



UNIVERSIDAD  
**MAYOR**

# MICROAGLOMERADO ASFÁLTICO DISCONTINUO EN CALIENTE

---

Una nueva tecnología en mantenimiento  
de pavimentos de autopistas chilenas

**Eduardo Alberto Rivera Heredia**



# TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR AL TITULO DE CONSTRUCTOR CIVIL

---

27 de diciembre del 2012

# Resumen

- Utilización de Microaglomerado Asfáltico Discontinuo en Caliente tipo M-10, como alternativa de mantenimiento de pavimentos de autopistas chilenas.
- Tecnología relativamente nueva en su aplicación masiva en Chile.
- Materiales de alta calidad, colocación en espesor de 2 cm, alto estándar en propiedades funcionales.
- Antecedentes obtenidos de tramos colocados en Autopista Central, eje ruta 5 entre el 2010 y el 1° semestre del 2012.

# Introducción



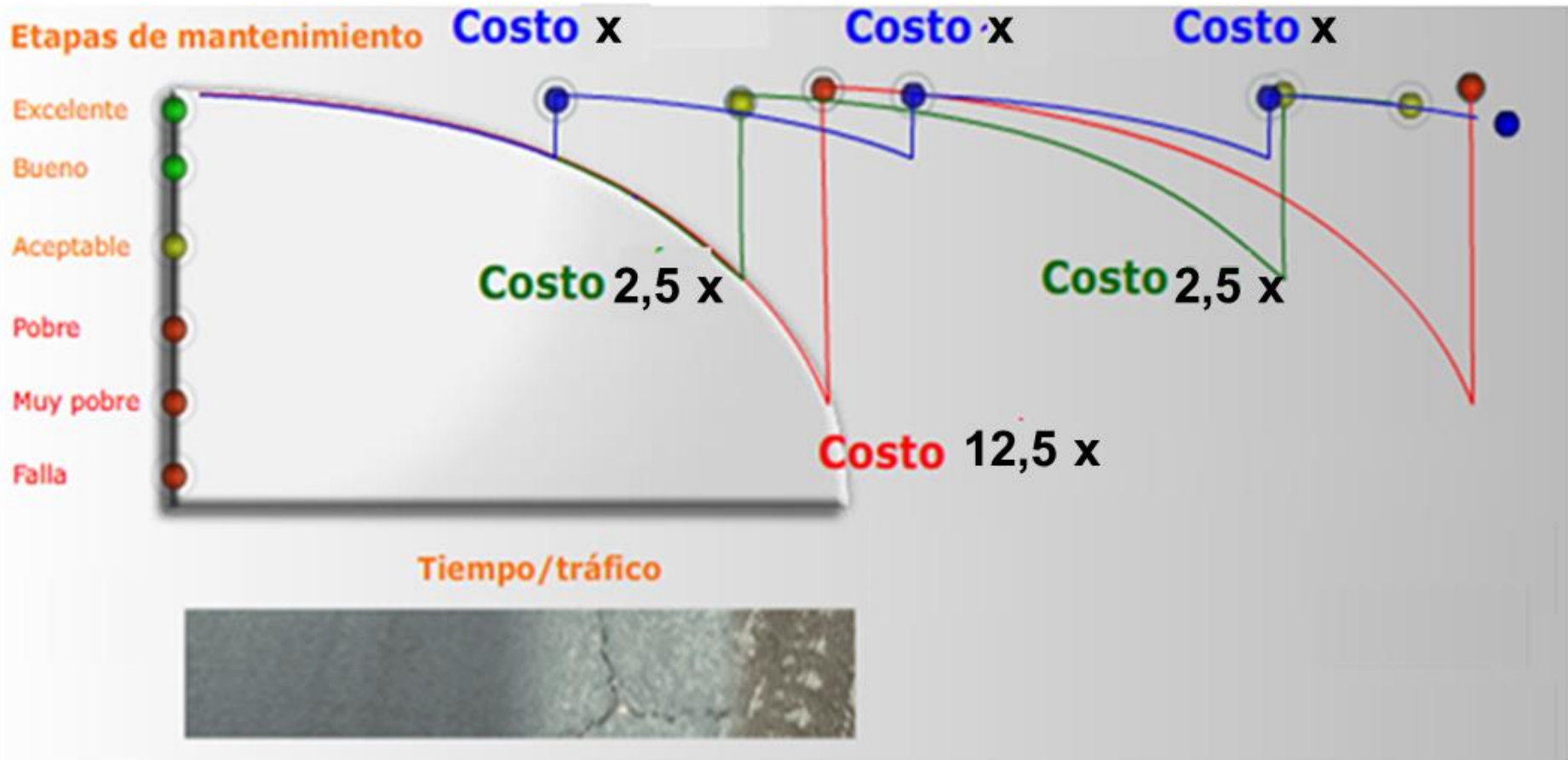
**MDC**

**Liga modificada**

**Capas  
Asfalto**

**Capas  
granulares**

# Ciclo de vida de un Pavimento



# Mantenimiento de Pavimentos

## INSPECCION VISUAL



## Bacheos



## Sello de grietas



## Recapados



# Historia de los Microaglomerados Asfálticos



Fuente: <http://www.gernatt.com/>

- SAND ASPHALT



Fuente: <http://www.ciiv.cl>

- FINE COLD ASPHALT

- MORTEROS TAPISABLES O COMPOSABLES

# Primeras aplicaciones en Chile



Codelco Teniente 1997



Con -Con 1999



Tramo experimental Ruta E-85, Los Andes, 2002.



