



JORNADAS RECICLAJE

B O G O T Á 2 0 2 5

**REALIDAD DE
LA TECNOLOGIA
DEL POLVO DE
NFU EN
IBEROAMERICA
NUEVOS
HORIZONTES
TECNOLOGICOS**



Dr. Ing. Gerardo Botasso

IV Jornadas Latinoamericanas de Reciclaje de Neumáticos



***UTN·La Plata**



Los neumáticos son un residuo de alto valor tecnológico
Pneus são um desperdício de alto valor tecnológico

PRINCIPALES PLANES DE GESTION EN LA REGION



Necesidad de contar con un sistema de gestión que reglamente y articule acciones entre los sectores productores y usuarios.
(Elaboración propia)

2 | El polvo de caucho

Se define como polvo de caucho aquel material obtenido tras la trituración de NFU y cuyo tamaño máximo de partícula es inferior a 1 mm.

La trituración del neumático usado se puede realizar por diferentes medios:

- Mecánicos
- Criogénicos
- Hidrodemolición (waterjet)

Según la OFEV (Oficina Federal de Medio Ambiente de Suiza):

«No será considerado residuo el material granulado procedente de la trituración de NFU con un tamaño inferior a 2 mm., y una proporción de materiales textiles y ferromagnéticos inferior al 0,1%»

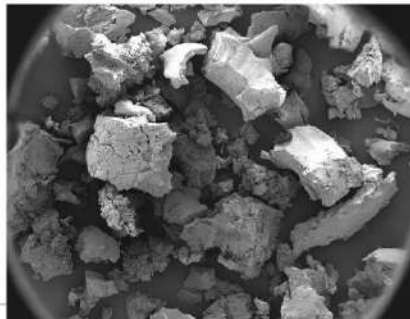


200 µm

400 µm

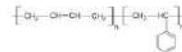
600 µm

1000 µm

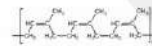


Composición

SBR



Caucho natural



Butyl rubber



Negro de carbono



Silica



Superficie específica (m²/g)

CAPACIDAD DE TRITURACION INSTALADA

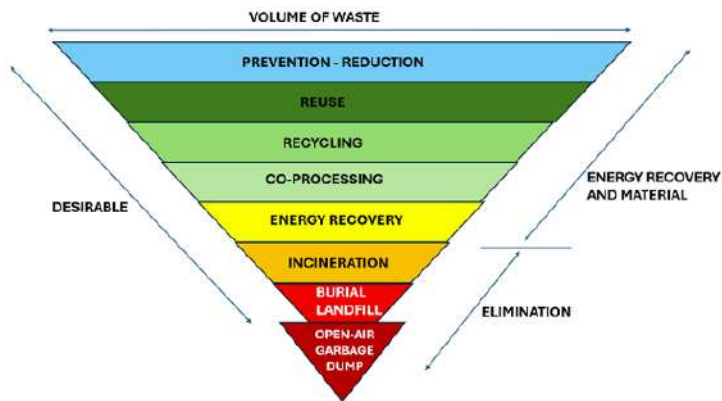


Figura 1: Jerarquización del tratamiento de los NFU

Fuente: Norma IRAM 29600 (2020)

Plantas de trituración que generan polvo de neumáticos Tamaño menor a 0,6 mm (relevamiento propio)	
México	4
Brasil	5
Costa Rica	1
Panamá	1
Argentina	3
Colombia	3
Ecuador	2
Perú	1
Uruguay	1
Chile	2
Paraguay	1
Sin estación de polvo	
19 países de Latinoamérica (plantas hasta estación de granulado)	123 (generan polvo como actividad residual)
Estaciones de recapado o reconstrucción de neumáticos	256 (se genera polvo como actividad residual)



