



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

## CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”

**AUTORES.- CARVAJAL MORA JORGE EDUARDO  
CHICAIZA FUENTES JUAN PATRICIO**

**DIRECTOR.- ING. MORALES BYRON MSc.**

**SANGOLQUÍ  
2016**



# CONTENIDO

## PAVIMENTOS

- CONCEPTO
- TIPOS

## MEZCLAS POROSAS

- CONCEPTO
- CARACTERÍSTICAS

## PRELIMINARES

- JUSTIFICACIÓN
- OBJETIVOS

## DISEÑO

- ENSAYOS
- ELABORACIÓN
- RENDIMIENTO

## SEGURIDAD VIAL

- INFLUENCIA
- EXPERIENCIAS



**“DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”**



# **PRELIMINARES**

- **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**
- **OBJETIVOS**



# JUSTIFICACIÓN

**MEZCLAS ASFÁLTICAS  
POROSAS**

RENDIMIENTO A BAJAS  
TEMPERATURAS

ESTABLECER UN  
MÉTODO DE DISEÑO

DRENAJE VIAL

SEGURIDAD VIAL



# OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una mezcla asfáltica porosa para zonas de bajas temperaturas mediante la aplicación de técnicas y normas vigentes utilizando agregados de la cantera San Ramón, debidamente caracterizados para mejorar las condiciones de seguridad vial.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar el material.

Establecer el estado de arte.

Realizar el diseño de la mezcla porosa

Utilizar el método cántabro.

Formular criterios de seguridad vial.

Analizar resultados y costos.

“DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”



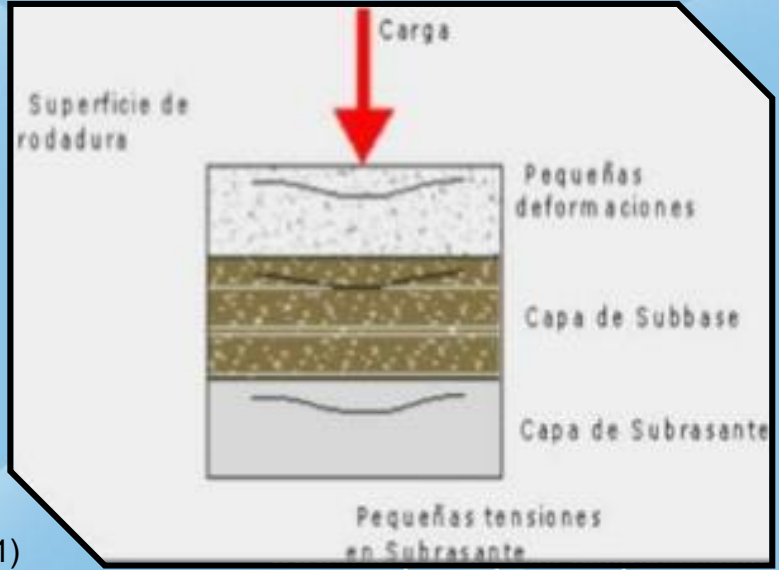
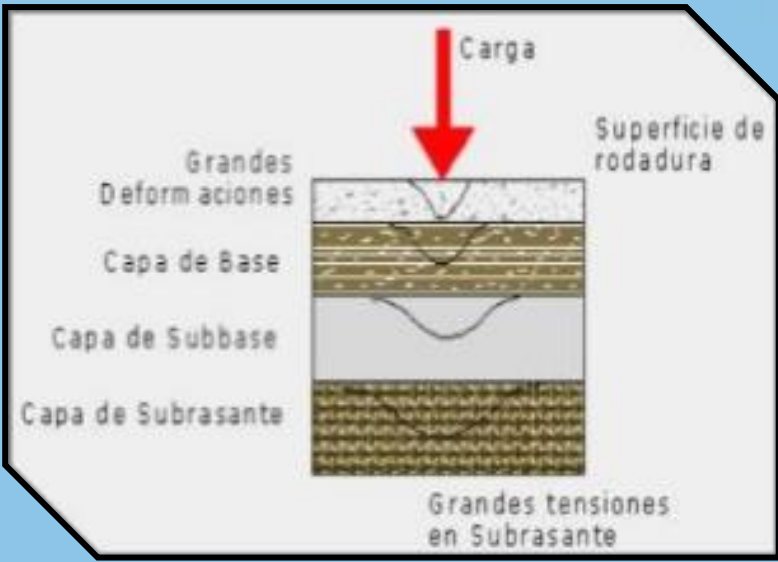
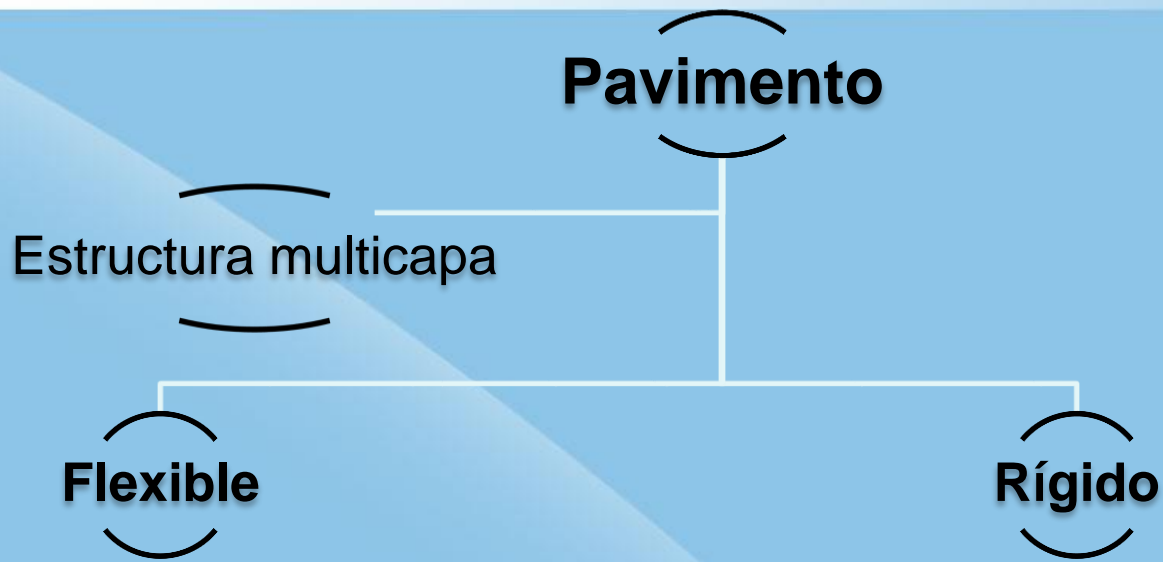
# PAVIMENTOS







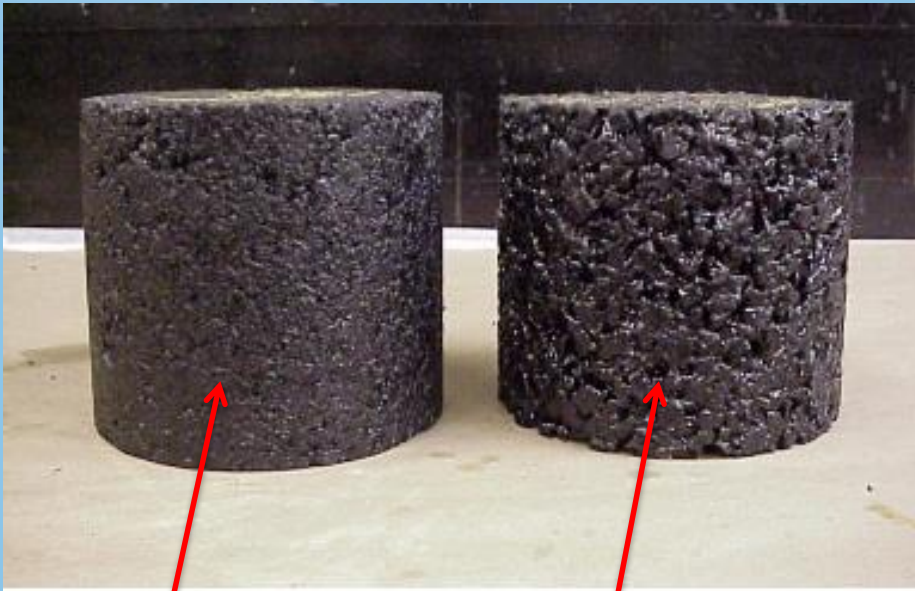
# QUÉ ES UN PAVIMENTO?



(MTO, 2011)



# PAVIMENTOS FLEXIBLES



Mezcla asfáltica  
densa

Mezcla asfáltica con  
matriz de piedra

Mezcla asfáltica  
abierta, porosa o  
drenante



“DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”



# MEZCLAS DRENANTES



# OBTENCIÓN DE MATERIALES



**Mina San Ramón**

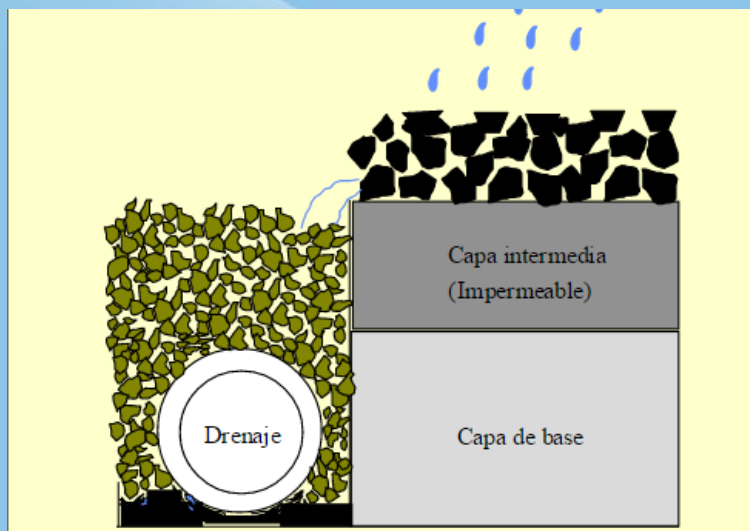


**Constructora Terán**





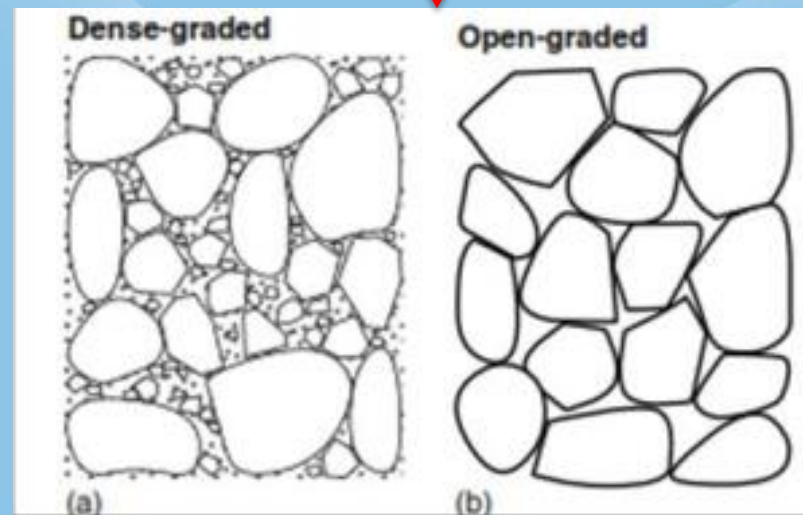
# MEZCLAS DRENANTES



Qué son y como funcionan?

