

1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS	3
1.1 MÉTODOS DE DISEÑO	3
1.2 METODOLOGÍA MECANICISTA	3
1.3 METODOLOGÍA AASHTO	4
1.3.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS EN H.C.V.	4
1.3.1.1 Parámetros de Diseño	4
1.3.1.2 Fórmula AASHTO 93 Pavimentos de Hormigón Cemento Hidráulico	6
1.3.2 DISEÑO PAVIMENTO ASFÁLTICO	7
1.3.2.1 Parámetros de Diseño	7
1.3.2.2 Fórmula AASHTO 93 Pavimento de Concreto Asfáltico	10
1.3.2.3 Verificación por Capas	11
1.3.2.4 Verificación de Potencial de Rigidez de las Capas no Ligadas	11
1.4 CARTILLAS DE DISEÑO	11
1.4.1 CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	11
1.4.2 CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN	13
1.5 DISEÑO DE ACCESOS	14
1.5.1 ACCESO TIPO PARA PROPIEDADES PRIVADAS	14
1.5.2 ACCESO TIPO ESTACIONES DE SERVICIO	16
1.5.3 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO Y UBICACIÓN DE VEREDAS	17
1.5.4 PAVIMENTOS ARTICULADOS	18
1.5.4.1 Adoquines prefabricados de hormigón	18
1.5.4.2 Baldosas Microvibradas	18
1.6 DISEÑO ESTRUCTURAL ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS	20
1.7 AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS	21
1.7.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA	21
1.7.1.1 Pavimentos Flexibles	22
1.7.1.2 Pavimento Rígido	23
1.7.1.3 Capas Granulares	24
1.7.2 PROSPECCIÓN CON GEO-RADAR (GPR)	25
1.7.3 COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (CRD)	26
1.7.3.1 PÉNDULO BRITÁNICO COMO INSTRUMENTO DE MEDICION DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN	26
1.7.3.2 EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO MEDIANTE EQUIPO GRIP TESTER	27
1.7.4 MEDICIÓN DE REGULARIDAD DEL PAVIMENTO	29

1.7.4.1	Medición del IRI con MERLIN	29
1.7.4.2	Lisura (HIGH-LOW)	31
1.7.4.3	Rugosidad de los pavimentos mediante perfilometro laser	32
1.7.5	INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS	32
1.7.5.1	Agrietamiento en pavimentos asfálticos	32
1.7.5.2	Agrietamiento en pavimentos de hormigón	35

1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

En materia de diseño estructural de pavimentos urbanos, en la actualidad la tendencia mundial es de usar metodologías mecanicistas, las cuales han demostrado predecir en forma más acertada el comportamiento de ese tipo de pavimentos.

Cabe precisar que existen metodologías validadas que utilizan criterios empíricos / teóricos como el basado en la prueba AASHTO americana, que tienen aplicabilidad limitada en pavimentos urbanos restringidos a tráficos por sobre 1×10^6 Ejes Equivalentes (EE) que incluso en la actualidad han sido transformados utilizando métodos mecanicistas (AASHTO 1998 y 2002).

En la generalidad de los casos, las vías no estructurantes según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, tienen un tránsito inferior a 1×10^6 EE, por tanto, su diseño estructural se basa en la metodología mecanicista. Por el contrario, las vías contempladas en el Plan (Metropolitanas, Troncales y Colectoras) se pueden diseñar con la metodología ASSHTO, pudiendo verificarse con la metodología mecanicista.

1.1 MÉTODOS DE DISEÑO

1.2 METODOLOGÍA MECANICISTA

Se basan en la determinación racional del estado de tensiones en cualquier punto bajo el pavimento y la aplicación de un modelo de fatiga que permite estimar consumo de fatigas para cada estado tensional

Datos requeridos para los modelos:

- Propiedad de los materiales:
 - E : (Módulo Elástico de las capas aglomeradas)
 - MR : (Módulo Resiliente de las capas no aglomeradas y del suelo de subrasante)
 - ν : (Coeficiente de Poisson)
- Espesor capas: H
- Cargas: Magnitud, geometría, N° de repeticiones, presión de inflado de los neumáticos.
- Coordenadas: X, Y, Z
- Clima

La experiencia muestra que los estados tensionales críticos se producen en la interfase de Carpeta/Capas Granulares (Base-Sub base) y de Capas Granulares (Base-Sub base)/Subrasante.

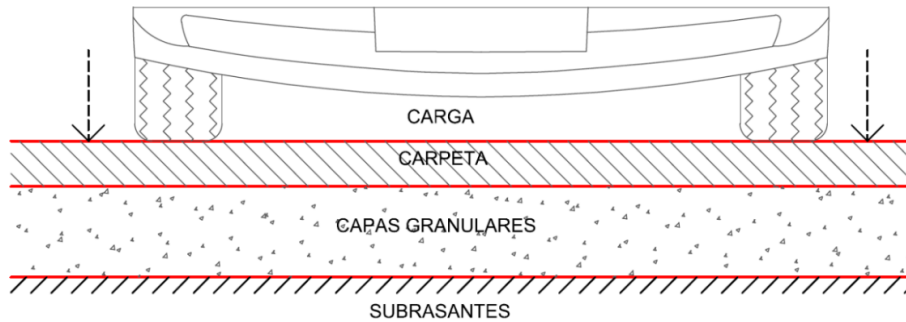


Figura 1.2.1

Tensiones bajo la estructura de pavimento

El SERVIU Metropolitano ha desarrollado cartillas de diseño para tráficos de menos de 1×10^6 EE, las que han sido generadas en consideración a las características más relevantes de los pavimentos urbanos de la Región Metropolitana y que tienen aplicación en la medida que las obras de pavimentación respectivas sean construidas en estricto apego a las Especificaciones Técnicas del SERVIU Metropolitano.

Además, en base a la metodología AASHTO del acápite 1.2 de este documento, se han desarrollado cartillas para vías Colectoras, Troncales y Metropolitanas. Para estas vías puede utilizarse indistintamente la metodología del acápite 1.2 ya señalado, o bien, las cartillas que a continuación se presentan en el acápite 1.4. Alternativamente SERVIU podrá aceptar otra metodología para el cálculo los pavimentos, la cual debe fundamentarse proyecto a proyecto o validarse previo a su empleo ante el área responsable de la aprobación del diseño

1.3 METODOLOGÍA AASHTO

1.3.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS EN H.C.V.

