



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**POLITÉCNICA**

"Ingeniamos el futuro"

# Universidad Politécnica de Madrid

## NEUMÁTICOS MINEROS

**"LABOREO DE MINAS II"  
(GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS MINERAS)**

**Juan Herrera Herbert**  
Department of Mining and Geological Engineering.  
Madrid School of Mines  
Technical University of Madrid

March - 2015





### ADVERTENCIA

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

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y formativo y el ámbito de utilización se circunscribe exclusivamente a la formación de los estudiantes de la UPM. La respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar la idoneidad de la solución y los riesgos afrontados en cada caso, además de las incidencias en los costes de explotación. Consulte siempre a su ingeniería, consultor, distribuidor y fabricante de confianza en cada caso.



Este documento ha sido formateado para su visualización y uso en dispositivos electrónicos y permitir ahorrar en el consumo de papel y tóner.

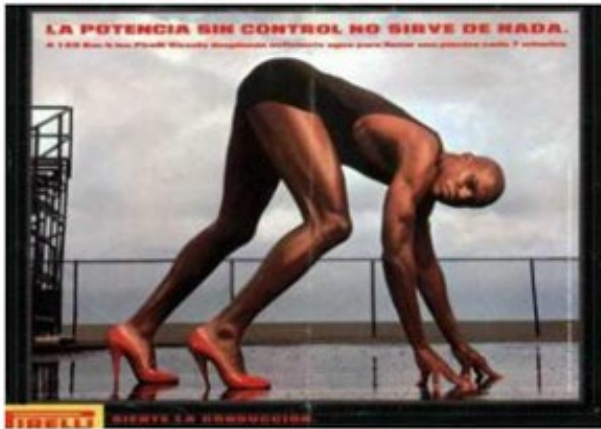
Antes de imprimirlo, piense si es necesario hacerlo.

Copyright © 2015. Todos los derechos reservados

# La potencia sin control, no sirve de nada ....

“La Potencia sin control no sirve de nada” o “Power is nothing without control”.

Slogan publicitario de la marca Pirelli, desarrollado en 1994 por la agencia Young & Rubicam.





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## La potencia sin control, no sirve de nada ....



## Pero el neumático minero, es algo más ...



# Qué pasa cuando no se da la importancia adecuada al neumático (casos extremos)





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





## Accidente por explosión de un neumático



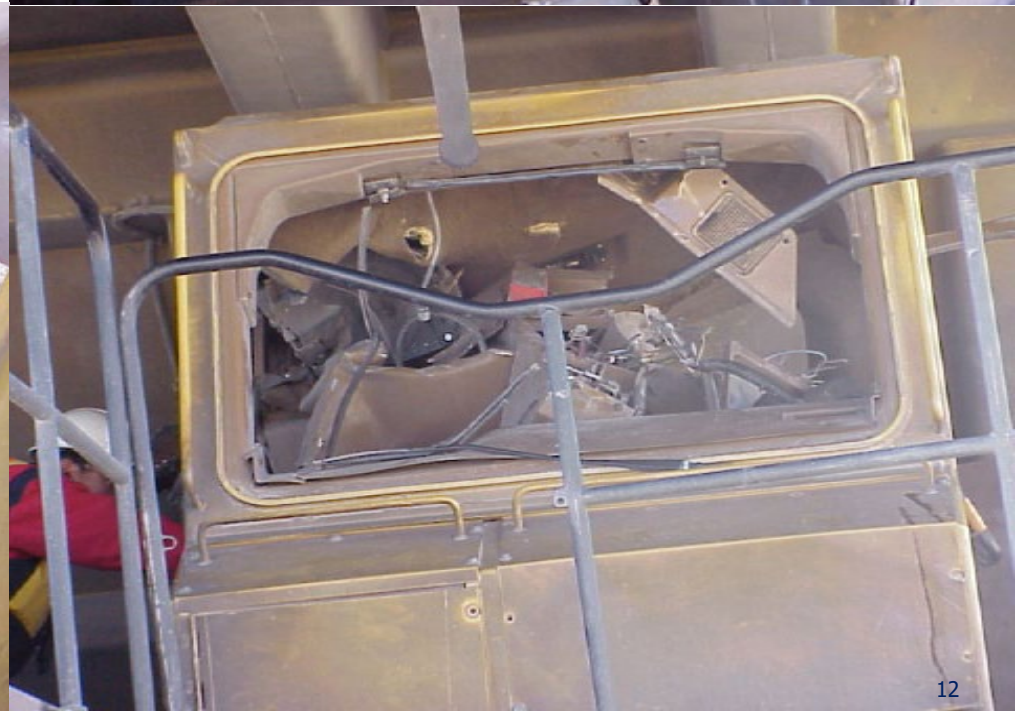
**Accidente por explosión de un neumático**



**Accidente por explosión de un neumático**



**Accidente fatal por explosión  
de un neumático**





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



**Accidente por incendio de  
neumáticos y pérdida del equipo**

## Estructuras del neumático



**Neumático  
Diagonal**

Carcasa compuesta  
de varias lonas  
cruzadas entre sí

Cima no estabilizada

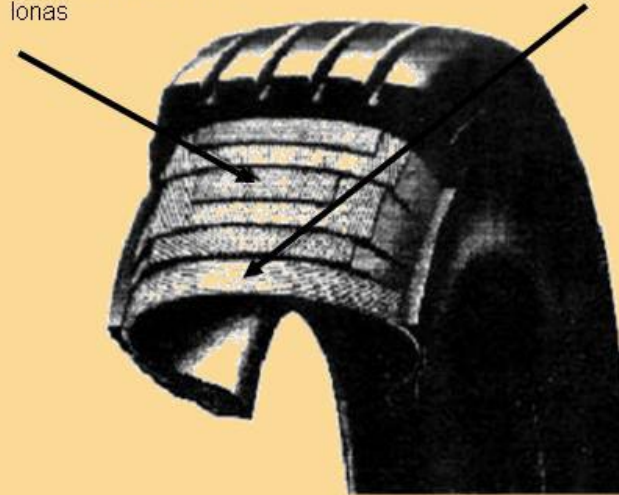


**Neumático  
Radial**



Cima estabilizada por  
una sola cintura  
compuesta de varias  
lonas

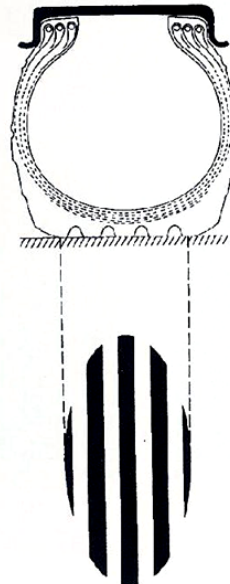
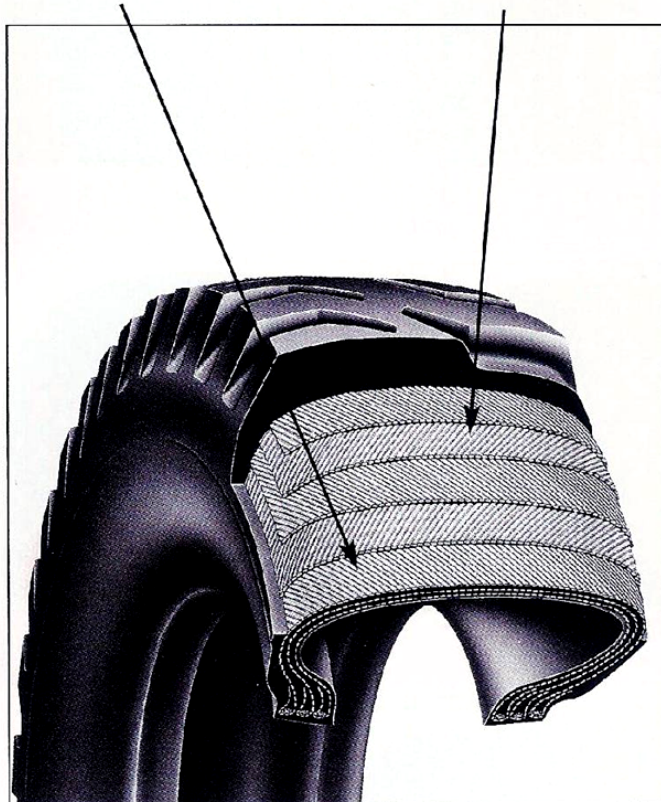
Carcasa compuesta  
por una sola lona  
radial



# Estructuras del neumático. El neumático diagonal

La carcasa  
está compuesta  
**de varias lonas cruzadas**  
entre sí.

La cima  
**no está estabilizada**



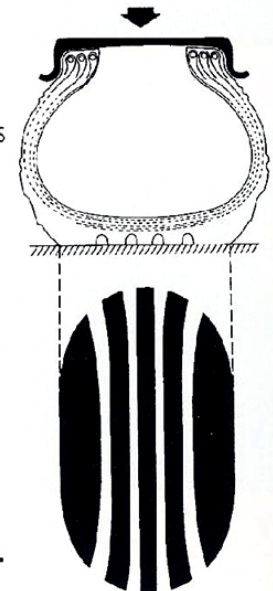
La banda de rodamiento  
es solidaria de los flancos.  
Así, cuando rueda un neumático,  
todas las flexiones son transmitidas  
a la banda de rodamiento  
originando :

- deformación de la superficie de  
contacto con el suelo ;
- fricciones con el suelo.