# Composición MDC

- Áridos 100% chancados
  - + Estabilidad a la mezcla
  - Elevada macrorugosidad
- Ligante modificado con polímeros
  - Ligante + viscoso a altas t°.
  - Disminuir la rigidez a bajas t°.
  - Aumentar adhesividad ligante-árido en presencia de agua.
- \*Riego de liga modificado con polímeros
  - + Viscoso
  - Sella fisuras
  - Impermeabiliza el soporte

# Fabricación



# PUESTA EN OBRA

## Preparación de la superficie

- Fresado de empalmes
- Fresado para recapado



# PUESTA EN OBRA

## Liga

- Liga con polímeros (elastómeros)



# PUESTA EN OBRA

## Transporte



# Puesta en obra



<http://www.voegele.info/>



<http://diteca.com/equipo/>



<http://www.clasf.mx/>



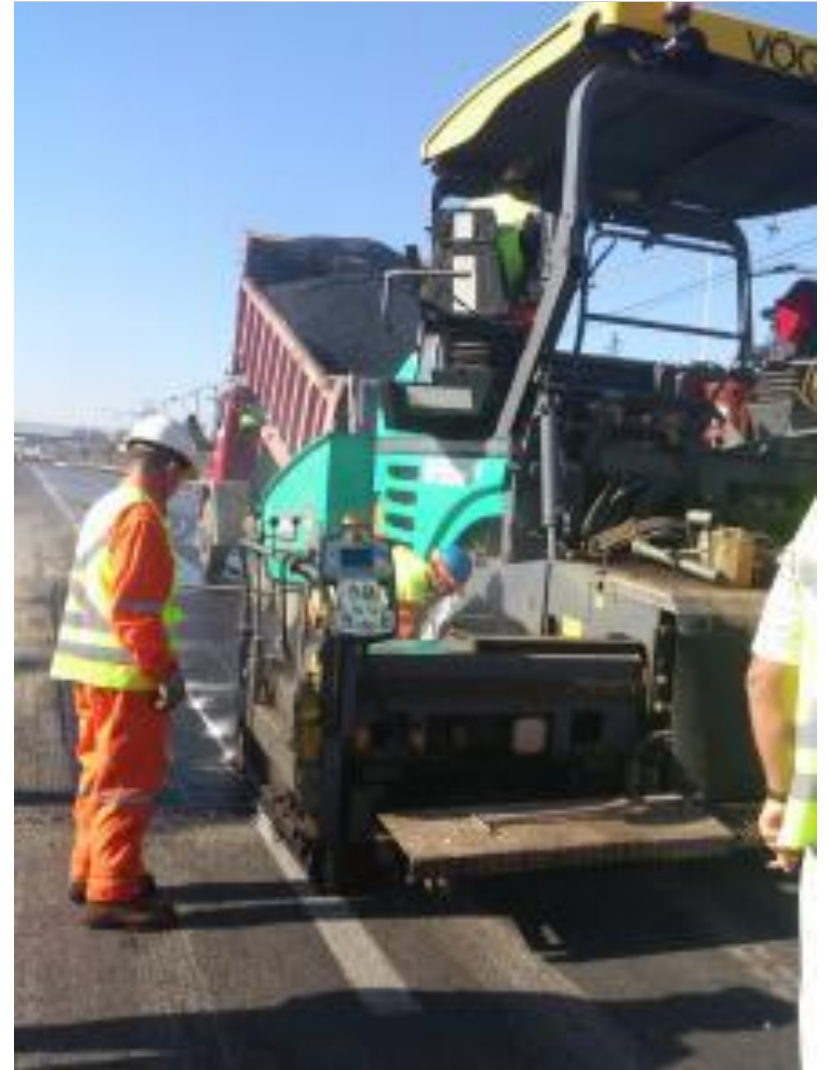
<http://www.ytolatin.es/3c-water-truck-3.html>



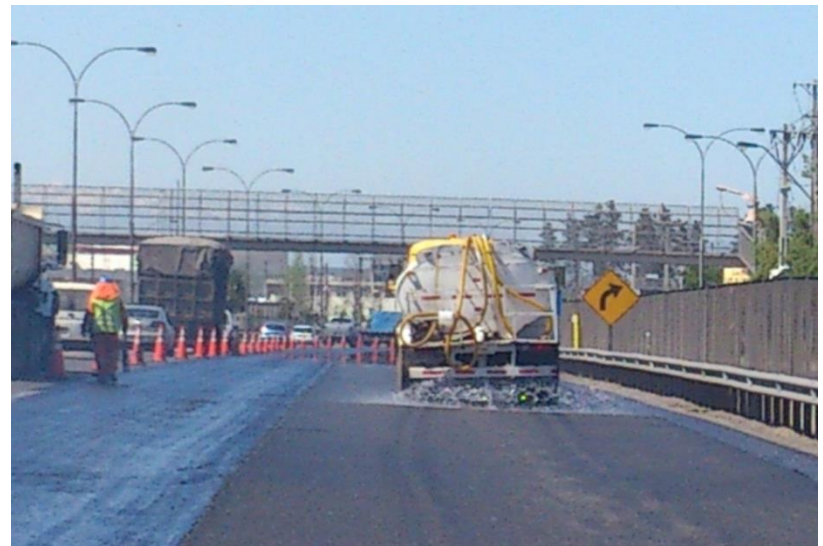
<http://www.doosanbobcat.cl/>



# Puesta en obra



# Puesta en obra





# Control de calidad



# Diseño MDC M-10

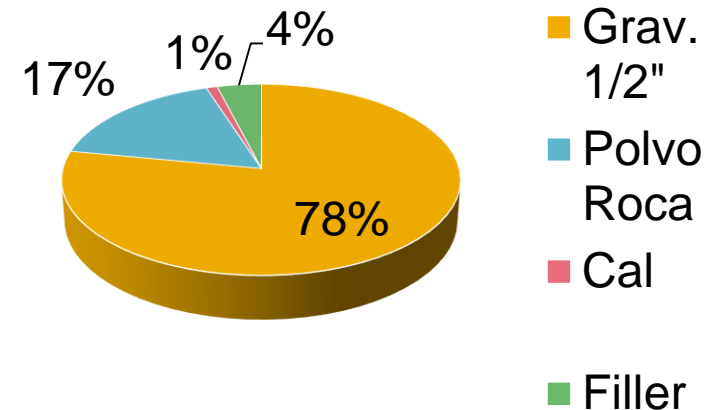
**Tabla n° 9. Tipos de Áridos mezcla MDC M-10**