Campos, 2008

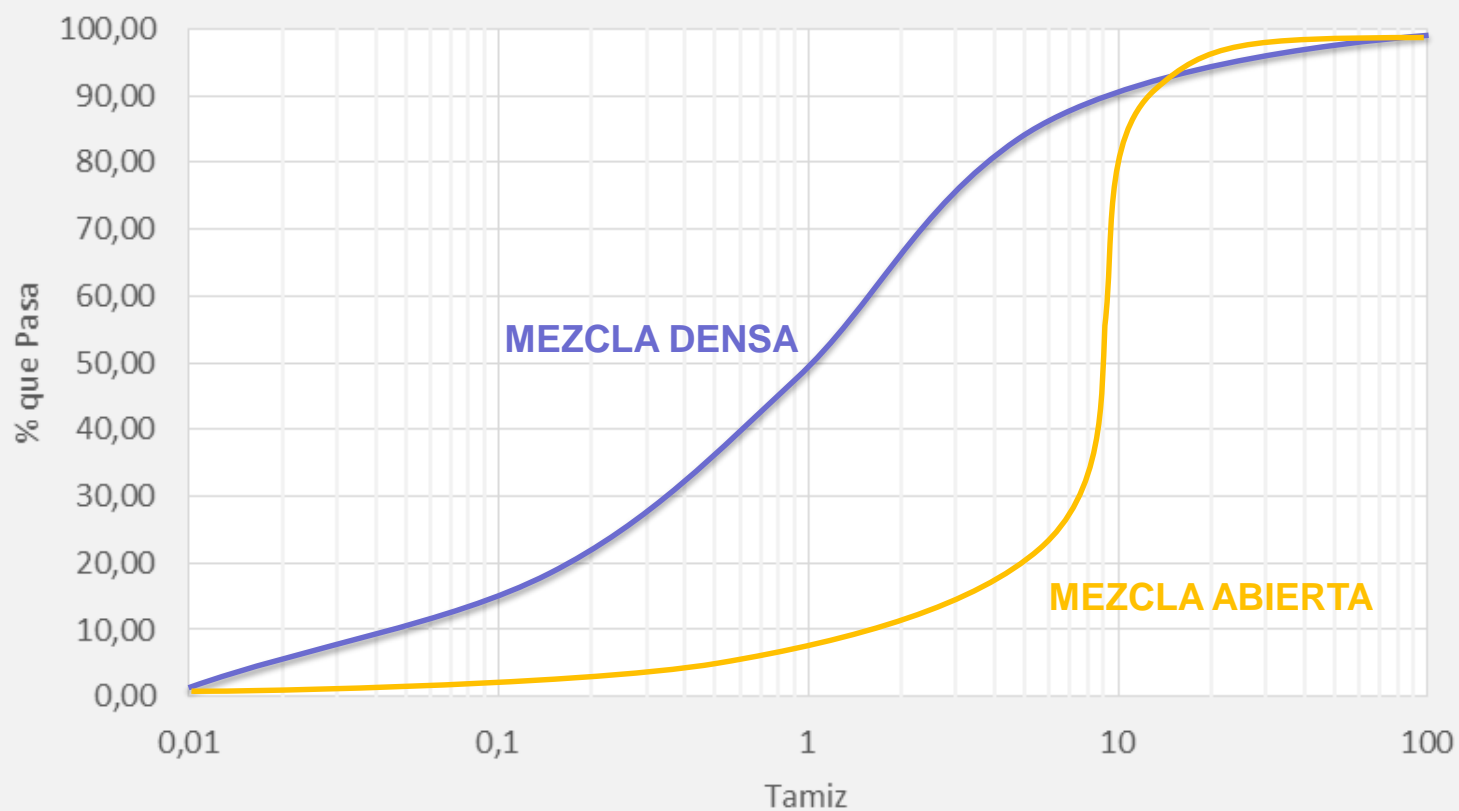
- Composición granulométrica diferente.
- Bajo contenido de arena.
- Permiten el paso de agua hacia sistemas de drenaje.





# GRADACIÓN

## Granulometría de mezclas asfálticas

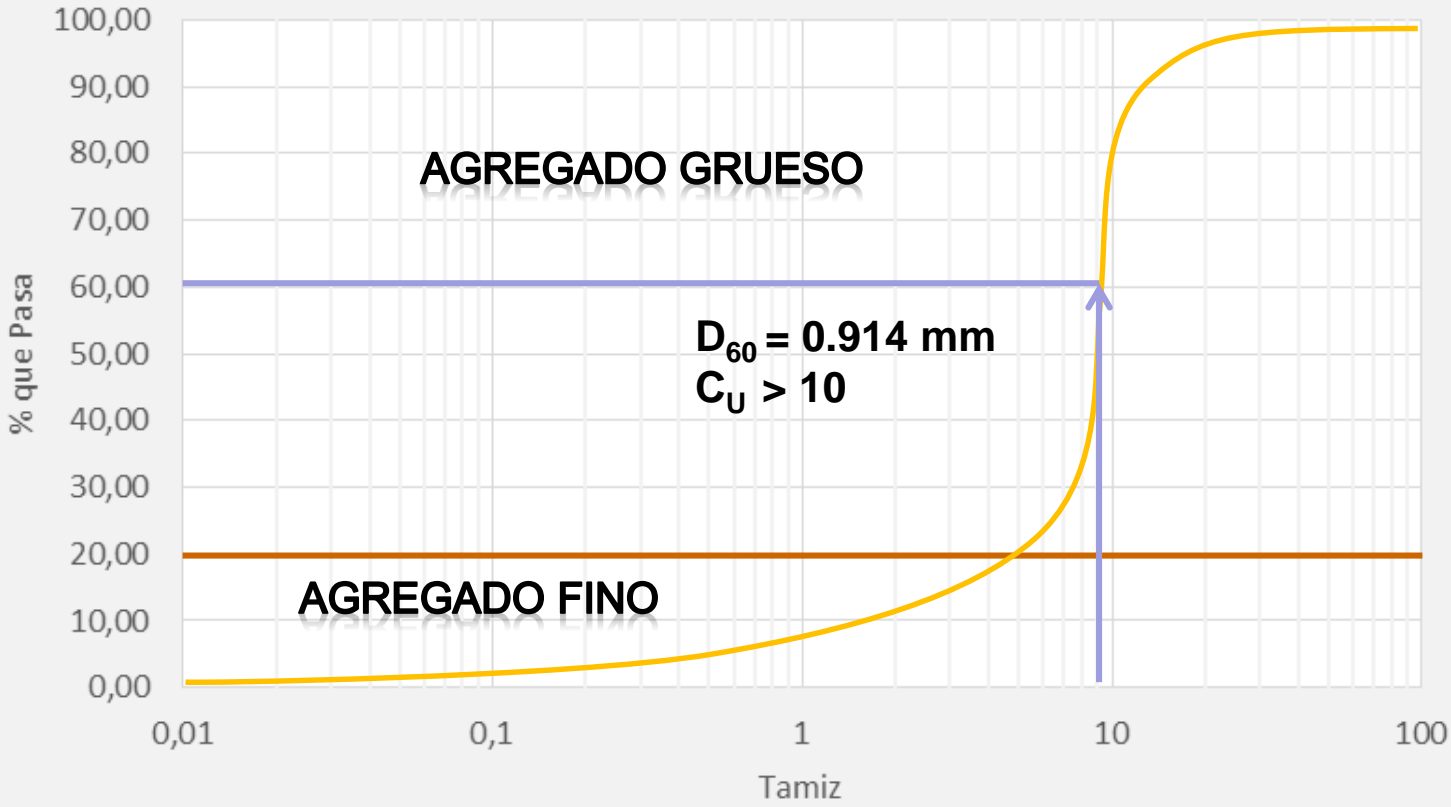


(Ferguson, 2005)



# GRADACIÓN

## Granulometría de mezclas asfálticas



(Ferguson, 2005)

# EN QUÉ NIVEL DE TRÁFICO SE DEBE USAR?

Capa	Tráfico Bajo			Tráfico Medio			Tráfico Alto		
	(< 300,000 ESALs)			( 300,000 - 10 millones ESALs)			(> 10 millones ESALs)		
	Densa	SMA	Abierta	Densa	SMA	Abierta	Densa	SMA	Abierta
Superficie	●	--	--	●	●	●	●	●	●
Intermedia	●	--	--	●	--	--	●	●	--
Base	●	--	--	●	--	--	●	--	--

- Apropriado
- Moderadamente Apropriado
- No Apropriado



Categoría de Tráfico	Designación	Número acumulado de ejes equivalentes de 8.2 T en el carril y periodo de proyecto
N1	Pesado	$4 \times 10^6 - 10^7$
N2	Medio alto	$8 \times 10^5 - 4 \times 10^6$
N3	Medio bajo	$8 \times 10^4 - 8 \times 10^5$
N4	Ligero	$10^4 - 8 \times 10^4$





# CARACTERÍSTICAS

1. Porcentaje de vacíos, 20 y 25%.
2. Permeabilidad, 100 ml en máx. 15 s.
3. Pérdidas por desgaste (Ensayo Cántabro Seco), máx. 25%.
4. Adhesividad en presencia de agua (Ensayo Cántabro Húmedo), máx. 40%.



