



JORNADAS CAUCHO

B O G O T Á 2 0 2 5

**El arte de silanizar: Como pequeños cambios de
formulación transforman el comportamiento de caucho
NBR**

Alejandro Garzón



Contextualización

Características de calidad real

- Facilidad en la mezcla
- Facilidad en extrusión
- Facilidad en moldeo por compresión

Características de calidad sustitutas

- Dureza 85 shore A
- Resistencia a la deformación permanente por compresión



PLANEAR

Formulación

Descripción	PHR	MASTER
NBR LG 6250	100	
ZEOSIL 175 GR	70	
N-330	5	
CAOLIN MALLA 400	15	
DOP	10	
ACIDO ESTEARICO	1	
OXIDO DE ZINC	5	
PEG 4000	2	
WINGSTAY L	2	
STRUKTOL TS35 DL	2	
STRUKTOL WB 222	3	FINAL
STRUKTOL SU 95	1	
PREMIX TBBS – 80%	2	
PREMIX TMTM – 80%	2	
PREMIX TMTD – 80%	1	
PREMIX DTDM – 80%	2	

HACER – VERIFICAR



Superficie rugosa
Dificultad en mezclado

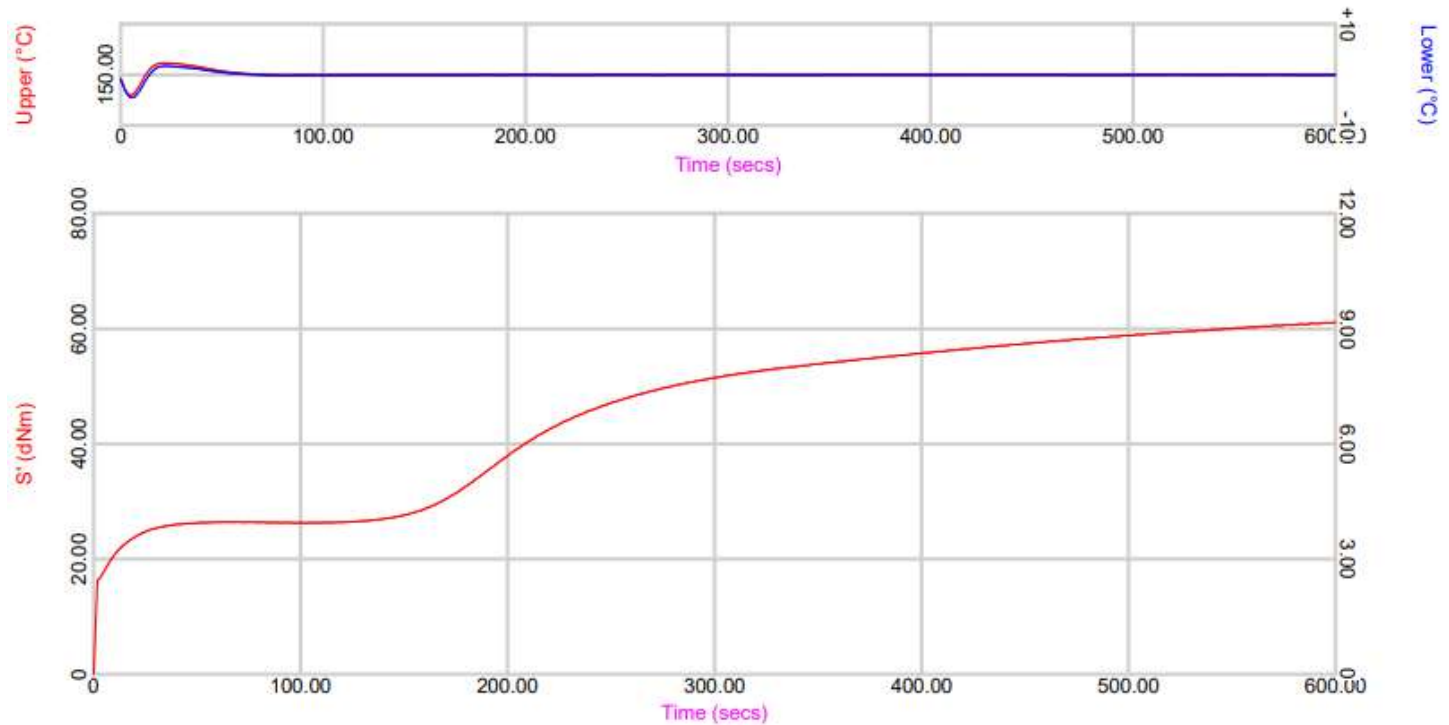


Superficie rugosa
Dificultad en extrusión



Defectos en el
producto
terminado

VERIFICAR – SUSTITUTO



VERIFICAR – SUSTITO

Reometria

Ensayo	Método	Parámetro	Unidad	NBR sin silanizar
Reometría	ASTM D5289	ML	dNm	23.65
		MH	dNm	61.15
	150°C X 10 min	MH-ML	dNm	37.50
		TS2	Segundos	33
		T90	Segundos	449