Árido N°			1	2	3	4
Procedencia			Acopio Planta			
Material			Grav. ½"	Polvo Roca	Cal	Filler
Tipo			CHANC.	CHANC.	Hidráulica	Planta

**Tabla n° 14. Granulometría combinada MDC M-10**

Tamiz mm	(ASTM)	Mezcla	Banda de Trabajo		
20	¾"	100		100	
12,5	½"	100	95	-	100
10	3/8"	81	76	-	86
5	#4	24	20	-	28
2,5	#8	16	12	-	20
0,63	#30	10	8	-	12
0,316	#50	8	6	-	10
0,16	#100	7	5	-	9
0,08	#200	6,4	4,4	-	8,4

**Dosis de Áridos (%)**



# Diseño MDC M-10

**Tabla n° 15. Características árido combinado**

	Real Diseñado	Especificado
Partículas Chancadas (%)	100	100
Partículas Lajeadas (%)	0,5	Máx. 6
Desgaste de los Ángeles (%)	10,7	Máx. 20
Índice de Plasticidad	NP	NP
Sales Solubles (%)	No se detectan	Máx. 2
Desintegración en sulfato de sodio	1,1	Máx. 15
Equivalente de Arena (%)	60	Min. 50
Densidad real seca (kg/m <sup>3</sup> )	2,679	
Adherencia con CA 24		
Método dinámico (%)	+95	Mi. 95
Método estático (%)	+95	Min. 95
Riedel-Weber (escala 0-10)	2-7	0-5

# Diseño MDC M-10

**Tabla n° 16. Determinación contenido óptimo de CA**

				Min.	Max.
Contenido de Asfalto (ref. árido %)	5,0	5,23	5,6	5,0	
Pérdida por Cántabro en seco a 25°C, %.	7,5	5,9	4,4		Máx. 15
Pérdida por Cántabro húmedo a 25°C, %.	16,8	15,9	15,3		Máx. 25
Relación filler/betún.	1,29	1,22	1,15		1,6
DMM, kg/m <sup>3</sup>	2.223	2.256	2.310		
Huecos en la mezcla	13,0	12,9	15,2	12,0	
Escurrecimiento de ligante %	0,0	0,0	0,1		Máx. 0,3
Densidad kg/m <sup>3</sup> .	1.933	1.966	1.960		



**Ensaye Cántabro**

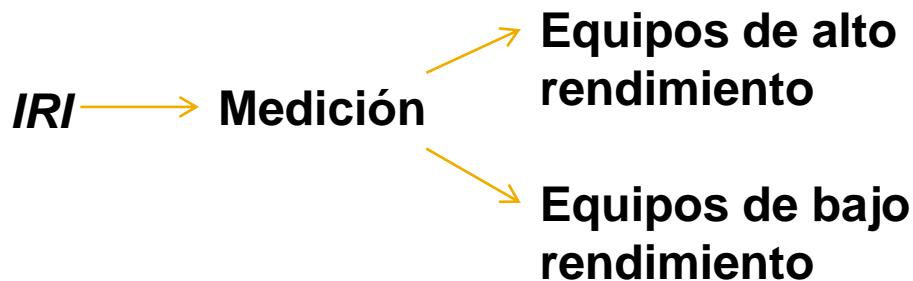
**Tabla n° 17. Diseño MDC M-10**

ÓPTIMO DE CA, %.	5,3 +- 0,3
DENSIDAD DE DISEÑO, KG/M <sup>3</sup>	1.966

# Propiedades Funcionales: Rugosidad



Perfilómetro Láser modelo Hawkeye 1000. (Fuente: Estudio de seguimiento de pavimentos, APSA)

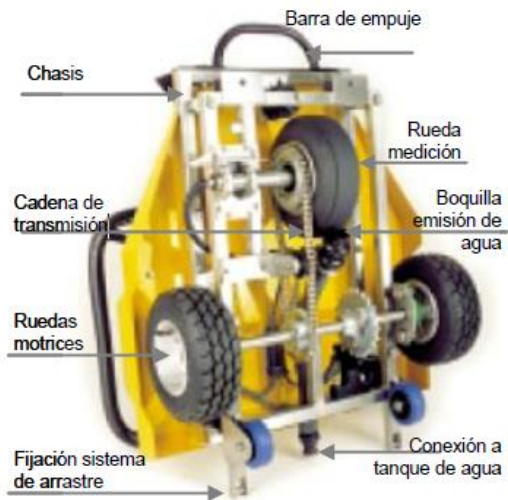


- **Por pista separada**
- **Variación del perfil longitudinal al mm.**
- **Distanciamiento mínimo de 250 mm.**

