas en los sistemas afectados indicados en el informe. Requiere nueva inspección e informe favorable.

Favorable con deficiencias: Deben tomarse medidas necesarias para subsanar las deficiencias encontradas en los sistemas afectados indicados en el informe. La máquina puede ser puesta a disposición de los trabajadores.

ANEXO VII: GUÍA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE VOLADURAS

PROYECTO DE VOLADURA:

1. MEMORIA.

1.1. Antecedentes.

Se realizará una exposición de los motivos que justifican la solicitud de aprobación del proyecto, en particular la conveniencia o necesidad de la utilización de explosivos, así como el plazo de ejecución de los trabajos.

1.2. Normativa aplicable.

1.3. Identificación del titular de la explotación, promotor o adjudicatario de las obras.

Nombre, domicilio, NIF de la empresa, teléfono de contacto y número de cuenta de cotización principal a la Seguridad Social. Si se trata de persona física se indicará nombre, domicilio, teléfono y DNI del titular que solicita la aprobación del proyecto.

1.4. Representante.

Nombre, domicilio, DNI, teléfono y acreditación de su representatividad.

1.5. Director Facultativo.

Nombre, domicilio, teléfono, DNI, titulación y especialidad, acompañando el nombramiento por parte de la entidad titular, promotora o adjudicataria de los trabajos, con su aceptación y visado por el Colegio Oficial correspondiente.

1.6. Artillero.

Nombre, domicilio, DNI y teléfono, acompañando fotocopia compulsada de la Cartilla de Artillero en la que figuren sus datos personales, tipo de pegos para las que está autorizado y fecha de caducidad.

1.7. Personal autorizado.

Se relacionará el resto del personal autorizado por la Dirección Facultativa para el manejo de explosivos, con indicación de su nombre, DNI, cartilla de artillero en vigor con indicación del tipo de pegos para las que está autorizado y funciones específica a desarrollar.

1.8. Empresa para la ejecución de voladuras.

En caso de que la entidad que solicita la aprobación del proyecto sea distinta a la que ejecutará los trabajos de voladuras se concretará en este apartado, identificando su denominación, domicilio, NIF, teléfono y aportando el contrato de prestación de servicios conforme a lo previsto en la normativa sobre seguridad minera, así como la correspondiente autorización en vigor en caso de voladuras especiales.

1.9. Situación de la explotación u obra.

Se definirá la ubicación de la explotación u obra donde se emplearán los explosivos, concretando sus coordenadas referidas a la proyección UTM, el paraje, municipio y forma de acceder al lugar.

1.10. Jornada laboral.

1.11. Horario y plazos para las voladuras.

2. TIPO DE VOLADURAS A REALIZAR.

Se definirá el tipo de voladuras a realizar de acuerdo con los objetivos a conseguir con el proyecto, tanto cualitativo como cuantitativo. En particular, se indicará si se trata de voladuras de desmonte, en banco, despegue de bloques de roca ornamental, apertura de zanjas, taqueos, perforación de pozos, excavación de túneles y galerías, voladuras de contorno, demoliciones, voladuras bajo agua, producción de escollera, nivelaciones, etc. Así como si se trata de obtener una máxima fragmentación, desplazamiento, saneo, etc.

3. ENTORNO DE LAS VOLADURAS.

Se identificarán y describirán todos los elementos susceptibles de afectar o ser afectados por las voladuras ubicadas en el entorno de las mismas y se situarán en un plano a escala adecuada.

4. VOLUMEN TOTAL A ARRANCAR.

Se definirá el volumen total de roca a arrancar, que en el caso de explotaciones mineras deberá coincidir con el previsto en el correspondiente Plan anual de Labores. En caso de demoliciones se definirá la estructura a demoler.

5. CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO.

Se definirán las principales características estructurales y geotécnicas de las rocas a volar, o en su caso de la estructura, elemento o edificio, justificando los valores expuestos de

acuerdo con los datos tomados sobre el terreno o medidos en ensayos, o descritos en la bibliografía para terrenos similares. Presencia de agua y temperatura del macizo rocoso.

6. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS.

7. CARACTERÍSTICAS DE LOS EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS.

Fabricante, potencia relativa, densidad de encartuchado, velocidad de detonación, energía específica, resistencia al agua.

8. DISEÑO DE LAS VOLADURAS.

8.1. Parámetros de la voladura tipo.

Se definirán y justificarán los parámetros de la voladura tipo, tales como elección del diámetro de perforación, altura de banco, longitud e inclinación de los barrenos, piedra, espaciamiento, sobreperforación, retacado, etc.

En caso de voladuras en túneles o galerías se definirá y justificará el sistema de avance definiendo el tiempo de ejecución, sostenimiento de avance y ventilación.

8.2. Esquema de perforación.

En caso de voladuras a cielo abierto se justificará el esquema o malla escogido, en voladuras subterráneas se justificará y definirá el tipo de cuele.

8.3. Geometría de la voladura.

Se definirá el tamaño y forma de las voladuras tipo, en particular, geometría del frente libre, longitud y anchura de la voladura y la sección y profundidad a excavar en su caso, volumen a arrancar en cada voladura, etc.