1.3.1.1 Parámetros de Diseño

- **Tránsito Ejes Equivalentes (EE)**

Se determinará a partir de la clasificación de vías según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (P.R.M.S.), el Artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y encuestas de tránsito según Estudio de Estratigrafía de Tránsito del SERVIU Metropolitano.

En el caso de que no se cuente con estratigrafía de tránsito, ni conteos de flujo vehicular, que permitan estimar el número de ejes equivalentes del proyecto, se debe alternativamente considerar los EE mínimos de diseño por pista que se indicado en la siguiente tabla:

Tabla 1.3.1

Ejes Equivalentes Mínimos de Diseño por Pista

Tipo de Vía	Tránsito EE
Vías Metropolitanas	20×10^6
Vías Troncales	10×10^6
Vías Colectoras	3×10^6

En el caso de contar con conteos vehiculares y estratigrafías, ha de considerarse para el cálculo de los EE de diseño los siguientes parámetros, teniendo presente que los mínimos EE de diseño son los indicados precedentemente:

- **Confiabilidad del Diseño (R)**

En términos generales:

Tabla 1.3.2

Índices de Confiabilidad según tipo de vía

Tipo de Vía	Confiabilidad R (%)
Metropolitanas	80
Troncales	75
Colectoras	60
Servicio o Locales	50

- **Desviación Estándar Combinada (So)**

En términos generales en Pavimentos H.C.V., $S_o = 0.45$

- **Coficiente Estadístico Asociado a la Confiabilidad (Zr)**

En términos generales:

Tabla 1.3.3

Índice de Confiabilidad Asociado al Coficiente Estadístico

Confiabilidad R (%)	Coficiente Estadístico Zr
80	- 0.841
75	- 0.674
60	- 0.253
50	- 0.000

a) Módulo de Reacción de la Subrasante (K)

Se puede determinar de dos formas:

1. De correlaciones con el CBR

Tabla 1.3.4

Correlación CBR – Modulo de Reacción de la Subrasante (K)

CBR (%)	K (kg/cm ³)
≤10	$0.25 + 5.15 \log \text{CBR}$
> 10	$4.51 + 0.89 (\log \text{CBR})^{4.34}$

2. Mediante deflectometría, con la salvedad que si se trata de suelos finos el valor obtenido se divide por 2.

b) Coeficiente de Drenaje de la Base (Cd)

Tabla 1.3.5
Coeficiente de Drenaje

Cd	Caso
1.0	En zonas urbanas
0.9	En casos especiales, como suelos muy finos con presencia de napa en la zona de influencia de transmisión de carga (0 a 1 m)

c) Resistencia Media de Diseño (Rmf)

Se debe considerar el valor de la resistencia media a flexotracción a los 28 días.

En términos generales entre 50 y 52 kg/cm².

En zonas urbanas normalmente se coloca hormigón de Planta, es decir, con buen control de calidad de las materias primas y los procesos, en consecuencia, es normal obtener coeficientes de variación entorno al 10%.

e) Coeficiente de Transferencia de Carga (J)

Este valor puede variar dependiendo de la época del año y la hora del día, además de si existen o no barras de transferencia (que en Chile no se usan), en consecuencia, el valor varía normalmente entre 3.6 y 3.8.

f) Módulo de Elasticidad del Hormigón (E)

En términos generales E varía entre 290.000 y 300.000 kg/cm²

1.3.1.2 Fórmula AASHTO 93 Pavimentos de Hormigón Cemento Hidráulico

$$EE = \left[\frac{H + 25.4}{25.882} \right]^{7.35} \cdot 10^\alpha \cdot B^{(4.22 - 0.32 \cdot pf)}$$

$$\alpha = \frac{\log \left[\frac{pi - pf}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \left[\frac{180.779}{H + 25.4} \right]^{8.46}} + Z_R \cdot S_o$$

$$B = \frac{R_m \cdot C_d}{1.487 \cdot J} \cdot \left[\frac{H^{0.75} - 12.808}{H^{0.75} - 83.200 \cdot \left(\frac{K}{E}\right)^{0.25}} \right]$$

Ecuación 1.3.1

Fórmula AASHTO 93 para Pavimentos Rígidos

- EE = Ejes equivalentes de 80 KN (8.16 ton) de rueda doble
- H = Espesor losa de pavimento en mm
- pf = Índice de serviciabilidad final del pavimento
- pi = Índice de serviciabilidad inicial del pavimento
- ZR = Coeficiente estadístico asociado a la confiabilidad
- So = Desviación estándar combinada en la estimación de los parámetros
- K = Módulo de reacción de la Subrasante en MPa/m
- Cd = Coeficiente de drenaje de la base
- Rmf= Resistencia media del hormigón a flexotracción a 28 días
- E = Módulo de elasticidad del hormigón en MPa
- J = Coeficiente de Transferencia de carga

1.3.2 DISEÑO PAVIMENTO ASFÁLTICO

1.3.2.1 Parámetros de Diseño

- **Tránsito Ejes Equivalentes (EE)**

Se determinará a partir de la clasificación de vías según la Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (P.R.M.S.), el Artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y encuestas de tránsito según Estudio de Estratigrafía de Tránsito del SERVIU Metropolitano.

En el caso de que no se cuente con estratigrafía de tránsito, ni conteos de flujo vehicular, que permitan estimar el número de ejes equivalentes del proyecto, se debe alternativamente considerar los EE mínimos de diseño por pista que se indica a continuación:

Tabla 1.3.6

Ejes Equivalentes mínimos de diseño por pista

Tipo de Vía	Tránsito EE
Vías Metropolitanas	20 × 10 ⁶
Vías Troncales	11 × 10 ⁶
Vías Colectoras	4 × 10 ⁶

En el caso de contar con conteos vehiculares y estratigrafías, ha de considerarse para el cálculo de los EE de diseño los siguientes parámetros, teniendo presente que los mínimos EE de diseño son los indicados precedentemente:

- **Confiabilidad de Diseño (R)**

En términos generales:

Tabla 1.3.7

Índices de Confiabilidad según tipo de vía

Tipo de Vía	Confiabilidad R (%)
Metropolitanas	80
Troncales	75
Colectoras	60
Servicio o Locales	50