# Propiedades Funcionales: Fricción

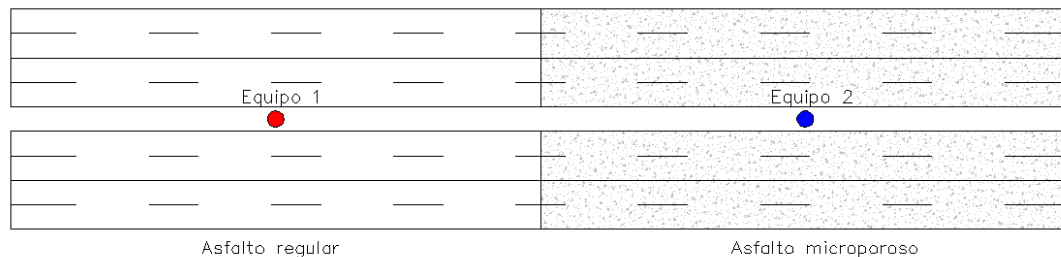


Equipo Grip Tester MK2. (Fuente: Estudio de seguimiento de pavimentos, APSA)



Detalle equipo Grip Tester. (Fuente: M.C. Vol. 8)

# Propiedades Funcionales: Ruido



Ubicación de equipos de medición. (Fuente: Análisis de Impacto acústico, Servicios de acústica ambiental)



Equipo de medición. (Fuente: Análisis de Impacto acústico, Servicios de acústica ambiental)



Fijación de equipos a poste de iluminación. (Fuente: Análisis de Impacto acústico, Servicios de acústica ambiental)



Fijación equipo de medición en poste de iluminación. (Fuente: Análisis de Impacto acústico, Servicios de acústica ambiental)

# Propiedades Funcionales

Tabla n° 18. Indicadores para pavimentos asfálticos	
Indicador	Valor requerido según DALI
Índice de Rugosidad Superficial	IRI Máximo: 3.5 m/km.
Ahuellamiento	15 mm, máximo.
Agrietamiento	Grietas que causen daños estructurales: se debe reemplazar el área afectada. Grietas tipo piel de cocodrilo y/o bloque: se aceptará como máximo un 10 % de grietas por kilómetro Agrietamiento Lineal: 10 % por kilómetro.
Baches Abiertos	Ninguno
Resistencia al Deslizamiento	Se exigirá un coeficiente de fricción entre 0.40 y 0.55.
Bermas	No se permitirán baches abiertos en las bermas ni descensos superiores a 1 cm.
Exudación	No se aceptará



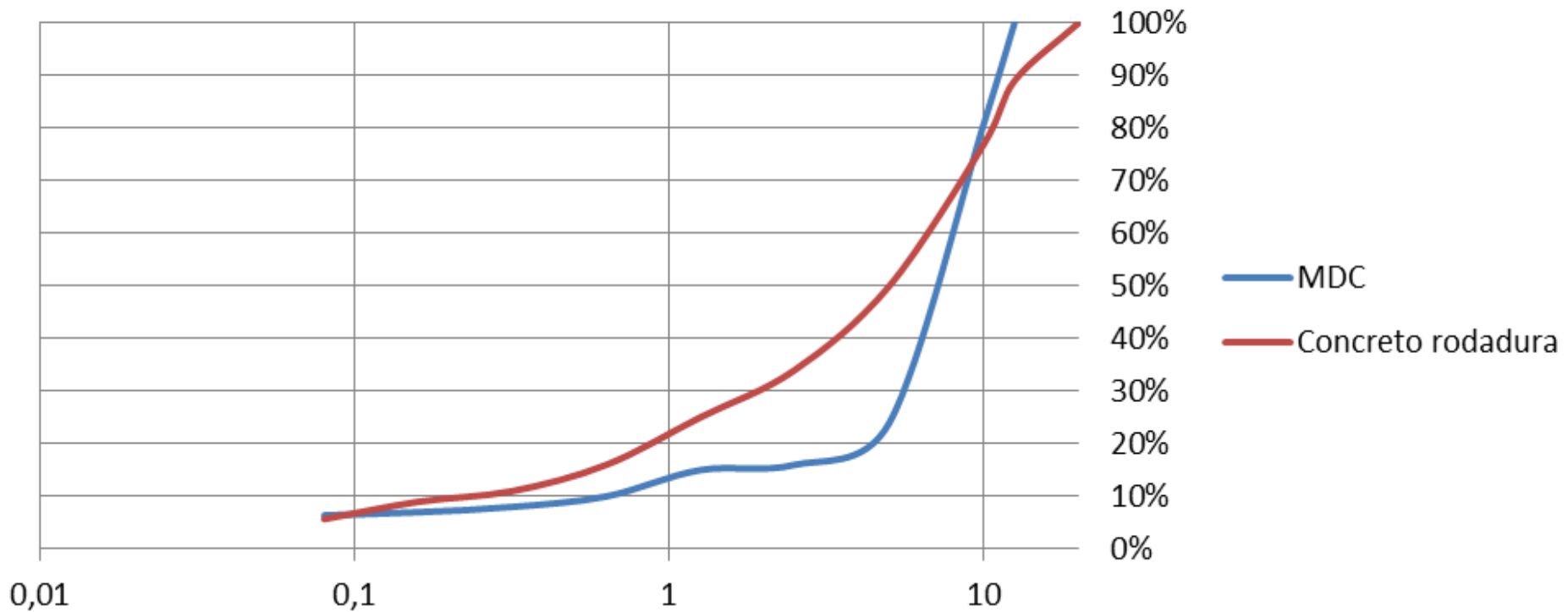
# Comparación Diseño MDC vs Concreto Rodadura

Tabla n° 19. Tipos de áridos Carpeta de Rodado IV-A-12					
Árido N°		1	2	3	4
Procedencia		Acopio Planta			
Material		3/4"	Grav. 1/2"	P. Roca	-
Tipo		Chanc.	Chanc.	Chanc.	