VERIFICAR – SUSTITO

Propiedades mecánicas

				NBR sin silanizar
Dureza	ASTM D2240		Shore A	86
Densidad	ASTM D792		g/cm ³	1.28
Carga de ruptura	ASTM D412		Mpa	15.85
Elongación			%	233.18
Resistencia al desgarre	ASTM D624		N/mm	41.59
DPC	ASTM D395		%	42
Pérdida por abrasión	DIN -53516		mm ³	127

ACTUAR

¡SCA 98 – SULPHUR COUPLING AGENT
TESTP **6-10 %** SOBRE LA CARGA BLANCA!

Parabor

PLANEAR

Formulación

Descripción	PHR
NBR LG 6250	100
ZEOSIL 175 GR	70
N-330	5
CAOLIN MALLA 400	15
DOP	10
ACIDO ESTEARICO	1
OXIDO DE ZINC	5
PEG 4000	2
WINGSTAY L	2
STRUKTOL TS35 DL	2
STRUKTOL WB 222	3
STRUKTOL SU 95	1
PREMIX TBBS – 80%	2
PREMIX TMTM – 80%	2
PREMIX TMTD – 80%	1
PREMIX DTDM – 80%	2

Formulación

Descripción	PHR
NBR LG 6250	100
ZEOSIL 175 GR	70
N-330	5
CAOLIN MALLA 400	15
DOP	10
ACIDO ESTEARICO	1
OXIDO DE ZINC	5
PEG 4000	2
WINGSTAY L	2
STRUKTOL TS35 DL	2
STRUKTOL WB 222	3
AGENTE DE ACOP. SCA 98	5
STRUKTOL SU 95	1
PREMIX TBBS – 80%	2
PREMIX TMTM – 80%	2
PREMIX TMTD – 80%	1
PREMIX DTDM – 80%	2





¿Se deben tener otras cosas en cuenta?

- Cantidad (Estequiometria)
- Orden de adición (inhibidores)
- Parámetros de reacción (Tiempo, Temperatura, Presión)