Características exigidas al polvo de NFU en carreteras

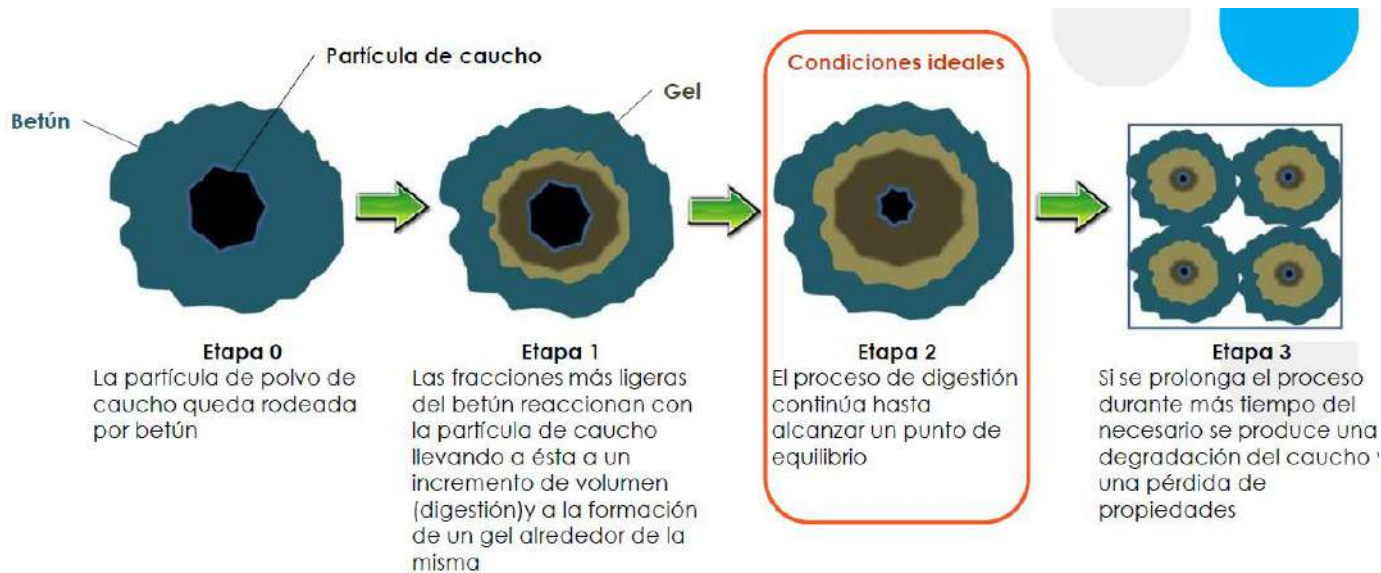
ENTORNOS GRANULOMÉTRICOS DEL POLVO DE NEUMÁTICO FUERA DE USO PREDIGERIDO O ACTIVADO y COTENIDO DE IMPUREZAS		
Tamaño nominal de las aberturas del tamiz (mm)	Porcentaje	pasante de material
2,36 mm		100
1,18 mm		100
0,71 mm		95-100
0,60 mm		50-90
0,30 mm		20 - 50
0,15 mm		10 - 30
0,075mm		0 - 15
Contenido de material ferroso UNE-EN 14243-2		0.01 %
Contenido de material textil UNE-EN 14243-2.		0.05%
Declarar composición		obligatoria
Densidad aparente		0.45-0.48 g/cm3
Densidad real		1.15-1.17 g/cm3

El tamaño máximo del granulo depende del proceso de incorporación al cemento asfáltico o mezcla asfáltica

Granulometría y composición física del polvo

EL PROCESO DE DIGESTION DEL CAUCHO

(Swelling process).



Esta interacción caucho-betún es principalmente física y no química

Adoptado de Wang et al. *Constr. Build. Mater.*, 2019
l'actualité chimique - mai 2014 - n° 385

S



JORNADAS RECICLAJE
BOGOTÁ 2025



HASTA AQUÍ DEBEN ACOMPAÑAR A LA TECNOLOGIA

- UN SISTEMA DE GESTION DE NFU – ORDENA A LOS ACTORES
- DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGIA DE TRITURACION CON ESTACION DE TRITURADO ESPECIFICA EN GENERACION DE POLVO