Tabla n° 20. Comparación de dosis de áridos		
	MDC M-10	Carpeta de Rodadura
Tipo 1 (3/4") %	-	19
Tipo 2 (Grav. 1/2") %	78	24
Tipo 3 (Polvo Roca) %	17	57
Tipo 4 ( Cal ) %	1	-
Tipo 5 (Filler) %	4	-

# Comparación Diseño MDC vs Concreto Rodadura

## Granulometrias



# Comparación Diseño MDC vs Concreto Rodadura

Tabla n° 23. Comparación de CA		
	MDC M-10	CARPETA DE RODADURA IV-A-12
Procedencia	ENEX	ENEX
Cemento Asfáltico (grado)	MD 60-80	CA 24
Densidad ( kg/m3)	1.035	1.01

Tabla n° 24. Comparación de Temperaturas		
	MDC M-10	C.R. IV-A-12
Temperatura óptima de mezclado °C	175 +- 10	156 +- 5
Temperatura Optima de Compactación °C	160 +- 5	147 +- 10

Tabla n° 26. Tramos con MDC M-10

	<b>Ruta</b>	<b>Calzadas</b>	<b>Tramo</b>	<b>Pistas</b>	<b>Pk. Inicio</b>	<b>Pk. Final</b>	<b>Ítem</b>	<b>Colocación</b>
1	R5N	Poniente	C2	2,4,6	8800	9400	MDC	24-04-2010
2	R5N	Poniente	C2	2,4,6	6000	5481	MDC	26-02-2012
3	R5N	Poniente	C2	2,4,6	5481	4717	MDC	25-02-2012
4	R5N	Poniente	C1	2,4,6	4160	2888	MDC	12-02-2012
5	R5S	Poniente	B2	1,3,5	1600	2352	MDC	04-03-2012
6	R5S	Poniente	B2	1,3,5	2352	2922	MDC	11-03-2012
7	R5S	Poniente	B2	1,3,5	2922	3973	MDC	18-03-2012
8	R5S	Poniente	B2	1,3,5	5285	6105	MDC	19-02-2012
9	R5S	Poniente	B1	1,3,5	8893	9900	MDC	12-02-2011
10	R5S	Poniente	B1	1,3,5	9900	10900	MDC	05-02-2011
11	R5S	Poniente	B1	1,3,5	10900	11879	MDC	19-02-2011
12	R5S	Poniente	B1	1,3,5	11873	12500	MDC	27-03-2011
13	R5S	Poniente	A	1,3,5	21300	22450	MDC	07-01-2012
14	R5S	Poniente	A	1,3,5	22450	23600	MDC	16-01-2012
15	R5S	Poniente	A	1,3,5	24800	26800	LECHADA ASFALTICA	14-01-2011
16	R5N	Oriente	C2	1,3,5	10505	9545	MDC	29-10-2011
17	R5N	Oriente	C2	1,3,5	9545	7800	MDC	31-10-2010
18	R5N	Oriente	C2	1,3,5	6000	5300	MDC	25-03-2012
19	R5N	Oriente	C2	1,3,5	5300	4717	MDC	24-03-2012
20	R5N	Oriente	C1	1,3,5	4122	2850	MDC	04-12-2011
21	R5S	Oriente	B2	2,4,6	1611	1700	MDC	12-12-2008
22	R5S	Oriente	B2	2,4,6	1700	2700	MDC	20-11-2010
23	R5S	Oriente	B2	2,4,6	2700	3968	MDC	29-01-2011
24	R5S	Oriente	B1	2,4,6	8595	9950	MDC	06-12-2009
25	R5S	Oriente	B1	2,4,6	9944	10900	MDC	08-01-2011
26	R5S	Oriente	B1	2,4,6	10900	11886	MDC	15-01-2011
27	R5S	Oriente	B1	2,4,6	11884	12500	MDC	20-03-2011
28	R5S	Oriente	A	2,4,6	17124	18100	MDC	27-11-2011
29	R5S	Oriente	A	2,4,6	18100	19100	MDC	20-11-2011
30	R5S	Oriente	A	2,4,6	19100	20100	MDC	13-11-2011
31	R5S	Oriente	A	2,4,6	21207	22250	MDC	04-02-2012
32	R5S	Oriente	A	2,4,6	22250	23250	MDC	28-01-2012
33	R5S	Oriente	A	2,4,6	23250	24250	MDC	21-01-2012
34	R5S	Oriente	A	2,4,6	25800	26300	MDC	07-01-2012

# Identificación de sectores

## % de Superficie colocada

### Oriente

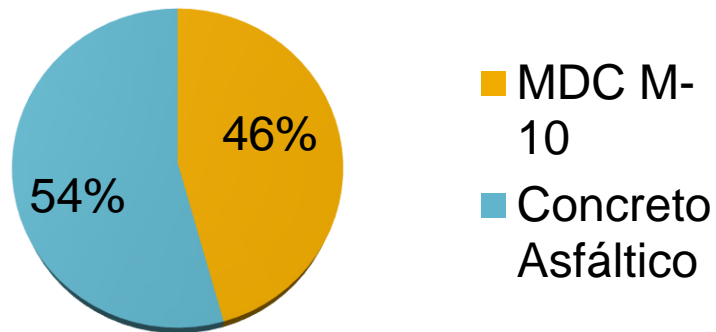


Grafico n° 1. % de colocación Oriente  
(Fuente: Elaboración propia)

