



**POLITÉCNICA**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN  
DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS

# SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE CADENAS PARA PROTECCIÓN DE NEUMÁTICOS EN OPERACIONES MINERAS

**JUAN HERRERA HERBERT**

**JORGE CASTILLA GÓMEZ**

OCTUBRE 2010





### ADVERTENCIA

El presente documento ha sido preparado con una finalidad exclusivamente divulgativa y docente. Las referencias a productos, marcas, fabricantes y estándares que pueden citarse, se enmarcan en esa finalidad y no tienen ningún propósito comercial.

Por otro lado, éste documento se centra en neumáticos de utilización en maquinaria minera y vehículos OTR (Off The Road) de utilización en minería y obra civil. Aunque hay aspectos que son comunes con otros tipos de neumáticos por tratarse de conceptos y fundamentos propios o inherentes a las tecnologías que rodean la fabricación de neumáticos en general, también hay que señalar que hay diferencias que pueden llegar a ser muy sustanciales por tratarse de neumáticos de fabricación y utilización específica, sobre todo con respecto a los mismos aspectos en otros neumáticos de utilización común en automóviles, camiones y otros vehículos.

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y la respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar las incidencias en los costes de explotación que tienen las condiciones de utilización específicas de los neumáticos en la mina. Por su singularidad y trascendencia, consulte siempre a su distribuidor y fabricante de confianza.





**INDICE**

<b>SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE NEUMÁTICOS EN OPERACIONES MINERAS.....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. APLICACIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>4. FABRICACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>5. UTILIZACIÓN .....</b>	<b>11</b>
5.1.1. Selección .....	11
5.1.2. Montaje y mantenimiento.....	11
<b>6. RENDIMIENTOS Y VENTAJAS DE SU UTILIZACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>7. INCONVENIENTES.....</b>	<b>14</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>15</b>



## SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE NEUMÁTICOS EN OPERACIONES MINERAS

### 1. INTRODUCCIÓN

En explotaciones mineras a cielo uno de los factores más importante a tener en cuenta durante la explotación es el mantenimiento de los equipos.

A la hora de proteger a la maquinaria y de prevenir posibles riesgos que puedan afectarla, se puede actuar de dos formas:

- Protección indirecta de la misma, mediante actuaciones encaminadas a adecuar convenientemente las condiciones de trabajo de la máquina. Es el caso, por ejemplo, de conseguir un buen estado de las pistas.
- Protección directa de la máquina, lo que se consigue adecuándola a unas condiciones de trabajo adversas. Este sería el caso de la utilización de sistemas de cadenas para la protección de sus neumáticos en la mina.

### 2. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Una cadena de protección de neumáticos es una malla de cadenas densa y flexible, fabricada en acero de alta aleación, que forma una red muy tupida (sistema anillo-eslabón), con la finalidad de proteger las superficies de rodadura y los flancos de los neumáticos, actuando como un pantalla contra los daños exteriores.

La flexibilidad de las cadenas hace que éstas se adapten a las deformaciones de los neumáticos. Las propias cadenas incorporan en su diseño un sistema de autolimpieza que evita que la malla de rodadura se llene y se atasque, lo que contribuye a que haya una mejor adherencia y tracción.



El sistema se basa en el principio de un aumento del coeficiente de rozamiento, o de fricción, entre el neumático y el terreno. Este coeficiente es conocido como el agarre del neumático

Han demostrado una gran utilidad en superficies de rodadura en los que aparecen materiales cortantes y con bordes afilados, zonas resbaladizas, etc. Su disposición en forma de malla aumenta el agarre en suelos húmedos, helados o con superficie muy irregular y protege al mismo tiempo. La cadena permite que la transmisión de fuerzas de la máquina a la superficie de rodadura sea más nítida y no se pierda en deformar y desgastar el neumático aparte de funcionar como una armadura que protege la goma del terreno.

Estos sistemas se emplean para la protección del neumático y alargar su vida, se emplean en las siguientes condiciones:

- Superficies abrasivas.
- Superficies heladas.
- Superficies embarradas.
- Suelos poco competentes.
- En zonas de temperaturas extremas.

Su disposición en forma de malla aumenta el agarre en suelos húmedos, helados o con superficie muy irregular y protege al mismo tiempo.