8.4. Configuración de cargas y distribución de los explosivos en los barrenos.

8.5. Sistemas de encendido.

8.6. Iniciación y cebado de cargas.

8.7. Tiempos de retardo y secuencias de encendido.

8.8. Características y capacidad del explosor.

8.9. Explosivo por barreno, por detonación instantánea y por voladura.

8.10. Consumo específico.

9. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

9.1. Medidas a aplicar en el diseño de las voladuras para obtener frentes saneados.

9.2. Planificación y organización de los trabajos de la voladura.

9.3. Verificación de los parámetros de perforación y carga durante la ejecución de los trabajos.

9.4. Transportes interiores.

9.5. Control de vibraciones.

9.5.1. Clasificación de las estructuras a proteger.

9.5.2. Clasificación de los macizos rocosos.

9.5.3. Carga máxima instantánea corregida.

9.5.4. Tipo de estudio de vibraciones requerido.

9.6. Control de onda aérea.

9.7. Control de proyecciones.

9.8. Destrucción de explosivos y accesorios.

10. DOCUMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD

Según lo dispuesto en el art. 3.2 del Real Decreto 1389/97, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las Disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras. Así como lo dispuesto en la ITC 02.2.01 Contenido mínimo y estructura del Documento de Seguridad y Salud.

11. DEPÓSITOS DE EXPLOSIVOS.

12. RESUMEN PARÁMETROS VOLADURAS TIPO, EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS.

13. PLANOS.

13.1. Plano de situación a escala 1:25.000 o 1:50.000.

13.2. Plano de perímetro e instalaciones a escala 1:1.000 o 1:5.000.

Abarcará una superficie suficiente alrededor del perímetro de la zona a volar donde figuren las construcciones, vías de comunicación, depósitos y conducciones de fluidos, sistemas de transporte, centros de producción o transformación de energía eléctrica, líneas de transporte y distribución de energía, y en general, cualquier instalación susceptible de influencia directa o recíproca por la voladura.

13.3. Esquemas de tiro y secuencias de encendido.

13.4. Distribución de cargas en los barrenos.

13.5. Otros planos y perfiles.

Se incluirán los planos y perfiles necesarios para una mejor definición de las obras a realizar, así como cualesquiera otros que se consideren necesarios.

14. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

14.1. Volúmenes a arrancar.

14.2. Parámetros de la voladura tipo.

14.3. Necesidades de explosivos y accesorios (diarias, días de utilización y consumos totales).

14.4. Consumos específicos.

14.5. Justificación de la capacidad del explosor.

14.6. Otros cálculos.

15. ANEXOS.

15.1. Autorización de los trabajos o contrato de adjudicación de los mismos.

15.2. Nombramiento de Director Facultativo de los trabajos.

15.3. Contratos de prestación de servicios.

15.4. Autorización de empresa para la ejecución de voladuras especiales.

15.5. Disposiciones Internas de Seguridad.

15.6. Estudio de vibraciones.

15.7. Otros.

16. PRESUPUESTO

Se desglosarán las distintas partidas que constituyen el proyecto de voladuras, incluyendo los costes de ejecución como transportes, perforación, movimiento de tierras, explosivos y accesorios, etc., concretando cantidades y precios correspondientes, totalizando posteriormente los importes parciales de cada partida, con valoración real de mercado.

16.1. Presupuestos parciales.

16.2. Presupuesto general.

REQUISITOS PARA SER EMPRESA AUTORIZADA EN VOLADURAS ESPECIALES

Las empresas que lleven a cabo la ejecución de las voladuras especiales deben estar autorizadas e inscritas para tal fin.

La autorización y consiguiente inscripción, que tendrá carácter nacional y validez anual, debe solicitarse a la autoridad competente de la provincia donde tenga su domicilio social la empresa, aportando certificado emitido por la autoridad minera competente de dicha provincia, de que la empresa cumple los requisitos siguientes:

Disponer de un equipamiento técnico adecuado y unas disposiciones internas de seguridad de empleo de explosivos para los tipos de voladuras en que pretendan inscribirse.

Tener cubierta su responsabilidad civil con una póliza de seguros de una cuantía mínima de 15.000.000 de pesetas por accidente. Esta cuantía mínima será revisada anualmente de acuerdo con las variaciones del Índice de Precios al Consumo, publicado por el Instituto Nacional de Estadística.

Contar en su plantilla, como mínimo, con una persona con «Cartilla de Artillero», autorizada para efectuar pegas concordantes con los tipos de voladura especial para los que se solicita inscripción. En el caso de demoliciones, se contará además, con un técnico titulado de Minas.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN LA DESTRUCCIÓN DE EXPLOSIVOS:

Cantidad de explosivo a destruir por partida	Distancias mínimas a casas o lugares habitados y vías de comunicación	Distancias mínimas al refugio del personal que realiza la destrucción	Distancias mínimas aconsejables entre partidas
Hasta 1 Kg	150 m	50 m	2 m
De 1 a 2 Kg	200 m	60 m	3 m
De 2 a 5 Kg	250 m	75 m	5 m
De 5 a 10 Kg	325 m	100 m	7 m
De 10 a 25 Kg	450 m	125 m	10 m
De 25 a 50 Kg	550 m	150 m	15 m
De 50 a 100 Kg	700 m	200 m	20 m