



# PROTECCIÓN DE NUEMÁTICOS



© Universidad Politécnica de Madrid.  
Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas  
ETS de Ingenieros de Minas  
UD de Laboreo de Minas (2010)

Profesor: Juan Herrera Herbert

- Descripción y funcionamiento
- Aplicaciones
- Fabricación
- Utilización
- Rendimientos y ventajas
- Inconvenientes
- Otros aspectos

- En explotaciones mineras a cielo uno de los factores mas importante a tener en cuenta durante la explotación es el mantenimiento de los equipos.
- A la hora de proteger , de prevenir a la maquinaria se puede actuar de dos formas:
  - Protección indirecta
  - Protección directa
- Hablamos de protección indirecta cuando nos referimos a adecuar convenientemente las condiciones de trabajo de la maquina, por ejemplo un buen estado de las pistas.
- Hablamos de protección directa cuando adecuamos la maquina a unas condiciones de trabajo adversas como ejemplo el uso de cadenas para neumáticos.

- Una cadena de protección de neumáticos es una malla de cadenas densa y flexible de acero de alta aleación, que protege las superficies de rodadura y los flancos de los neumáticos. El diseño flexible de las cadenas se adapta a todas las deformaciones de los neumáticos.
- 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**
- La cadena permite que la transmisión de fuerzas de la maquina a la superficie de rodadura sea mas nítida y no se pierda en deformar y desgastar el neumático a parte 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 esta directamente relacionada con el tipo de suelo con el que se trate.



- 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 mas 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 mas 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 esta presente en los siguientes campos:
  - Minería a cielo abierto; minas y canteras.
  - Minería y obra civil subterránea
  - Tratamiento de escoria y reciclaje.
- Según la función que queremos obtener:
  - Protección
  - Tracción
  - Tracción + Protección
- en minería subterránea y obra civil puedes 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.

RedMinera Pedro Cadenas para Maquinaria Minera 1



TYRESFILL - LUPIAÑEZ. MONTAJE DE CADENAS PROTEC...



pewag tire/tyre protection chains: open pit mining



Yot

# Manipulación de escorias

pewag tire/tyre protection chains in hot slag o...



- 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 maquinas como la humedad, esto es debido al peso de la maquina. 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 sobrepasara los 15 km/hora, en el caso contrario dañaría las cubiertas.
- La situación perfecta para la utilización de estas cadenas seria:
  - Piso resbaladizo y poco estable por ejemplo terrénnos 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.





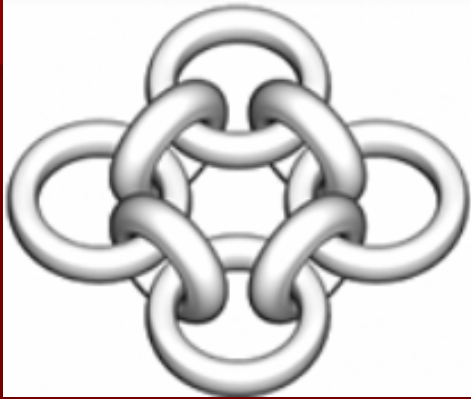


# DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

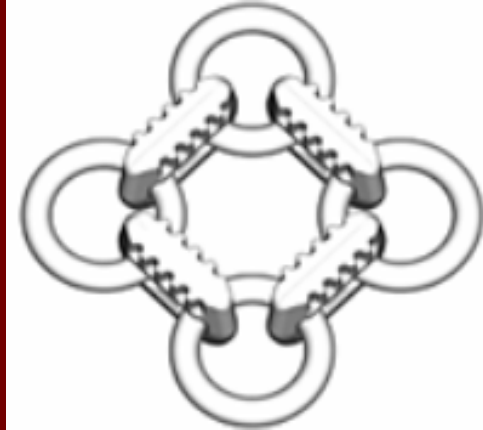
- Una cadena de protección de neumáticos es una malla de cadenas densa y flexible de acero de alta aleación, que forma una red muy tupida (sistema anillo-eslabón) que protege las superficies de rodadura y los flancos de los neumáticos, actuando como un pantalla contra los daños exteriores.
- La flexibilidad 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.
- Han demostrado una gran utilidad en superficies de rodadura en los que aparecen materiales cortantes y con bordes afilados, zonas resbaladizas, etc.
- La cadena permite que la transmisión de fuerzas de la maquina a la superficie de rodadura sea mas nítida y no se pierda en deformar y desgastar el neumático a parte de funcionar como una armadura que protege la goma del terreno
- 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 esta directamente relacionada con el tipo de suelo con el que se trate.

- 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 mas 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 mas en el apartado de fabricación. El diseño de los eslabones también dependerá de:
  - Tamaño de la maquina.
  - Carga
  - Tamaño de la rueda.





Sistema anillo-anillo



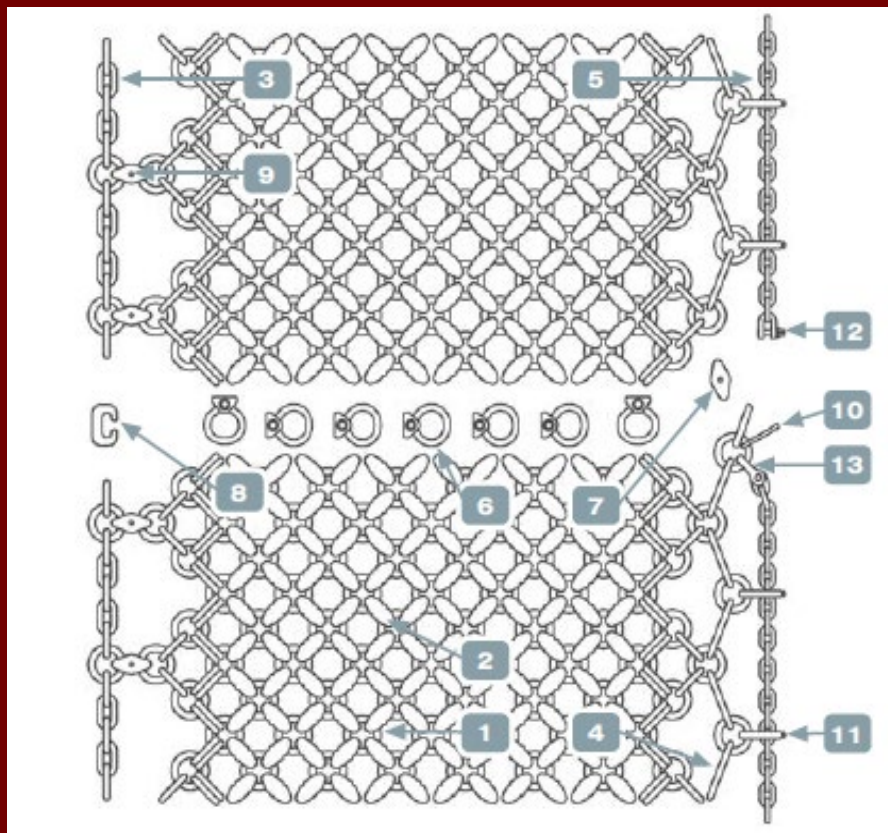
Sistema anillo-eslabón



Sistema anillo-traba

# DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

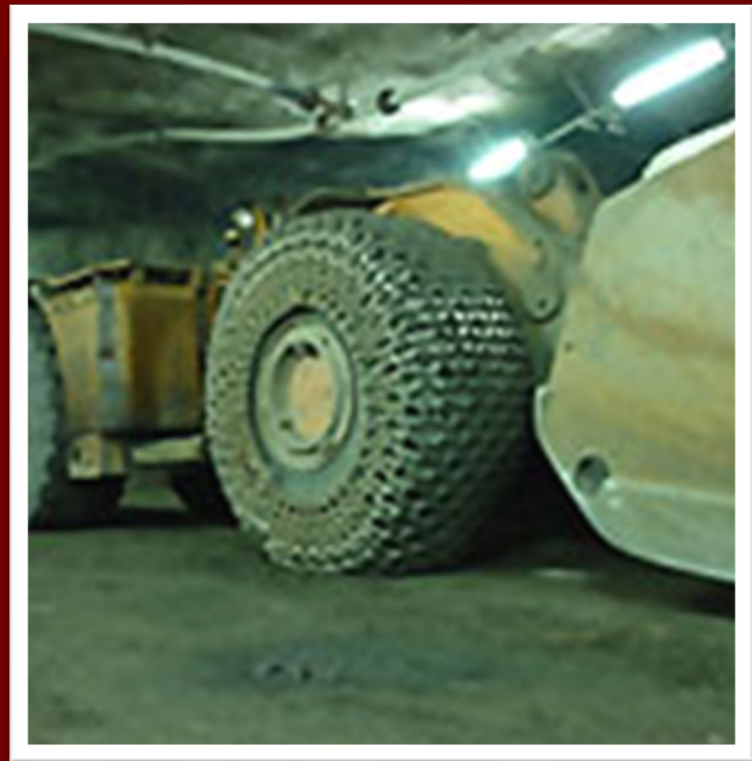
## ■ Partes de una cadena:



N° No.	Descripción Description
1	Anillo de la banda de rodamiento Anneau du filet
2	Eslabones de desgaste de la banda de rodamiento Maillon du filet
3	Cadena interior Chaîne intérieure
4	Eslabón de la cadena lateral Maillon de la chaîne latérale
5	Cadena tensora Chaîne de tension
6	Anillo de cierre / reparación Anneau de fermeture/réparation
7	Cerradura de clavija Maillon d'assemblage
8	Cerradura de clavija para cadena interior Maillon d'assemblage pour la chaîne intérieure
9	VBS Cerradura de unión Maillon de jonction
10	Placa de cierre Plaque d'arrêt
11	Anillo para la cadena tensora Anneau de la chaîne de tension
12	Grillete final Manille terminale
13	Conector de cadena tensora Pièce de fermeture de la chaîne de tension

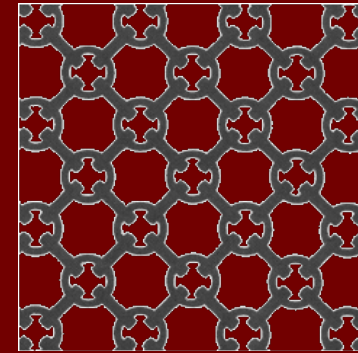
- Para minería se distinguen varias aplicaciones:
  - Canteras
  - Minería subterránea y construcción de túneles
  - Minería a cielo abierto
  - Manejo de escoria
  - Tracción (conducción en barro, nieve, etc.)
- Principalmente se emplea para palas cargadoras y vehículos de carga como dumpers rígidos 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.



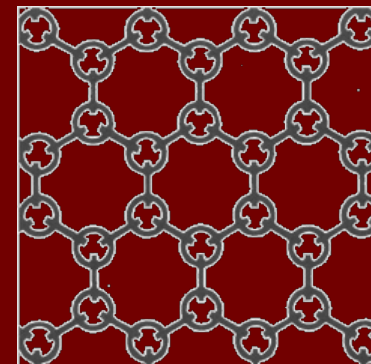


# ¿Por qué utilizar una cadena de protección de neumáticos?

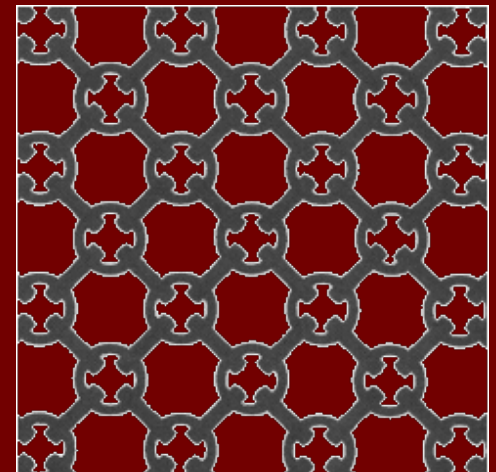
- Protección: las cadenas evitan el gran desgaste producido por rocas altamente abrasivas, también le confiere al neumático protección contra las altas temperaturas.