Parabor



JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

**VERIFICAR –
SUSTITO**

Antes



Después



JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

VERIFICAR – SUSTITO

Antes



Después



JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

VERIFICAR – SUSTITO

Antes

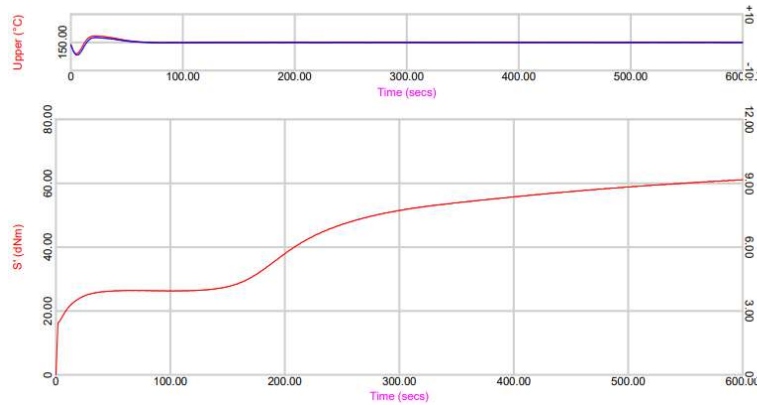


Después

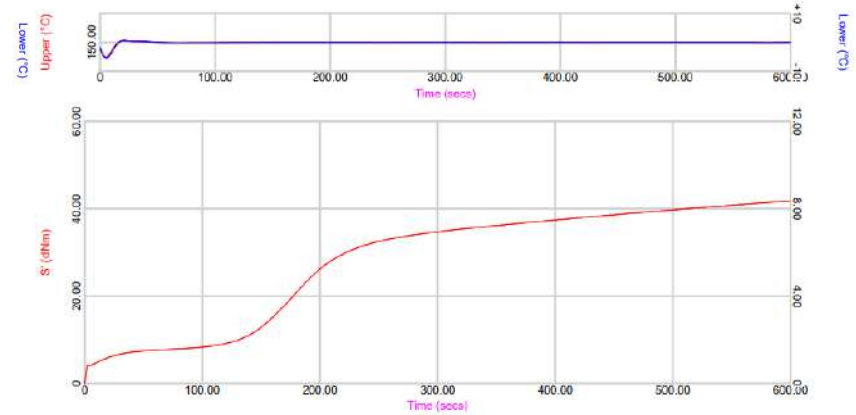


JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

Antes



Después



Reometria

**VERIFICAR –
SUSTITO**

Ensayo	Método	Parámetro	Unidad	NBR sin silanizar	NBR silanizado
Reometría	ASTM D5289	ML	dNm	23.65	4.09
		MH	dNm	61.15	41.81
		MH-ML	dNm	37.50	37.72
	150°C X 10 min	TS2	Segundos	33	22
		T90	Segundos	449	424



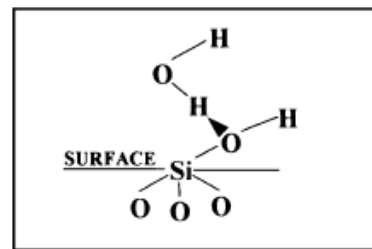
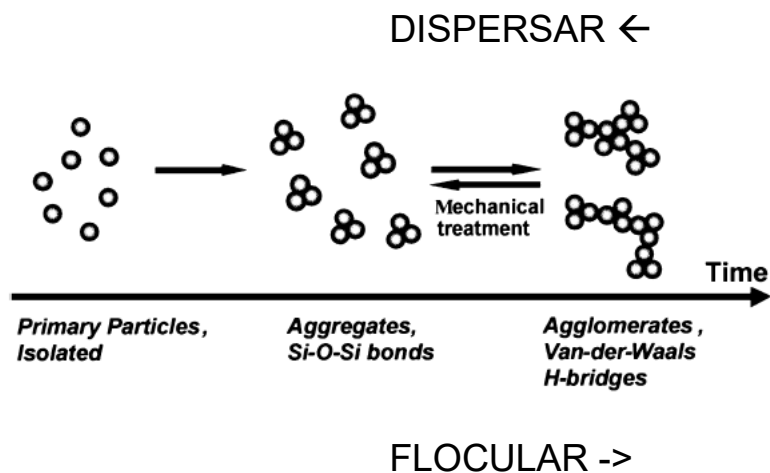
JORNADAS CAUCHO
BOGOTÁ 2025

VERIFICAR – SUSTITO

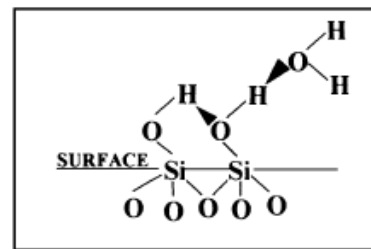
Propiedades mecánicas

			NBR sin silanizar	NBR silanizado
Dureza	ASTM D2240	Shore A	86	80
Densidad	ASTM D792	g/cm ³	1.28	1.28
Carga de ruptura	ASTM D412	Mpa	15.85	12.60
Elongación		%	233.18	164.51
Resistencia al desgarre	ASTM D624	N/mm	41.59	31.56
DPC	ASTM D395	%	42	29
Pérdida por abrasión	DIN -53516	mm ³	127	286