- **Desviación Estándar Combinada (So)**

En términos generales en Pavimentos Asfálticos, $S_o = 0.45$

- **Coficiente Estadístico de Confiabilidad (Zr)**

En términos generales:

Tabla 1.3.8

Índice de Confiabilidad Asociado al Coficiente Estadístico

Confiabilidad R (%)	Coficiente Estadístico Zr
80	- 0.841
75	- 0.674
60	- 0.253
50	- 0.000

- **Módulo Resiliente (MR)**

Tabla 1.3.9

Módulo Resiliente

Capa	CBR de aplicación (%)		MR (kg/cm ²)
	≥	≤	
Base Granular	60	80	$-0.147 (CBR)^2 + 29.9 (CBR) + 592$
Subbase Granular	20	40	$-0.152 (CBR)^2 + 22.44 (CBR) + 512$
Subrasante	2	30	$115.247 (CBR)^{0.595}$

- **Coeficientes Estructurales (a_i)**

Estos coeficientes dependientes del tipo de capa estructural y de sus características:

Tabla 1.3.10

Capa Estructural de Carpeta Asfáltica

Estabilidad Marshall N	Coeficiente a _i
14.000 – 12.000	0.44
12.000 – 10.000	0.43 – 0.42
10.000 - 9.000	0.41 – 0.40

Nota: Es obligatorio en espesores de carpeta de más de 4 cm, usar árido de tamaño máximo ¾”

Tabla 1.3.11

Capa Estructural de Binder

Estabilidad Marshall N	Coeficiente a _i
8.000 – 12.000	0.39

Tabla 1.3.12

Capa Estructural de Base Estabilizada

CBR (%)	Coeficiente a _i
80 a 100	0.13

Tabla 1.3.13

Capa Estructural de Base Estabilizada

CBR (%)	Coeficiente a _i
30 a 40	0.11

- **Coefficiente de Drenaje (mi)**

Tabla 1.3.14
Coeficiente de Drenaje

m_i	Caso
1.0	En zonas urbanas
0.9	En casos especiales, suelos muy finos y presencia de napa en la zona de influencia de transmisión de cargas (0 a 1m).

- **Números Estructurales (NE_i)**

NE₃ : Número estructural calculado a partir del módulo resiliente de la Subrasante.

NE₂ : Número estructural calculado a partir del módulo resiliente de la Subbase.

NE₁ : Número estructural calculado a partir del módulo resiliente de la Base.

1.3.2.2 Fórmula AASHTO 93 Pavimento de Concreto Asfáltico

$$EE = (NE_i + 25.4)^{9.36} \cdot 10^{-(16.4 - ZR \cdot S_o)} \cdot MR_i^{2.32} \cdot \left(\frac{pi - pf}{4.2 - 1.5} \right)^{1/B}$$

$$B = 0.40 + \left[\frac{97.811}{NE_i + 25.4} \right]^{5.19}$$

Ecuación 1.3.2

Fórmula AASHTO 93 para Pavimentos Flexibles

EE = Ejes equivalentes de 80 KN (8.16^{ton}) de rueda doble

NE = Números estructurales en mm

pf = Índice de serviciabilidad final del pavimento

pi = Índice de serviciabilidad inicial del pavimento

ZR = Coeficiente estadístico asociado a la confiabilidad

So = Desviación estándar combinada en la estimación de los parámetros

MR_i = Módulo resiliente de la capa i en MPa

1.3.2.3 Verificación por Capas

$$e_{asf} \geq NE_1 / a_{asf}$$

$$e_{base} \geq (NE_2 - e_{asf} \cdot a_{asf}) / 0.13$$

$$e_{subbase} \geq (NE_3 - e_{base} \cdot 0.13 - e_{asf} \cdot a_{asf}) / 0.11$$

1.3.2.4 Verificación de Potencial de Rigidez de las Capas no Ligadas

Verificación por el Método Shell:

a) Espesor de la Subbase:

- Se debe verificar:

$$k_1 \cdot MR_{subrasante} \geq MR_{subbase}$$

Dónde:

$$k_1 = 0.2 \cdot (e_{subbase})^{0.45}$$

Para $e_{subbase}$ expresada en mm.

- Si no cumple \Rightarrow aumentar $e_{Subbase}$

b) Espesor de la Base

- Se debe verificar:

$$k_1 \cdot MR_{subrasante} \geq MR_{subbase}$$

Dónde:

$$k_1 = 0.2 \cdot (e_{subbase})^{0.45}$$

Para $e_{subbase}$ expresada en mm.

- Si no cumple \Rightarrow aumentar e_{Base}

1.4 CARTILLAS DE DISEÑO

Estas cartillas son válidas para aperturas de nuevas vías producto de loteos, mitigaciones, accesos vehiculares, proyectos públicos. Las roturas menores de pavimentos por cambio o instalación de servicios se deberá ceñir por la cartilla establecida en apartado 1.6. Se podrá determinar estructura vía otro software o metodología, proyecto a proyecto siempre que esté validado por SERVIU.

1.4.1 CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

La cartilla a continuación corresponde al diseño tradicional empleado por SERVIU, las Cartillas alternativas encuentran en Tabla 1.8.1 y Tabla 1.8.3 y se podrán emplear previa autorización de SERVIU

Tabla 1.4.1

Cartilla de Diseño Pavimentos Asfálticos

TIPO DE VÍA	CAPA	CARACTERÍSTICA	CBR SUBRASANTE [%]				
			≤ 3	4-7	8-12	13-19	≥ 20
PASAJE T≤50.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
LOCAL T≤200.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
SERVICIO T≤1.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	50	50	50	50	50
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	50	50	50	50	50
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
COLECTORA T≤3.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	70	70	70	60	60
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	70	70	70	70	70
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	300	250	300	200	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	350	-	-	-
TRONCAL T≤10.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000	80	80	80	80	80
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000	80	80	80	80	80
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	300	250	350	200	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	350	-	-	-
EXPRESA T≤20.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	90	90	90	90	90
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	90	90	90	90	90
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	300	250	350	200	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	350	-	-	-

Notas:

1. El mejoramiento de suelos por composición expansiva y/o contaminada que no comprometa la capacidad de soporte del suelo en función al diseño, debe considerar el uso de geotextil no tejido de polipropileno con un gramaje mínimo de 200gr/m², en su defecto un mejoramiento a la subrasante de espesor mínimo 20cm con su respectivo control de densidad.