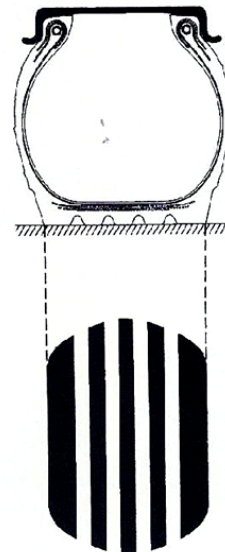
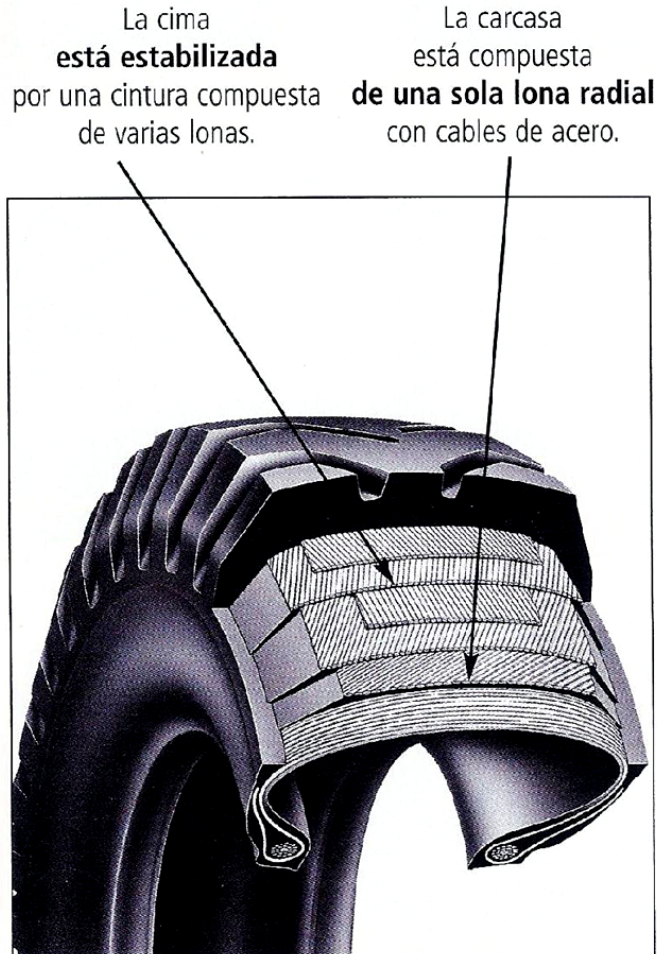
Las lonas de la carcasa tienen ten-  
dencia a desplazarse las unas de  
las otras.

**Lo que trae consigo :**

- **desgaste más rápido,**
- **menor adherencia,**
- **mayor consumo de combustible.**

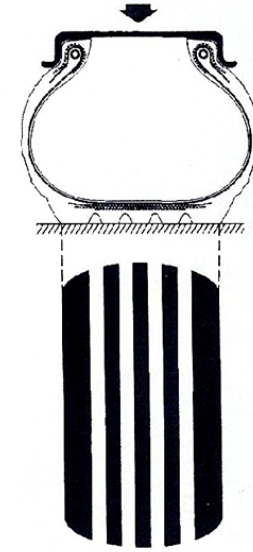


## Estructuras del neumático. El neumático radial



Cada parte del neumático, flancos y banda de rodamiento, trabaja independientemente. Las flexiones del flanco no se transmiten a la banda por lo que :

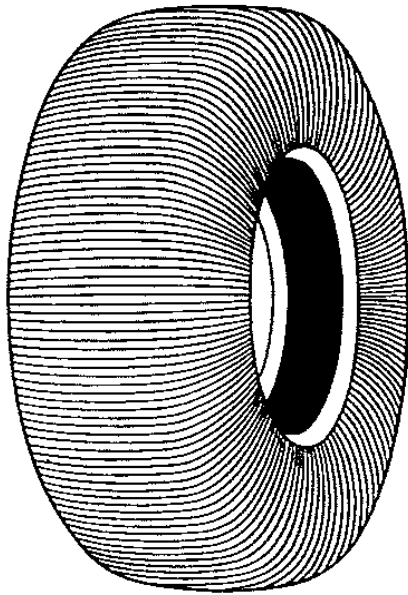
- se reducen las deformaciones de la superficie de contacto con el suelo;
- se reducen las fricciones con el suelo.
- no existe desplazamiento entre las lonas de la carcasa.



**Ventajas :**

- aumento del rendimiento (horas, km),
- mejora de la adherencia : mayor motricidad, facilidad de evolución sobre todo tipo de suelos,
- disminución del consumo de combustible debido a la menor resistencia al rodaje,
- confort,
- resistencia a las perforaciones.

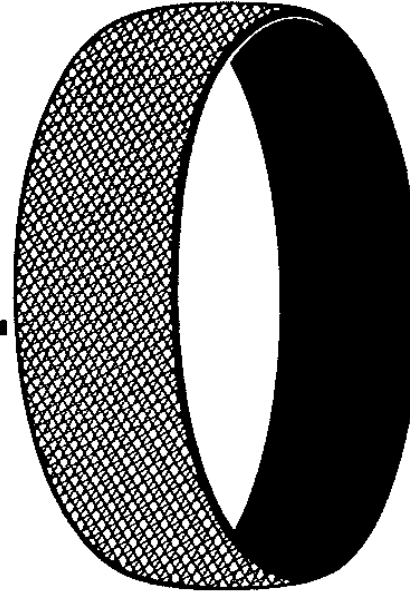
## Estructuras del neumático radial



### Carcasa Radial:

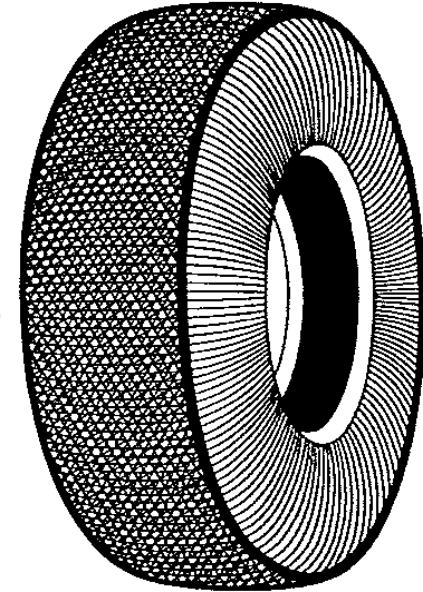
una lona con los cables dispuestos en forma de radios.

+



### Cintura o Cima:

compuesta de varias lonas dispuestas de tal manera que forman una malla triangular, por lo tanto indeformable en sentido lateral y muy flexible en sentido longitudinal.



La carcasa y la cintura se ensamblan formando la estructura de la cubierta radial.

## La técnica del neumático Radial

- Qué aporta la técnica Radial:
  - Se reducen las deformaciones de la superficie de contacto con el suelo.
  - Se reducen las fricciones con el suelo.
  - No existe desplazamiento entre lonas de carcasa.
- Como consecuencia se obtiene:
  - Aumento del rendimiento kilométrico u horario.
  - Mejora de la adherencia.
  - Mejor estabilidad.
  - Disminución del consumo de carburante.
  - Confort y suavidad debido a la gran flexibilidad vertical.
  - Menor calentamiento del neumático.





POLITÉCNICA

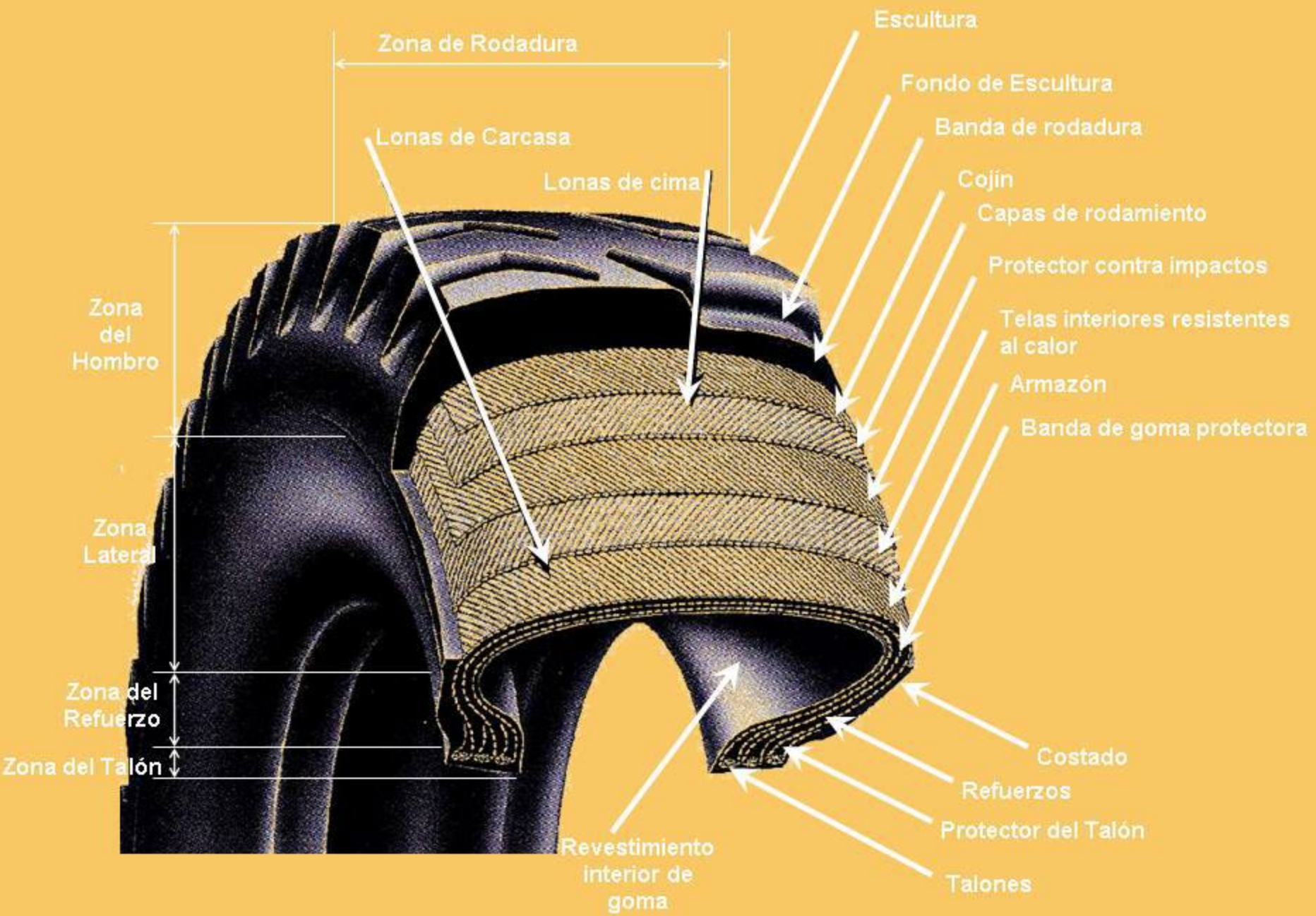
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid

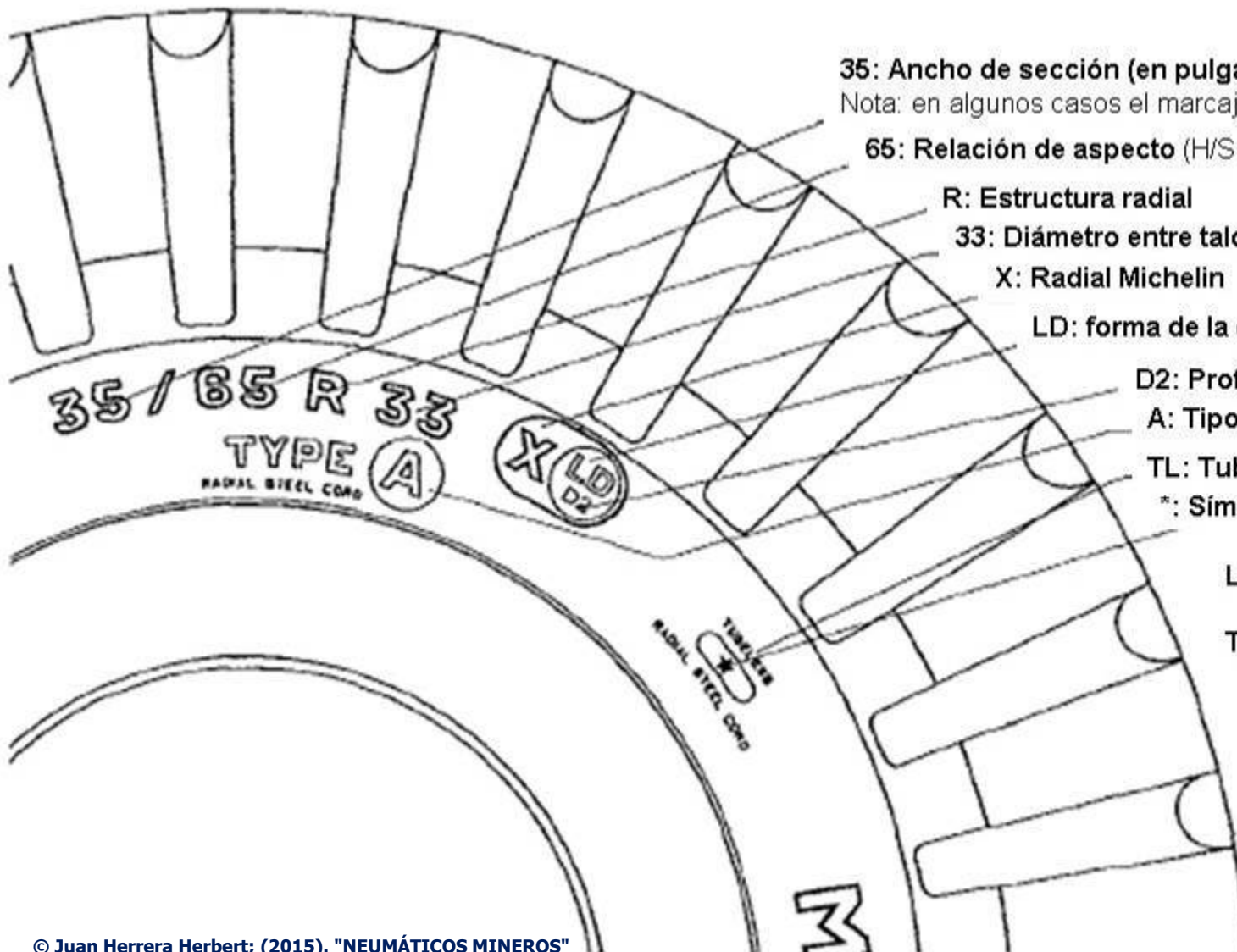




## Parámetros a contemplar en la elección

- Para poder responder a los múltiples problemas que se plantean en las diferentes situaciones en las que se utilizan neumáticos OTR (Off The Road), existen diferentes familias de cubiertas, caracterizadas por:
  - La escultura
  - Los perfiles
  - La estructura
  - Los índices de carga
  - Los tipos de goma

# Marcajes



**35: Ancho de sección (en pulgadas).** S = 35

Nota: en algunos casos el marcaje puede ser milimétrico.

**65: Relación de aspecto** (H/S = 0,65).

**R: Estructura radial**

**33: Diámetro entre talones en pulgadas**

**X: Radial Michelin**

**LD: forma de la escultura**

**D2: Profundidad de la escultura**

**A: Tipo de goma**

**TL: Tubeless (Sin cámara).**

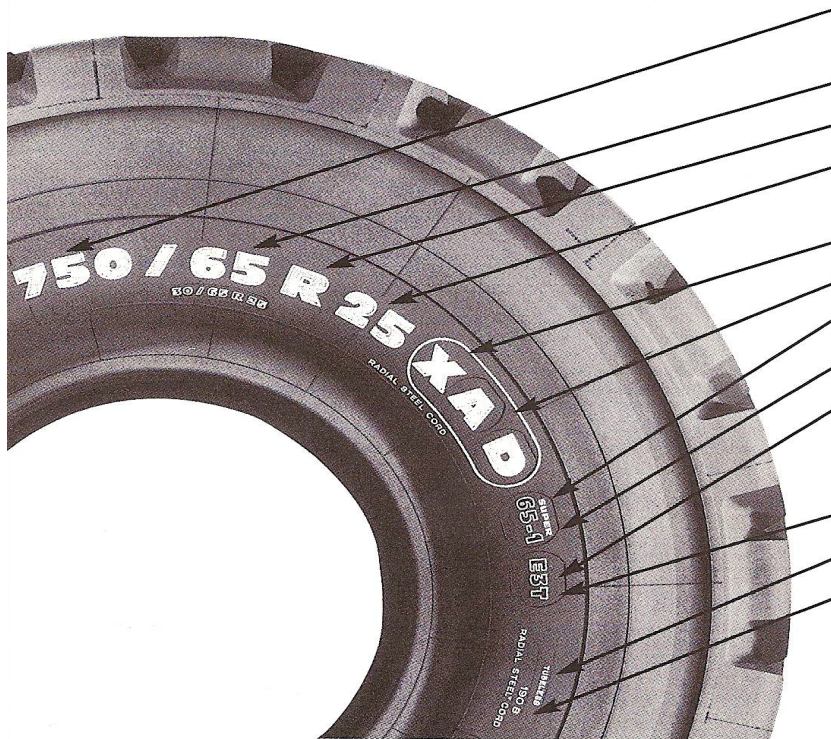
**\*: Símbolo de capacidad de carga**

**L5: Código de identificación normalizado**

**T: Código de identificación Michelin**

# Marcajes

## Ejemplo de marcaje : 750/65 R 25 XAD 65-1 SUPER E3T TL 190B



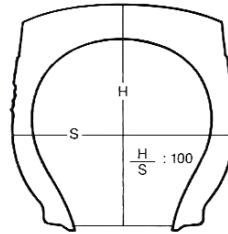
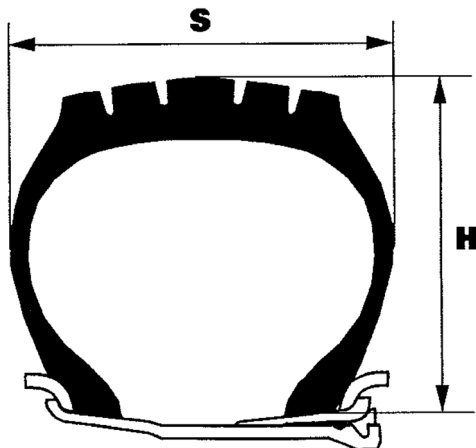
- 750 : Ancho de sección (en milímetros)  
(en algunos casos nos podemos encontrar un marcaje en pulgadas).
- 65 : Relación de aspecto (  $H/S = 0,65$  ).
- R : Estructura radial.
- 25 : Diámetro entre talones en pulgadas.
- X : Radial Michelin
- AD : Forma de la escultura.
- 65 : Serie 65 (  $H/S = 0.65$  )
- 1 : Primera evolución de la escultura
- SUPER E3 : Código de identificación normalizado (ver p. 6)  
(neumático con prof. de escultura importante para transporte)
- T : Cód. de utilización Michelin (p. 6) (neumático tracción).
- Tubeless : (sin cámara).
- 190 B : Índice de carga y código de velocidad del neumático
  - 190 corresponde a una carga de 10600 kg (23370 lb)
  - B corresponde a una velocidad máxima de 50 km/h (30 mph)

Observar que los neumáticos de Minería y Obras Públicas llevan en su flanco, un índice de carga/código de velocidad (como arriba), o bien una o más estrellas (1\* para neumáticos de trabajo, 2\* o 3\* para neumáticos de transporte).