Podemos diferenciar tres tipos de cadenas dependiendo de la función que se quiera obtener:

- Tracción
- Tracción + protección
- Protección

Esta elección está directamente relacionada con el tipo de suelo con el que se trate.



Pala cargadora equipada de sistemas de cadenas para la protección de sus neumáticos

Cada uno de los tres tipos de cadenas mencionados trabaja de manera diferente, teniendo así diferentes dibujos de malla.

Si nos movemos de mallas requeridas para conseguir una mayor tracción a mayor protección el dibujo de la malla se hace más pequeño. A medida que nos movemos en esa progresión encontramos diferentes tipos de eslabones diseñados para trabajar y soportar unos esfuerzos u otros, hablaremos de esto más en el apartado de fabricación. El diseño de los eslabones también dependerá de:

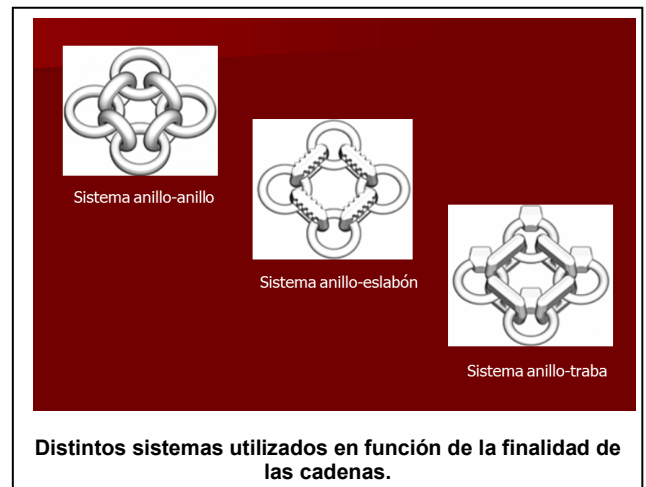
- Tamaño de la maquina.
- Carga

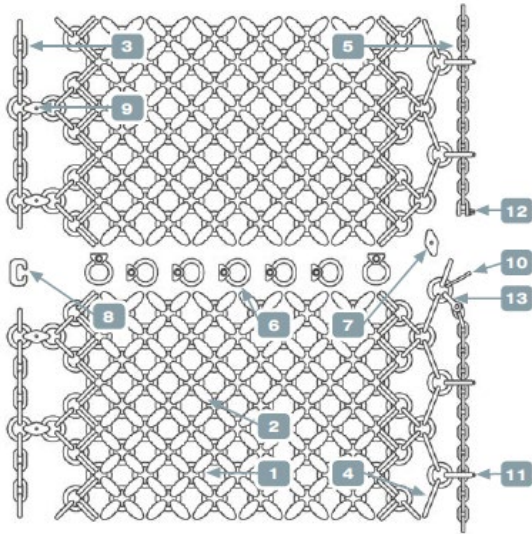
- Tamaño de la rueda.

Las cadenas de protección para neumáticos en maquinaria a gran escala está presente en los siguientes campos:

- Minería a cielo abierto; minas y canteras.
- Minería y obra civil subterránea
- Tratamiento de escoria y reciclaje.

En minería subterránea y obra civil puede que estos sistemas se empleen con objeto conseguir mayor tracción al contrario que en el tratamiento de escorias y reciclaje, donde se busca una mayor protección.





**Partes de una cadena:**

- 1 Anillo de la banda de rodamiento
- 2 Eslabones de desgaste de la banda de rodamiento
- 3 Cadena interior
- 4 Eslabón de la cadena lateral
- 5 Cadena tensora
- 6 Anillo de cierre / reparación
- 7 Cerradura de clavija
- 8 Cerradura de clavija para cadena interior
- 9 VBS Cerradura de unión
- 10 Placa de cierre
- 11 Anillo para la cadena tensora
- 12 Grillete final
- 13 Conector de la cadena tensora

### 3. APLICACIONES

Para minería se distinguen varias aplicaciones:

- Canteras: permiten hacer ayudar a la máquina a hacer frente a superficies agresivas y deslizantes que arriesgan el trabajo seguro también en neumáticos nuevos e intactos. Las consecuencias son tiempos de paradas improductivos.
- Minería subterránea y construcción de túneles
- Minería a cielo abierto
- Acarreo de escoria
- Gestión y reciclaje de residuos
- Problemas de tracción en general (conducción en barro, nieve, etc.)