### Poniente

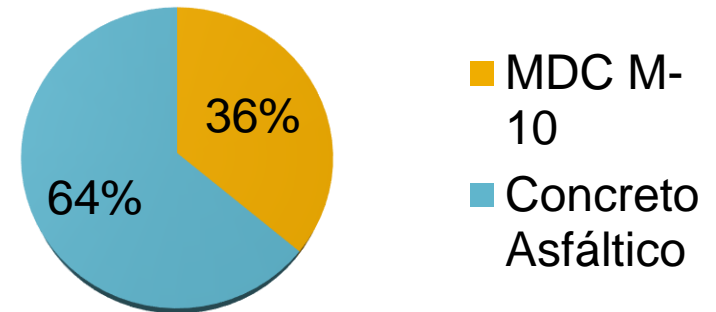
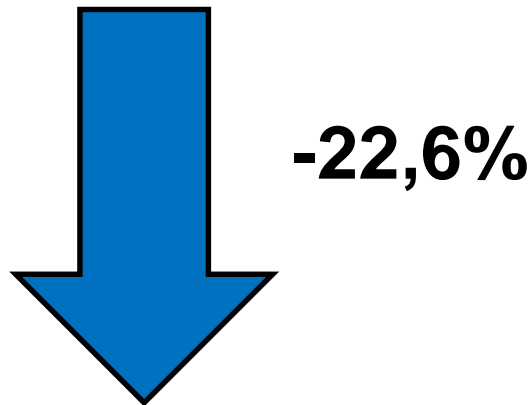


Grafico n° 2. % de colocación Poniente.  
(Fuente: Elaboración propia).

# Comparación pre y post colocación MDC

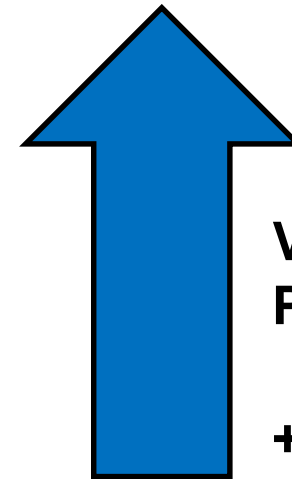
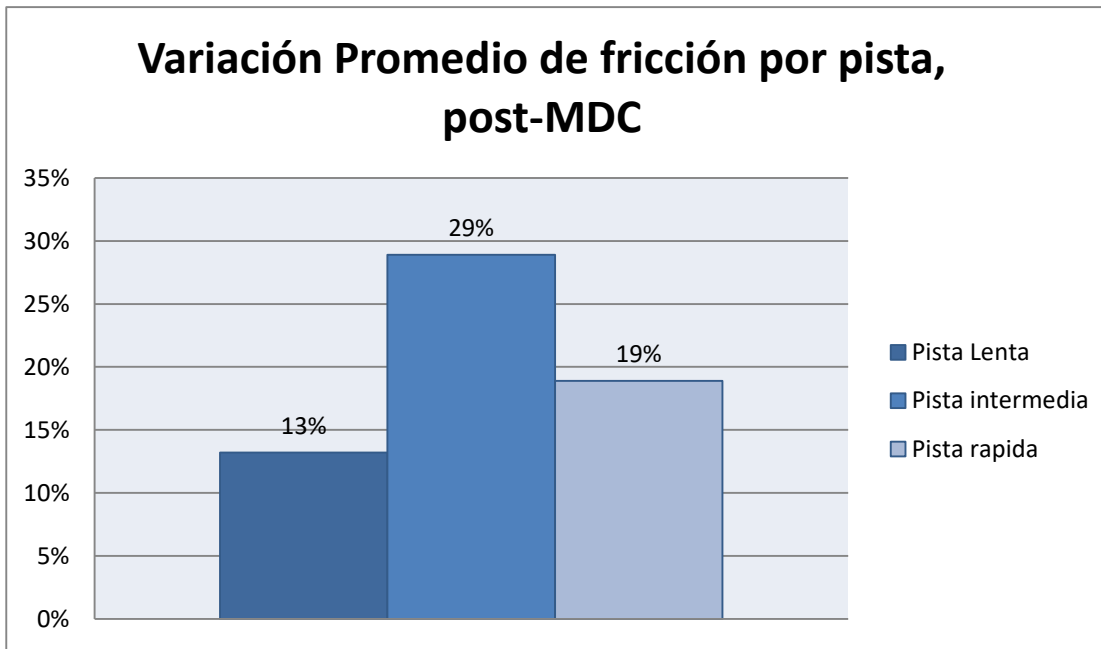
- **IRI**

- Como resultados de la variación de los valores de IRI al año siguiente de haber realizado la colocación de MDC, es que se concluye que la variación post colocación de MDC es de un -22,6% en promedio.