**El tipo de goma ( A, A4, B, B4, C, C4 ) y la profundidad de dibujo (SUPER, D1 , D2) se indican a veces.**

## Series

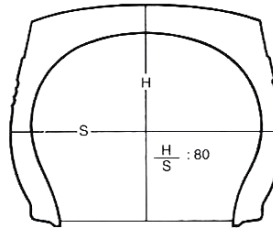
- Se denomina Serie a la relación de aspecto H/S (relación entre la altura del flanco y la anchura del neumático).
- Permite definir tres grandes familias de neumáticos de Obra Pública y Minería



### Serie 100 o neumático standard

La relación de aspecto  $H/S$  es aproximadamente **1**.  
El ancho de la sección está expresado por un número en pulgadas con 2 decimales.

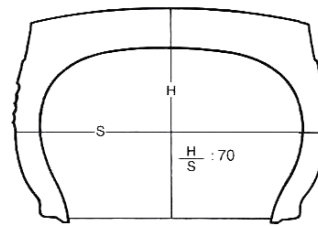
Ejemplo : **18.00 R 33**  
**7.50 R 15**



### Serie 80 o neumático ancho

La relación de aspecto  $H/S$  es aproximadamente **0,80**.  
El ancho de la sección está expresado por un número entero en pulgadas y fracción de pulgadas.

Ejemplo : **20.5 R 25**  
por un número entero en pulgadas seguido del número 80  
Ejemplo : **59/80 R 63**

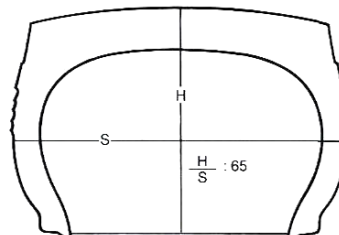


### Serie < 80 o neumático ancho

#### Serie 70

La relación de aspecto  $H/S$  es aproximadamente **0,70**.  
El ancho de la sección está expresado por un número entero en milímetros seguido del número 70.

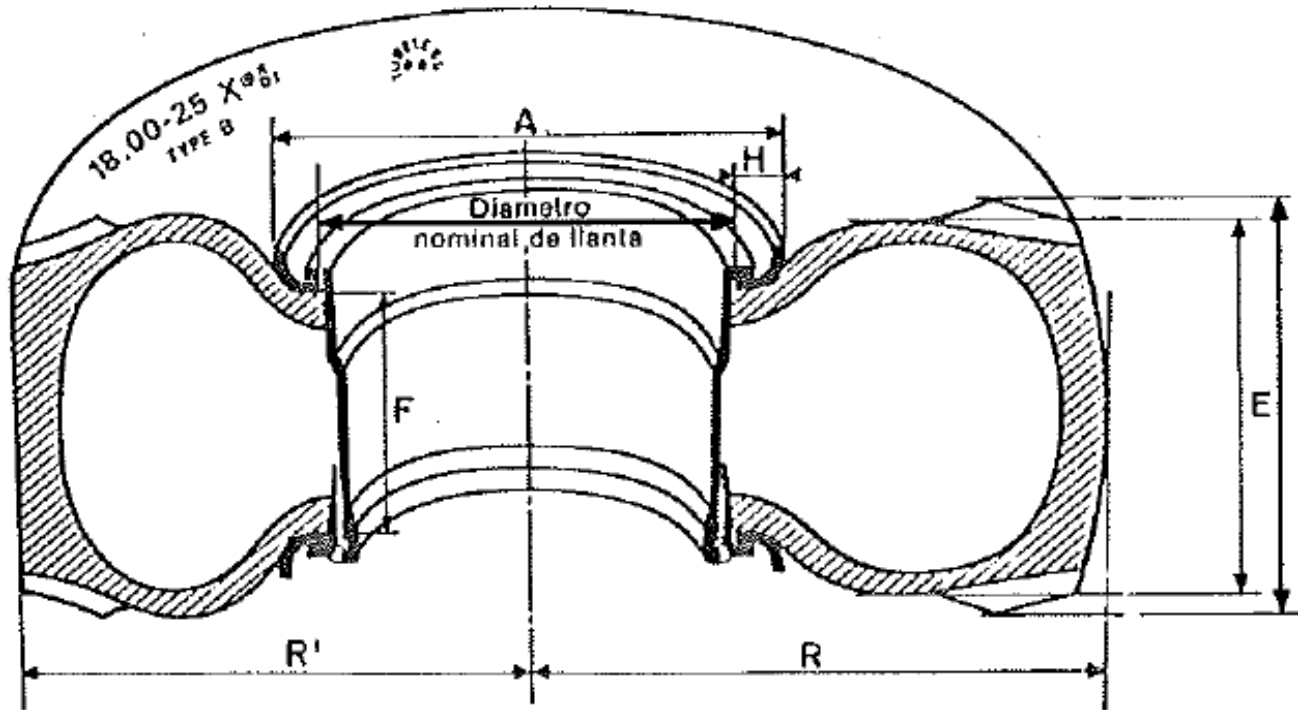
Ejemplo : **705/70 R 25**



#### Serie 65

La relación de aspecto  $H/S$  es aproximadamente **0,65**.  
El ancho de la sección está expresado por un número entero en pulgadas o un número entero en milímetros seguido del número 65.

Ejemplo : **35/65 R 33** **750/65 R 25**



E - ANCHURA  
R - SIN CARGA  
R' - CON CARGA

## Cotas

Las cubiertas se definen por dos cotas básicamente :

COTA  $e$ : distancia entre las partes más salientes de los flancos de las cubiertas.

COTA  $\emptyset$ : diámetro entre talones.

Existen otras cotas como:

$R$  : radio sin carga

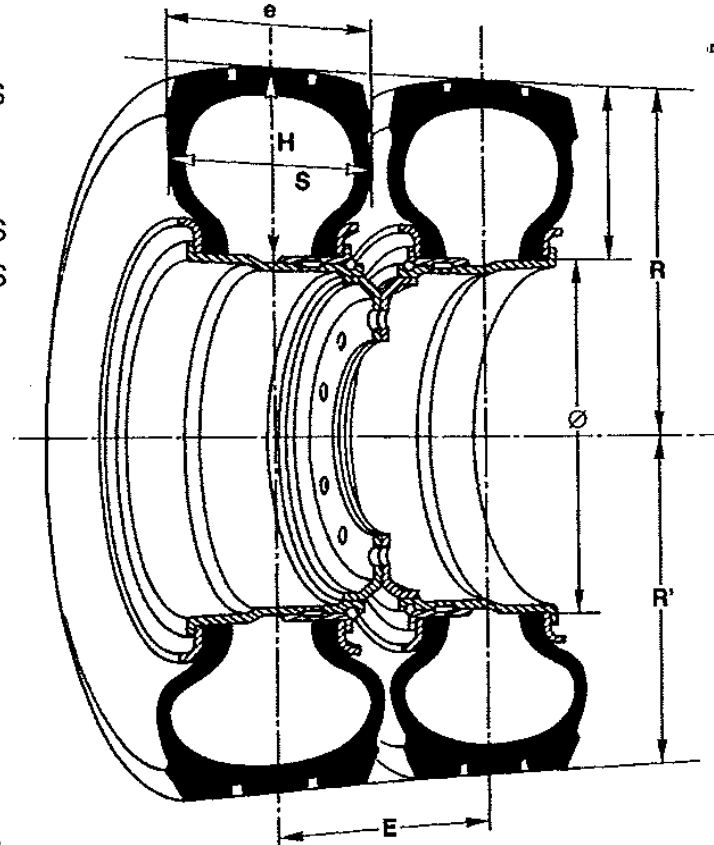
$R'$  : radio con carga

$H$  : altura de flanco

$C$  de  $R$ : circunferencia de rodamiento

$E$  : distancia mínima de gemelado.

$S$  : ancho transversal (sin incluir resaltes, letras, etc.)

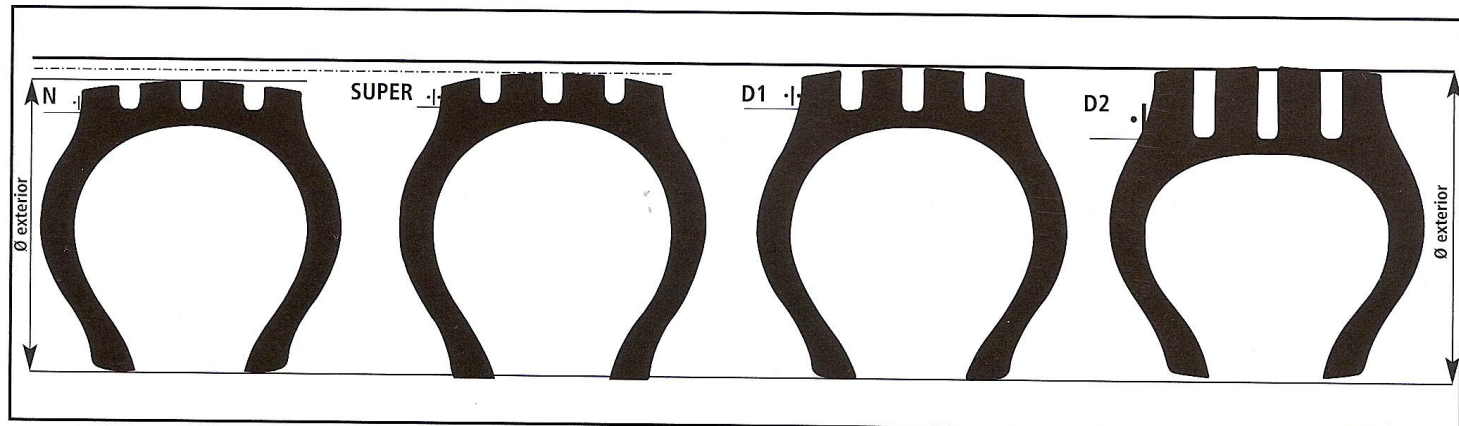


## Tipos de gomas

- En la mayoría de las esculturas hay varios tipos de goma que permiten obtener una mayor adaptación de la cubierta a su utilización
- Definición de los tipos:
  - **Tipo A4:** Para condiciones de suelos agresivos. Particularmente resistente a los cortes, arrancamientos y abrasión.
  - **Tipo A** - Para suelos agresivos (también particularmente resistente a los cortes, arrancamientos y abrasión) pero permitiendo velocidades más elevadas que el A4.
  - **Tipo B4** - Compromiso entre la resistencia a la abrasión y el calentamiento en suelos poco agresivos
  - **Tipo B** - Resistencia al calentamiento en desplazamientos Intensivos en ciclos largos
  - **Tipo C4** – Particularmente adaptado a los rodajes muy rápidos en ciclos muy largos y pistas con buen mantenimiento.
  - **Tipo C** – Muy resistente al calentamiento durante trayectos largos y rodaje intensivo.