TECNOLOGIA DE LA MODIFICACION

INCORPORACION DEL POLVO DE NFU

LA VIA HUMEDA



Molino baja cizalla

*Nestor Fitipaldi. Petroquímica
Panamericana – Argentina



Molino alta cizalla

*Emerson Simoso CBB- Brasil



ASFALTO MEJORADO O MODIFICADO
CON POLVO DE NFU

EL CAUCHO PRETRATADO O PREDIGERIDO

POR VIA SECA



Guyana



México



Portugal

MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA
CON POLVO DE NFU

PRODUCTO FINAL

TIPOS DE MEZCLAS ASFALTICAS

- DENSAS
- SMA
- MICROPAVIMENTOS
- ANTI REFLEJO DE FISURAS

A MAYOR DISCONTINUIDAD

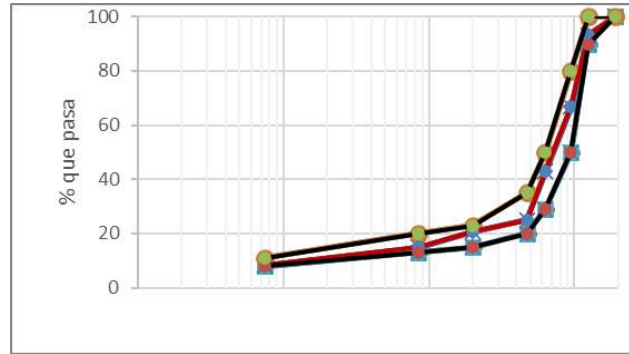
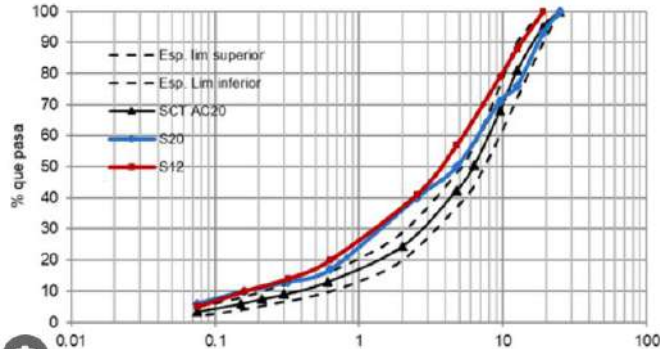
MAYOR TASA ADMISIBLE DE NFU

A MAYOR TASA DE NFU

MAYOR TASA DE ASFALTO

CANTIDAD DE LLANTAS
POR KM

Sobre ancho de 7,60 m
Sobre Espesor: 2"



Entre 500 y 2000
llantas/km
Según tecnología y tipo
de mezcla asfáltica

OPCION 1 -CORDOBA



ASFALTO CA-30



10% DE POLVO DE NFU



650 KM DE TRANSPORTE



3 DIAS DE ALMACENAMIENTO



MEZCLA ASFALTICA DENSA

OBRA CARLOS PAZ – CORDOBA OPCION 1



TRAMO EXPERIMENTAL CON MEZCLA ASFALTICA DENSA

MODIFICACION POR VIA HUMEDA

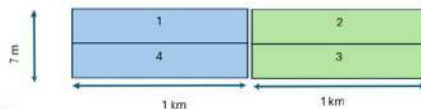
100% DE POLVO DE NEUMATICO SOBRE PESO DE ASFALTO

OBRA: Colectora Ruta 38, Córdoba- Carlos Paz

SINTESIS:

Se trata de la ejecución de un tramo de prueba que se realizará con una mezcla asfáltica densa, en la cual se va a modificar el ligante asfáltico utilizado

- 1 km se realizará con un ligante asfáltico convencional CA- 30
- 1 Km se realizará con un ligante asfáltico mejorado con polvo de NFU de la provincia de Córdoba.



Los números asignados representan la secuencia constructiva asignada considerando la logística de desvío del tránsito

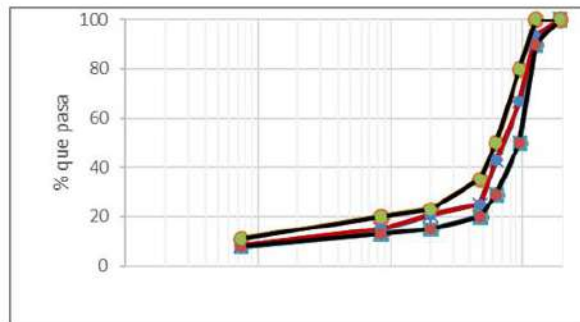
SUBTRAMOS 1 Y 4 CAC – D – R-19 – CA 30

SUBTRAMOS 2 Y 3 CAC-D-R-19 – AC1

Se trata de una reconstrucción de un tramo de colectora en el cual se retirará la estructura existente y sobre la subrasante actual se colocarán las



SMA CON POLVO NFU ACTIVADO



PROPIEDAD	RESULTADO
Contenido de asfalto con respecto a la mezcla, %	6.8
Gravedad específica de la mezcla	2.320
Vacios en la mezcla, %	4.0
Vacios en el agregado mineral, %	19.77
Vacios ocupados por el asfalto, %	79.8
Asfalto absorbido, %	0.96
Asfalto efectivo, %	5.84
Fibras sintéticas, Caucho Pre digerido %	2,0
TSR, %, (AASHTO T-283)	
	92.1



Nº DE PRUEBAS	N.º ESPECIMEN	Va (%)	Pb (%)	TEMP. ENSAYO	ÚLTIMA PASADA DEL ENSAYO	DEFORMACIÓN EN LA ÚLTIMA PASADA
PRUEBA 1	Núcleos # 1	7.5	6.8	50°C	20000	4.4
PRUEBA 2	Núcleo # 2	7.5	6.8	50°C	20000	4.2