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



# Cadenas de protección



## ■ MINERÍA

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.

## ■ CANTERAS

Superficies agresivas y deslizantes arriesgan el trabajo seguro también en neumáticos nuevos e intactos. Las consecuencias son tiempos de paradas improductivos.



- Los trabajos de minería y cantera requieren de un alto sistema de protección en sus neumáticos.
- Se consigue una máxima protección configurando los sistemas de cadenas a través de una malla lo suficientemente cerrada para combatir terrenos agresivos y duros.



- **MANEJO DE ESCORIA Y CHATARRA:**  
La utilización en instalaciones con fuego y escoria caliente pueden quemar el neumático, y la destrucción de la superficie del neumático puede causar daños en máquina y operarios.
- **RECICLAJE:**  
La utilización en chatarra de metal e instalaciones de reciclaje conlleva grandes exigencias de los neumáticos y equipo.
- **CONSTRUCCIÓN**





# Equipos pequeños

Tamaño del neumático 7.5-16 a 26.5-25



	MINAS + CANTERAS			ESCORIAS + RECICLAJE
	Protección	Protección y tracción	Tracción	Protección

# Equipos medianos

Tamaño de los neumáticos 15.5-25 a 35/65-33



	MINAS + CANTERAS			ESCORIAS + RECICLAJE
	Protección	Protección y tracción	Tracción	Protección

# Equipos grandes

Tamaño de los neumáticos 23.5-25 a 45/65-45

















	MINAS + CANTERAS			ESCORIAS + RECICLAJE
	Protección	Protección y tracción	Tracción	Protección

# Equipos gigantes

Tamaño de los neumáticos de 45/65-45 a 59/80-63

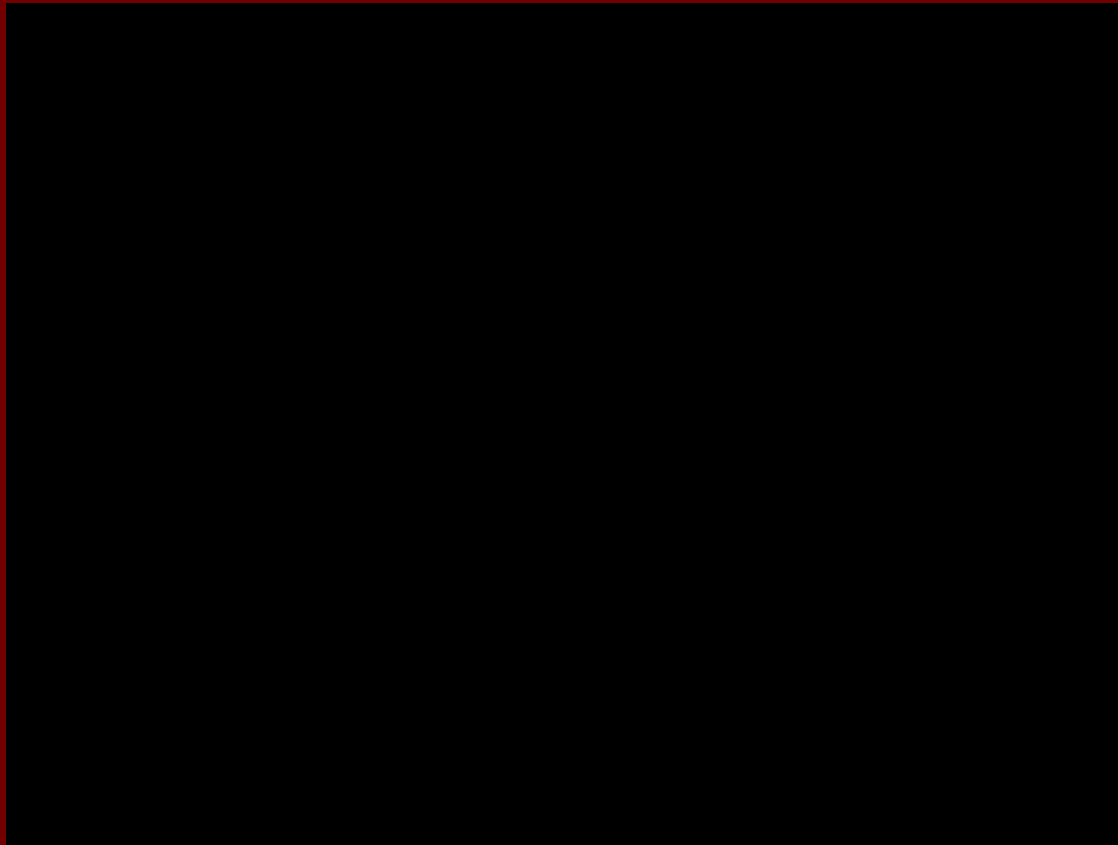


	MINAS + CANTERAS			ESCORIAS + RECICLAJE
	Protección	Protección y tracción	Tracción	Protección
 Granito Además X22				
 Corona X22				
 R75 Spezial				
 Además R75 Spezial				
 Terra Plus X22				

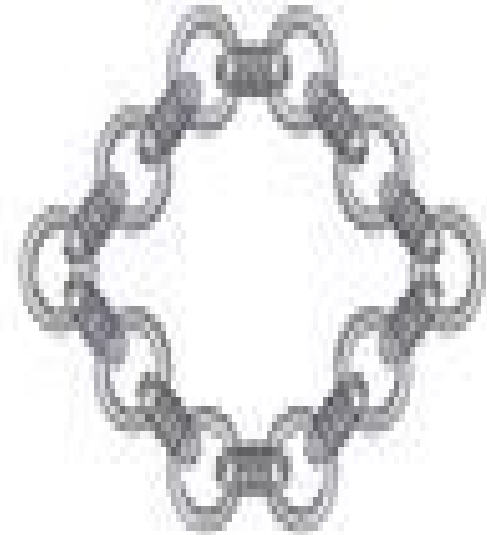
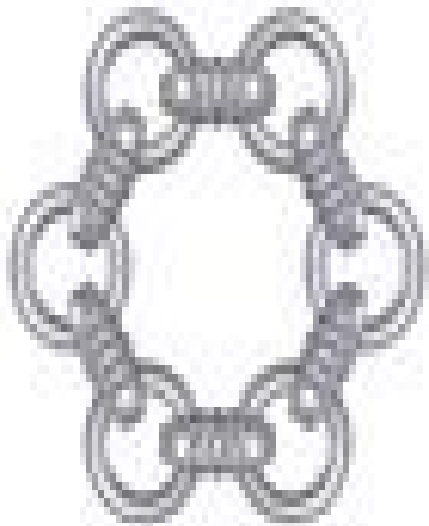
- Para la fabricación de la cadena se parte de un cable de acero, del cual va tirando una máquina que la hace pasar por una matriz con la forma adecuada. De esta matriz se llega a una máquina perfiladora, donde mediante las mandíbulas se dobla, se forma el eslabón y se enlaza con el siguiente eslabón. Cada eslabón se cierra mediante una soldadura de arco eléctrico y una máquina empujadora.
- La resistencia y eficacia de la cadena dependerán de las aleaciones de metal empleadas así como del tamaño y diseño de los eslabones que las componen.
- Las máquinas que tejen este entramado enlazan 60 eslabones por minuto, llegando a fabricar 70 metros de cadena en una hora.
- Una vez que se ha formada la cadena, se la somete a un calentamiento próximo a los 1,000 °C, pasando luego a un baño de agua fría para que se enfríe bruscamente y se endurezca (temple). Mediante este tratamiento térmico la cadena se endurece pero adquiere gran fragilidad, por lo que hay que someterla a otro tratamiento térmico a menor temperatura mediante el cual donde conserva su dureza pero pierde la fragilidad.

- En el caso de utilización de horno para el calentamiento de la cadena se utilizan generadores de nitrógeno para seguridad y porque favorecen el proceso de cementación ya que ayudan a la difusión del carbono.
- Otra forma de calentar la cadena es mediante bobinas eléctricas.
- Las piezas especiales, distintas de los anillos, se obtienen mediante fundición y enfriamiento en moldes preparados para tal fin. Estas piezas se van agregando a la cadena a medida que esta se forma para conseguir la malla deseada.
- Durante el proceso de fabricación se comprueba la resistencia de todos los eslabones formados intercalando una máquina en serie, (calibrador de cadena) la cual sujeta una parte de la cadena y la somete a un esfuerzo.

- Fabricación cadenas eslabones acero.
- [http://www.youtube.com/watch?v=y2MjZjnqcB8&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=y2MjZjnqcB8&feature=player_embedded)



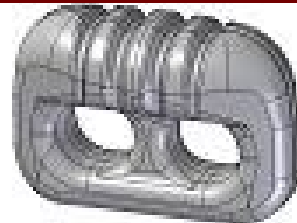
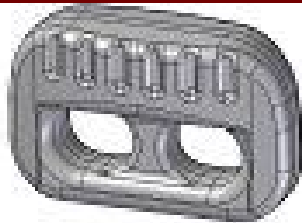
- Existen diferentes tipos de fabricación de malla en el mercado, como pueden ser:
  - La malla fina con una estructura cuadrangular, que protege al neumático.
  - La malla hexagonal que proporciona un gran agarre a la vez que protección, empleado en equipos que requieran más tracción que protección.
  - Compacta que proporciona un excelente agarre, buena estabilidad en marcha y auto limpieza.



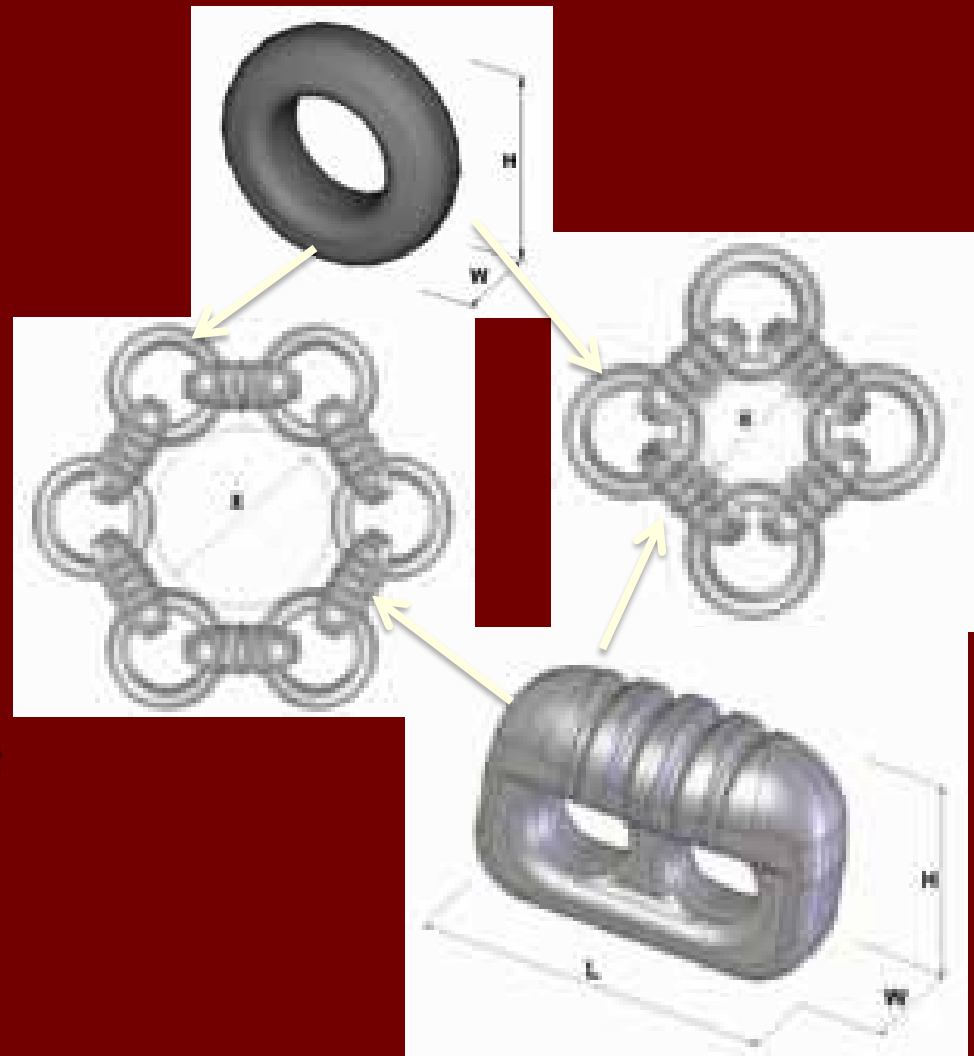
# fabricación

- Otro de los aspectos fundamentales, de las cadenas, además de la estructura de la malla es la elección del eslabón adecuado a las condiciones de la explotación.
- Dependiendo del eslabón los hay que proporcionan una mayor resistencia al desgaste frente a otros en los que premia el agarre y la tracción.
