## Profundidad del dibujo

- Los neumáticos de obras públicas pueden presentar para una misma dimensión y escultura, diferentes profundidades de escultura que serán proporcionales a la que en cada caso se considera Normal N.
- Se distinguen cuatro familias de neumáticos, caracterizadas por su diferente profundidad del dibujo (o altura de banda de rodadura).
- La elección está en función de la utilización y la naturaleza del suelo.

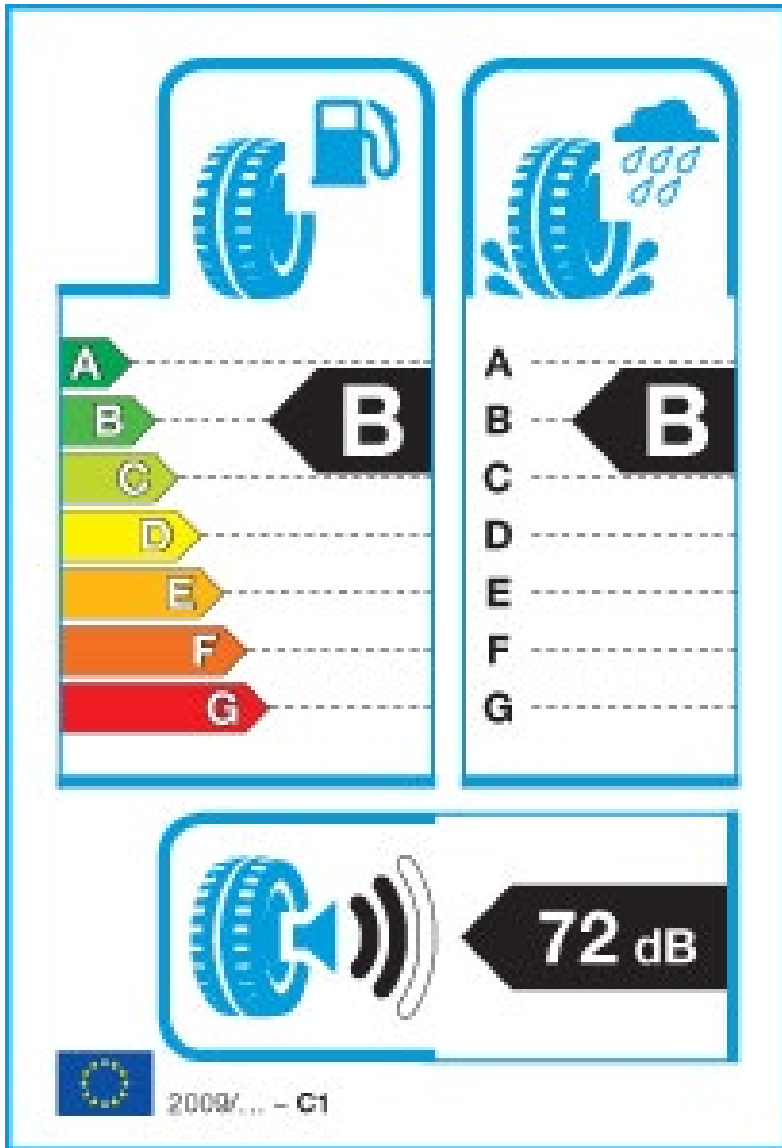


(E2 -E3 - L2 -L3 - G2 -G3)  
profundidad normal  
marcaje MICHELIN  
**N** (Normal)  
Ex. : XRDN

(SUPER E3, SUPER L3)  
profundidad normal  
marcaje MICHELIN  
**SUPER** ( $N < SUPER < D1$ )

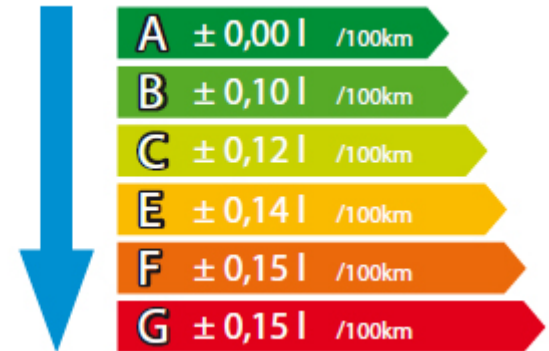
(E4 - L4 - G4)  
dibujo profundo  
marcaje MICHELIN  
**D1** =  $N \times 1,5$

(L5)  
dibujo muy profundo  
marcaje MICHELIN  
**D2** =  $N \times 2,5$



## Nuevo etiquetado de eficiencia

Consumo de carburante aumento superior a 0,65 l por cada 100 km recorridos



### ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA



Interpretación de etiquetas de eficiencia energética: su eficiencia y/o costos de energía, esto es de gran utilidad al momento de decidir la compra de nuevas edificaciones.

## El método TKPH

- El TKPH (tonelada kilómetro hora) o TMPH (tonelada milla hora) es una característica de la capacidad de trabajo de un neumático.
- Tiene en cuenta un factor muy importante en la vida de un neumático: la temperatura máxima de funcionamiento admisible.
- Su utilización consiste en comparar la capacidad de trabajo de un neumático con las necesidades específicas de la explotación.
- En resumen, tenemos que calcular el TKPH cantera base (TKPHcb) y corregirlo en función del ciclo (si es mayor que 5 Km) y de la temperatura ambiente (si es diferente de 38°C) y posteriormente compararlo con el TKPH de la cubierta.
- Se pueden presentar dos casos:
  - TKPH de la cubierta mayor que el TKPH real de la cantera: la cubierta conviene
  - TKPH de la cubierta menor que el TKPH real de lo cantero: la cubierta no es la adecuada ni conveniente

- El TKPHcb se obtiene por la relación:

$$\text{TKPHcb} = \frac{QC + QV}{2} * \left( \frac{N * L}{H} \right)$$

o sea, carga media por cubierta x velocidad media, donde:

- QC = mayor peso soportado por neumático del vehículo en carga
- QV = mayor peso soportado por neumático del vehículo en vacío
- N = número de ciclos en la Jornada de trabajo
- L = Longitud del ciclo (trayecto de Ida y vuelta en Km)
- H = número de horas de trabajo en la Jornada de 24 horas

## Cálculo del TKPH



## Elección de la cubierta

Consideraciones a la hora de elegir el tipo de neumático para una máquina:

### ■ LA MÁQUINA:

- Se tendrá en cuenta el equipo de origen.
- Este vendrá definido en función de las relaciones mecánicas, capacidades de transporte o de carga, sección y anchura del neumático, etc..., siendo fundamentalmente la carga máxima soportada por el neumático.

### ■ LA ZONA DE TRABAJO:

- Función del terreno, estado y perfil de las pistas, naturaleza y estado de las zonas de carga y descarga, etc.





## Elección de la cubierta

- **UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA:** Para una misma cantera los parámetros como:
  - Longitud del ciclo de ida y vuelta "L"
  - El número de ciclos efectuados en la jornada de trabajo "N"
  - El número de horas de trabajo en cada Jornada de 24 horas "H"
  
- **PROBLEMAS CONCRETOS A RESOLVER:** Se ha de condicionar la elección de la cubierta al comportamiento del conjunto máquina/neumático.
  
- **COMPORTAMIENTO DEL NEUMÁTICO:** Se ha de observar, cuando los neumáticos están trabajando, aspectos como:
  - ¿Cómo se gastan?
  - ¿Cómo mueren?
  - ¿Se fatiga la cubierta antes del desgaste de la escultura?
  - ¿Se trata de problemas de flancos, cima, de enganche, etc.?
  - Otros



## Máquinas de trabajo

- La elección del neumático ha de pasar por una perfecta adaptación tanto a la máquina como a la cantera de forma que el final de la vida de la carcasa coincida con el desgaste completo de la escultura.
- De forma general, se obtendrá un mejor precio/hora adoptando una escultura cuyo desgaste permita aproximarse al límite de fatiga de la carcasa.
- El neumático debe tener una serie de características con el fin de cumplir su cometido:
  - resistencia al desgaste
  - resistencia a los choques, cortes y arrancamientos
  - flexibilidad
  - adherencia
  - buena flotación
  - buena estabilidad
  - baja resistencia a la rodadura
  - facilidad de reparación



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



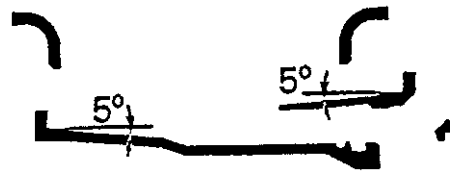
## Máquinas de transporte

- En la maquinaria de transporte, las opciones de neumático propuestas por el constructor no se limitan a la elección de anchura y del diámetro ya que aquí la noción de capacidad de carga es reemplazada por la capacidad de transporte.
- Si el dibujo y el tipo se eligen siempre en función de del terreno sobre el que la máquina debe evolucionar, es necesario constatar la validez de la elección, comprobando que el calentamiento o los esfuerzos mecánicos no sean demasiado importantes, hasta poner fuera de uso prematuramente a la cubierta.
- En resumen, a las características que debían cumplir en las máquinas de trabajo que deben añadir:
  - resistencia al desgaste
  - resistencia a los choques, cortes y arrancamientos
  - resistencia a la velocidad