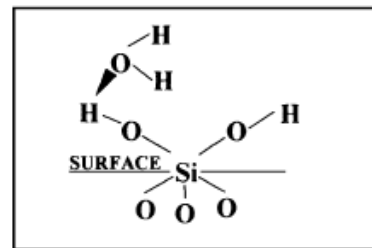
Floculación



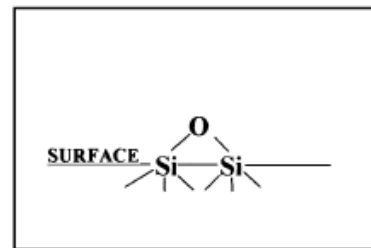
Isolated



Vicinal



Geminal

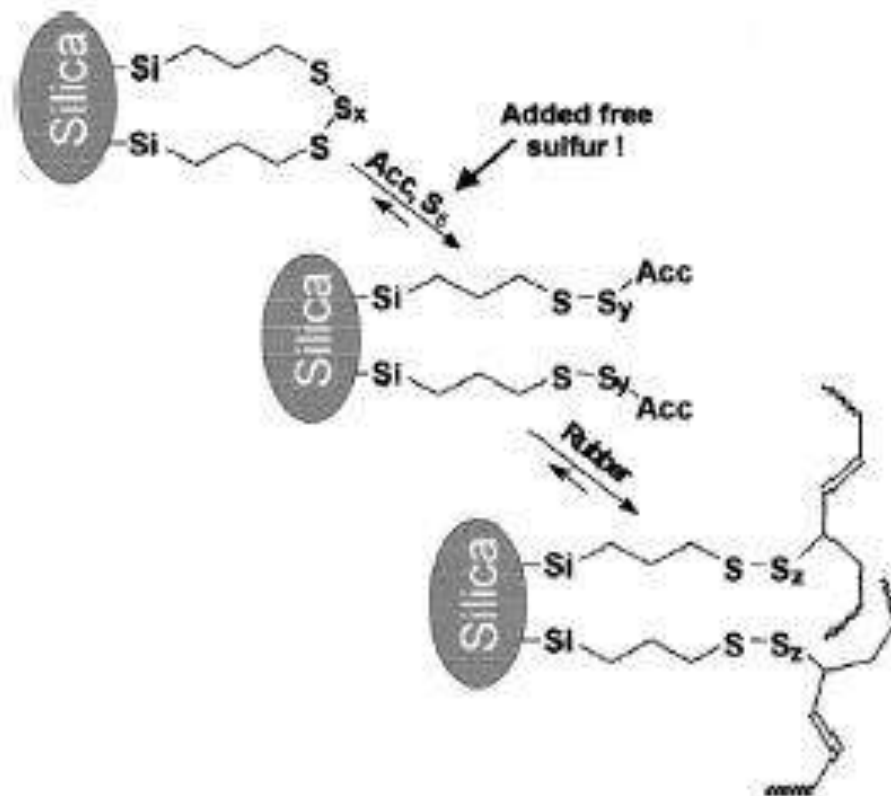


Siloxane bridge

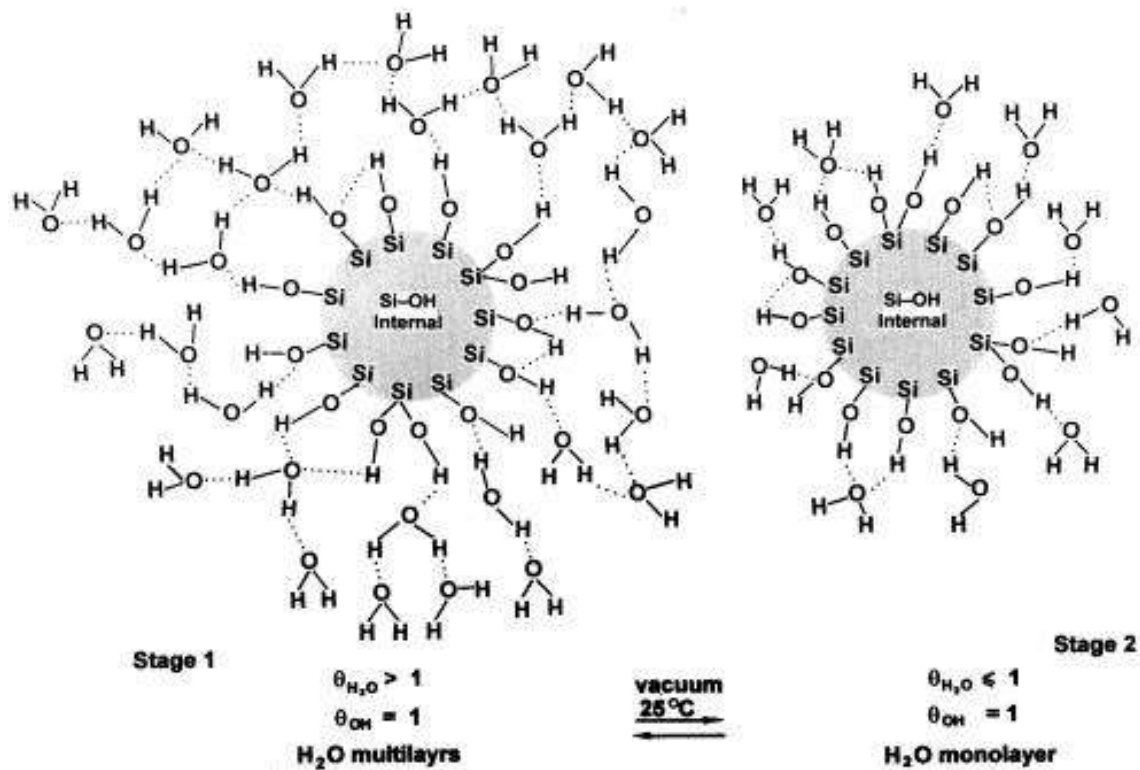
El silano ayuda a des - flocular

¿Acoplar? Conectar la carga con el polímero –Funciona como un puente al igual que el azufre

Unión



Puentes de hidrogeno