# “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”



## DISEÑO





# ENSAYOS EN LOS AGREGADOS

1. Granulometría
2. Equivalente de arena
3. Desgaste en máquina de los Ángeles, abrasión
4. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso
5. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino
6. Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables





# RESULTADOS Y VERIFICACIÓN

MINA SAN RAMÓN				
ENSAYO	VALOR ESPECIFICADO	VALOR OBTENIDO	NORMA	OBSER.
Desgaste en máquina de los Ángeles	40%	31,19%	INEN 860 / ASTM C 131	OK
Materiales deletéreos	< 1%	0,51%	INEN 698 / ASTM C 142	OK
Equivalente de arena	> 40%	72,67	ASTM D 2419	OK
Gravedad específica gruesos	N/A	2,471	INEN 857 / ASTM C 127	OK
Gravedad específica finos	N/A	2,375	INEN 856 / ASTM C 128	OK





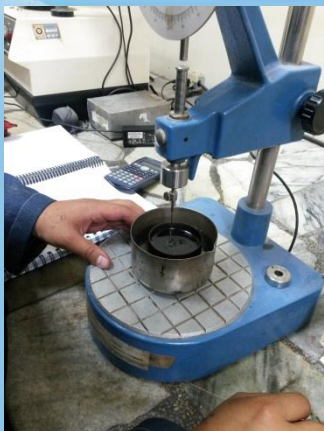
# ENSAYOS EN EL ASFALTO

- Penetración, 25°C, 100g, 5 seg 1/10mm)
- Punto de ablandamiento
- Ductilidad
- Punto de inflamación
- Gravedad específica





# RESULTADOS Y VERIFICACIÓN



## CEMENTO ASFÁLTICO + ADIT. KAOAMIN

ENSAYO	VALOR ESPECIFICADO	VALOR OBTENIDO	NORMA	OBSER.
Penetración (1/10 mm)	60 Mín.	75,22	MOP 001-T810.2.2.2	OK
Ductilidad (cm)	> 100 cm	125,00	MOP 001-T810.2.2.3	OK
Punto de Reblandecimiento (° C)	48 - 57 ° C	50,65	MOP 001-T810.2.2.7	OK
Pto. de Inflamación (° C)	232 Mín.	283,00	MOP 001-T810.2.2.5	OK
Pto. de Combustión (° C)	N/A	298,00	ASTM D 113-99	
Gravedad Específica (g/cm <sup>3</sup> )	>= 1	1,00	MOP 001-T810.2.2.1	OK



# FÓRMULA DE TRABAJO

GRANULOMETRÍA PARA MEZCLA ABIERTA							
Tamiz	3/4	1/2	3/8	4	10	40	200
Abertura	19	12,5	9,5	4,75	2	0,425	0,075
Especificación	100	70	50	15	9	5	3
	100	100	75	32	20	12	7
GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS							
Agregado 3/4"	100	8	2	1	0	0	0
Agregado 3/8"	100	100	79	9	4	4	3
Arena	100	100	100	100	88	33	13
GRANULOMETRÍA PARA ELABORAR MUESTRAS							
Mezcla	100	76,08	62,34	21,48	16,4	7,6	3,82

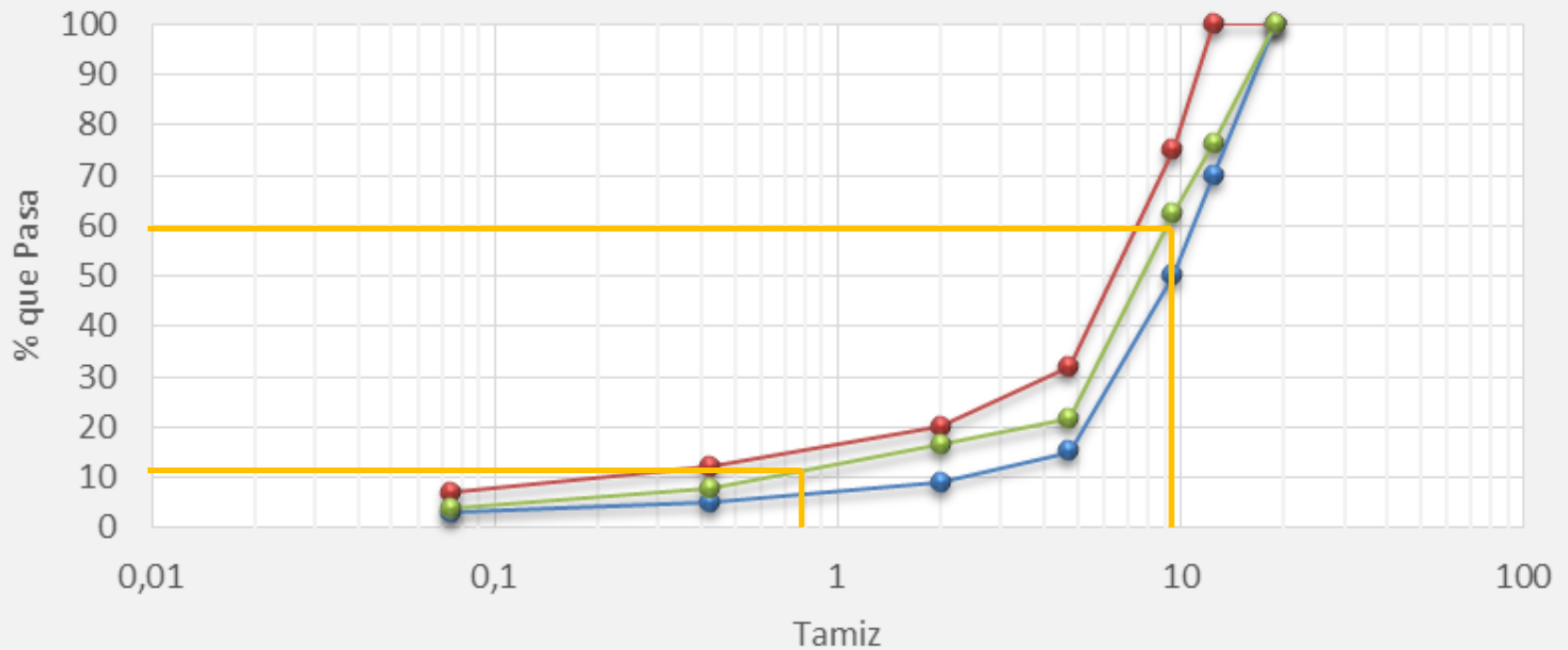


PESO MUESTRA	
PESO TOTAL	CANTIDAD (gr)
1000	260
	580
	160



# CURVA DE DISEÑO

## Granulometría Real



**$D_{60} = 9.3 \text{ mm}$**

**$C_U = 11.62$**

—●— min    —●— max    —●— mezcla





# ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS

Con la composición granulométrica definida, se preparan mínimo 3 probetas, para cada contenido de asfalto.



Las porciones de agregado se secan en el horno a una temperatura de 105 a 110° C.



Se calienta el asfalto hasta alcanzar una viscosidad que permita un buen mezclado, sin escurrimiento.



# ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS



A cada probeta se le realizan ensayos de densidad y vacíos siguiendo un procedimiento geométrico.

Se compacta la muestra con el martillo y moldes Marshall, dando 50 golpes por cara a cada probeta.

Con una cantidad de 1000 gr. se fabrican las probetas, siguiendo el proceso Marshall.

Se pesa cada probeta, y se ubican en el bombo de los Ángeles, sin carga abrasiva, a 300 vueltas. A una temperatura de  $18 \text{ a } 25 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Luego de las 300 vueltas se pesa la probeta y se calcula la pérdida de peso en porcentaje respecto al peso inicial.





# ENSAYOS EN LAS BRIQUETAS

## Gravedad específica Bulk (INVIAS 453)

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

$$G_{eb} = \frac{Densidad}{0.99707 \text{ gr/cm}^3}$$



MEZCLA ASFALTICA AL 4.3%

INV E - 736 - 07

BRIQUETA 1

COD.	ALTURAS (cm)		DIÁMETROS (cm)		PESO SECO	VOLUMEN	DENSIDAD	ENSAYO
D1	h1	6.69	d1	10.16	1036.70	543.603	1.907	CANTABRO SECO
	h2	6.70	d2	10.15	<b>DENSIDAD BULK</b>			
	h3	6.75	d3	10.16				
	h4	6.72	d4	10.14	<b>1.913</b>			
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.715</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>10.1525</b>				



# ENSAYOS EN LAS BRIQUETAS

Gravedad específica máxima teórica – RICE (ASTM D 2041)



$$Gem = \frac{A}{A + D - E}$$

*Dónde:*

*A = peso de la muestra seca en el horno, g.*

*D = peso del recipiente lleno con agua a 25° C (77° F), g.*

*E = peso del recipiente lleno con agua y muestra a 25° C (77° F), g.*



# ENSAYOS EN LAS BRIQUETAS

## Análisis de vacíos, INV 736

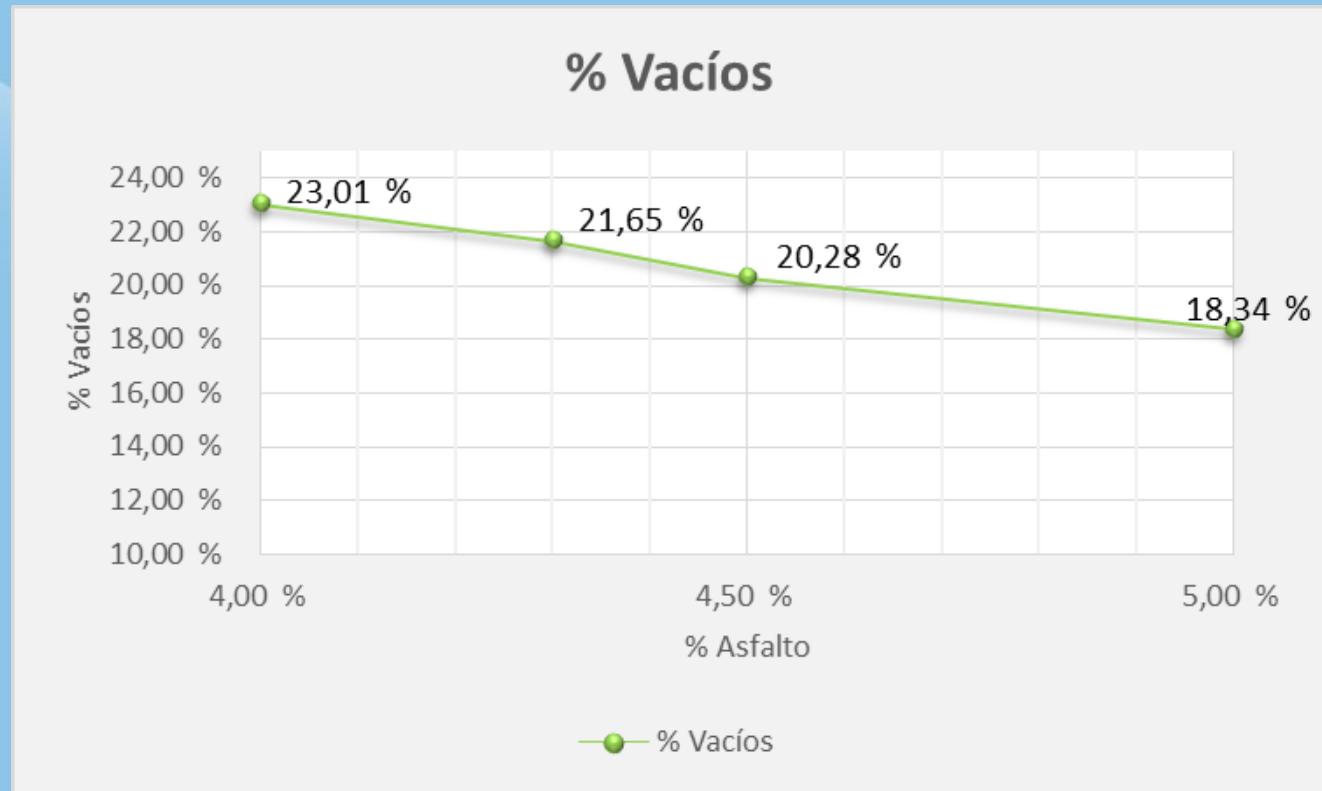
$$V_a = 100 \left( 1 - \frac{G_{eb}}{G_{em}} \right)$$

Dónde:

$V_a$  = % de vacíos de aire en la mezcla compactada respecto al volumen de la briqueta.