# Tipos de llantas

- Las llantas más comunes son:



5 piezas:

Reciben neumáticos a partir de la dimensión 20.5 R 25



3 piezas:

Reciben neumáticos hasta la dimensión 20.5 R 25



Monobloc:

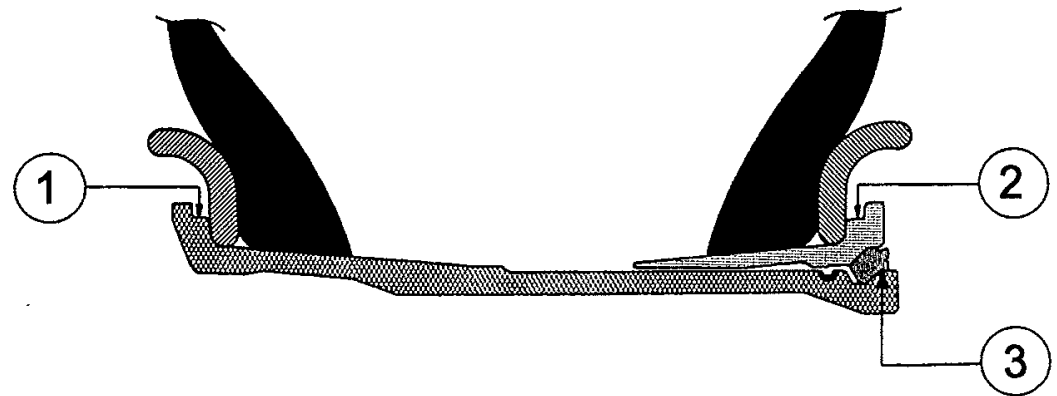
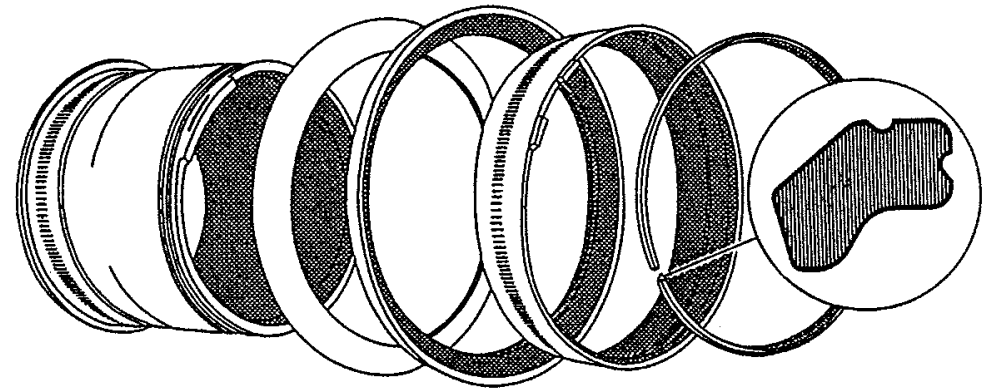
Reciben neumáticos hasta la dimensión 17.5 R 25





## Llanta americana 5 piezas tipo "W"

1. Muestras de desmontaje circulares
2. Muestras de desmontaje circulares
3. La garganta del aro de cierre forma un ángulo de  $130^\circ$



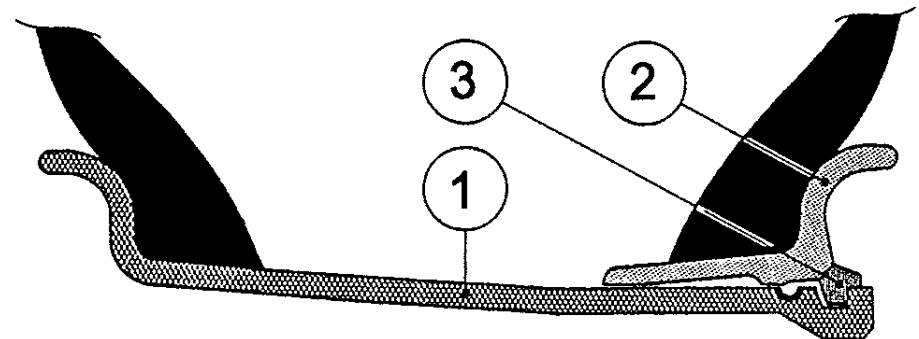
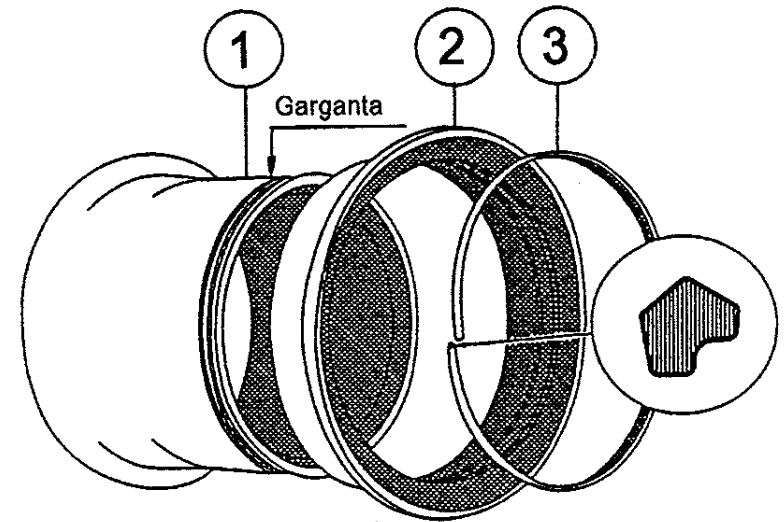
- Este tipo de llanta equipa la mayor parte de las máquinas de transporte en 33, 35, 39 y 49 pulgadas.

## Llanta americana o Michelin tipo "G"

- Modelo 3 piezas. Máximo 25"

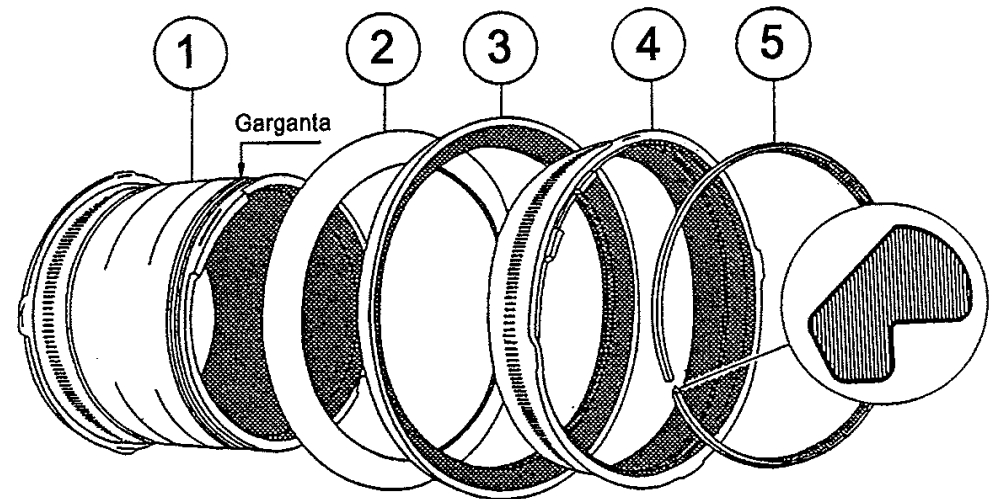
1. Llanta
2. Pestaña / aro cónico
3. Aro de cierre

Este tipo de llanta equipa esencialmente las pequeñas máquinas de trabajo



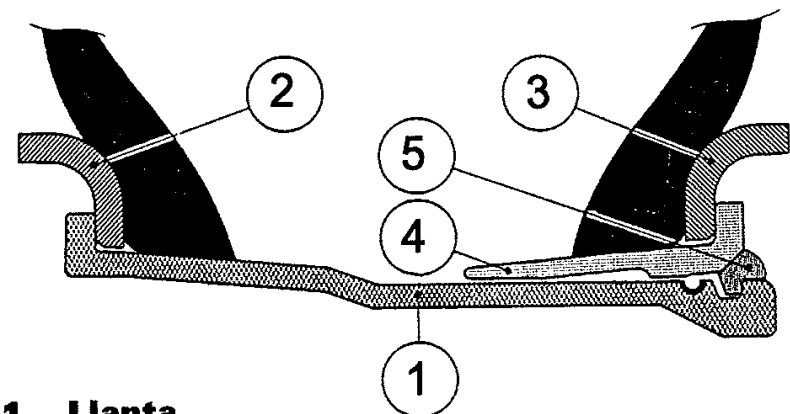
## Llanta americana o Michelin tipo "G"

- Modelo 5 piezas. Mínimo 25"
  1. Llanta
  2. Pestaña interior
  3. Pestaña exterior
  4. Aro cónico
  5. Aro de cierre



La junta tórica asegura la estanqueidad; se sitúa en una garganta prevista en la llanta

Este tipo de llanta equipa muchas máquinas de transporte, así como las grandes máquinas de trabajo

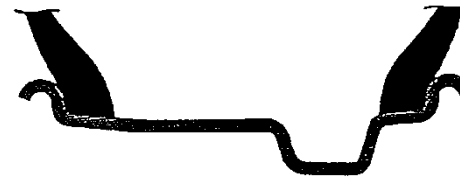
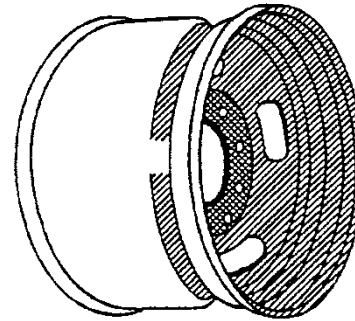


**1 Llanta**

## Llanta monobloc (base honda 5°)

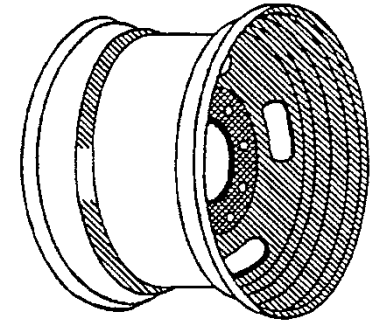
- Este tipo de llanta equipa muchas pequeñas máquinas de trabajo.
- Las cubiertas de escultura profunda (D1 y D2) no deben ser montadas sobre este tipo de llanta.