¿Qué debí pensar antes de actuar?

1. Optimizar la dosis:

- Esta en función de la carga y del área específica

2. Como procesarlo correctamente

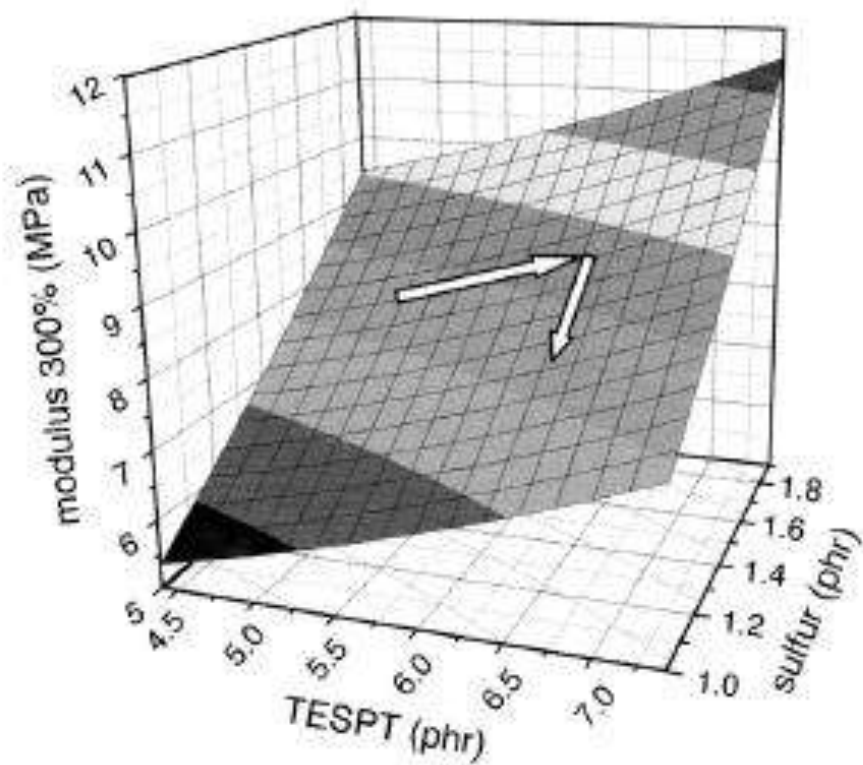
- Oxido de zinc + Glicoles (PEG4000) junto con la sílice y el silano y **INHIBE** la reacción de acoplamiento pero el ZnO es necesario para activar la reacción – **Adicionar en la etapa final del mezclado**