$G_{eb}$  = Gravedad específica bulk.

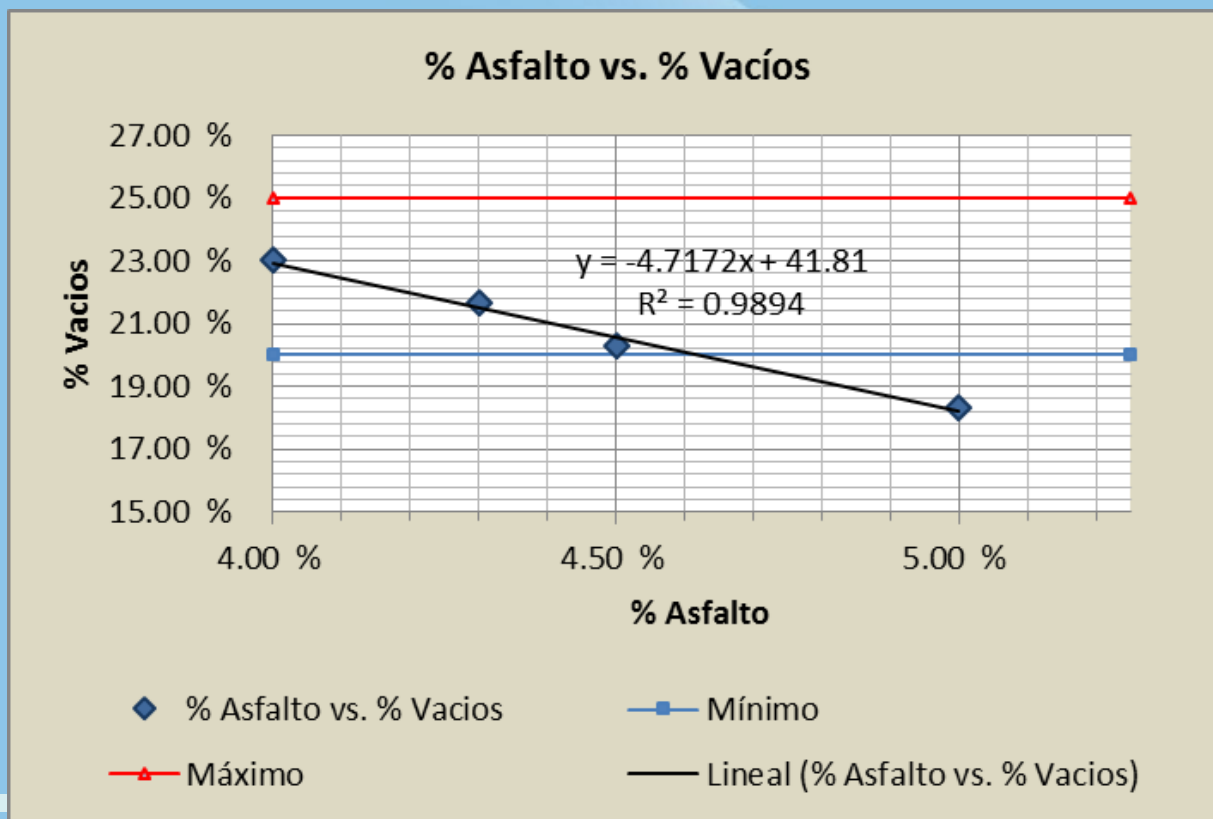
$G_{em}$  = Gravedad específica máxima teórica.





# CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO

% Asfalto	Rango INV E – 736 – 07	% Vacíos Obtenidos	Obser.
4.00 %	20 – 25%	23.01 %	OK
4.30 %	20 – 25%	21.65 %	OK
4.50 %	20 – 25%	20.28 %	OK
5.00 %	20 – 25%	18.34 %	NO CUMPLE



$$x = - \frac{y - 41.81}{4.7172}$$

*y = 22.5%, se obtiene  
x = 4.09%*

Norma europea PG-31 (2015), mínimo **4.3%**, con lo que se logra un porcentaje de vacíos de **21.53 %**.



# ENSAYOS EN LAS BRIQUETAS

## Prueba de permeabilidad



% asfalto	Temperatura Agua (° C)	Tiempo de escurrimiento (s)
4.0	20	8.01
4.3	21	9.04
4.5	20	10.11
5.0	22	13.31



# ENSAYO CÁNTABRO SECO (INV E-760-07) CÁNTABRO HÚMEDO (NLT 362-92)

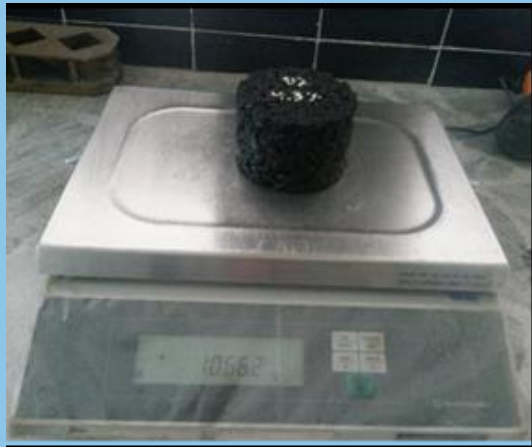
$$P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100$$

*Dónde:*

*P = valor de la pérdida por desgaste, en %.*

*P1 = peso inicial de la briqueta, en gramos.*

*P2 = peso final de la briqueta, en gramos.*



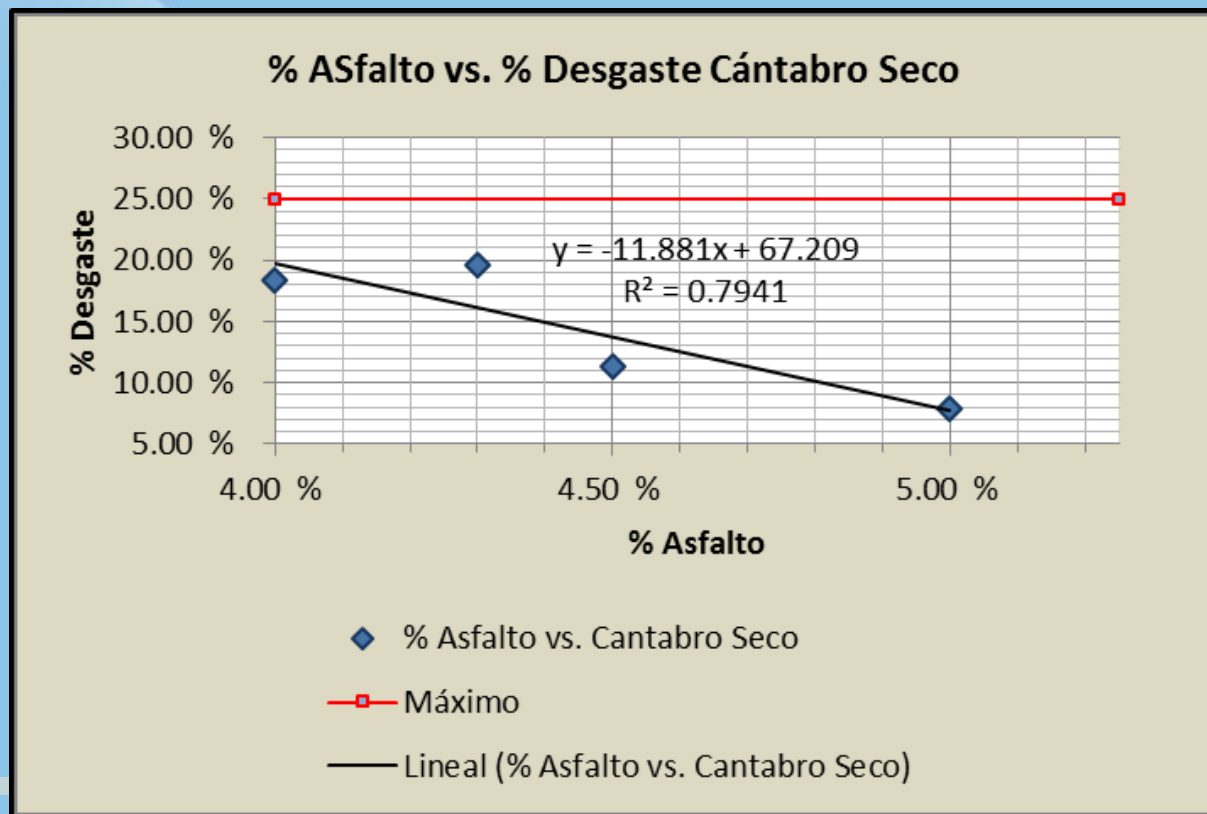




# CÁNTABRO SECO

% Asfalto	Rango INV E – 760 – 07	Desgaste Cántabro Seco	Obser.
4.00 %	Máx. 25%	18.42 %	OK
4.30 %	Máx. 25%	19.62 %	OK
4.50 %	Máx. 25%	11.39 %	OK
5.00 %	Máx. 25%	7.93 %	OK

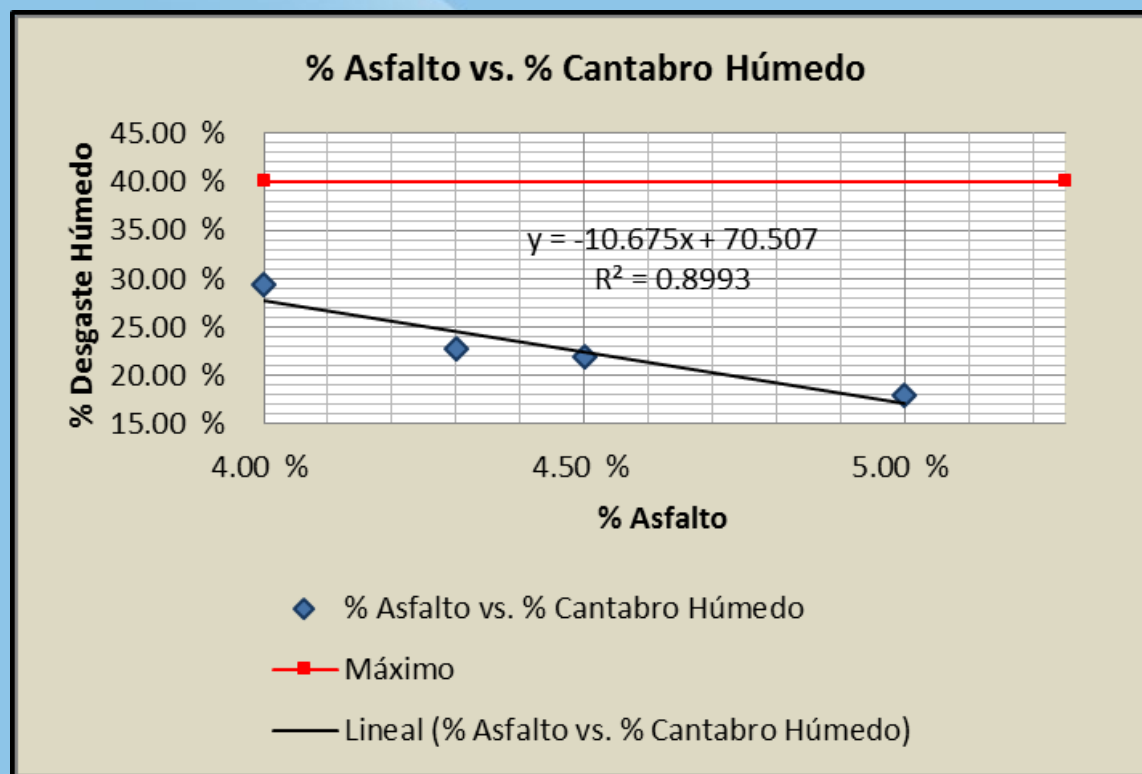
Con el 4.3% de contenido asfáltico el desgaste obtenido fue de **19.62%**.