# Modelos de eslabones



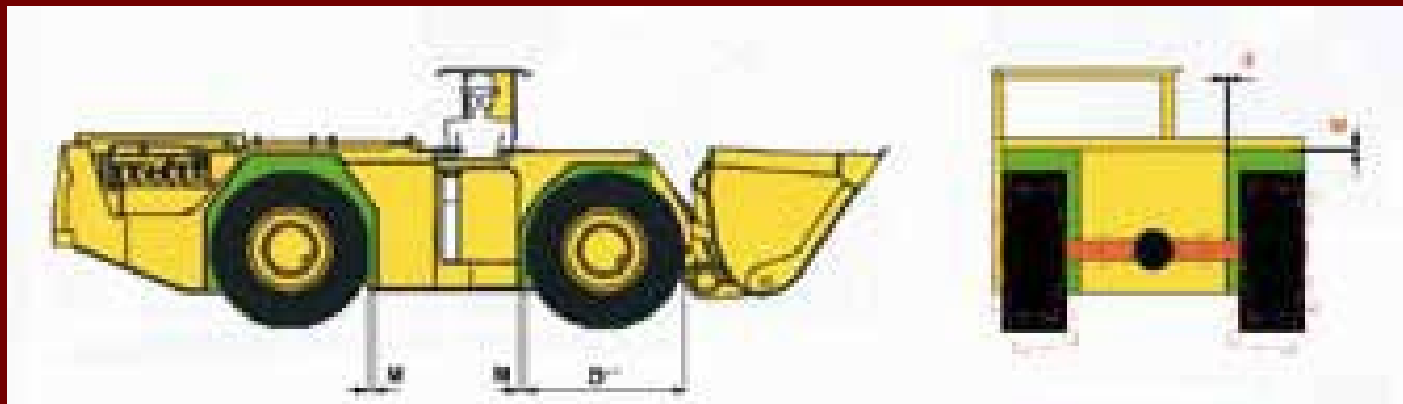
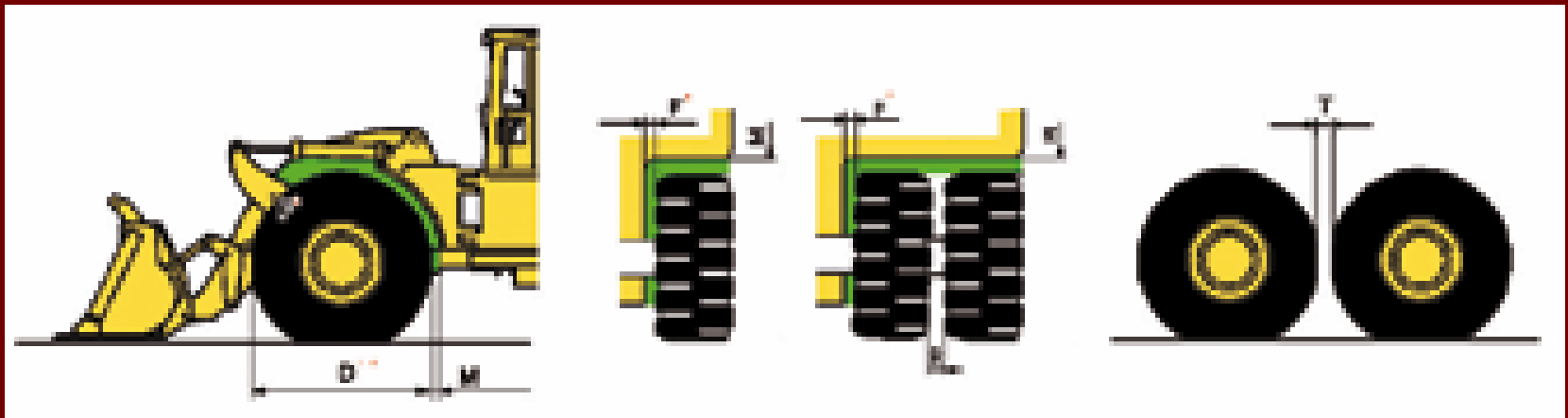
- Altas aleaciones de acero cuya composición dependerá del fabricante, modelo y especificaciones requeridas, conformadas de la misma manera que una cadena normal.
- Consiste en una extensión de eslabones circulares o anillos todos en el mismo plano unidos por unos eslabones de «unión» que enlazan unos aros con otros.

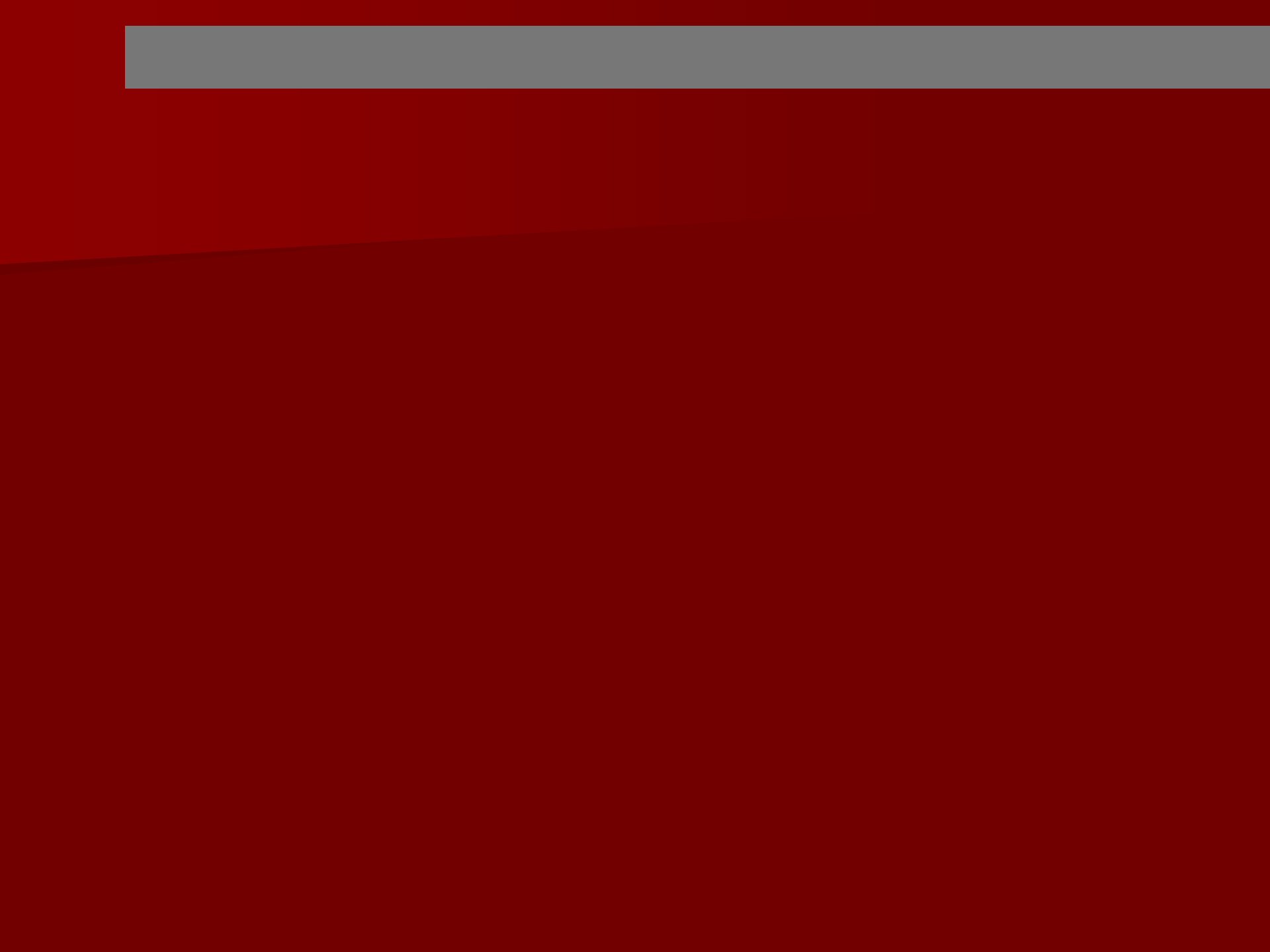


- Cada fabricante diseña dibujos de malla y sus eslabones que cambiamos cuando nos movemos en la funcionalidad que queremos para las dimensiones del neumático y la máquina.
- Vemos eslabones cada vez más robustos según aumentamos las dimensiones del neumático y la máquina.
- El dibujo de la malla media que nos ofrece protección a tracción en los primeros encontramos cuadrados y muy cercanos a la medida que se requiere para tracción encontramos hexagonales.

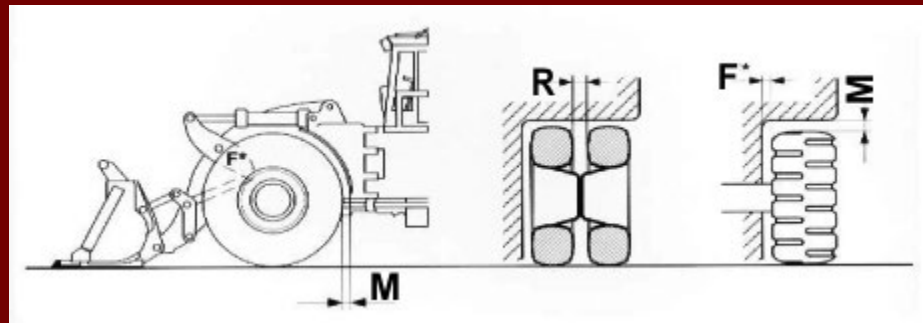
	GIGANT PLUS X18	IMPERIAL X18	PROTRAC X18	GUARD X18 E5	R71 SPEZIAL / R71
					
	dimensión del forjado (b, h, l) 54, 68, 97 mm	dimensión del forjado (b, h, l) 36, 64, 96 mm	dimensión del forjado (b, h, l) 44, 67, 97 mm	dimensión del forjado (b, h, l) 22, 64, 100 mm	anillo de desgaste ø 67 mm, ancho 20/3 mm
MIMA + CANTERAS	PROTECCIÓN	 apertura de la malla 73 mm	 apertura de la malla 91 mm	 apertura de la malla 82 mm	 apertura de la malla 67 mm
	PROTECCIÓN + TRACCIÓN		 apertura de la malla 183 mm	 apertura de la malla 174 mm	 apertura de la malla 115 mm
	TRACCIÓN		 apertura de la malla 305 mm	 apertura de la malla 297 mm	

- Para la selección de la malla se deben tener en cuenta una serie de parámetros siempre especificados por el fabricante en sus catálogos.