# Comparación pre y post colocación MDC

- Fricción

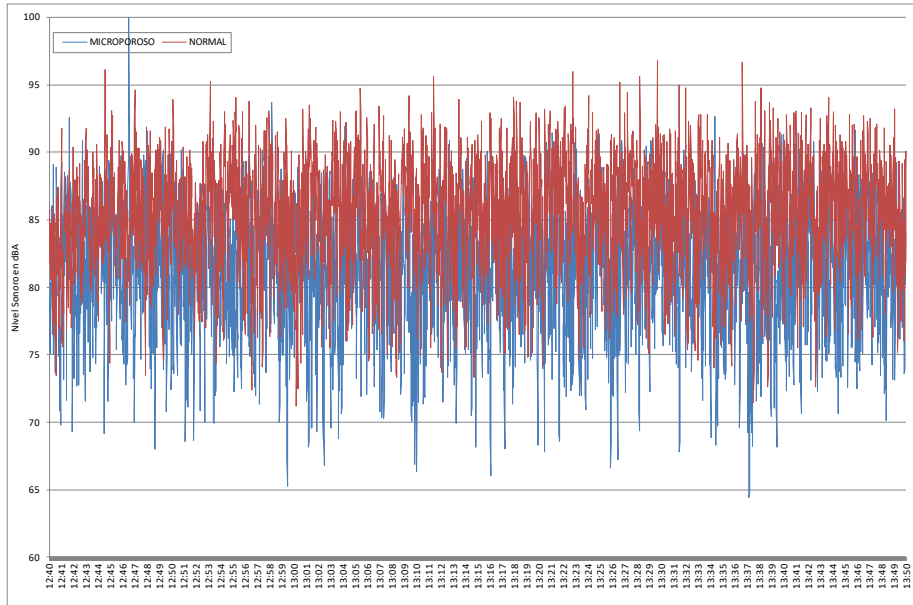


**Variación Promedio:**

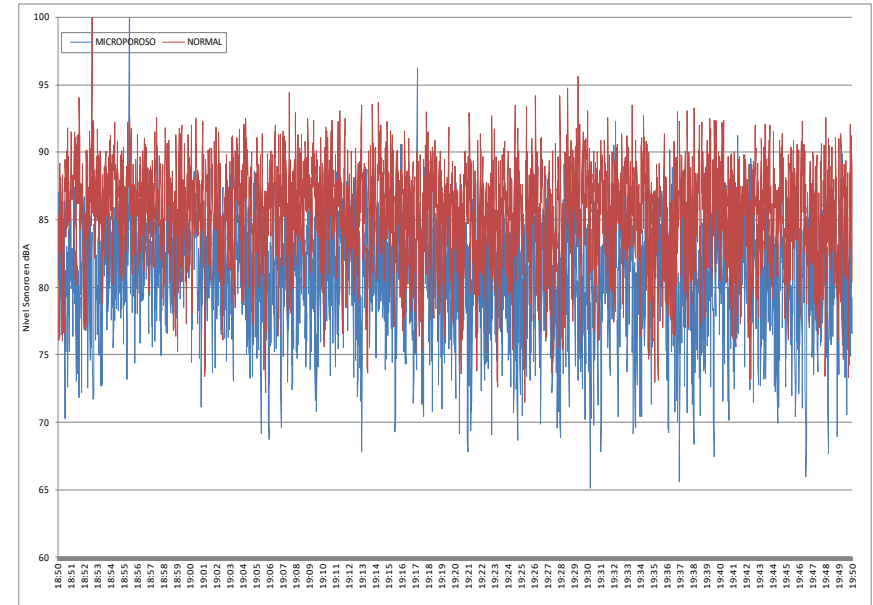
**+20,3%**

# Comparación pre y post colocación MDC

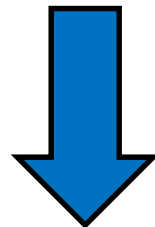
- Ruido Exterior vehículo



Registro continuo de ruido entre las 12:40 y 14:50 h



Registro continuo de ruido entre las 18:50 y 20:50 horas.



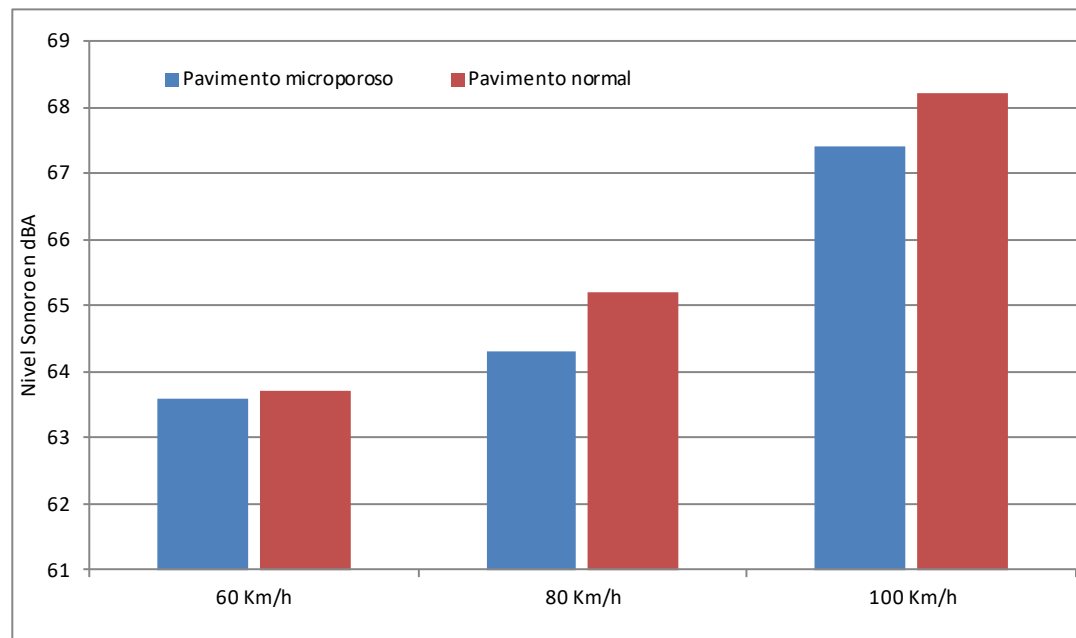
**Variación promedio: -3db.**



# Comparación pre y post colocación MDC

- Ruido interior vehículo

Tabla n° 29. Nivel de ruido al interior del vehículo, a diferentes velocidades y por tipo de carpeta.			
Condición	Velocidad de circulación (Km/h). Niveles en db.		
	60	80	100
Pavimento MDC	63.6	64.3	67.4
Pavimento normal	63.7	65.2	68.2