# CÁNTABRO HÚMEDO

% Asfalto	Rango NLT – 362/92	Desgaste Cántabro Húmedo	Obser.
4.00 %	Máx. 40%	29.36 %	OK
4.30 %	Máx. 40%	22.76 %	OK
4.50 %	Máx. 40%	21.95 %	OK
5.00 %	Máx. 40%	17.95 %	OK



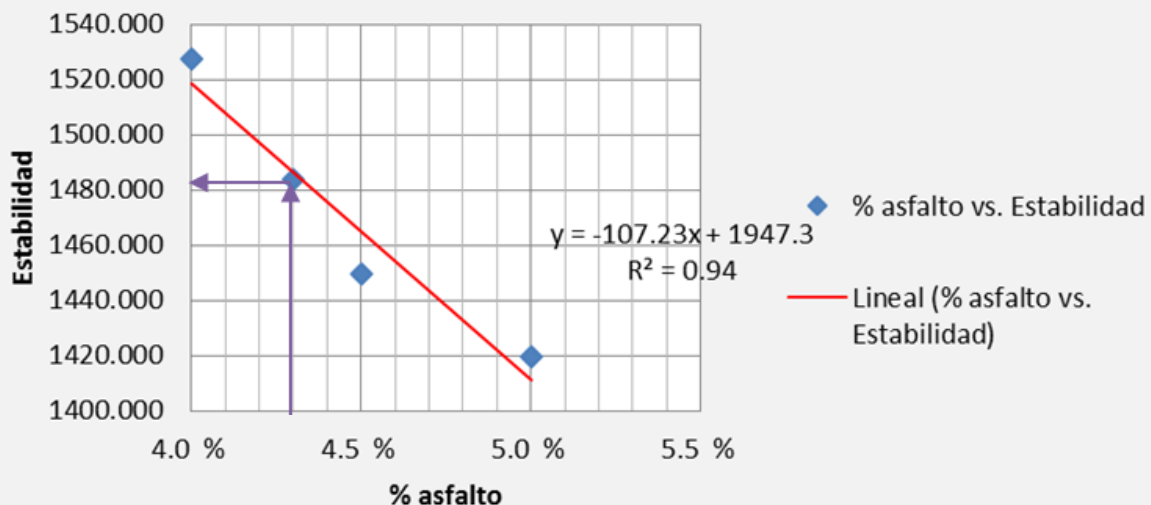


# VERIFICACIÓN POR EL ENSAYO MARSHALL

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16

CA %	Estabilidad Prom. [lb]	Flujo Prom. [1/100"]
4.0 %	1527.594	14.333
4.3 %	1483.835	13.667
4.5 %	1449.591	15.333
5.0 %	1419.418	15.667

**% asfalto vs. Estabilidad**



**% asfalto = 4.3 %;**  
**Estabilidad.= 1483.835 lb**





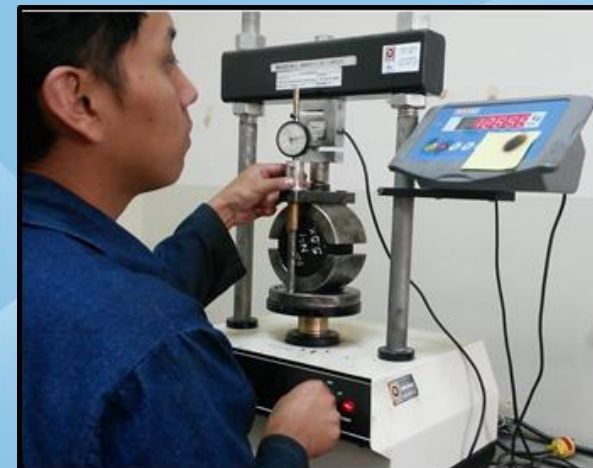
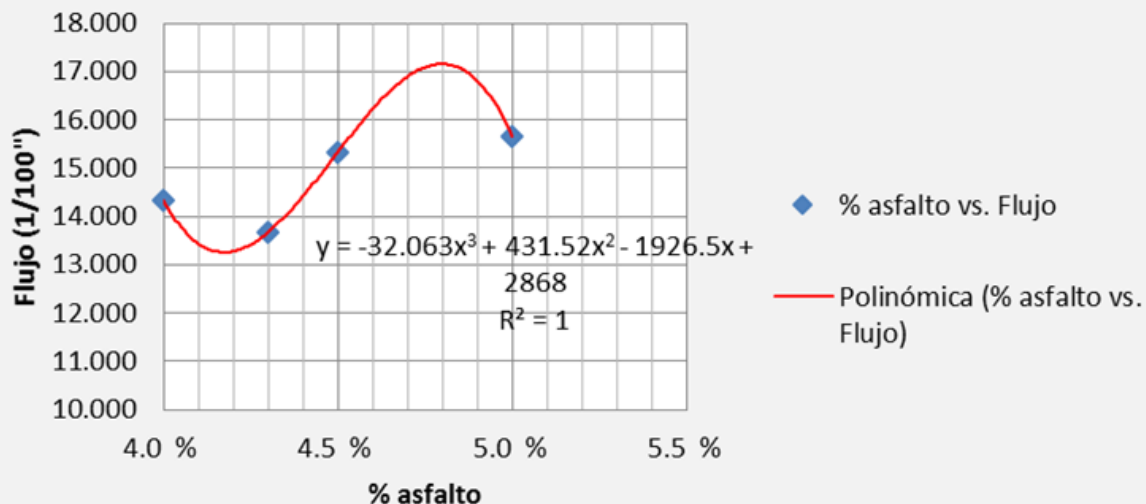
# VERIFICACIÓN POR EL ENSAYO MARSHALL

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
<b>CRITERIOS MARSHALL</b>								
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16

CA %	Estabilida d Prom. [lb]	Flujo Prom. [1/100"]
4.0 %	1527.594	14.333
4.3 %	1483.835	13.667
4.5 %	1449.591	15.333
5.0 %	1419.418	15.667

**% asfalto = 4.3 %**  
**Flujo = 13.667 (plg/100)**

**% asfalto vs. Flujo**





# ENVEJECIMIENTO MÉTODU UCL®



Id.	Tiempo (horas)
4	48
4'	24
12h	12
5h	5
1h	1
0h	0

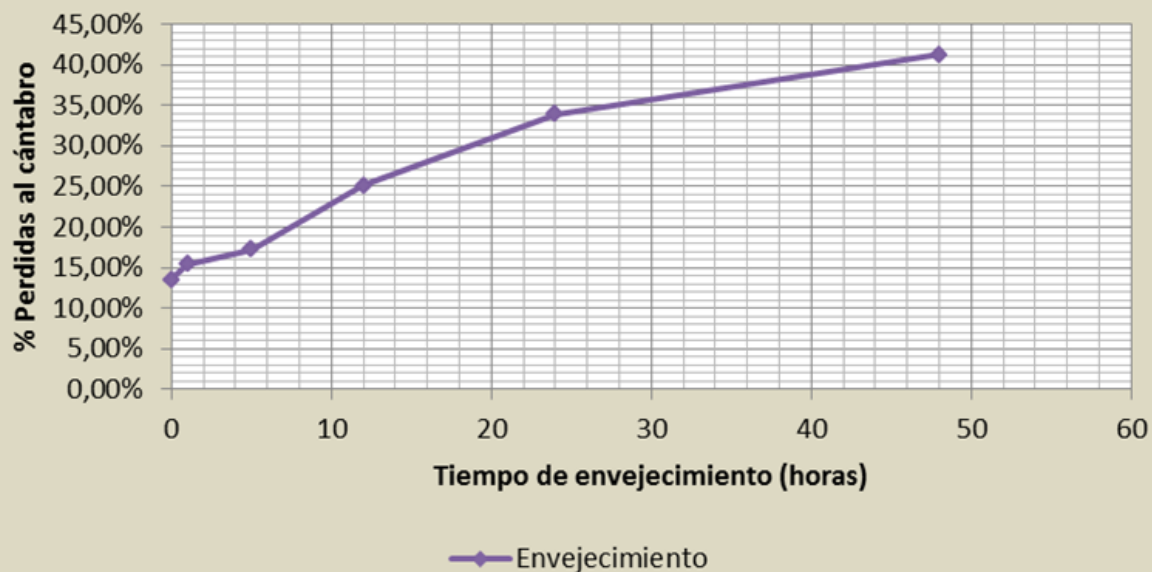


# SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA ENVEJECIMIENTO



Id.	Tiempo (horas)	Vacíos (%)	Desgaste (%)
4	48	21,13%	41,22%
4'	24	21,82%	33,92%
12h	12	22,05%	25,12%
5h	5	21,15%	17,28%
1h	1	21,66%	15,46%
0h	0	22,27%	13,51%

ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO



10 horas equivale a aproximadamente 60 meses de envejecimiento real.

A 48 horas de ensayo el desgaste representa la duración del pavimento por 24 años.