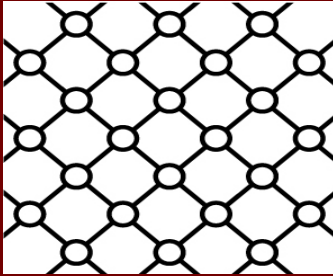


- La utilización de las cadenas depende de los efectos que se quieran conseguir o de los peligros de los que queremos proteger a los neumáticos.
- Podemos distinguir entre los siguientes usos de las cadenas:
  - Para tracción
  - Para protección
  - Para protección + tracción
- Antes de la utilización de unas cadenas debemos comprobar los espacios requeridos para cada modelo:



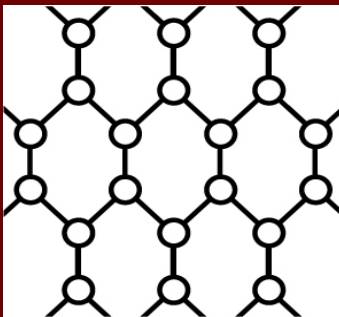
- Existen distintas configuraciones según el uso planeado para la cadena. A continuación se muestran las distintas configuraciones empleadas por el fabricante Pewag:

Protección



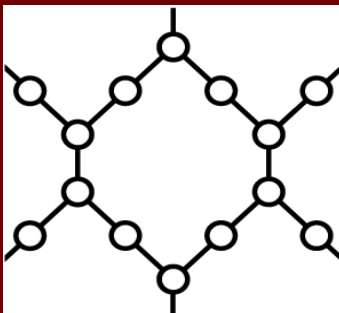
Red de malla fina de estructura cuadrangular. Su objetivo es la protección del neumático

Protec. + Tracc.



Red de estructura hexagonal para buen agarre y suficiente protección. Apropiado para vehículos que requieren tracción antes que protección.

Tracción



La construcción especial de la malla de 10 eslabones asegura un excelente agarre, buena estabilidad de la marcha y la auto limpieza necesaria.

# UTILIZACIÓN

- Estos son algunos de los tipos de eslabones que se montan en las cadenas, para junto con los anillos formar la malla. Cada tipo de eslabón tiene una aplicación concreta y se puede utilizar para formar mallas de distintas geometrías (cuadradas, hexagonales.....)



Para palas gigantes en canteras



Para agarre y desgaste en m. subterránea



Para uso con chatarra, escoria y roca



Para buen agarre y autolimpieza



Para condiciones abrasivas y buen agarre

# RENDIMIENTOS Y VENTAJAS

- Entre las ventajas que presenta el uso de cadenas podemos nombrar las siguientes:
  - Protección del neumático.
  - Reducción de los gastos de producción y de los costes a largo plazo
  - Reducción de los tiempos de inactividad debidos a daños en los neumáticos.
  - Aumento de la productividad (t/hora) en los ciclos de carga y transporte.
  - Aumento vida útil de los neumáticos
  - Reducción del tiempo de parada por fallo de un neumático
  - Máxima disponibilidad del equipo
  - Estabilidad mejorada, mayor tracción y mejor penetración para excavar y arrancar
  - Reducción en el mantenimiento de neumáticos
  - Operación segura incluso en condiciones más severas (en roca, fuego y hielo)
  - La vida de los neumáticos + cadenas se puede predecir
  - Incremento de la vida útil de los neumáticos.
  - Vida útil de neumáticos y cadenas predecible.
  - Mejora de la estabilidad y mejor tracción
  - Operación segura incluso en condiciones más severas (en roca, fuego y hielo)

- Mayor desembolso inicial.
- Los neumáticos deben tener una presión óptima para el buen funcionamiento de las cadenas.
- Mayor tiempo de reparación del neumático.
- Ergonomía: la manipulación es engorrosa, sucia y con peligro.
- No se pueden montar en todos los vehículos.
- Vehículo inestable: sólo se pueden montar en el eje motriz.
- Riesgo de daños: mal montadas, o con una tensión inadecuada, pueden dañar el neumático y/o el vehículo.

# Rendimientos y ventajas de su utilización



## ■ Rendimientos:

- Se consiguen ahorros de hasta el 70 % en el coste horario y más del 26 % en la mayoría de los casos
- La vida del neumático se alarga de 3 a 6 veces, dependiendo de la aplicación.

A continuación se muestran algunos ejemplos de coste horario y ahorros:

## *Ejemplo minería a cielo abierto, mina de cobre*

Máquina: CAT 994, pala de ruedas  
Dimensión del neumático: 55/80-R57  
Cadena tipo: Square Compact 21

### Cálculo sin cadena

Precio neumático nuevo: 50,000 €  
Horas sin cadena: 2,000 h  
Coste / h sin cadena: 25 €/h

### Cálculo con cadena

Precio cadena: 27,000 €  
Horas con cadena\*: 7,000 h  
Vida útil cadena: 9,000 h

Coste cadena/ h : 3 €/h  
Coste neumático: 7.14 €/ h  
Coste total/ h con cadena: 10.14 €/h  
**Ahorros/h: 14.86 €/h      59.43 %**

## ■ Caso de Minería a cielo abierto de cobre y oro

- Máquina CAT 994
- Dimensión del neumático 55/80-R57



### – Cálculo sin cadena

- Precio neumático nuevo 50000 €
- Horas sin cadenas 2000 h
- **Coste/h sin cadena 25 €**

### Cálculo con cadenas

Precio neumático	50000 €
Vida útil del neumático bajo la cadena antes de pasarlo a atrás	7000 h
Precio CPN	27000 €
Vida útil CPN	9000 h
<b>Coste de CPN/h</b>	<b>3 €/h</b>
<b>Coste neumático/h</b>	<b>7.14 €/h</b>
<b>Coste total/h con CPN</b>	<b>10.14 €/h</b>

**AHORRO : 14.86 €/h (59.43%)**

## *Ejemplo minería cantera piedra caliza*

Máquina: HSW 560

Dimensión del neumático: 29.5-29

Cadena tipo: Square plus, Duplex 18

### Cálculo sin cadena

Precio neumático nuevo: 6,974 €

Horas sin cadena: 3,300 h

Coste / h sin cadena: 2,11 €/h

### Cálculo con cadena

Precio cadena: 7,783 €

Horas con cadena\*: 19,757 h

Vida útil cadena: 19,700 h

Coste cadena/ h : 0.84 €/h

Coste neumático: 0.39 €/ h

Coste total/ h con cadena: 0.75 €/h

**Ahorros/h: 1.37 €/h      64,66 %**

## *Ejemplo minería subterránea de cobre*

Máquina: Wagner ST 1810  
Dimensión del neumático: 29.5-29  
Cadena tipo: Square Multistep 16/18S

### Cálculo sin cadena

Precio neumático nuevo: 6,200 €  
Horas sin cadena: 800 h  
Coste / h sin cadena: 7.75 €/h

### Cálculo con cadena

Precio cadena: 6,285 €  
Horas con cadena\*: 4,500 h  
Vida útil cadena: 7,500 h

Coste cadena/ h : 0.84 €/h  
Coste neumático: 1.83 €/ h  
Coste total/ h con cadena: 0.22/h  
**Ahorros/h: 5.53 €/h      71.41%**

# RENDIMIENTOS Y VENTAJAS

- Disminución de la velocidad máxima en algunos equipos según condiciones
- Alto coste inicial (elevado precio de las cadenas)
- Se necesita mucho tiempo para quitar y poner cadenas en equipos grandes (hasta 12 horas en equipos grandes)
- Montaje complicado y laborioso, necesidad de útiles especiales y formación adecuada.



- El aumento del rendimiento mediante el uso de estos sistemas estriba en el aumento en la vida de trabajo de los neumáticos, alargándola disminuyendo el consumo y paradas.
- Unos datos obtenidos de RUD, uno de los principales fabricantes mundiales nos lo muestran que:
  - Suponemos un coste de 37 615\$ por 4 neumáticos con una vida de 1 200 horas, esto hace unos 31 \$/hora.
  - El coste de 4 cadenas adicionales supondrían 56 000\$, aumentando 10 veces más la vida de trabajo tendrían los neumáticos pagar unos 3.1\$/hora, sumando esto el coste horario que se ahorra con las cadenas, con una vida de 1 000 horas, tendríamos 8.1

- Estudios realizados por OTRACO, empresa especializada en la gestión de neumáticos, demostraron que en condiciones ambientales muy severas en una explotación Australiana el montaje sobre las ruedas delanteras de una pala Komatsu WA800 estos sistemas redujeron en un 35% el coste en neumáticos, lo que supuso para la compañía unos 130 000 % al año.



- El mantenimiento y cuidado es sencillo como ya hemos dicho y no va mas allá de lo que supone arreglar el eslabón de una cadena y no requieren un alto grado de conocimientos.
- Un beneficio indirecto en el uso de cadenas de protección es que a medida que la maquina carga el mineral procedente de la voladura, las cadenas ayudan a romper trozos de roca y allanan el piso gracias al peso de la maquina.

- Reducción de daños
- Reducción de costes de operación
- Reducción de tiempos de parada
- Aumento de la productividad.

- Como ya dijimos el uso de cadenas siempre va a ser perjudicial para las gomas, la cuestión es saber si lo va a ser menos que las condiciones de trabajo. Son un arma de doble filo.

- Muy específicas condiciones de trabajo.
- Sin duda el mayor inconveniente de este sistema de protección es el estrecho campo de aplicación que tiene. Algunas de estas restricciones son:
  - Las condiciones ambientales deben ser muy severas y con cierta constancia, los neumáticos deben estar muy expuestos a ser dañados y los terrenos muy embarrados para que una maquina así no pueda trabajar a gusto, por que tampoco es conveniente quitar y poner eventualmente las mallas, supone personal y tiempo de parada.
  - La velocidad no deberá superar los 15 km/h, superarlos podría suponer grandes daños para las gomas.
  - La presión de las ruedas debe ser alta, dentro de las especificaciones claro, no solo para facilitar la instalación sino para que la malla se mantenga ajustada y la fricción entre rueda-cadena sea la menor posible. Esta presión deberá ser controlada a menudo.

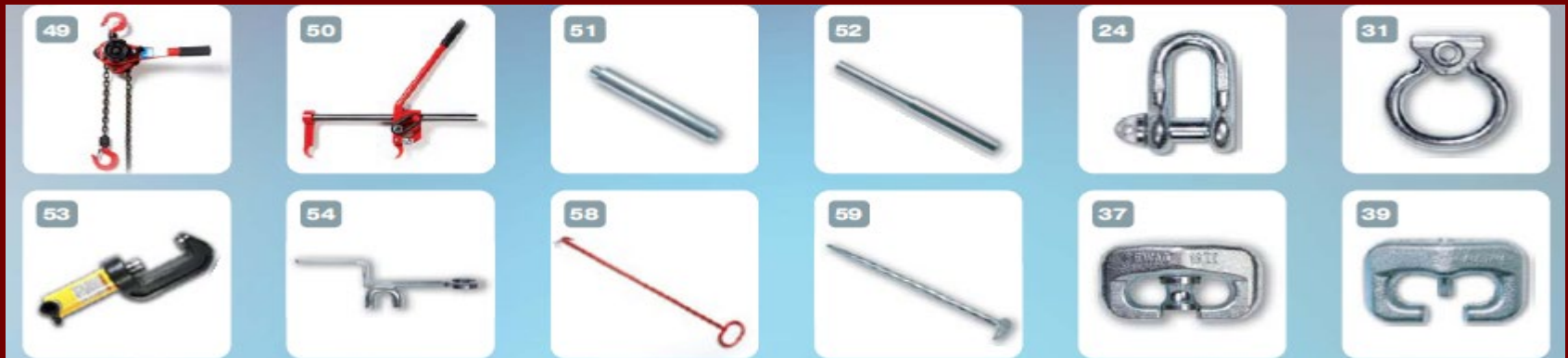


En definitiva las cadenas son sistemas muy caros, con pocos fabricantes en relación con la simplicidad de la herramienta, no es una herramienta muy sofisticada, y esto es así porque su mercado es muy pequeño, su margen de aplicación es muy estrecho y se utilizan en unas condiciones muy específicas, pero, si se dan estas condiciones y se estudia bien, sin duda supondrán un altísimo rendimiento en la operación y por lo tanto económico.