2. En caso de existir napa freática, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos correspondientes con su respectiva memoria de cálculo, independiente que al momento de realizar el diseño no exista presencia de napa.
3. La gradualidad de capacidad de soporte en los rellenos estructurales debe ser respetada para efectos de diseño, sin embargo podrá ser modificada al rango más alto en etapa de construcción previa autorización de la inspección fiscal.
4. Los espesores propuestos están expresados en milímetros y corresponden a los mínimos exigibles.
5. Las Bandas granulométricas deben considerar la estabilidad exigida en cartillas, además deben emplearse en los espesores que se indican, contrastando con los espesores que fijan los diseños estructurales de pavimento. En caso de emplearse para un espesor menor, previamente debe verificarse que:

$$ecapa \geq 2,5 * T_{maxNominal}$$

1.4.2 CARTILLA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Tabla 1.4.2
Cartilla de Diseño Pavimentos de Hormigón

TIPO DE VÍA	CAPA	CARACTERISTICAS	CBR SUBRASANTE (%)				
			≤ 3	4-7	8-12	13 - 19	≥ 20
PASAJE T≤50.000EE	LOSA	GRE=G30	140	130	120	120	120
	BASE	CBR ≥ 60	300	150	150	150	150
LOCAL T≤200.000EE	LOSA	GRE=G30	160	140	130	130	130
	BASE	CBR ≥ 60	300	150	150	150	150
SERVICIO T≤1.000.000EE	LOSA	GRE=G30	170	160	150	150	150
	BASE	CBR ≥ 60	300	150	150	150	150
COLECTORA T≤3.000.000EE	LOSA	GRE=G35	190	180	180	180	170
	BASE	CBR ≥ 60	300	200	200	200	150
TRONCAL T≤10.000.000EE	LOSA	GRE=G35	230	220	220	220	210
	BASE	CBR ≥ 60	300	200	200	200	150
EXPRESA T≤20.000.000EE	LOSA	GRE=G35	260	260	250	250	240
	BASE	CBR ≥ 60	300	200	200	200	150

Notas:

1. El mejoramiento de suelos por composición expansiva y/o contaminada que no comprometa la capacidad de soporte del suelo en función al diseño, debe considerar el uso de geotextil no tejido de polipropileno con un gramaje mínimo de 200gr/m², en su defecto un mejoramiento a la subrasante de espesor mínimo 20cm con su respectivo control de densidad.
2. En caso de existir napa freática, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos correspondientes con su respectiva memoria de cálculo, independiente que al momento de realizar el diseño no exista presencia de napa.

3. GRE: Grado de Resistencia Especificada, según Nch170:2016.
4. La dosis mínima de cemento a utilizar en función al grado especificado y la exposición es de 360 kg/m³.
5. Los espesores propuestos están expresados en milímetros.

1.5 DISEÑO DE ACCESOS

1.5.1 ACCESO TIPO PARA PROPIEDADES PRIVADAS

Los accesos a propiedades privadas tales como viviendas unifamiliares, edificios, estacionamientos, conjuntos habitacionales, condominios, locales comerciales u otros, que originen el paso frecuente de vehículos por la acera desde o hacia la calzada adyacente, deberán cumplir los siguientes requisitos, mismos que deberán cumplirse en caso de tratarse de propiedades del estado o financiadas con fondos públicos:

- a. Sus accesos y salidas no podrán interrumpir las soleras, por lo que, éstas deberán ser rebajadas.
- b. Respecto a la longitud de cada rebaje de soleras, éste no podrá ser superior a 14 m y el cruce con la vereda tendrá un ancho máximo de 7.5 m (Ver la O.G.U.C., capítulo 4, art. 2.4.4 y 2.4.5).
- c. Con el objeto de asegurar el uso, permanencia y desplazamiento de todas las personas de manera autónoma y sin dificultad, incluidas las personas con discapacidad, especialmente aquellas con movilidad reducida, los nuevos espacios públicos y aquellos existentes que se remodelen, deberán cumplir con todas las disposiciones establecidas en el Art. 2.2.8 de la OGUC.
- d. Entre los accesos o salidas sucesivas, correspondientes a un mismo predio, deberá existir un refugio peatonal de una longitud mínima de 2 m. en el sentido de la circulación peatonal. El área a considerar no debe ser inferior a 4.5 m² (Ver REDEVU Art.3.301.6), salvo que sean viviendas unifamiliares.
- e. El punto de inicio más próximo a la esquina del rebaje de solera o salida vehicular, no podrá distar menos de 6 m de la línea de detención de los vehículos, ni menos de 10 m. de la intersección virtual entre las líneas de solera de dicha esquina, para el caso de entrada Vehicular solo se exigirán los 10 m. de la intersección virtual entre las líneas de solera de dicha esquina. Esto aplicable a nuevas urbanizaciones o apertura de accesos en predios existentes.
- f. El pavimento del acceso debe subir al nivel de la vereda, manteniendo ésta su continuidad geométrica. El empalme del acceso con calzada debe ser utilizando soleras rehundidas con plinto 0.05 m hasta 0.15 m.
- g. En el caso de accesos vehiculares a viviendas unifamiliares, si la distancia entre línea de solera y vereda o entre vereda y línea de cierre es mayor a 1.0 m, se podrá proyectar dos huellas de 0.50 m de ancho.
- h. Las propiedades privadas deben contar con solución interna de aguas lluvias, de modo de asegurar que ellas no evacuarán el diferencial de aguas lluvias generado por la nueva urbanización hacia el sector público. Esta información deberá ser adjuntada al proyecto. Se podrán exceptuar, en caso que SERVIU así lo determine, aquellos predios ubicados en zonas en que el Plan Maestro de Aguas Lluvias de Santiago haya considerado esos aportes al espacio público.
- i. Respecto al valor de los radios a considerar en la entrada a los accesos, se deberán diseñar para una velocidad apropiada de ingreso, utilizando radios menores o iguales a 3 m. Se permite también el empalme mediante ochavos. Se exceptúa de lo anterior el caso particular de estaciones de servicio o locales que requieren accesibilidad equivalente donde se deberá diseñar de acuerdo al