### TIPO MICHELIN



Existeen 25x12.00 para recibir la 15.5R25

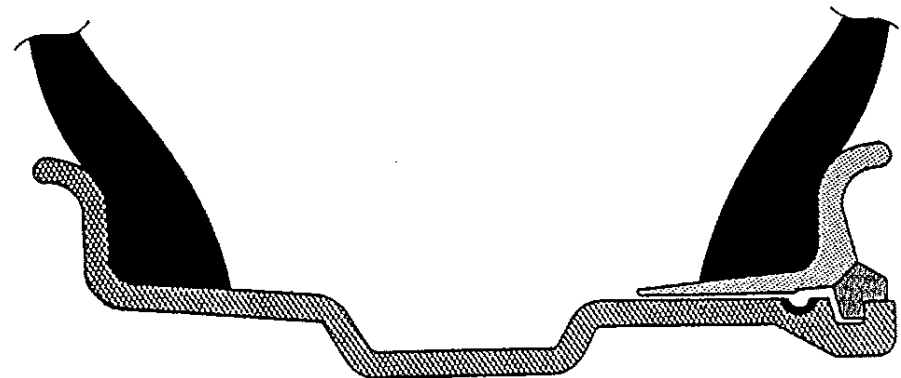
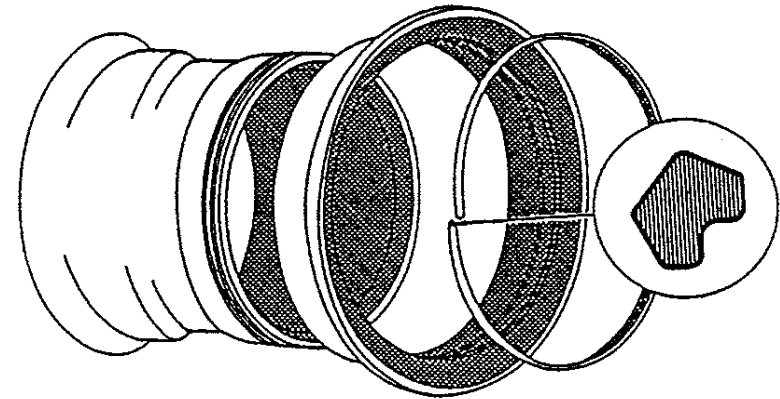
### OTROS TIPOS



Existeen 25x12.00 y en 25x14.00 para recibir las 15.5R25 y 17.5R25

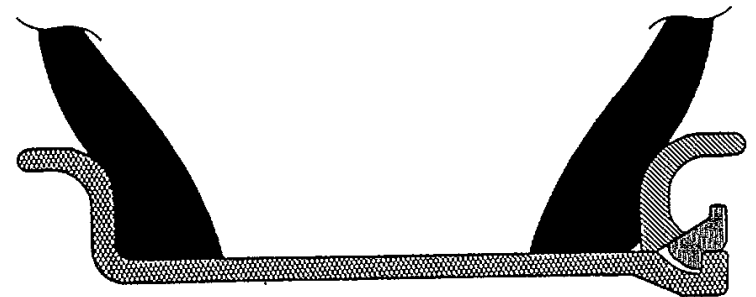
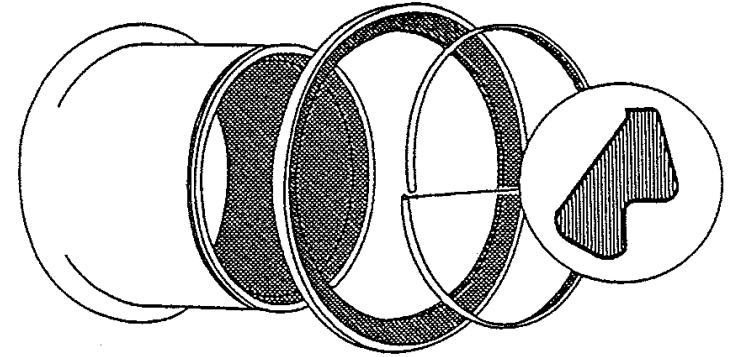
## Llanta Semi Drop Center (SDC)

- Este tipo de llanta equipa exclusivamente algunas máquinas de trabajo (niveladoras, palas pequeñas, etc.).
- Reciben cubiertas con marcaje TG.



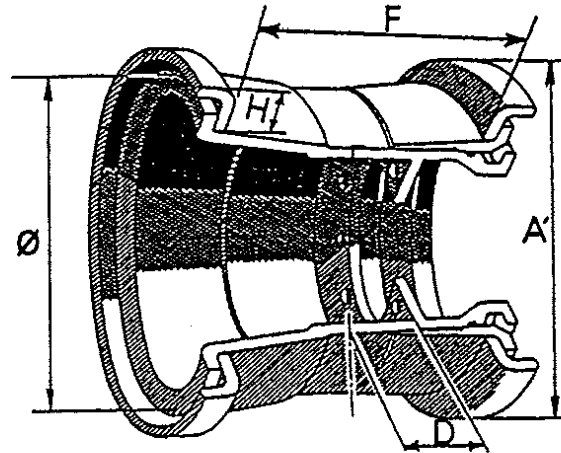
## Llanta Plana 24"

- Este tipo de llanta equipa exclusivamente pequeñas máquinas de transporte.
- Reciben cubiertas con marcaje "estrella".



## Cotas y marcajes de llantas y ruedas

- La rueda es un conjunto compuesto de:
  - Una llanta
  - Un disco soldado a la llanta



Cotas:

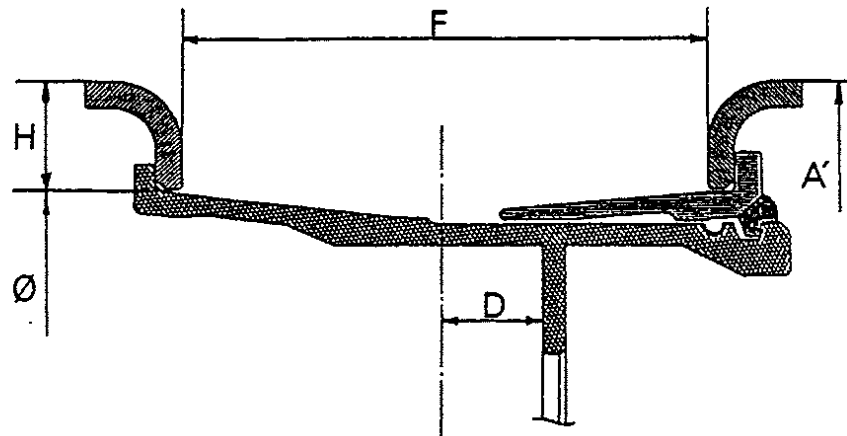
Ø: diámetro nominal

F: anchura

H: altura de la pestaña

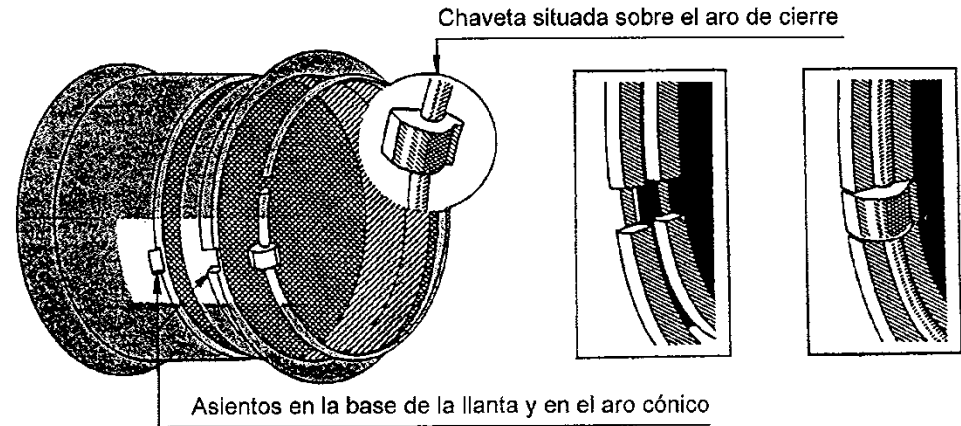
D: bombeo del disco

A': diámetro exterior de la pestaña

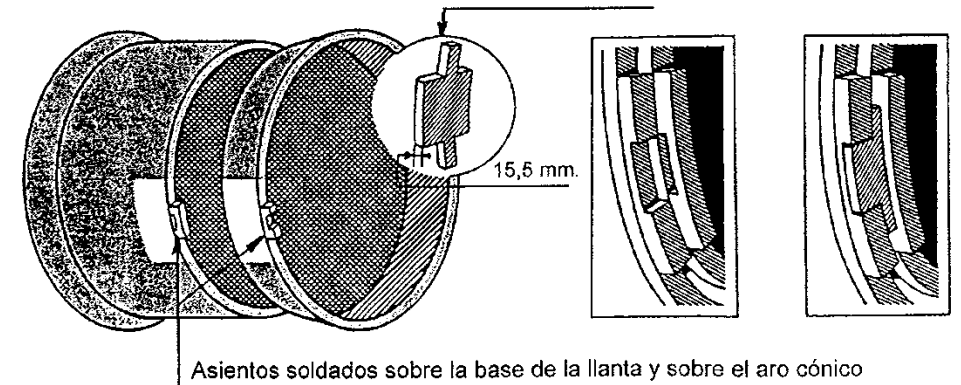


## Chaveteros

- Tienen por objeto el cierre de los aros cónicos de las pestañas sobre la llanta, evitando la rotación de los elementos móviles entre ellos bajo el efecto del par motor.