La utilización en minería subterránea o a cielo abierto, lleva a un continuo desgaste en los neumáticos de alto valor. Piedras de cantos afilados y utilización prolongada permanente deterioran neumáticos después de corto tiempo.

Principalmente se emplea para palas cargadoras y vehículos de carga como dumpers rígidos y articulados. En minería subterránea y obra civil puede que estos sistemas se empleen con objeto conseguir mayor tracción, mientras que en el tratamiento de escorias y reciclaje, se busca una mayor protección del neumático

Más específicamente, cuando se habla de la aplicación de estos sistemas en minería a cielo abierto nos referimos a maquinaria de carga sobre ruedas.

Las gomas de esta maquinaria tienen que soportar unas condiciones muy adversas en el frente:

- Trasladarse por encima de los fragmentos producidos por la voladura y conseguir soltura sobre suelos húmedos y resbaladizos,
- Recibir golpes durante la carga de roca fragmentada.

Estamos hablando de ganar fundamentalmente tracción y protección.

Estos sistemas resultarían innecesarios en maquinaria de transporte ya que, a parte de que el uso de los neumáticos ya supone un poco de desgaste para las gomas y que perjudicarían las pistas, podemos prevenir mejor desgastes y fallos en las gomas actuando sobre las pistas.

La presencia de hielo no es tan influyente en la tracción de estas máquinas como la humedad, esto es debido al peso de la máquina. En lugares a bajas temperaturas lo que influye es el barro que puede generar el hielo, no que el hielo genere una superficie deslizante para la maquinaria de carga.

Tampoco deben usarse para maquinaria destinada a empuje ya que generaría esfuerzos sobre los neumáticos produciendo un desgaste excesivo.

La velocidad de los equipos debe ser adaptada y no sobrepasará los 15 km/hora, en el caso contrario dañaría las cubiertas.

La situación perfecta para la utilización de estas cadenas sería:

- Piso resbaladizo y poco estable por ejemplo terrenos húmedos y/o fragmentados.
- Frente de carga poco estable donde actuarían como escudo.

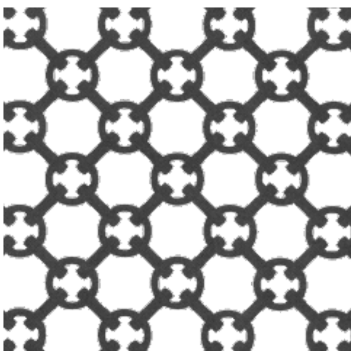
En cualquier caso las especificaciones de la cadena y la coste oportunidad de no usarlas serán parámetros también estudiados

#### 4. FABRICACIÓN

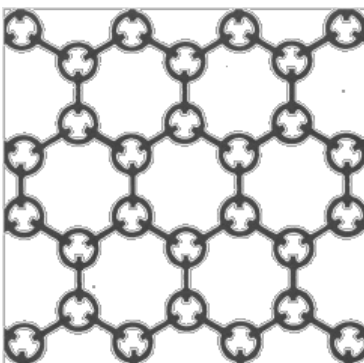
#### 5. UTILIZACIÓN

##### 5.1.1. Selección

Protección: las cadenas evitan el gran desgaste producido por rocas altamente abrasivas, también le confiere al neumático protección contra las altas temperaturas.



Protección y tracción: Si las condiciones no son óptimas para un buen agarre del vehículo.



##### 5.1.2. Montaje y mantenimiento

El montaje y mantenimiento de las cadenas de protección de neumáticos en canteras y minas es una tarea esencial para asegurar la durabilidad y el rendimiento de los neumáticos de maquinaria pesada como cargadoras, palas frontales o dúmperes. Estas cadenas están diseñadas para proteger los neumáticos frente a cortes, impactos con rocas, desgaste prematuro y temperaturas elevadas, especialmente en condiciones de trabajo severas.