- ángulo θ (Ver cap. 1.5.2 de este manual. Diseño acceso a estaciones de servicio) y casos especiales como predios con entrada y salida de camión que no permitan viraje.
- j. Como antecedente al proyecto, y como una forma de verificar el buen estado de conservación de veredas y calzadas existentes, se deberá adjuntar set fotográfico de frente predial, cuyas fotografías serán debidamente identificadas. Si producto de las obras las veredas y calzadas quedan con mayor deterioro que las existentes, deberá rehacer pudiendo el SERVIU hacer uso de facultades de la ley N° 8946 de Pavimentación Comunal, respecto del mantenimiento de los frentes prediales.
 - k. La superficie de rodado de accesos con paso frecuente de vehiculos deberá ejecutarse en Hormigón, con la estructura que determine SERVIU para cada proyecto; los accesos a viviendas unifamiliares deberán ejecutarse de acuerdo a los criterios establecidas para Obras Menores de Pavimentación (OMEP)

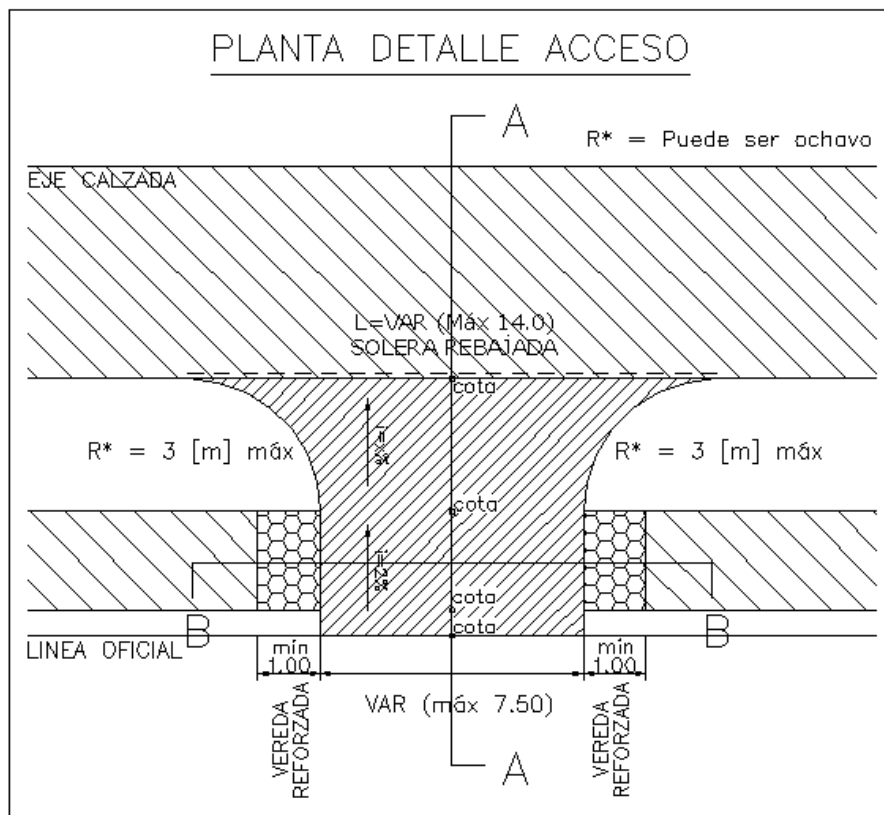


Figura 1.5.1
Planta de Acceso Tipo

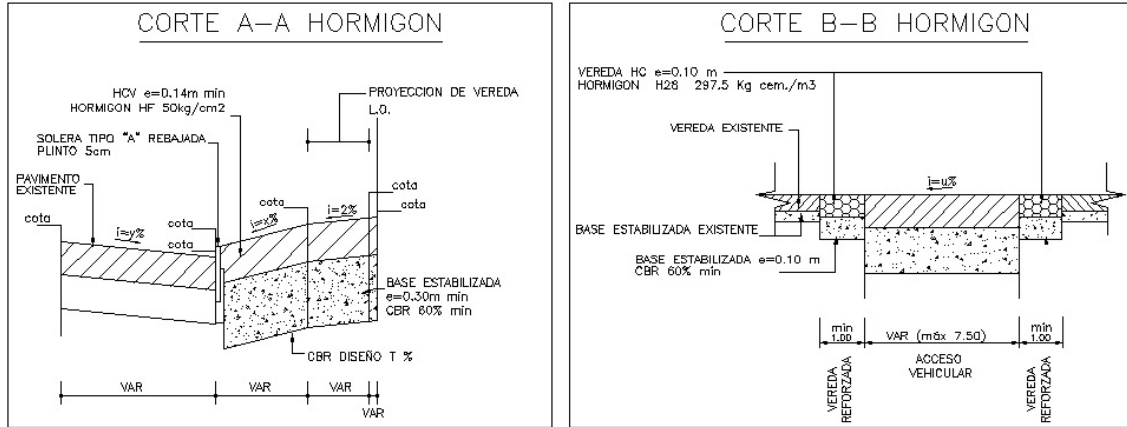


Figura 1.5.2
Cortes de Acceso Tipo

1.5.2 ACCESO TIPO ESTACIONES DE SERVICIO

En el artículo 4.04.2 del Vol. 3 del REDEVU, se define el caso en particular correspondiente a un emplazamiento tipo de una estación de servicio ubicada en la intersección de dos vías bidireccionales.