3. Parámetros de reacción:

- Tiempo: 2 – 3 minutos
- Temperatura: 140 °C – 150°C
- Presión: Martinete arriba

4. Los glicoles (PEG, DEG) no son los mejores neutralizadores son: “**ENEMIGOS DEL ACOPLAMIENTO**” – las mejores familias que favorecen el acoplamiento son los “**MATERIALES AMINICOS**” (DPG)

¿Que se puede esperar?



	I	II
Formulation		
S-SBR: 25% S; 50% 1.2B; 37.5 phr oil	96	96
BR: <i>cis</i> -1,4B > 96%	30	30
Ultrasil VN3 GR	80	80
N 234	—	—
Si 69	—	6.4
Si 266	—	—
PTEO	—	—
Other chemicals: ZnO 3; stearic acid 2; aromatic oil 10, 6PPD 1.5; wax 1.		
Cure system		
Sulfur	1.5	1.5
DPG 2; CBS 1.5		
In-rubber data		
ML(1 + 4) (MU)	170.0	59.0
$M_H - M_L$ (165°C), dN-m	20.7	16.2
t 10%, min	0.9	1.7
t 90%, min	43.5	18.0
Tensile strength (ring), MPa	14.1	12.7
Modulus 100%, MPa	2.3	2.0
Modulus 300%, MPa	5.3	10.3
Elongation at break, %	710	340
Shore A hardness	81	64
DIN abrasion, mm ³	136	83
MTS, freq. 16 Hz; preforce 50 N; amp. force 25 N		
Dyn. modulus E^* (0°C), MPa	70.7	15.1
Dyn. modulus E^* (60°C), MPa	46.4	7.3
Loss factor $\tan \delta$ (0°C)	0.191	0.475
Loss factor $\tan \delta$ (60°C)	0.063	0.128

¿Que se puede esperar?

	I	II
Formulation		
S-SBR, 25% styrene	50	50
E-SBR, 23% styrene	30	30
BR. > 96% <i>cis</i> -1,4B	20	20
Ultrasil 7000 GR	45	45
Si 69	—	1.5
Other chemicals: oil 10, ZnO 3, stearic acid 1, DEG 1.5, antiaging 2, MBT 1.25, sulfur 1.8		
Vulcanizate data		
ML(1 + 4), MU	95	90
$M_H - M_L$, 160°C, dN-m	4.6	5.5
Tensile strength, MPa	14.3	20.0
Modulus 100%, MPa	1.7	2.7
Modulus 300%, MPa	3.3	7.8
Modulus 500%, MPa	5.7	16.1
Elongation at break, %	810	570
Shore A hardness	67	72
Resilience, %	55.3	59.5
Compression set 22 hr at 70°C, %	30.1	20.1
DIN abrasion loss, mm ³	148	106



Maquina universal de ensayos



RPA



Reómetro



Banbury Cope







ALEJANDRO GARZÓN

Jefe de I+D y de Control de Conformidad

+57 601 369 3444 ext.150

+57 315 869 3712

alejandro.garzon@parabor.com.co

Cl 10 A 3 B 02
Pq. Industrial Montana, Mosquera

www.parabor.com.co

NUEVO SITIO WEB
📍 www.parabor.com.co

MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA DE PLÁSTICO,
CAUCHO, ADHESIVOS Y RECUBRIMIENTOS

Gracias / Thank you