# DESGASTE CON NITRÓGENO LÍQUIDO

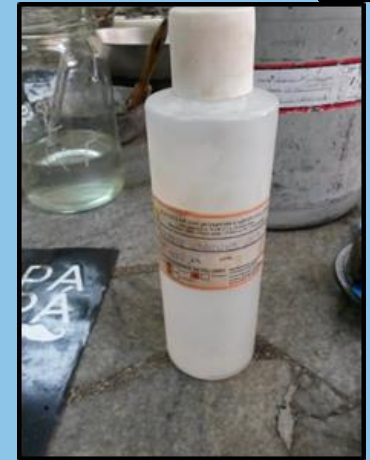


1



3

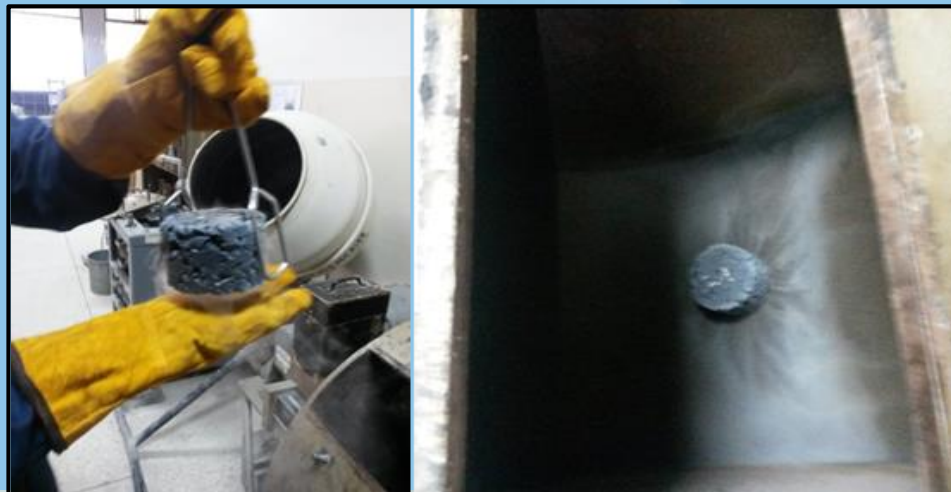
CARBOXIMETILCELULOSA



4

ACEITE DE VASELINA

2

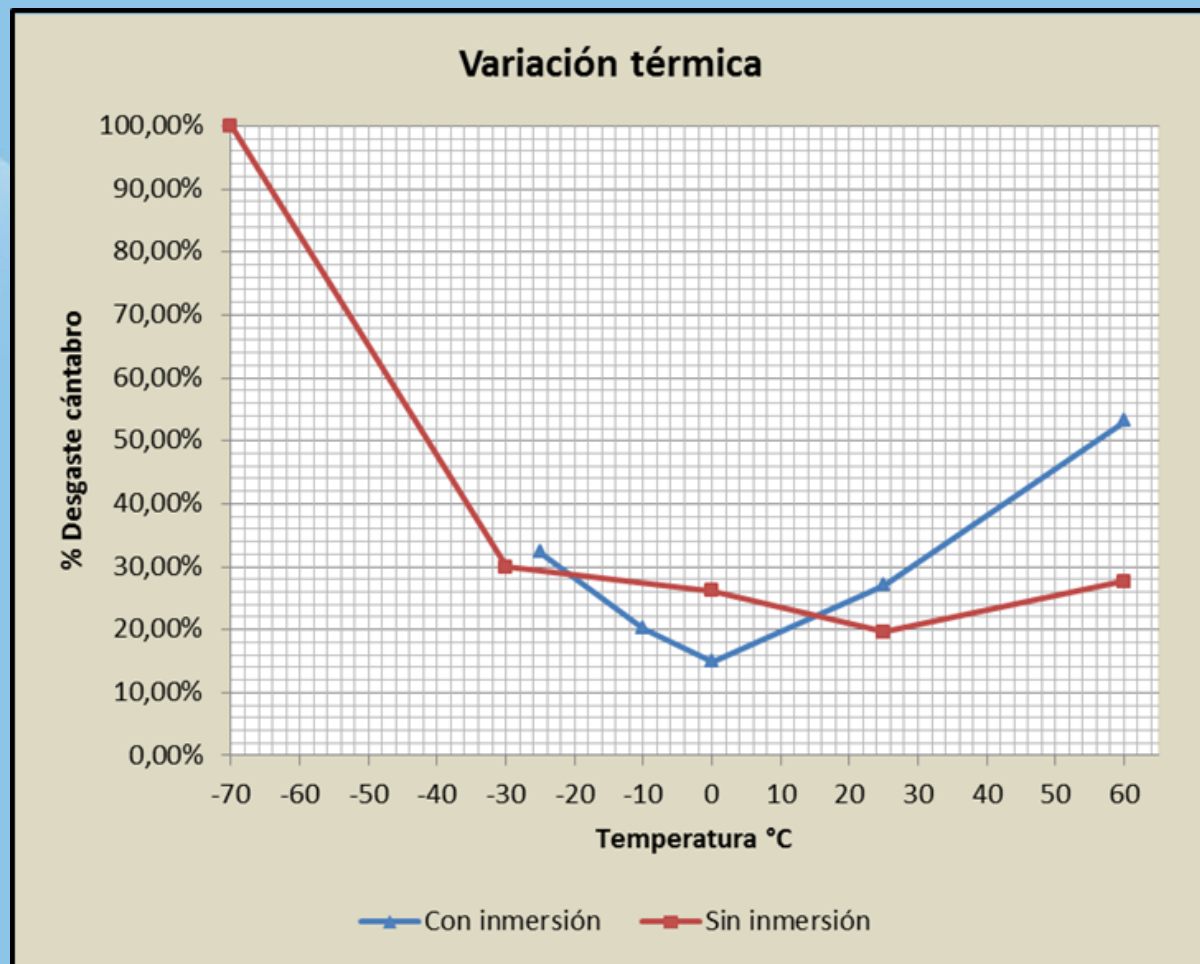




# SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA NITRÓGENO LÍQUIDO

SIN AGUA		
Id.	Temperatura (° C)	Desgaste (%)
1'	-70	100.00%
2	-30	29.99%
3'	0	26.20%
D2	25	19.62%
D8	60	27.62%

CON AGUA		
Id.	Temperatura (° C)	Desgaste (%)
2'	-25	22.70%
1	-10	20.05%
3	0	14.85%
s/i	25	26.99%
s/i	60	52.95%

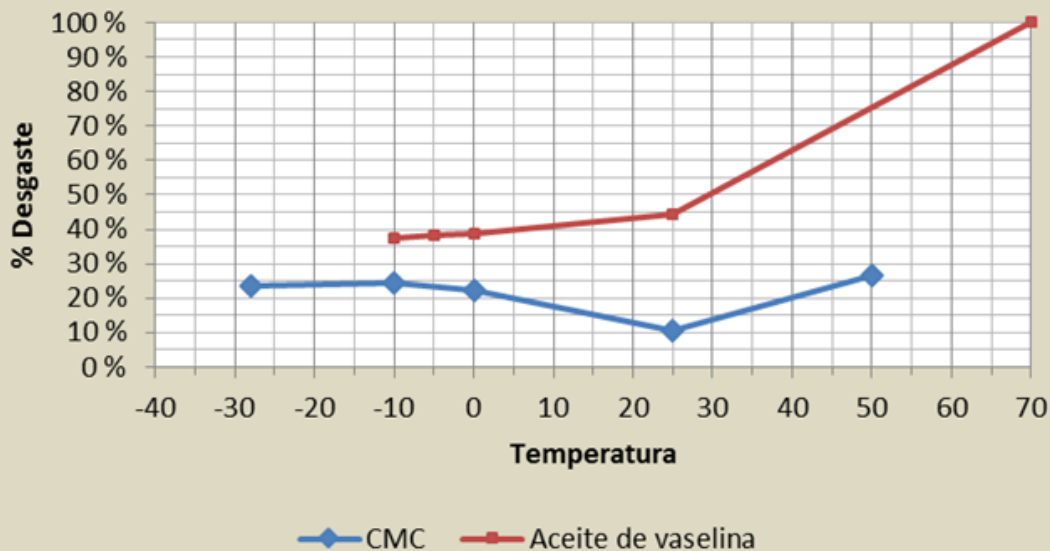




# SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA CMC Y ACEITE DE VASELINA



Desgaste con compuestos químicos



CMC		
Id.	Temperatura (° C)	Desgaste (%)
1D	-28	23,61%
2D	-10	24,50%
6D	0	22,21%
8D	25	10,56%
3	50	26,56%

ACEITE DE VASELINA		
Id.	Temperatura (° C)	Desgaste (%)
1D	-10	37,62%
3D	-5	38,06%
5D	0	38,60%
7D	25	44,39%
1	70	100,00%



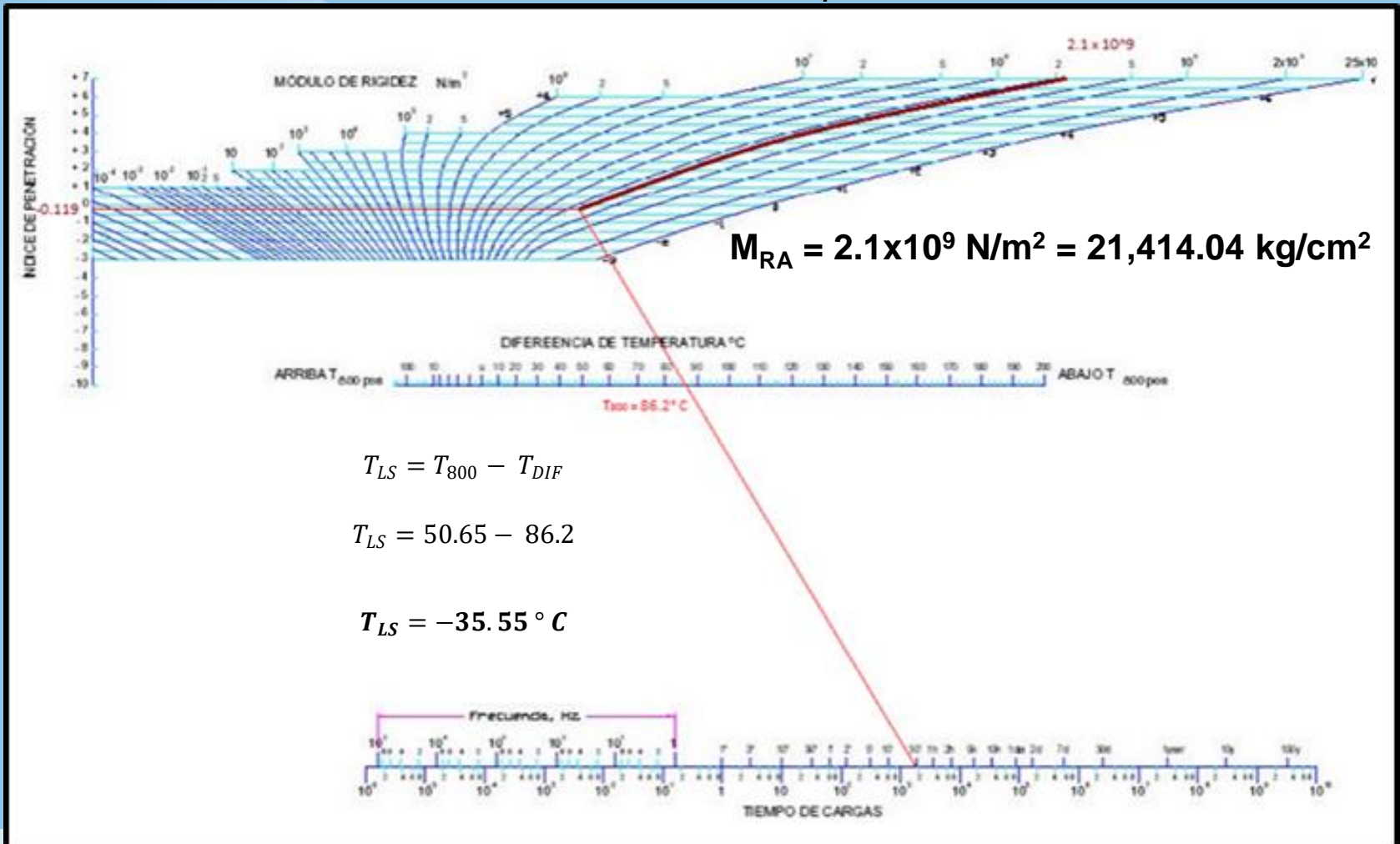
Briquetas con aceite de vaselina después del ensayo.