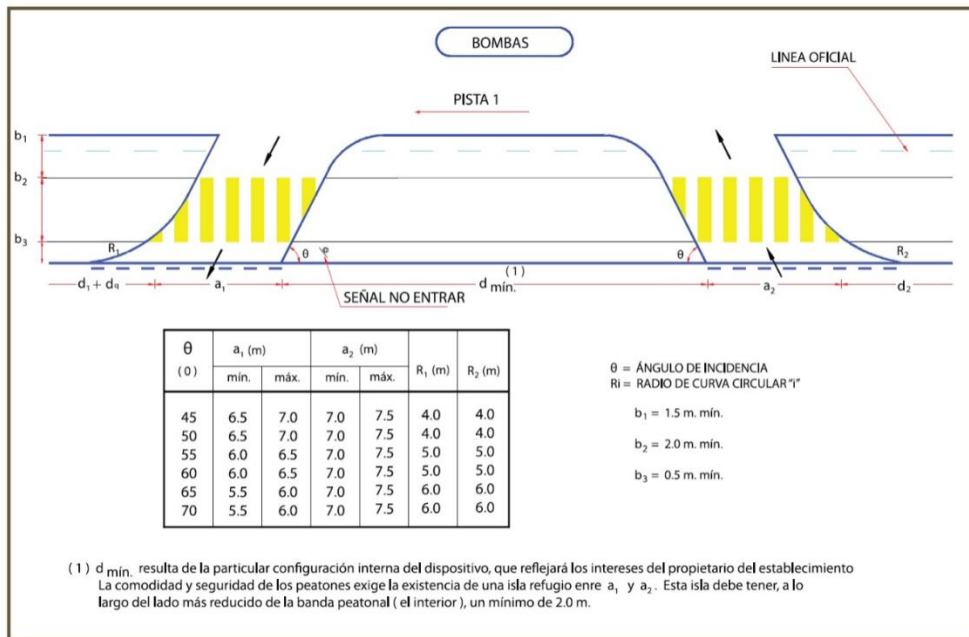


Figura 1.5.3
Planta Acceso Tipo Estaciones de Servicio

En el caso de que estos tipos de accesos se encuentren próximos a alguna esquina, se debe especificar la distancia mínima que debe existir entre ellos y la intersección de las líneas de soleras asociadas a cada frente, calculando las distancias d_1 , d_2 y d_q de acuerdo al flujo considerado según tipo de vía (Art. 2.3.2 de O.G.U.C.).

En la Lámina 3.404-B se especifican los parámetros de diseño para la definición geométrica de los elementos que componen los accesos de entrada y salida a la estación de servicio o local con accesibilidad equivalente. Esta definición es compatible con la configuración descrita para ambos frentes en la lámina 4.04-A

Se considerarán los valores mínimos de las distancias b_1 , b_2 y b_3 , como también, se verificará el d_{\min} de la isla resultante entre accesos (de entrada y salida), considerando que el lado más reducido de la banda peatonal en la isla, deberá tener un largo mínimo de 2.0m. Por otro lado, se diseñarán las distancias a_1 , a_2 y los radios de curvatura circular R_i según el ángulo de incidencia θ . (Ver Lám. 4.04-B

Respecto a la longitud de cada rebaje de soleras, éste no podrá ser superior a 14 m y el cruce con la vereda tendrá un ancho máximo de 7.5 m (Ver la O.G.U.C., capítulo 4, art. 2.4.4 y 2.4.5).

Con el objeto de asegurar el uso, permanencia y desplazamiento de todas las personas de manera autónoma y sin dificultad, incluidas las personas con discapacidad, especialmente aquellas con movilidad reducida, los nuevos espacios públicos y aquellos existentes que se remodelen, deberán cumplir con todas las disposiciones establecidas en el Art. 2.2.8 de la OGUC.

Entre los accesos o salidas sucesivas, correspondientes a un mismo predio, deberá existir un refugio peatonal de una longitud mínima de 2m, en el sentido de la circulación peatonal. El área a considerar no debe ser inferior a 4.5 m² (Ver REDEVU Art.3.301.6).

Nota: El acceso deberá quedar a nivel de la vereda en el cruce con ésta, privilegiando la cota de vereda, garantizando que la ruta accesible tenga las características establecidas en la O.G.U.C. En caso de recurrir a afectar el desarrollo de cotas de la vereda, deberá asegurarse que ello no implique que éstas queden bajo cota de solera, evitando la acumulación de agua en ellas.

1.5.3 ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO Y UBICACIÓN DE VEREDAS

- a. Los estándares de diseño, como el ancho mínimo de las veredas, se realizarán de acuerdo al tipo de vía según lo señalado en el Art. 2.3.2 y 3.2.5 de la O.G.U.C.
- b. Las veredas contiguas a los accesos (ambos lados) deben ser reforzadas en una longitud mínima de 1m, medido desde la parte más ancha del acceso, considerando espesores de hormigón $e=0.10m$ y base estabilizada $e=0.10m$. Sin embargo, para el caso puntual de accesos a viviendas unifamiliares, el ancho de las veredas reforzadas podrá ser de 0.5m.
- c. Las veredas deberán ubicarse a una distancia mínima de 0,6 m de la línea de soleras, espacio en el que se deberá considerar la ubicación de postación eléctrica y otras. La distancia entre las veredas y L.O. dependerá del tipo de vía. Para vías locales la distancia mínima debe ser de 0,20 m y en el caso de vías con categoría de servicio o superior, una distancia mínima de 0,5 m. La ubicación de las veredas deberá quedar completamente incorporada en la ruta accesible que se defina en los proyectos en que aplique dicha exigencia
- d. En el diseño de pasajes, no se contempla la proyección de veredas, pues, éstos por si solos conforman una solución peatonal, no obstante en el caso que se encuentre pavimentada el área de acera ésta deberá respetar las características señaladas en el 2.2.8 de la O.G.U.C. en tanto sea técnicamente posible y no afecte la circulación por ella.
- e. Las veredas deben ser con trazados preferentemente rectos y sin obstrucciones según lo estipulado en el Art. 2.2.8, O.G.U.C., respetando la huella accesible y favoreciendo la accesibilidad universal.
- f. Respecto a su vida útil esperada, ésta será de 12 años para aquellas realizadas de baldosas microvibradas, de cemento Pórtland o de cemento similar (Ver Art. 6 del D.S. N° 411(1948)).
- g. Se deberá considerar la implementación de rebajes de vereda donde corresponda. La ubicación de estos sistemas tratará de facilitar el acceso a la calzada de personas discapacitadas, para lo cual se

implementan depresiones (rampas), continuando con la proyección de las veredas que se interceptan en una esquina de calles. Por lo tanto, por cada intersección de veredas se considerarán los rebajes de vereda según indica la página web de la subdirección de pavimentación. (Ver <http://pavimentacion.serviurm.cl/>). En el caso que las proyecciones de rebajes de vereda conduzcan a los peatones a un extremo de la calzada que no lo tenga construido, el proyecto deberá incluirlos como parte de sus obras.