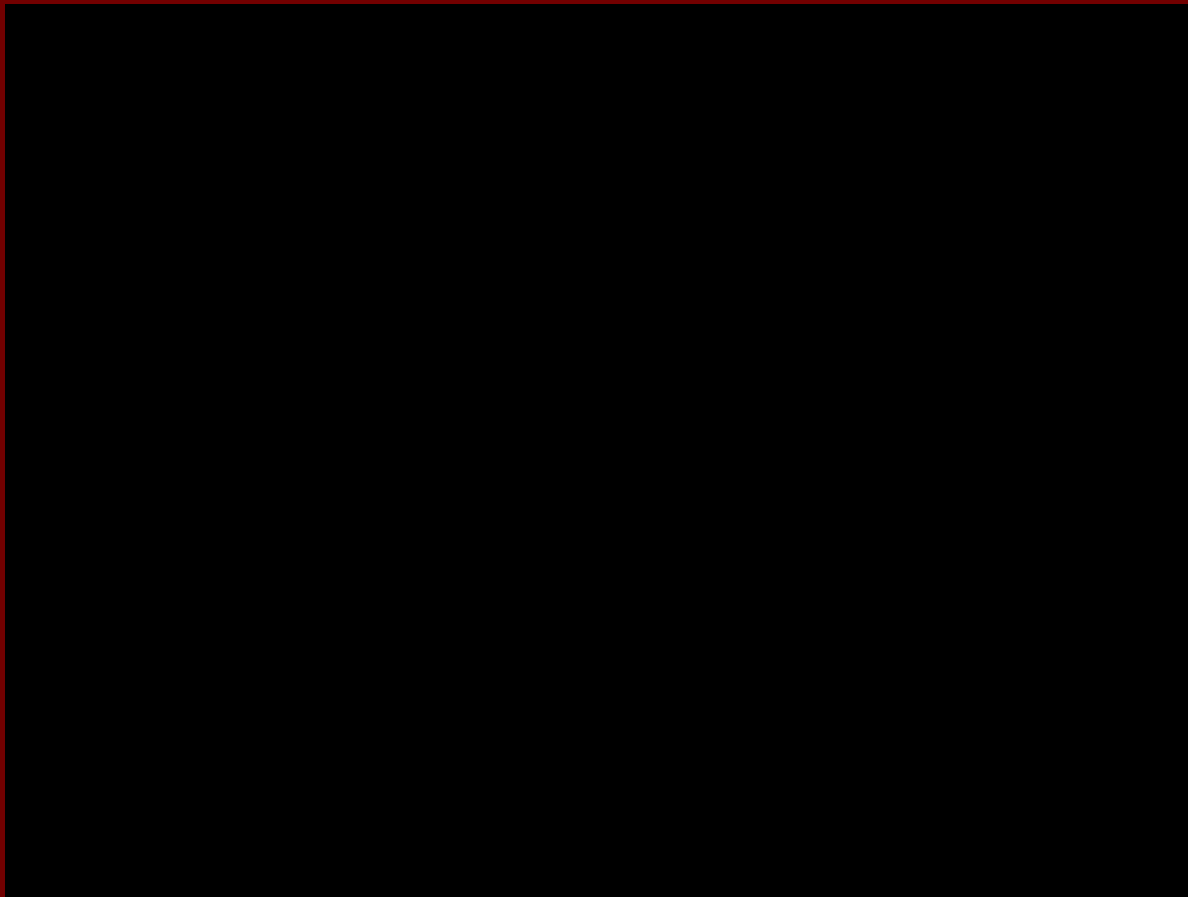
- Principales fabricantes:
  - Pewag
  - Rud-Erlau
  - Omega
  
- Los principales fabricantes son:
  - RUD-ERLAU (Alemania)
  - PEWAG (Austria)
  - OTR (USA)
  - TIRESMIL (China)
- El mercado de segunda mano es importante en el sector de las cadenas para maquinaria de mina.

# HERRAMIENTAS Y ÚTILES PARA MONTAJE DE CADENAS

- Herramientas y útiles para montaje de cadenas



- <http://www.youtube.com/watch?v=Qatw985MibM>



# MONTAJE DE CADENAS

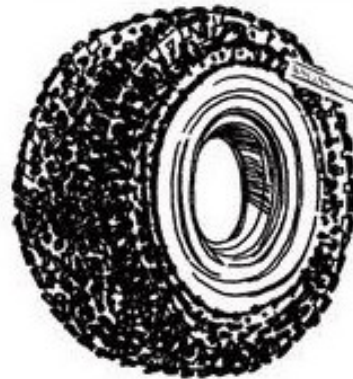
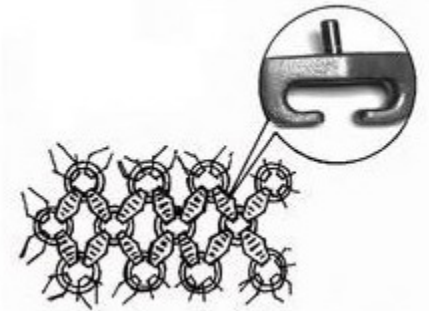
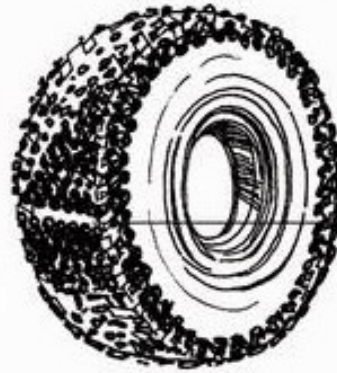
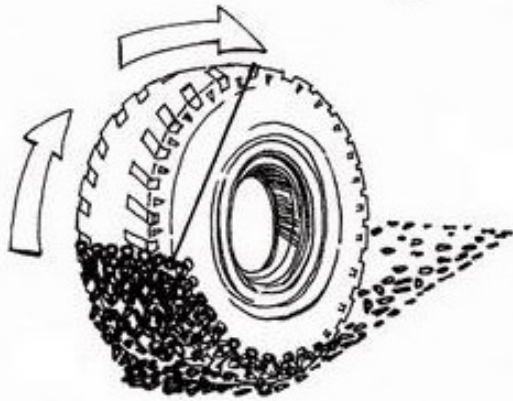
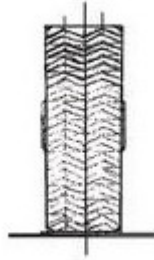
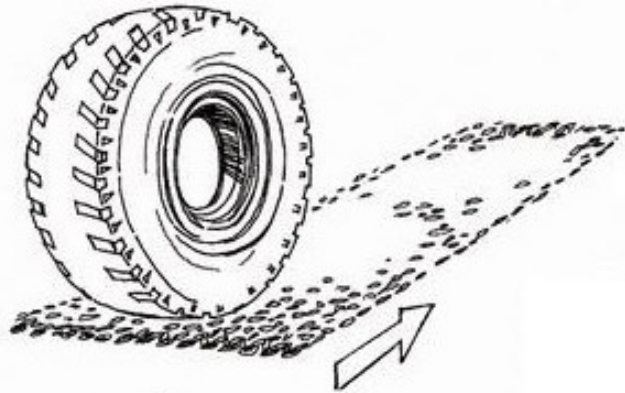
- Solo son necesarios dos operarios y la maquinaria correspondiente para el montaje.



# MONTAJE Y MANTENIMIENTO

- El montaje de estos sistemas de cadenas es relativamente sencillo; las mallas expandidas tienen una forma rectangular que se van acoplando sobre una cadena circular a la rueda progresivamente a lo largo de la circunferencia de los hombros del neumático a medida que la maquina avanza, parecido a como se montan en un vehículo convencional pero a una escala mucho mayor que requiere de unos conocimientos mas expertos.
- Esta operación se lleva a cabo por mano de obra de obra especializada y puede intervenir el fabricante incluso.

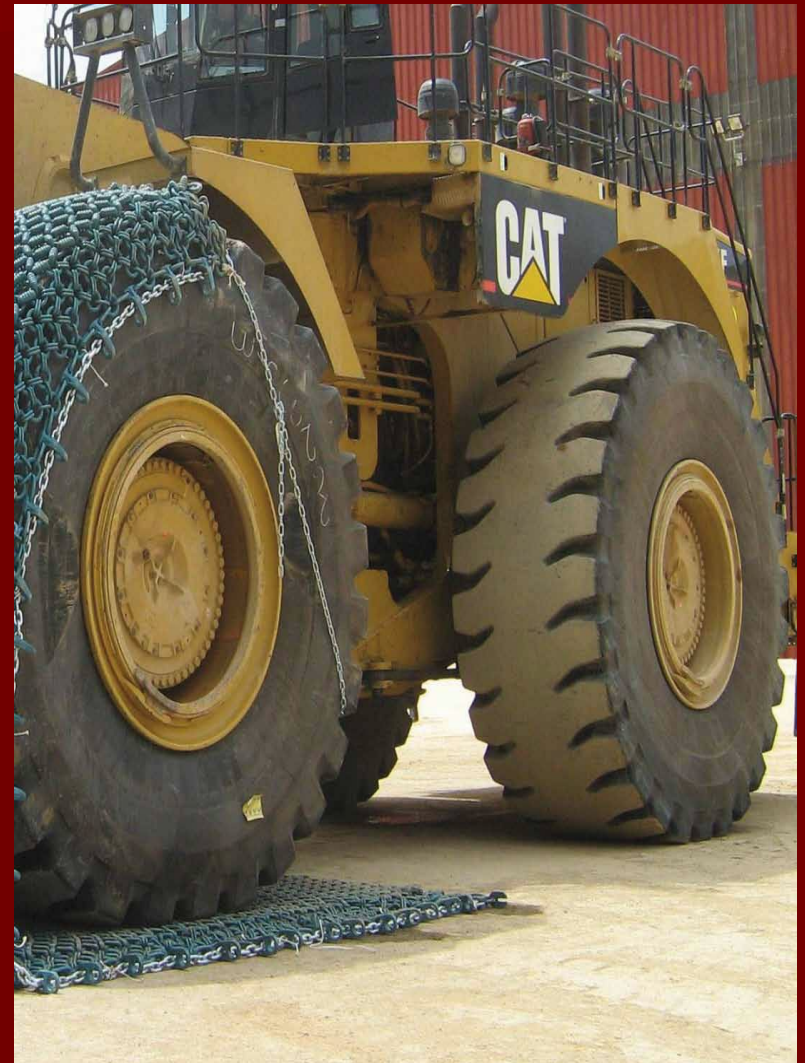




Fasten and finish



- El montaje de la malla sobre un neumático del 45/65x45 puede llevar de dos a tres horas a manos de un operario especializado.
- Es conveniente, de forma general, realizar un pretensado por lo menos dos veces al mes, esta operación puede llevar unos pocos minutos.





- La sustitución de elementos de malla y el mantenimiento de la misma no llevara mas de unos pocos minutos y no es tan complicada que la reparación de una cadena industrial convencional. Incluso algunos fabricantes incluyen en sus catálogos herramientas específicas que facilitan la operación,.
- Por supuesto debemos tener en cuenta el material y la calidad las mismas a la hora de escoger un fabricante u otro y lo que estamos dispuestos a sacrificar en la relación calidad-precio.
- La supervisión y el seguimiento es un factor muy importante para la optimización en el uso de estas herramientas.