# TEMPERATURA DE FISURAMIENTO NOMOGRAMA DE VAN DER PÖEL



Pen5° C = 10.38  
Pen25° C = 75.22

Punto de ablandamiento ( $T_{800}$ ) = 50.65° C  
Índice de penetración = - 0.119





# MÓDULO DE RIGIDEZ DE LA MEZCLA NOMOGRAMA DE BONNAURE

Este método toma en consideración el contenido asfáltico de la mezcla así como el volumen de los agregados, lo que ofrece una ventaja en el cálculo.

$$V_b = 100 \cdot \frac{G_{mb}}{G_{mm}} - V_g$$

Dónde:

$V_b$ ; Volumen de asfalto, %.

$G_{mb}$ ; Gravedad específica Bulk.

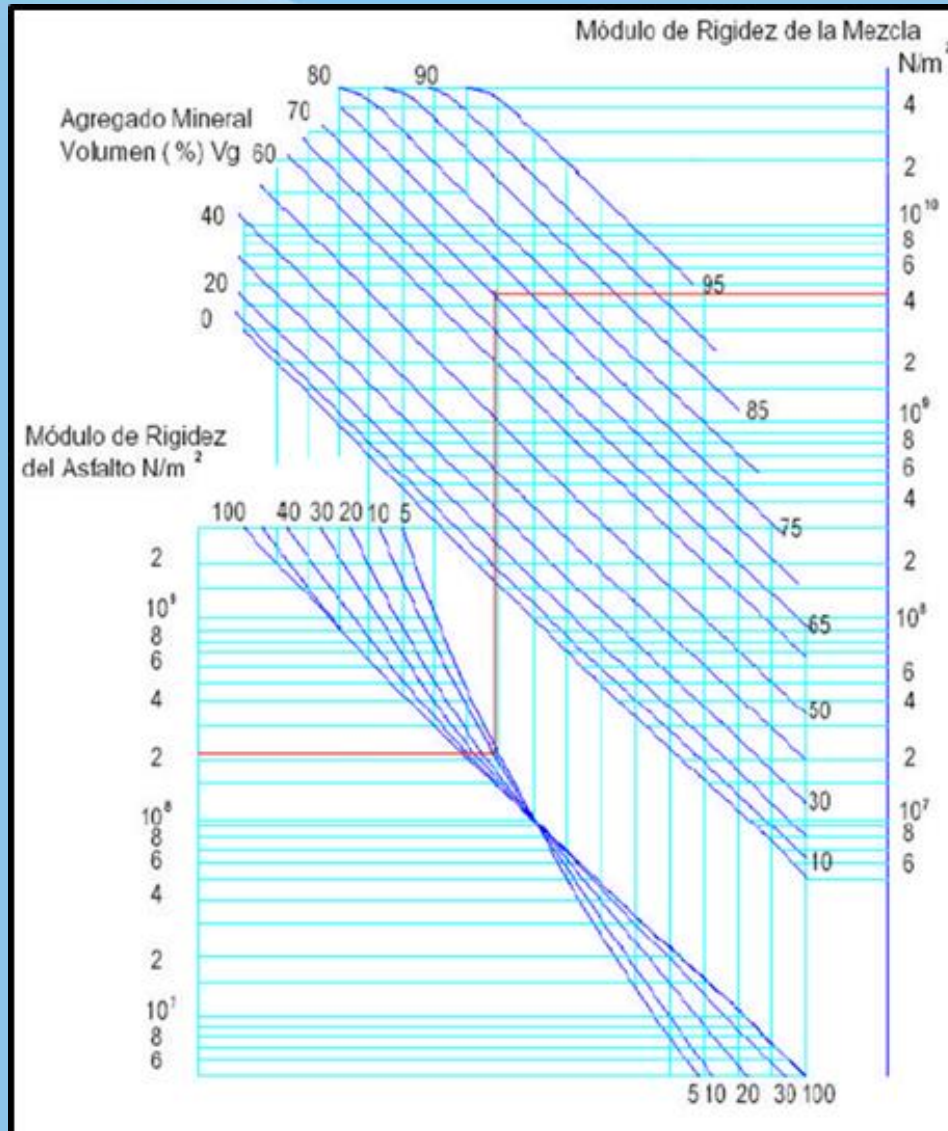
$G_{mm}$ ; Gravedad máxima teórica, RICE.

$V_g$ ; Volumen de agregados en la mezcla asfáltica, %.

$$V_b = 100 \cdot \frac{1.900}{2.442} - 70.92$$

$$V_b = 6.88 \%$$

# MÓDULO DE RIGIDEZ DE LA MEZCLA NOMOGRAMA DE BONNAURE



Entonces los datos necesarios para usar el nomograma son:

$$M_{RA} = 2.1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$V_b = 6.88 \%$$

$$V_g = 70.92 \%$$

**Módulo de rigidez de la mezcla:**

$$4.1 \times 10^{10} \text{ N/m}^2 \text{ (418,083.65 kg/cm}^2\text{)}.$$

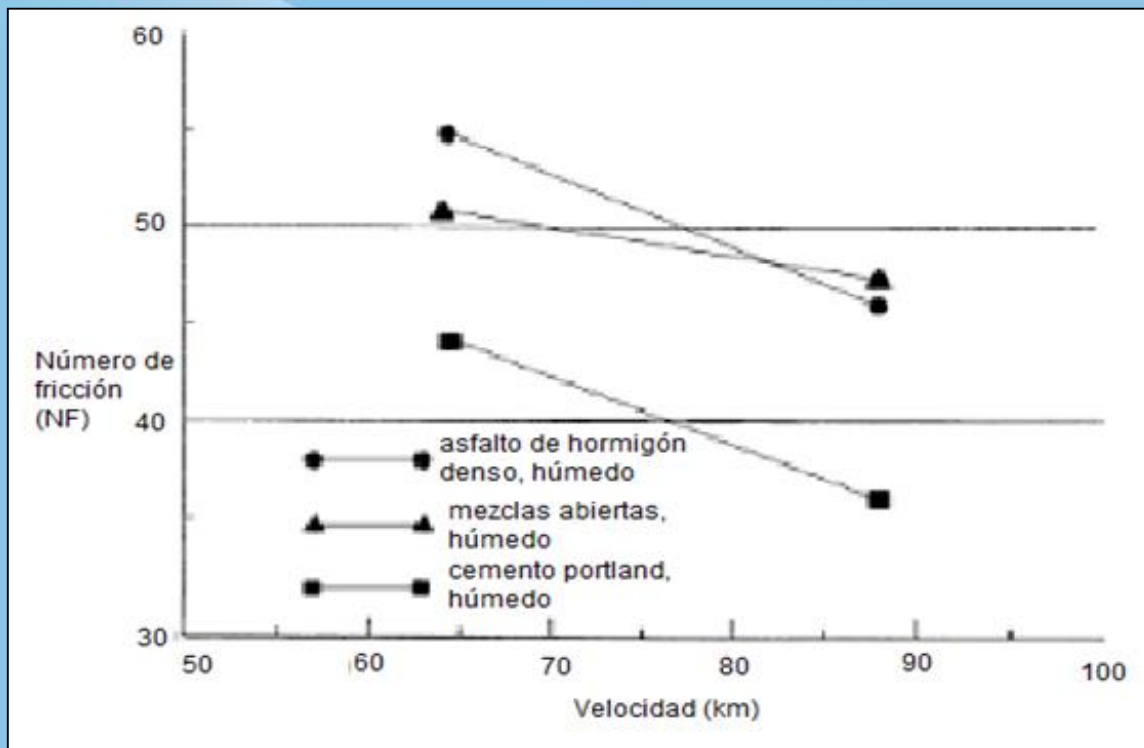
“DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”



**POR QUÉ USAR  
MEZCLAS DRENANTES?**

# INFLUENCIA DE LAS MEZCLAS DRENANTES EN LA SEGURIDAD VIAL

## RESISTENCIA A LA FRICCIÓN



Efecto de la velocidad en la fricción.

***Pensilvania***

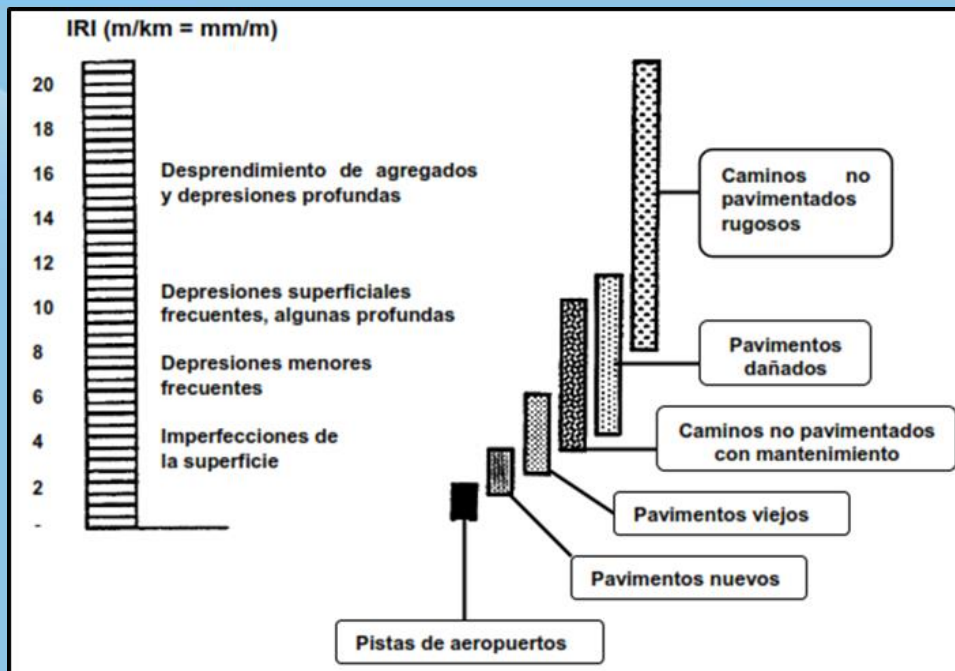
Promedio de coeficientes de fricción.