PLANTA DE ELABORACION



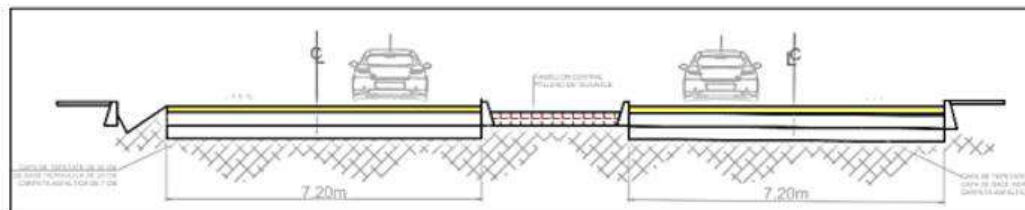
CONTROL DE CALIDAD EN PLANTA

TOLVAS CON SISTEMA NEUMATICO PARA EL POLVO DE NFU ACTIVADO



FABRICACION Y TRANSPORTE

OBRA





¿CUAL ES LA MEJOR TECNOLOGIA?

LA AMPLITUD DE LAS TECNOLOGIAS PRESENTADAS, HACEN QUE LOS NFU SE ADECUEN A TODAS LAS REALIDADES POSIBLES

- CUANDO HAY QUE SELECCIONAR UNA TECNOLOGIA
SE DEBEN RECORRER LA DISPONIBILIDAD DE LOS ACTORES DE LA CADENA
DE VALOR DE LOS NFU EN CARRETERAS

CUANDO SE DECIDA QUE TECNOLOGIA UTILIZAR DEBERA HACERSE UN ANALISIS DE CONTEXTO QUE INVOLUCRE Y ANALICE

SISTEMA DE GESTION – PLANTAS DE TRITURACION – PLANTAS DE MODIFICACION – PLANTAS ASFALTICAS – ESPECIFICACIONES TECNICAS – LA ADMINISTRACION PUBLICA - LAS CONCESIONES VIALES – LAS PATENTES TECNOLOGICAS – LOS RIESGOS DE LA INVERSION.



LOS CONSORCIO TECNOLOGICOS

Cooperación formal entre empresas + sector de la innovación para llevar adelante proyectos conjuntos de investigación y desarrollo (I+D).

Con o sin participación de los Estados

. La justificación del apoyo estatal a este tipo de iniciativas puede abordarse desde dos marcos teóricos:

- La visión neoclásica, basada en las fallas de mercado, y
- La escuela evolucionista, centrada en el aprendizaje tecnológico.



LOS CONSORCIO TECNOLOGICOS

Existen cuatro argumentos que respaldan el apoyo financiero público:

- ✓ Restricciones de crédito: Las empresas podrían acceder a recursos insuficientes para llevar adelante proyectos ambiciosos.
- ✓ Spillovers tecnológicos externos: El conocimiento generado puede beneficiar a actores fuera del consorcio, reduciendo los incentivos internos a invertir.
- ✓ Alto riesgo: La naturaleza incierta de muchos proyectos tecnológicos hace que el Estado esté mejor posicionado para invertir y diversificar.
- ✓ Masa crítica: Alcanzar una escala mínima para activar círculos virtuosos puede requerir incentivos que el mercado no genera por sí solo.

OBJETIVOS DEL CONSORCIO NFU CORDOBA .

Triturar los neumáticos fuera de uso de la provincia de Córdoba a efectos de disminuir la presencia de los mismos en rellenos y basurales, eliminar los riesgos asociados a esa situación.

Generar polvo de neumáticos, fibras textiles y fibras de acero para que se incorporen a nuevos sistemas productivos que lo demanden

Que la red vial concesionada de la provincia de Córdoba cuente con tecnología sustentable para la construcción de obra nueva y de mantenimiento

Conocer la cadena de valor desde el neumático fuera de uso hasta la carretera sustentable con polvo de neumático

Diseñar una estrategia de evolución del consorcio considerando a la academia, los resultados de experiencias piloto y las exigencias del marco normativo vial, sumando el análisis del ciclo de vida para la valoración de los impactos esperados

Considerar que la asociatividad del consorcio permita avanzar en un programa de inversiones, disminuyendo el riesgo en comparación al accionar individual de cada uno de sus miembros





UN APOORTE PARA GESTIONAR CARRETERAS RESILIENTES AL CAMBIO CLIMATICO CON POLVO NFU

- **VARIEDAD DE TECNOLOGIAS**
- **ASOCIATIVIDAD PARA DISMINUIR EL RIESGO DE
LOS ACTORES DE LA CADENA DE VALOR**



JORNADAS RECICLAJE

B O G O T Á 2 0 2 5

Gracias / Thank you