- h. Para los rebajes de vereda se deben considerar soleras con plinto 0 cm con una tolerancia máxima de +1 cm, en el empalme con la calzada que enfrentan si existe acumulación de aguas lluvias.
- i. -El proyecto de aguas lluvias deberá considerar sumideros aguas arriba de los rebajes de vereda con objeto de evitar acumulación de agua en el paso de peatones.
- j. Los cortes de paños de vereda deberán ejecutarse con sierra delgada, no se permitira el entablillado ni el rodón del borde transversal de los cortes

1.5.4 PAVIMENTOS ARTICULADOS

1.5.4.1 Adoquines prefabricados de hormigón

Su forma y espesores tienen relación directa con la resistencia de los pavimentos. La selección de resistencia se hará conforme al diseño del pavimento, de acuerdo a la siguiente Tabla:

Tabla 1.5.1
Especificaciones de Elementos Prefabricados Según Requerimientos

Tipo	Uso	Espesor	Resistencia
		(cm)	(kg/cm ²)
Adoquines	Ornamental fuera de la huella peatonal	6	250

Tabla 1.5.2
Espesor Material Utilizado Como Base (mm)

CBR Subrasante	≤ 3	4-10	>10
Base CBR 100%	400	250	150

Elementos en la estructura de un pavimento de adoquines:

- Capa de rodado compuesta por adoquines.
- Cama de arena (espesor 30mm).
- Sub-base.
- Confinamiento en todos sus bordes.
- Subrasante.

1.5.4.2 Baldosas Microvibradas

Se presentan tres situaciones en relación a la estructuración mínima asociada al uso de baldosas:

- a. Veredas peatonales: En el caso de disponer de baldosas como superficie peatonal se debe respetar la siguiente estructuración: una base espesor 0,07m (CBR mín 60%), un mortero de pega espesor 0,02 m de media (puede ser entre 0,025 m y 0,030 m) y baldosas microvibradas espesor mínimo 0,036m.
- b. Veredas reforzadas: Esta situación aplica al refuerzo dado a las veredas adyacentes a un acceso (1m longitud mínima) o bien puede corresponder al acceso mismo en el caso de viviendas unifamiliares. Se debe respetar la siguiente estructuración: una base espesor 0,1m (CBR mín 60%), una vereda de hormigón G25de espesor 0,1m, un mortero de pega espesor 0,02 m de media (puede ser entre 0,025 m y 0,030 m) y baldosas microvibradas espesor mínimo 0,036m.
- c. Veredas acceso: En el caso de accesos la estructuración debe responder a la cartilla de pavimentos de hormigón para pasajes (acápite 1.4.2 de este documento) y sobre ésta deben disponerse las baldosas microvibradas de espesor mínimo 0,036m y un mortero de pega espesor 0,02 m de media (puede ser entre 0,025 m y 0,030 m).

Tabla 1.5.3

Requisito Baldosas Estampadas

Formato [cm]	Desgaste [gr/cm ²]	Flexión [Kg]	Compresión [Kg/cm ²]	Peso [Kg/m ²]	Impacto [cm]	Espesor [mm]
30×30	0,18-0,22	200-280	200-280	62-70	30-40	32
40×40	0,18-0,22	200-300	200-300	68-75	30-40	36
40×40 e = 4,0	0,18-0,22	250-350	200-300	78-88	35-45	40
40×40 e = 7,0	0,18-0,22	900-1100	220-320	150-165	60-80	70

Tabla 1.5.4

Requisito Baldosas Lisas

Formato [cm]	Desgaste [gr/cm ²]	Flexión [Kg]	Compresión [Kg/cm ²]	Peso [Kg/m ²]	Impacto [cm]	Espesor [mm]
30×30	0,20-0,25	200-300	220-300	62-68	32-38	29
40×40	0,20-0,25	300-350	220-320	66-72	38-44	32
40×40 e = 4,0	0,20-0,25	300-450	220-320	78-88	42-47	40
50×50	0,20-0,25	250-400	250-350	75-85	42-48	38
60×40	0,20-0,25	200-350	250-350	75-85	35-45	38

- Se deberá considerar el fragüe cementicio las veces que sea necesario para asegurar un buen relleno de intersticios entre baldosas y con la superficie soportante.
- El periodo de fraguado deberá ser de un mínimo de 5 días para asegurar durabilidad de la instalación evitando el tránsito vehicular en ese periodo
- Se deberá realizar cortes cada 12m² de superficie instalada de baldosas

1.6 DISEÑO ESTRUCTURAL ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

El diseño estructural para la reposición de pavimentos de asfalto y hormigón, se debe realizar en función a lo señalado en el punto 1.3 y 1.4 de esta Especificación Técnica, Salvo los siguientes casos, en los que el diseño de pavimentos aplicara un factor de seguridad de **1,40** :

- a. Roturas transversales al eje de la calzada por concepto de atravesos.
- b. Ventanas de hasta 20 m²
- c. Ensanches de calzadas de ancho inferior o igual a 1 m.

Tabla 1.6.1

Cartilla de Diseño en Hormigón para Rotura y Reposición de Pavimentos

ESPESOR DE PAVIMENTOS DE HORMIGON [mm]								
TIPO DE VÍA	TRÁNSITO	CAPA	RESISTENCIA	CBR SUBRASANTE (%)				
				≤ 3	4-7	8-12	13 - 19	≥ 20
PASAJE	≤ 50.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	200	180	170	170	170
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	210	210	210	210
LOCAL	≤ 200.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	220	200	180	180	180
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	210	210	210	210
SERVICIO	≤ 1.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	240	220	210	210	210
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	210	210	210	210
COLECTORA	≤ 3.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	270	250	250	250	240
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	280	280	280	210
TRONCAL	≤ 10.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	320	310	310	310	300
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	280	280	280	210
EXPRESA	≤ 20.000.000 EE	LOSA	Rmf= 5 [Mpa]	360	360	350	350	340
		BASE	CBR ≥ 60 %	420	280	280	280	210

Notas:

- (1) Hormigón Resistencia media a la flexotracción de 50 kg/cm² a los 28 días.
- (2) Base CBR >= 60%.
- (3) En caso de existir napa de agua subterránea, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos adicionales que estime conveniente.
- (4) En casos de suelos expansivos, en el mejoramiento del terreno el proyectista deberá proponer los diseños constructivos adicionales que estime conveniente.
- (5) Espesores expresados en mm