***Minnesota***

	Seco	Mojado
<b>Mezclas abiertas</b>	0.76	0.70
<b>Asfalto de hormigón denso</b>	0.74	0.16

# INFLUENCIA DE LAS MEZCLAS DRENANTES EN LA SEGURIDAD VIAL

## ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

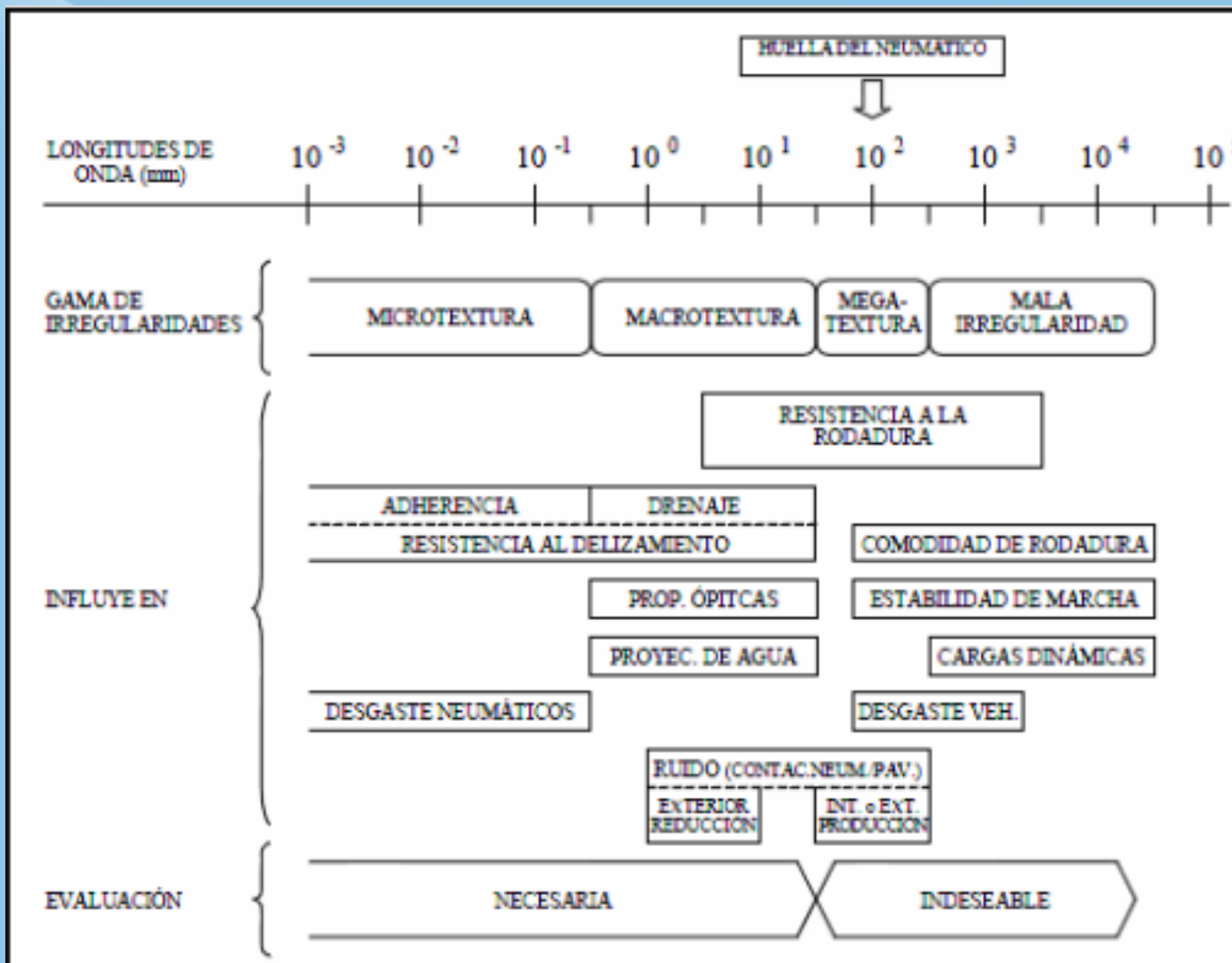


Escala de valores del IRI y sus características.

OBJETIVO	PARAMETRO	EXIGENCIAS	PROCEDIMIENTOS PARA EVALUACION
Comodidad	Rugosidad (m/km)	Hormigón asfáltico Máx 2.5 IRI Tratamiento superficial Máx 4.0 IRI	Roadmeters o algún tipo de perfilómetro estático o dinámico.

Valor del IRI para pavimentos nuevos en el Ecuador. (MOP, Tabla 405-9.1)

# INFLUENCIA DE LAS MEZCLAS DRENANTES EN LA SEGURIDAD VIAL MACRO Y MICROTEXTURA





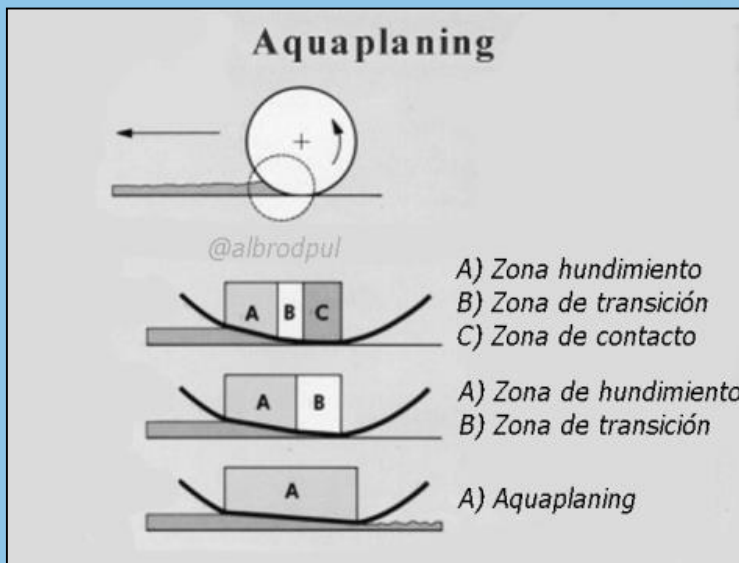
# INFLUENCIA DE LAS MEZCLAS DRENANTES EN LA SEGURIDAD VIAL HIDROPLANEO



Extraído de: El Comercio



E  
F  
E  
C  
T  
O  
S



# INFLUENCIA DE LAS MEZCLAS DRENANTES EN LA SEGURIDAD VIAL VISIBILIDAD



PAVIMENTO  
DENSO



- AGUA EN LA CALZADA  
+ VISIBILIDAD

PAVIMENTO  
DRENANTE





# ANÁLISIS DE COSTOS

<i>Rubro:</i>	<i>Hormigón Asfáltico Poroso mezclado en planta</i>			
<i>Código MOP:</i>	<b>405-5</b>			
<b>MATERIALES</b>				
<b>Asfalto AC-20</b>	<b>Aditivo Kaoamin 14</b>	<b>Agregado para mezcla asfáltica 3/4</b>	<b>Agregado para mezcla asfáltica 3/8</b>	<b>Arena con chispa</b>
<i>Unidad :</i>	Metro cúbico			
<i>Valor :</i>	<b>\$ 172.50</b>			

<i>Rubro:</i>	<i>Hormigón Asfáltico Denso mezclado en planta</i>		
<i>Código MOP:</i>	<b>405-5</b>		
<b>MATERIALES</b>			
<b>Asfalto AC-20</b>	<b>Piedra Triturada 3/4</b>	<b>Ripio Triturado Chispa 3/8</b>	<b>Arena</b>
<i>Unidad :</i>	Metro cúbico		
<i>Valor :</i>	<b>\$ 163.90</b>		

**Diferencia de costos:** 5,81 %.

- Calidad de los materiales
- Utilización de aditivo mejorador de adherencia

“DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”



# CONCLUSIONES



## “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”

- El ensayo cántabro de pérdida por desgaste, desarrollado para valorar la cohesión de las mezclas abiertas, es suficientemente sensible y preciso para detectar variaciones en el comportamiento de estas mezclas cuando se modifican los porcentajes de materiales que las componen.
- La selección de los materiales a dosificar, dependerá no solamente del ajuste que la granulometría de estos ya combinados tenga a la especificación de diseño adoptada, sino al cumplimiento de los criterios del método.
- En estas condiciones, el ensayo cántabro de pérdida por desgaste, permite evaluar las propiedades fundamentales de los ligantes asfálticos: cohesión, susceptibilidad térmica, adhesividad, efecto del agua y envejecimiento, todo este conjunto se conoce como el método UCL.
- En términos de la seguridad vial, los resultados mostrados por experiencias extranjeras, comparados a las de una carpeta asfáltica tradicional, son muy alentadores. Por lo tanto, con estas mezclas se asegura una adherencia apta para que el conductor no pierda el control de su vehículo en condiciones de lluvia y tenga una mejor visibilidad.



## “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”

- El 4.3% de asfalto seleccionado fue el correcto, basándose en todos los resultados obtenidos en los ensayos a la mezcla drenante, el desgaste en las muestras estuvo por muy debajo del 20%, la susceptibilidad térmica se encuentra dentro de los rangos esperados (-40 a 60° C) y el contenido de vacíos promedio fue del 22%.
- La norma INVIAS utilizada en esta investigación está basada en la normativa española NTL, que ha sido base para muchos países que han regulado el uso y fabricación de estas mezclas, tales como en Chile y Brasil, y por ende han sido fundamentales en la elaboración de esta tesis.
- La comparación de costos mostro que el gasto inicial para realizar una capa de rodadura porosa es un 5% mayor a cuando se ejecuta una capa de rodadura densa, aunque en gastos de construcción se tienen precios más bajos, el mantenimiento que se debe dar a los pavimentos porosos eleva su costo final, esta es otra razón de la resistencia a utilizarlos masivamente.

“DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”



# RECOMENDACIONES



# “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”

- ✓ Se recomienda usar el método del cántabro para caracterizar las mezclas drenantes, la razón es porque la metodología en si es muy sencilla y puede ser replicada en cualquier laboratorio aportando datos de rendimientos para los pavimentos porosos.
- ✓ Aunque el diseño de las mezclas abiertas se basa en la metodología cántabro, siempre es importante realizar el ensayo Marshall para comprobar que el contenido asfáltico de diseño es el correcto y cumple con los requisitos de estabilidad y flujo necesarios
- ✓ Usar esta investigación como punto de partida para estudiar todas las ventajas de usar mezcla drenantes, como los pavimentos descontaminantes, sistemas de drenaje urbano, pavimento poroso rígido, índices de rugosidad, cálculo de los módulos de rigidez, entre otros que complemente lo ya realizado.





# “DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POROSA PARA ZONAS DE BAJAS TEMPERATURAS, APLICADA A MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL”

- ✓ Bajo ningún concepto se debe utilizar compuestos derivados del petróleo, como el aceite de vaselina sobre las mezclas asfálticas, debido a que estas pierden mucha resistencia y sus propiedades se deterioran al instante de ponerlas en contacto con estas sustancias.
- ✓ Para determinar parámetros importantes de los pavimentos drenantes como los módulos dinámicos y resilientes, es importante contar con los equipos necesarios a fin de conocer el verdadero comportamiento de estas mezcla una vez instaladas.
- ✓ Se debe tener especial cuidado al momento de dosificar los agregados, en especial el agregado mineral (filler), aunque un alto contenido de este material da mas cohesión a la mezcla también reduce el porcentaje de vacíos.
- ✓ Las futuras investigaciones a más de explorar las ventajas de las mezclas drenantes también deben centrarse en probar con asfaltos modificados que mejores la adhesividad entre el asfalto y el agregado.



**GRACIAS!!**