**Llave  
conector  
PEWAG**



**Nivelador  
PEWAG**



- El uso de cadenas protectoras de neumáticos en máquinas mineras tiene amplias ventajas.
- Si las condiciones son favorables, el desembolso inicial queda ampliamente amortizado.
- La alta gama de productos permite un uso diverso y para multitud de situaciones.
- En definitiva las cadenas son sistemas muy caros, con pocos fabricantes en relación con la simplicidad de la herramienta, no es una herramienta muy sofisticada, y esto es así porque su mercado es muy pequeño, su margen de aplicación es muy estrecho y se utilizan en unas condiciones muy específicas, pero, si se dan estas condiciones y se estudia bien, sin duda supondrán un altísimo rendimiento en la operación y por lo tanto económico.

- Finanzauto web site
- Pewag web site [www.pewag.es](http://www.pewag.es)
- Rud-Erlau web site [www.rud.com](http://www.rud.com)
- Omega chains web site [www.omegachain.co.za](http://www.omegachain.co.za)
- [www.cadenasprotectoras.com](http://www.cadenasprotectoras.com)
- [http://www.cadenasprotectoras.com/cad\\_proteccion.html](http://www.cadenasprotectoras.com/cad_proteccion.html)
- [www.cadenasprotectoras.com/catalogo.pdf](http://www.cadenasprotectoras.com/catalogo.pdf)
- <http://www.rud.com/es/produkte/tpc.html>
- <http://www.tyresfill.es/>
- <http://www.pewag.es>
- <http://www.todointeressante.com/2009/07/como-se-fabrican-las-cadenas-de-acero.html>
- <http://www.seguridad-vial.net/>

- [http://www.revistatecnicosmineros.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6162:simma-suministra-cadenas-de-proteccion-para-neumaticos-del-cargador-mas-grande-del-mundo&catid=17:noticias](http://www.revistatecnicosmineros.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6162:simma-suministra-cadenas-de-proteccion-para-neumaticos-del-cargador-mas-grande-del-mundo&catid=17:noticias)
- <http://www.pewag.es>
- [http://www.wallingfords.com/es/babac\\_es/babac.html](http://www.wallingfords.com/es/babac_es/babac.html)
- <http://www.rud.com/en/home.html>
- <http://www.youtube.com/>

Diseño de Explotaciones Mineras  
Curso 2011-2012

**DESARROLLO DEL CASO**  
**“SISTEMAS DE PROTECCION DE**  
**NEUMATICOS”**

*Juan Locutura López-Dieguez*



©

# Índice

- 1) Introducción
- 2) Descripción de las cadenas protectoras
- 3) Funcionamiento
  - 3.1) Protección
  - 3.2) Tracción
- 4) Tipos de mallado
- 5) Tipos de eslabon
- 6) Aplicaciones
- 7) Utilización y montaje
- 8) Rendimiento y ventajas de su utilización
- 9) Inconvenientes



## ■ Introducción:

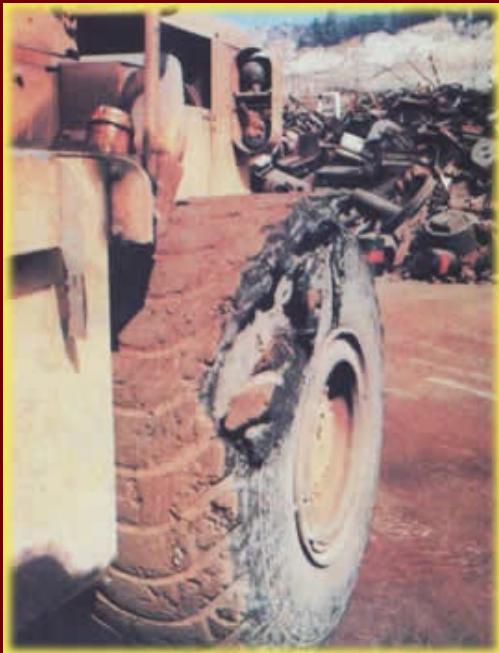
En minería, la importancia del neumático es crucial dado que la mayor parte de la maquinaria empleada durante las labores de explotación del mineral se desplazara sobre ruedas con neumáticos.

Debido a las condiciones extremadamente duras de trabajo en una mina y a la cantidad de esfuerzos físicos, de abrasión, temperatura y horas de trabajo que soportan estos neumáticos, estos deben ser especialmente resistentes siempre siendo adecuados para el trabajo que realizaran pues un neumático de un volquete no será ni mucho menos parecido al de una excavadora hidráulica aunque exteriormente puedan parecerse. Es por ello que estos neumáticos suelen tener un precio bastante elevado debido como hemos dicho a sus propiedades especiales y en segundo lugar a su tamaño que los hace especialmente difíciles de fabricar. Como sabemos, la maquinaria minera suele tener un tamaño bastante grande y para ello se utilizan neumáticos cuyo tamaño es acorde con el de la máquina. Esto es un factor que dificulta aun más su fabricación y encarece el productos.

Por lo tanto, debido al precio y al desgaste que sufren estos neumáticos que obliga a cambiarlos a menudo durante las labores de producción de una mina. El aspecto de los neumáticos es un tema muy a tener en cuenta durante la planificación de una mina ya que los costes de compra de neumáticos y la producción perdida por necesidad de cambio de un neumático en una máquina pueden influir profundamente en la rentabilidad que dara la producción de la mina.

Además, hoy en día, la fabricación de neumáticos tiene como inconveniente la capacidad de satisfacer una demanda enorme en todo el mundo. La producción de neumáticos no da pues abasto y el suministro de neumáticos suele tener retrasos de meses o incluso años llegando a haber casos en los que una máquina es comprada por llevar unos neumáticos. Así pues la necesidad de tener un suministro constante de neumáticos, que es muy difícil de conseguir debido a esta saturación de la producción de estos elementos, puede marcar el destino de nuestra producción de mineral.

Se hace entonces necesario, plantearse la necesidad de alargar la vida de los neumáticos mediante métodos de protección de estos. En nuestro caso nos centraremos en las cadenas de protección.



## ■ Descripción de las cadenas protectoras:

Como su nombre indica estos elementos son cadenas formadas por eslabones, generalmente metálicos aunque pueden estar formados por otros materiales o aleaciones dependiendo de la utilidad que se le vaya a dar a dicha cadena, estos eslabones se unen entre si para formar cadenas que a su vez formaran una malla que se envolverá alrededor de la banda de rodadura de un neumático. Esta malla evitara que el neumático entre en contacto con el terreno evitando así que tenga lugar una abrasión excesiva del neumático y el metal al tener mayor resistencia al desgaste y la abrasión que el caucho tendrá una duración mayor.

Al ser una cadena formada por eslabones, y estos pudiéndose deslizar unos con respecto a otros, esta presentara una flexibilidad que le permitirá deformarse tomando la forma del neumático y adaptándose a las deformaciones que sufre este durante su desplazamiento.

El material del que estén formados y la forma de los eslabones dependerá del uso que se le vaya a dar. Este dependerá de si se utilizaran para mejorar la tracción del neumático o si se utilizaran para protección y esto dependerá a su vez del suelo o la roca en la que se vaya a trabajar. El dibujo o entramado de la cadena también dependerá del uso que vaya a tener dicho neumático habiendo así una multitud de tipos de eslabones y entramados de cadenas.

## ■ Funcionamiento:

### Protección:

Estas cadenas funcionan con un principio muy sencillo: Evitar que el neumático sufra la abrasión al estar en contacto con el terreno si este es abrasivo, o bien que pueda ser dañado al pasar por encima de piedras angulosas u otros elementos dañinos. Esto se hace simplemente interponiendo una capa entre el neumático y el terreno, esta capa por supuesto es la propia cadena que absorbe todos los golpes y sufre todos los rozamientos que sufriría el neumático al rodar sobre el terreno. Al ser el material mas resistente que el propio caucho del neumático, este tendrá una vida mucho mayor que la del neumático si este estuviera desprotegido evitando tener que cambiar los neumáticos de la maquina con tanta frecuencia. Y dado que las cadenas son mas fácilmente reparables que los neumáticos estas ofrecen una vida de trabajo que compensa largamente su inversión. En efecto una cadena si es dañada puede repararse fácilmente sustituyendo uno o varios eslabones a diferencia de los neumáticos que si se dañan tendrán que ser reparados mediante recauchutado o incluso ser desechados.

Así pues, estas cadenas serán las que absorberán todos los efectos dañinos de rodar sobre el terreno y el neumático simplemente sufrirá los esfuerzos de deformación debidos al peso de la maquina y a las cargas que esta reciba.

Además, no estas cadenas no solo evitan o alargan la vida de los neumáticos reduciendo la abrasión a la que estos están sometidos, sino que además evitaran daños accidentales que podrían romper el neumático incluso cuando este esta nuevo como son pinchazos debido a piezas que se hayan desprendido sobre la pista o al pasar sobre alguna piedra angulosa que pueda dañar la banda de rodadura.

## Tracción:

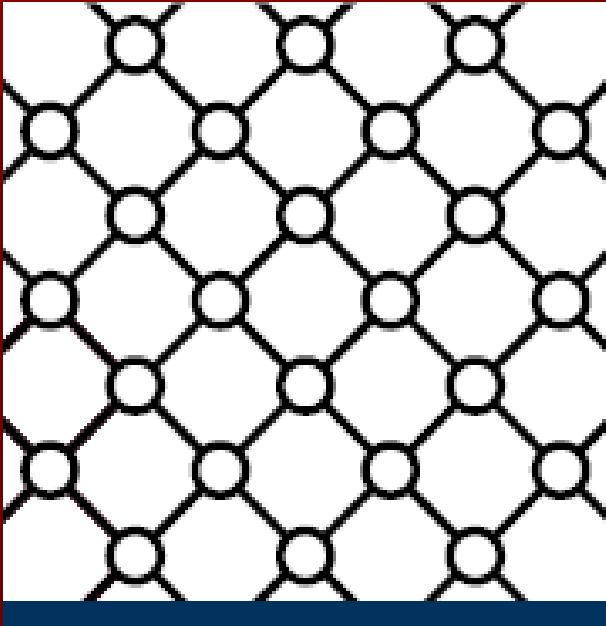
En el campo de las cadenas de tracción el objetivo de estas es mejorar el agarre de las máquinas tanto en desplazamientos sobre terrenos que puedan resultar poco estables y deslizantes. Para realizar esta labor, las cadenas son distintas de cuando se utilizan simplemente para proteger los neumáticos. En estos casos los dibujos de las cadenas suelen ser mas amplios por decirlo de alguna manera. Es decir, son cadenas con mallado menos denso y presentan cuadrículas mas grandes. Esto al arrollarse alrededor de el neumático ofrece una superficie mas irregular que utilizando una malla mas densa que ofrecerá una superficie mas regular o mas irregular incluso que la que ofrece el neumático con sus propios surcos. Al tener un dibujo grande, los espacios entre cadenas serán mayores por lo que el neumático entrara en contacto con el terreno mas fácilmente y sufrirá mas desgaste que con una cadena de protección. Aun así existen cadenas que presentan propiedades mixtas entre protección y tracción.

Otra vía por la que se mejora la tracción en estos sistemas es la forma de los eslabones. La forma de estos influirá en el agarre de forma significativa ya que estos pueden presentar dibujos con irregularidades o rugosidades que agarraran mas al terreno y mejoraran la tracción del neumático.