- Asegura la buena posición de la junta tórica y suprime así el riesgo de fugas.



- Tipos:
  - Tipo "C"
  - Tipo "Cruciforme"

## Presión de inflado



## Presión de inflado

- La presión de inflado debe ser la justa. Sus funciones son:
  - Permitir que la carcasa soporte la carga.
  - Proporcionar la perfecta ubicación de los talones sobre la llanta (5.5 bar)
  - Participar en el confort y en la seguridad.
  - Contribuir al buen rendimiento y al desgaste regular de la cubierta.
  - Contribuir a la estabilidad y adherencia
- La presión por otro lado depende:
  - De la carga soportada
  - De la velocidad.
  - De la temperatura ambiente.
  - De las condiciones particulares de utilización.
- Para el cálculo de las presiones determinaremos el peso máximo soportado por el neumático
- De forma general se realizarán las pesadas por eje o un reparto de carga.

## Condiciones de almacenamiento



## Barras quitapiedras





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Reparación de neumáticos











POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid







POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid







POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid







POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Cadenas de protección





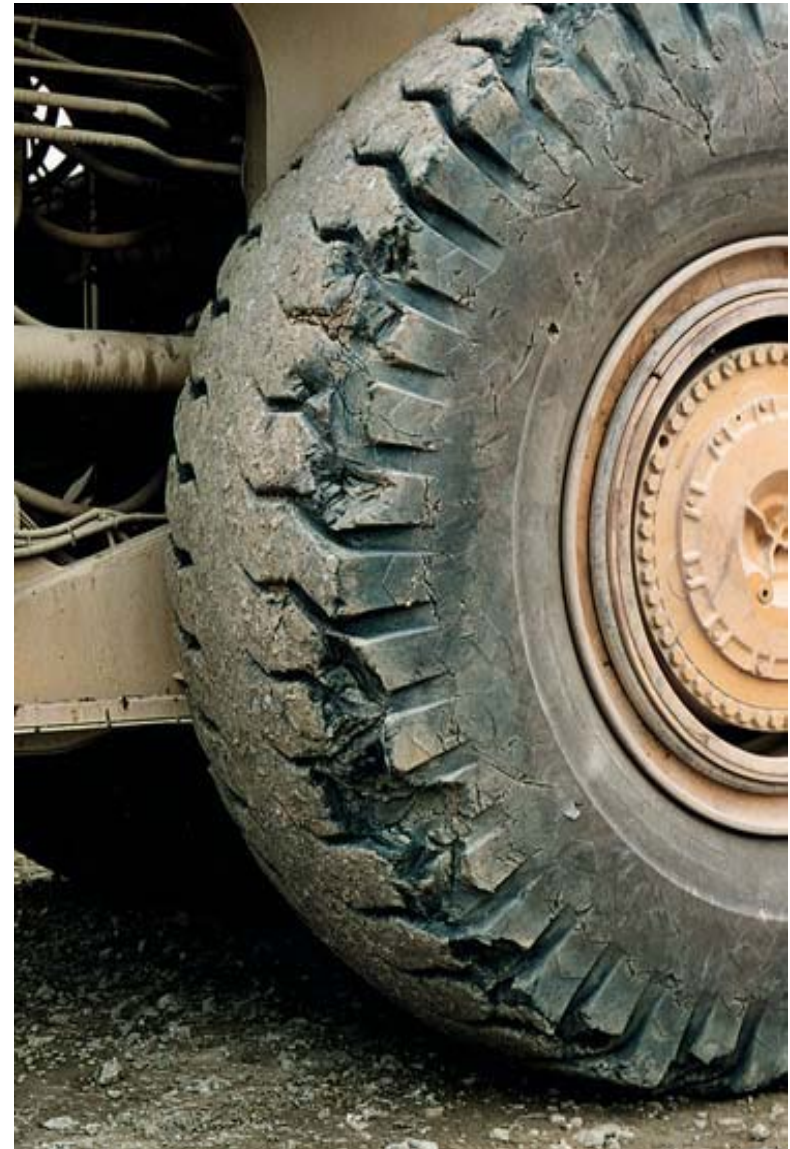
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



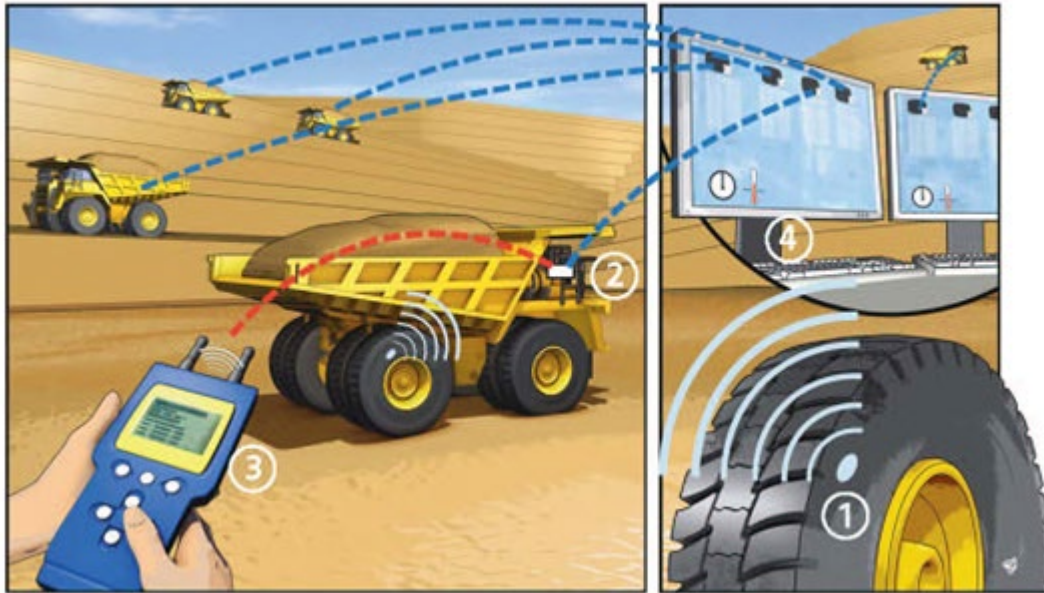
Universidad Politécnica de Madrid







# MEMS (Michelin Earthmover Management System)





## Gestión de neumáticos desechados

- Si bien tecnologías para la gestión de neumáticos desechados y su reciclaje, en la gestión de neumáticos OTR la implantación de este tipo de tecnologías todavía es incipiente por la dificultad de gestión de estos neumáticos tan voluminosos y sus características constructivas.

Photographs by JOSÉ AZEL





POLITÉCNICA

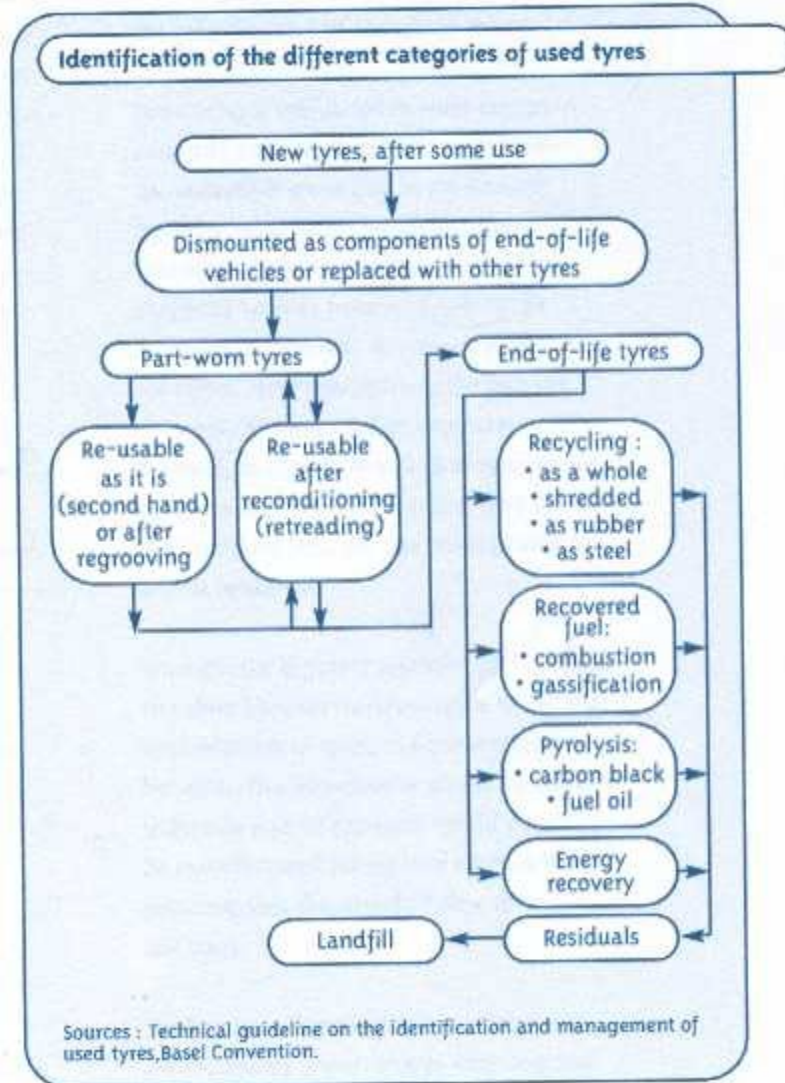
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid







POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Dudas y preguntas