# Comparación MDC vs Lechada Asfáltica

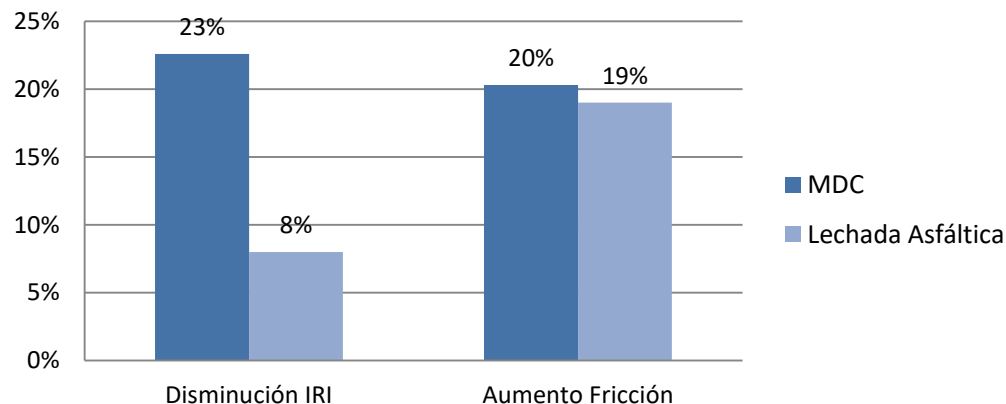
Tabla n° 30. Comparación IRI y MDC, en Lechada Asfáltica y MDC.

	IRI	FRICCION
LECHADA ASFÁLTICA	-8%	19%
MDC	-22,6%	20,3%



Lechada Asfáltica

## Comparación MDC vs Lechada Asfáltica



MDC M-10

# Análisis Comparativo MDC vs C.R.

## Macrotextura




**Concreto rodadura: Lisa**



**MDC M-10: Rugosa**

# Análisis Comparativo MDC vs C.R.

	<b>Concreto de rodadura</b>	<b>MDC</b>
<p>Ruido</p> 	-	<p>Disminución de 3db de ruido exterior.</p> <p>Disminución de 1 db. de ruido al interior del vehículo, circulando a 100 km/h.</p>
IRI (m/km)	1,60-2,0	1,0-1,5
Fricción (SCRIM)	0,40-0,60	0,58-0,70

# Análisis Comparativo MDC vs C.R.



# Análisis Comparativo MDC vs C.R. Compactación

## CONCRETO DE RODADURA



## MDC



- Sin vibración, solo en juntas.

# Análisis Comparativo MDC vs C.R. Espesores

**MDC**



**2 -3 cm.**

**Concreto rodadura**

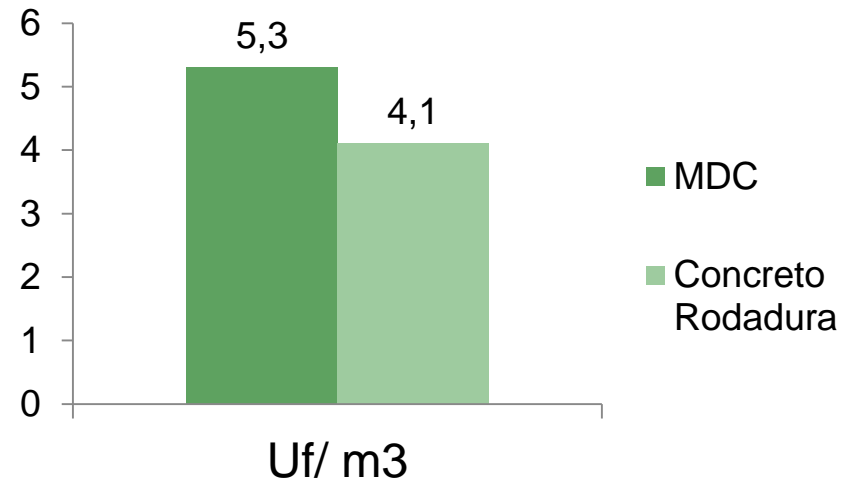


**5-6 cm.**

# Comparación económica

**Tabla n° 32. Costos en Uf, por m<sup>3</sup> de mezcla.**

	MDC	Concreto de rodadura
Uf/ m <sup>3</sup>	5,30	4,10



**Tabla n° 33. Costos en Uf por m<sup>2</sup> de superficie colocada.**

	MDC	Concreto de rodadura
Uf por m <sup>2</sup>	0.106	0.246
Superficie por m <sup>3</sup>	50 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> de mezcla	16.7 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> de mezcla



# Conclusiones

- Un plan de mantenimiento de pavimentos bien planeado y ejecutado, puede alargar el doble de la vida útil del pavimento.
- El MDC dota de propiedades funcionales como rugosidad, fricción y ruido mejoradas en comparación con el concreto de rodado tradicional, y una lechada asfáltica.
- Por su macro textura, se reducen las pantallas de agua, y el espray de agua en tiempos lluviosos.

# Conclusiones

- Por su espesor, el tiempo de intervención en la vía es menor, generando menos molestia a los usuarios. Así mismo, reduce los posibles problemas con la geometría del camino en puentes o pasos inferiores (gálibos).
- Rendimiento de recapado de 1km por día, a 3 pistas.
- Estos factores antes mencionados se traducen en mayor confort y seguridad para el usuario.

# Conclusiones

- Su alto valor económico en comparación con una carpeta de rodado tradicional, hace que su uso se justifique solo en vías que necesiten altos estándares de seguridad, un mayor confort para el usuario, y un alto tráfico vehicular.
- Tecnología con excelente comportamiento en los tramos colocados en Autopista Central, por lo que su uso se está masificando dentro del área de las concesiones viales.

**GRACIAS**

---