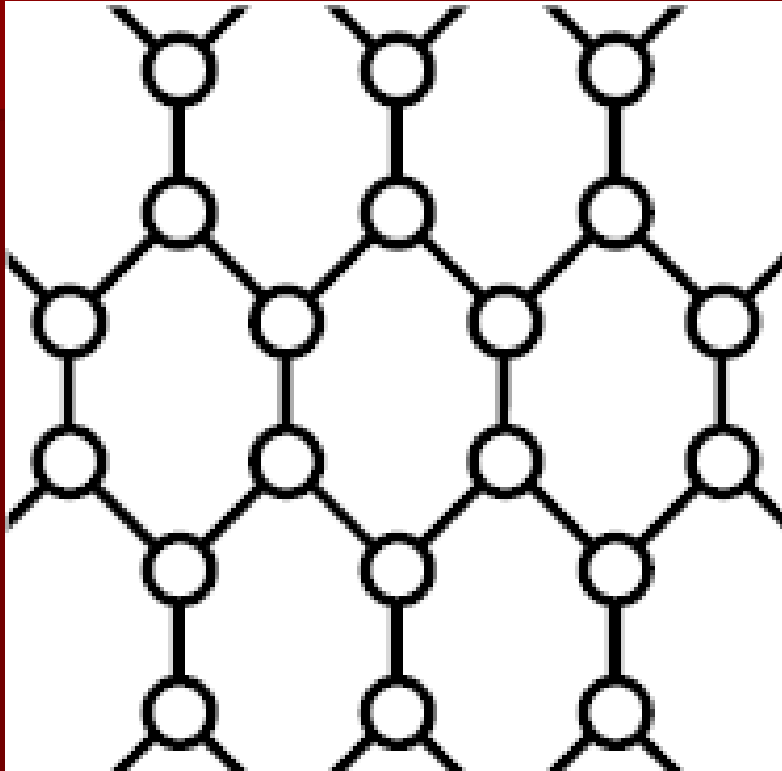
Generalmente las cadenas con malla mas cerrada ofrecen mas protección y las que son mas abiertas o amplias ofrecerán mas agarre. Aun así en las mallas cerradas se suelen utilizar los eslabones anteriormente mencionados con un dibujo que aumenta el agarre.

■ Tipos de Mallado:

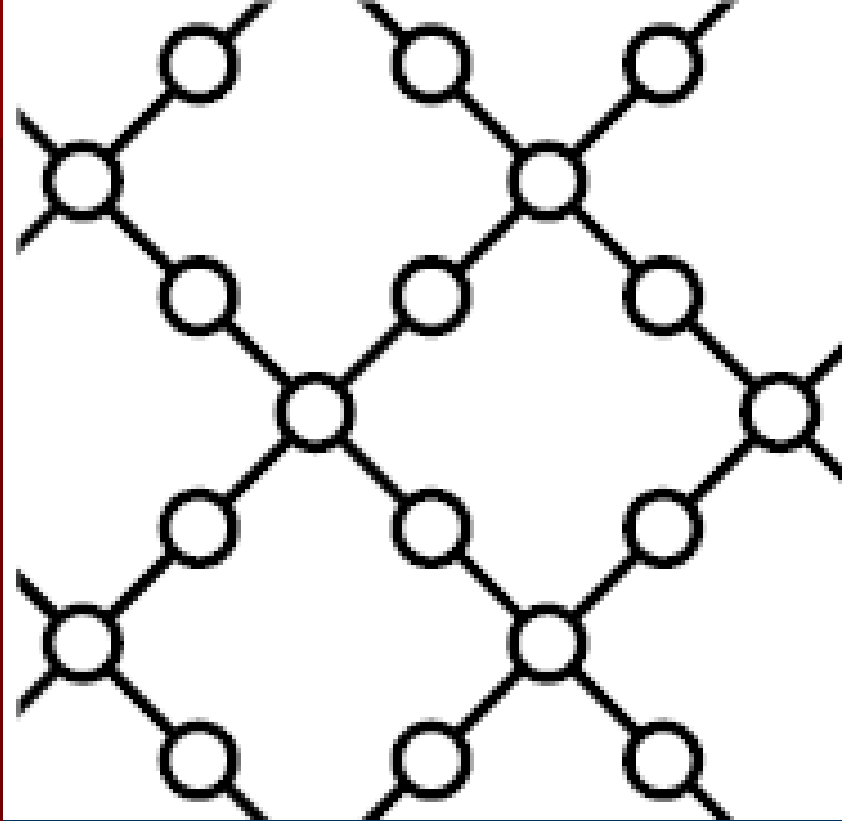
- Malla cerrada cuadrada:  
(protección)



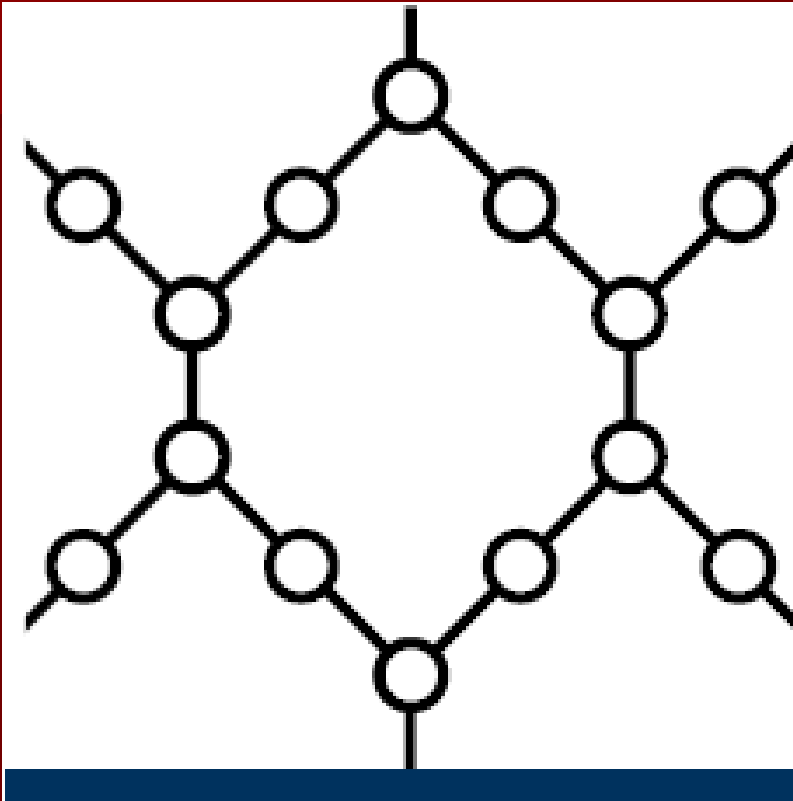
➤ Malla Hexagonal: (tracción/protección, mixto)



➤ Malla cuadrada amplia: (traccion)



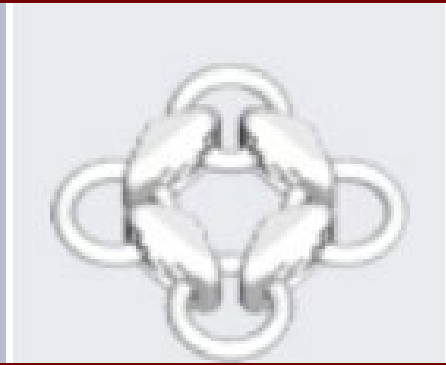
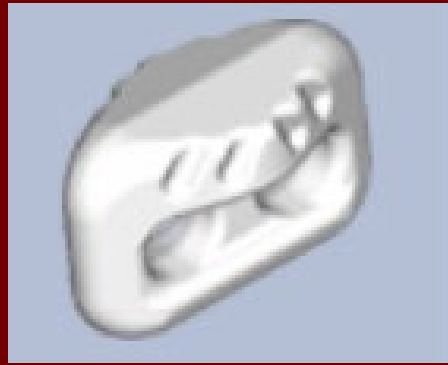
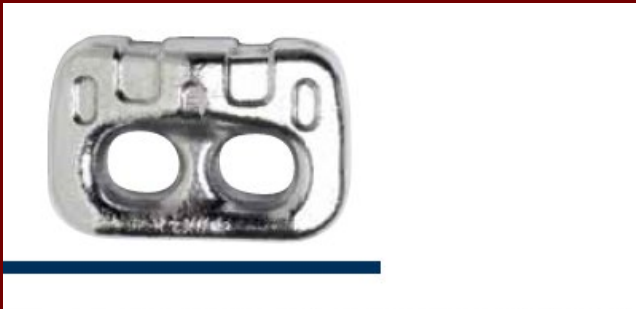
➤ Malla Hexagonal Amplia: (tracción extra)



## ■ Tipos de eslabones:

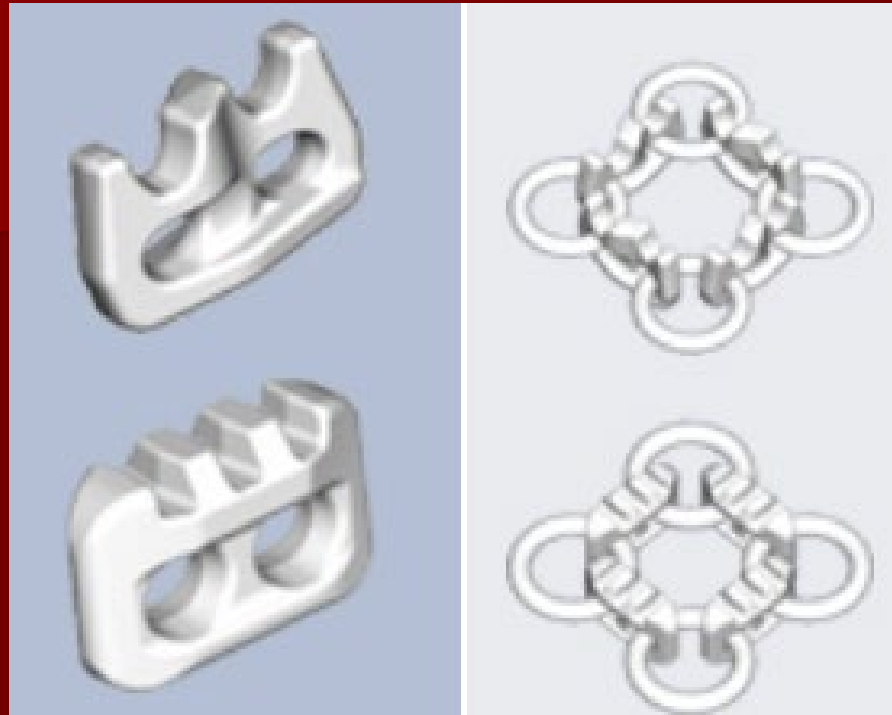
Los tipos de eslabones disponibles en el mercado son casi infinitos ya que dependen del fabricante que los proporcione. Aun así hay ciertos dibujos en los eslabones que son bastante comunes y similares entre todos los fabricantes y que proporcionan unas propiedades concretas. Se pueden dividir básicamente en dos grupos, tracción y protección, además de los eslabones tipo anillo que representan la base de la malla. Los primeros presentan una superficie mayor para evitar el contacto con el neumático y ofrecer una superficie amplia de desgaste, los segundos presentan mas rugosidades o salientes para incrustarse en el terreno.

### ➤ Eslabones de protección:



➤ Tracción:

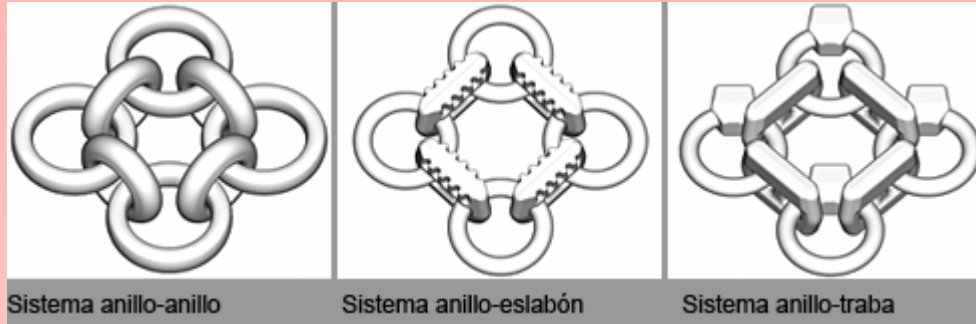




➤ Anillo  
S:



- La estructura de la cadena estará generalmente formada por dos tipos de enganches mas un tercero que se utiliza muy poco.