Antes del montaje, es fundamental realizar una inspección previa del neumático, asegurándose de que esté en buen estado y con la presión adecuada. También se debe preparar el área de trabajo, que debe estar limpia, firme y nivelada,

para evitar accidentes o errores durante la instalación. El equipo necesario incluye herramientas manuales o hidráulicas, una grúa o polipasto si la cadena es pesada, lubricantes y el equipo de protección personal correspondiente, como guantes, botas, gafas y casco.



Para colocar la cadena, se extiende sobre el suelo en posición abierta frente al neumático. Luego, se mueve la máquina lentamente hacia adelante hasta que el neumático quede sobre la cadena. A continuación, se enrolla la cadena sobre el neumático, ayudándose con palancas o grúas si es necesario, y se conectan los extremos mediante anillos de unión o ganchos, dependiendo del diseño. Es crucial asegurar que la cadena quede bien centrada y ajustada uniformemente sobre toda la superficie del neumático, sin zonas sueltas ni desequilibrios.



Una vez montada, se realiza un ajuste final comprobando que la tensión sea la correcta: ni demasiado floja, para evitar el desplazamiento, ni demasiado apretada, para no dañar el neumático. Se recomienda mover la máquina unos metros

hacia adelante y hacia atrás, verificando que la cadena se mantenga en su lugar y no interfiera con ningún componente del vehículo.

El mantenimiento regular de las cadenas es indispensable para alargar su vida útil y garantizar la seguridad operativa. Deben realizarse inspecciones visuales al comienzo de cada turno para comprobar el estado de los eslabones, anillos, ganchos y la tensión general. Cualquier desgaste, rotura o deformación debe ser atendido de inmediato. Es recomendable reemplazar o reparar los eslabones dañados y ajustar los cierres que presenten holgura. En ciertos casos, especialmente si el fabricante lo recomienda, se puede aplicar lubricante para reducir la fricción entre la cadena y el neumático. Además, es importante mantener la cadena limpia, eliminando barro, piedras o residuos que se acumulen durante la operación.



Una cadena de protección debe ser reemplazada si presenta múltiples eslabones dañados, si su estructura está deformada o si ha alcanzado el límite de horas de uso recomendado por el fabricante. Mantener en buen estado estas cadenas no solo previene el desgaste de los neumáticos, sino que también reduce los tiempos de inactividad y mejora la seguridad en la operación.

Finalmente, nunca se debe trabajar con maquinaria en movimiento. El uso del equipo de protección personal es obligatorio, y todos los procedimientos deben realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante. Además, es clave que el personal asignado a estas tareas reciba una capacitación adecuada, ya que un montaje incorrecto puede generar fallos graves en plena operación.

## 6. RENDIMIENTOS Y VENTAJAS DE SU UTILIZACIÓN

El uso de cadenas de protección en los neumáticos de maquinaria pesada ofrece una serie de ventajas en cuanto a rendimiento, seguridad y costes operativos, especialmente en zonas de rodadura muy o extremadamente agresivas. Estos entornos, con superficies irregulares, presencia constante de roca fragmentada, materiales abrasivos y residuos cortantes, generan un desgaste acelerado y un alto riesgo de daños en los neumáticos convencionales.

Una de las principales ventajas de las cadenas de protección es la significativa prolongación de la vida útil del neumático. Al actuar como una barrera física frente a cortes, impactos y abrasión, la cadena reduce drásticamente el desgaste prematuro del caucho, lo cual se traduce en un menor número de paradas por pinchazos, roturas o pérdidas de presión. En algunos casos, el uso de estas cadenas puede multiplicar por tres o cuatro la duración del neumático en condiciones extremas.



Además, las cadenas distribuyen mejor la carga sobre el suelo y mejoran la tracción en superficies irregulares o resbaladizas, como es el caso de lodo, roca suelta o escombros. Esto incrementa el rendimiento operativo de la máquina, permitiendo trabajar con mayor seguridad y eficiencia, incluso en pendientes pronunciadas o zonas de difícil

acceso. Esta mejora en la tracción también implica una reducción del consumo de combustible y del esfuerzo del motor, lo que contribuye al rendimiento general de la máquina.



En cuanto a la reducción de tiempos muertos, las cadenas disminuyen considerablemente las incidencias relacionadas con neumáticos, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de la maquinaria. En entornos donde la productividad por hora es crítica, esta ventaja se refleja directamente en los resultados económicos del proyecto. Adicionalmente, se minimizan los riesgos de accidentes laborales relacionados con fallos repentinos de neumáticos en operación.

Desde el punto de vista económico, aunque las cadenas representan una inversión inicial importante, su uso conlleva un retorno de inversión claro y medible, ya que no solo se reduce el coste de reposición de neumáticos, sino también los costes indirectos asociados a paradas no planificadas, mantenimiento correctivo, y pérdida de productividad. Además, muchas cadenas pueden ser reutilizadas o reparadas, aumentando aún más su valor a largo plazo.

Consecuentemente, el uso de cadenas de protección en neumáticos es una solución estratégica en minería. Sus beneficios en términos de rendimiento, seguridad, economía y sostenibilidad justifican ampliamente su implementación como parte del mantenimiento preventivo y de la gestión de activos móviles.



tren de potencia, además de acelerar el desgaste de componentes mecánicos como los bujes, rodamientos, ejes y frenos. A largo plazo, esto puede representar, con toda certeza, también un incremento en los costes de mantenimiento de la máquina.



El proceso de montaje y desmontaje de las cadenas también representa una desventaja. Es una tarea que requiere tiempo, espacio adecuado y personal capacitado, además del uso de herramientas o equipos de elevación. Un montaje incorrecto puede generar desajustes, desplazamientos durante la operación, o incluso daños estructurales tanto a la cadena como al neumático. Esta complejidad operativa puede causar demoras en la puesta en marcha o interrupciones en la jornada si no se gestiona correctamente.

Otro aspecto importante es el impacto en la comodidad del operador y en la estabilidad de la máquina. Las cadenas pueden generar vibraciones adicionales y una conducción más brusca, especialmente sobre terrenos más firmes o compactos. Esto puede afectar la ergonomía y generar mayor fatiga en el operador durante turnos largos, además de alterar la estabilidad de la máquina si las cadenas se desgastan de forma desigual o si no están bien ajustadas.

En ciertas condiciones de terreno, como suelos muy blandos, embarrados o con presencia de arcilla húmeda, las cadenas pueden incluso empeorar el desempeño de tracción al acumular barro entre los eslabones, lo que reduce la adherencia y aumenta el riesgo de patinaje. Esto no solo disminuye la eficiencia operativa, sino que puede derivar en situaciones de riesgo si la

## 7. INCONVENIENTES

Aunque las cadenas ofrecen múltiples beneficios en operaciones mineras y de cantera, su utilización también conlleva ciertos inconvenientes y limitaciones que deben ser tenidos en cuenta al decidir su implementación.

Uno de los principales inconvenientes es el aumento de peso que suponen estas cadenas sobre el conjunto neumático-eje. Al ser fabricadas en acero y diseñadas para soportar condiciones extremas, pueden añadir cientos de kilos por rueda. Este peso adicional influye directamente en el consumo de combustible y el esfuerzo del

máquina pierde control en pendientes o zonas de carga.



Por último, el coste inicial de adquisición de las cadenas de protección puede ser elevado, especialmente en modelos de alta resistencia o diseño especializado. Aunque en muchos casos esta inversión se recupera con el tiempo, en operaciones de bajo impacto o de corta duración puede no justificar el gasto, sobre todo si no se dispone de un programa de mantenimiento adecuado o de personal capacitado para su gestión.

Por tanto, el uso de cadenas de protección debe evaluarse cuidadosamente según las condiciones específicas de la operación. Si bien ofrecen grandes beneficios en términos de durabilidad y seguridad, también es necesario considerar los aspectos logísticos, económicos y técnicos que pueden influir negativamente si no se gestionan de forma adecuada.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Michelín: "El Neumático y el Medio Ambiente".

Michelín – CFAM. Documentación diversa.

The Goodyear Tire & Rubber Company (2008). "Goodyear Off The Road. Dozer & Loader Tires". [www.goodyearotr.com](http://www.goodyearotr.com)

European Tyre and Rim Technical Organization (2010). [www.etrto.org](http://www.etrto.org)

ETRMA-European Tyre & Rubber Manufacturers' Association (2010). [www.etrma.org](http://www.etrma.org)