- **Sistema anillo-anillo:**

Estará formado por anillos unidos entre si, este tipo de sistema obviamente ofrecerá menos agarre que el sistema anillo eslabón y aquí las piezas que sufrirán el desgaste serán los anillos que entren en contacto con el terreno. Son usados principalmente para sistemas que buscan mas proteccion.

- **Sistema anillo-eslabón:**

Estará formado por unos eslabones de desgaste que se unirán entre si a través de anillos, los eslabones de desgaste sufrirán la abrasión del terreno mientras que los anillos mantendrán unida la cadena. Por lo tanto estos sistemas se usan mejor cuando se busca una mejor tracción, aunque para sistemas de protección son también muy útiles al tener eslabones de protección con un área bastante grande que protege el neumático. Este sistema puede llevar una traba en los anillos para evitar el movimiento de estos.

## ■ Aplicaciones:

Las aplicaciones de estas cadenas son numerosas en el campo de la minería. Son utilizables tanto para carga de mineral en volquetes mejorando su tracción en pistas deslizables así como la durabilidad de los neumáticos en terrenos abrasivos. En el caso de palas cargadoras para mejorar su tracción y facilitar la carga y extracción del material dentro de la pala ya que el agarre en estos aparatos mejora el empuje que realiza la máquina y por lo tanto por lo tanto la fuerza de extracción de la pala.

En caso de condiciones extremas estas cadenas ofrecen una protección frente a altas temperaturas evitando la destrucción del neumático ya que aguantan temperaturas de hasta 1200°C evitando que el neumático se queme.



■ **Utilizables en:**

- Minería a cielo abierto
- Minería subterránea
- Explotación en cantera
- Manejo de escoria caliente
- Reciclado de chatarra
- Explotaciones con baja tracción, gran abrasividad del suelo, etc...

■ Utilización:



- Instalación de la cadena (video, pulsar play):



## ■ Pasos a seguir:

- Extender la cadena sobre el suelo.
- Hacer pasar la rueda de la maquina sobre esta bien centrada hasta la posición indicada.
- Utilizando los surcos del neumático enganchar una cadena normal o linear de forma que esta quede colgada del neumático.
- Gracias a un gancho en "S" enganchar la cadena de protección a la cadena previamente encajada entre los surcos del neumático
- Hacer retroceder la maquina de forma que al girar la rueda esta tire de la cadena encajada entre los surcos del neumático y esta a su vez levante la cadena de protección enrollando esta alrededor de la rueda. A medida que se enrolla en el neumático extender la cadena sobre el con una palanca.
- Sosteniendo la cadena unida a si misma por el final gracias a enganches en "S", unir definitivamente la cadena por medio de eslabones desmontables con pasadores.
- Tensar la cadena de tensado del lado exterior mediante un polipasto de gatillo o lever hoist.
- Fijar la placa de cierre para mantener la cadena tensada.
- Mover la maquina para que la cadena se centre por si sola.
- Re tensar la cadena de tensado exterior y recogerla a través del sistema de guiado

Anillo de cierre



Cerradura de clavija



VBS Cerradura de unión



Placa de cierre



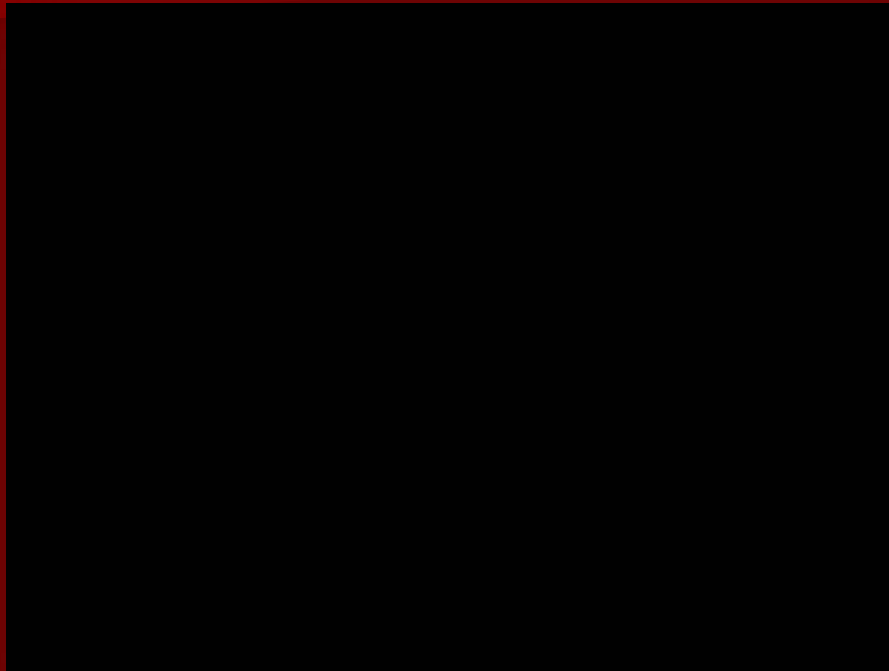
Sistema de guiado de cadena tensora



Grillete Final



- Instalación de la cadena en una rueda desmontada (video, pulsar play)



## ■ Rendimientos y ventajas de su utilización:

El rendimiento de estas cadenas así como el de el neumático depende del terreno y la labor para la que se utilice. De esta forma la vida de el neumático se alargara enormemente y prácticamente se vera limitada por la estructura interna del neumático ya que la abrasión de la zona de rodadura será prácticamente nula. Aun asi, la cadena también tiene una vida útil que dependerá del muchos factores y teniendo en cuenta tanto la vida útil del neumático junto con sus costes, la vida útil de la cadena junto con sus costes y comparando con la vida útil del neumático sin cadena, se puede estimar un rendimiento económico en cuanto al ahorro que tendremos gracias a no tener que cambiar el neumático por desgaste o por daños catastróficos. Procedemos a realizar una comparación en distintos tipos de explotación como ejemplo.



➤ Minería a cielo abierto (cobre,oro): Con cargadora CAT994

*Calculo sin cadena:*

Precio del neumático nuevo = 50.000,00 EUR

Vida útil = 2000 h

Coste horario sin cadena = 25,00 EUR

*Calculo con cadena:*

Precio del neumático nuevo = 50.000,00 EUR

Vida útil neumático = 7000 h

Precio de la cadena = 27.000,00 EUR

Vida útil de la cadena = 9000 h

Coste de la cadena/h = 3,00 EUR/h

Coste del neumático/h = 7,14 EUR/h

Coste total/h con cadena = 10,14 EUR/h

Ahorro/h = 14,86 EUR/h → 59,43%

➤ Explotación en cantera (piedra caliza): Pala cargadora HSW 560

*Cálculo sin cadena:*

Precio del neumático nuevo = 6.974,00 EUR

Vida útil = 3300 h

Coste horario sin cadena = 2,11 EUR

*Cálculo con cadena:*

Precio del neumático nuevo = 6.974,00 EUR

Vida útil neumático = 19757 h

Precio de la cadena = 7.783,00 EUR

Vida útil de la cadena = 19757 h

Coste de la cadena/h = 0,84 EUR/h

Coste del neumático/h = 0,39 EUR/h

Coste total/h con cadena = 0,75 EUR/h

Ahorro/h = 1,37 EUR/h → 64,66 %

➤ Minería subterránea (cobre): LHD Wagner ST 1810

*Cálculo sin cadena:*

Precio del neumático nuevo = 6.200,00 EUR

Vida Útil = **800 h**

Coste horario sin cadena = **7,75 EUR**

*Cálculo con cadena:*

Precio del neumático nuevo = 6.200,00 EUR

Vida útil del neumático = **4500 h**

Precio de la cadena = 6.285,00 EUR

Vida útil de la cadena = **7500 h**

Coste de la cadena/h = 0,84 EUR/h

Coste del neumático/h 1,83 EUR/h

Coste total/h con cadena = **2,22 EUR/h**

Ahorro/h = 5,53 EUR/h -> 71,41%

➤ Manejo de escoria caliente: Pala cargadora CAT 992D

*Cálculo sin cadena:*

Precio del neumático nuevo = 14.800,00 EUR

Vida Útil = 1500 h

Coste horario sin cadena = **9,87** EUR

*cálculo con cadena:*

precio del neumático nuevo = 14.800,00 EUR

Vida útil del neumático = 8000 h

Precio de la cadena = 14.800,00 EUR

Vida útil de la cadena = 9000 h

Coste de la cadena/h = 1,64 EUR/h

Coste del neumático/h = 1,85 EUR/h

Coste total/h con cadena = 3,49 EUR/h

Ahorro/h = 6,37 EUR/h → 64,58%

Como vemos, el rendimiento en cuanto a ahorro en neumáticos es enorme usando cadenas de protección siendo este superior con creces al 50% en todos los casos. Aun así, a este ahorro debemos añadir otro factor, como es el aumento de producción. En efecto, el hecho de no tener la máquina parada cada vez que un neumático deba ser cambiado o reparado nos hace aumentar la producción con lo que el camión estará transportando en el tiempo que la máquina este parada.

Otro factor será el de la destrucción subida del neumático, es decir que este aun estando nuevo tenga que ser cambiado debido a que ha sufrido algún daño por pasar por encima de una piedra angulosa o una pieza que se haya desprendido. Esto en el caso de tener una cadena prácticamente no tendrá lugar ya que protegen perfectamente de estos imprevistos.

Finalmente aunque la cadena tenga una vida limitada, esta es reparable ya que esta compuesta por eslabones individuales que en caso de estar dañados podrán ser sustituidos mucho mas fácilmente de lo que sería reparar un neumático.



En el caso de la tracción es evidente que en ciertas condiciones, un aumento de tracción aumentara la producción de manera notable, sobre todo en el caso de cargadoras que necesitan realizar un empuje y en el caso de zonas con climatología, humedad, o condiciones del terreno que requieran un agarre extra debido al deslizamiento por las pistas o por pistas de gran pendiente.

Así pues el resumen de las ventajas de las cadenas de protección es:

- Menor gasto en neumáticos debido a la abrasión
- Mayor vida útil de las cadenas con respecto a los neumáticos
- Aumento de la producción al no haber tanta máquina parada por reparación de neumáticos
- Menos roturas súbitas de los neumáticos debido a piedras, piezas sueltas u otras cosas
- Aumento de la tracción en terrenos difíciles
- Evitamos problemas de abastecimiento de neumáticos debido a la saturación la producción



## ■ Inconvenientes

- Si no hay una correcta evacuación puede haber intrusiones de piedras en la red del mallado reduciendo así el agarre del neumático.
- Incompatibilidad de un tipo de cadenas con otro, es decir, una cadena de protección generalmente no ofrecerá mucha tracción y una de tracción ofrecerá menos protección.
- Necesidad de un personal totalmente cualificado para la instalación, mantenimiento y monitorización de la cadena.
- Necesidad de revisiones habituales de la cadena para verificar daños, colocación de la cadena, tensión de la cadena, etc...





## ■ Bibliografía

### Internet:

<http://www.cadenasprotectoras.com>

<http://www.rud.com/es/produkte.html>

<http://www.pewag.es/Productos.aspx>

<http://www.tireprotectionchain.cn/tpc.asp>

<http://www.tire-protection-chain.com/>

<http://www.bacchusit.co.za/index.htm>

<http://www.youtube.com>

### Texto:

*Apuntes de clase "Selección y utilización de neumáticos en operaciones mineras"; Juan Herrera Herbert, Jorge Castilla Gómez*