Conjuntamente con el diseño estructural los proyectos de rotura y reposición de obras de pavimentos se deben seguir las siguientes especificaciones para pavimentos de hormigón y asfalto:

- a. En pavimentos de hormigón, el ancho mínimo a reponer será de 2 m.
- b. En pavimentos de asfalto, el ancho mínimo a demoler y rehacer corresponderá a 5m, independiente que sea en asfalto convencional o modificado.
- c. La distancia máxima entre intervenciones será de 5 m, en caso contrario debe considerar demoler y rehacer toda el área comprometida.
- d. Si la ventana que se habilite para intervenir una tubería afecta ambas pistas de la calzada, se deberá considerar la demolición entre soleras y reposición de éstas.
- e. Si la ventana que se habilite para intervenir una tubería afecta una sola pista, se debe demoler media calzada, reponer soleras e inducir la junta, cumpliendo con lo establecido en el punto a).
- f. La extracción y recolocación de soleras es completa para los paños intervenidos y se debe reemplazar las soleras dañadas o en mal estado.
- g. El equipo mínimo para compactar materiales no aglomerados debe ser rodillo vibratorio liso de peso estático mínimo 2 Toneladas.
- h. La densidad de compactación debe ser igual o superior al 95 % de la D.M.C.S. del Proctor Modificado para cada capa y se medirá a través del ensayo del cono de arena, o en su defecto mediante densímetro nuclear con previa autorización del inspector fiscal. Podrá utilizarse densímetro no nuclear previamente calibrado con cono de arena-El corte de las ventanas se deberá hacer con equipos mecánicos que contemplen disco de corte.
- i. Las cámaras que se intercepten con la obra, deben quedar a nivel con la nueva rasante, en caso que deban rehacerse deben considerar anillo de refuerzo según detalle SERVIU.
- j. Respecto a la colocación de las tuberías, éstas deberán ser ubicadas a una profundidad superior a 1.2 m medidos desde la clave de la tubería a la rasante. Excepcionalmente y en casos justificados, si las tuberías ubicadas se encuentran a una profundidad inferior a 1.2 m de la clave, se debe reforzar la tubería de acuerdo a un proyecto estructural a desarrollar en cada caso o de acuerdo a los detalles tipo publicados en la página web de la Subdirección.
- k. Si en obras se socava o daña el pavimento que no está en el proyecto de rotura, deberá reponerse con el diseño aprobado en el proyecto, utilizando las mismas indicaciones de esta guía.

1.7 AUSCULTACIÓN DE PAVIMENTOS

La auscultación de pavimentos consiste en la evaluación del estado actual de un pavimento, identificando sus características estructurales y funcionales.

Estas metodologías son de utilidad tanto para la recepción de una calzada como para proyectar y evaluar conservaciones tomando la mejor decisión posible con el fin de aumentar la vida útil del pavimento.

1.7.1 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS MEDIANTE EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA

Conocer las características estructurales de los pavimentos es una necesidad tanto durante la etapa de construcción, como de operación de un camino. Durante la construcción es necesario saber si la estructura que se está construyendo cumple con las especificaciones indicadas por el diseñador. Durante la operación, la capacidad estructural de los pavimentos es importante para estimar vida remanente de éstos, y al mismo tiempo para definir eventuales acciones de rehabilitación.

La velocidad con que es posible evaluar el pavimento con equipos como el Deflectómetro de impacto clase 1 presenta la gran ventaja de poder realizar un gran número de evaluaciones evitando el cierre prolongado al tránsito y el costo de reposición que requieren los métodos destructivos para evaluar la misma cantidad de puntos.

El uso de un Deflectómetro de impacto clase 1 permite determinar la cuenca de deflexión causada por una carga controlada, con una exactitud y resolución superior a otros métodos de ensayo existentes. Este equipo produce una carga de impulso dinámico la cual simula la carga de la rueda en movimiento en lugar de una carga estática, semi-estática o vibratoria.

Los datos generados por estos ensayos, combinados con los espesores de las capas, pueden ser usados para obtener módulos de Elasticidad, de la estructura de un pavimento. Esta información puede, a la vez, ser usada en un análisis estructural para determinar la capacidad portante, estimar vida remanente y calcular los requisitos de un recubrimiento, en caso de ser aplicable.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.1.1 Pavimentos Flexibles

Se realizara un ensayo cada 30 metros por calzada, obteniendo a lo menos 2 ensayos por pista, tal como se indica en el siguiente esquema.

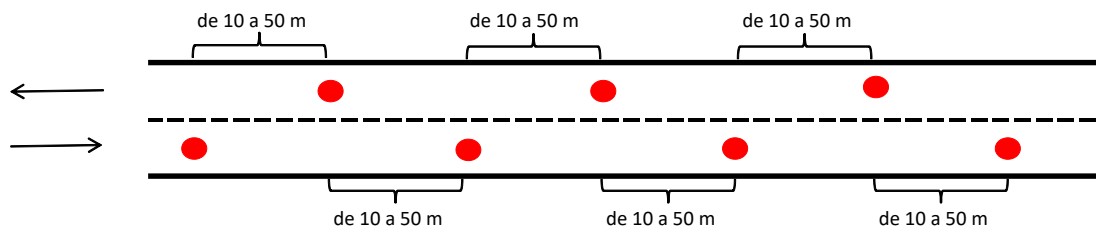


Figura 1.7.1

Ubicación Típica de Testigos Mediante Equipo de Deflectometría para Pavimentos Flexibles



Los ensayos se podrán realizar tanto en la huella pasajero como en el centro de la pista. Se debe solicitar que el informe de evaluación estructural contenga a lo menos lo siguiente:

- La estructura de diseño o la estructura existente mediante la extracción de testigos los cuales deben ser tomados por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Mecánica de suelo que certifique la capacidad de soporte de la subrasante (CBR), lo cual debe ser realizado por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Coeficiente de corrección (C) utilizado para el cálculo del Módulo Resiliente (MR).
- Solo para vías colectoras, troncales y metropolitanas; se solicitara cálculo de vida remanente, para cada ensayo evaluado.
- Módulo Resiliente (MR) para cada ensayo evaluado, en Mpa.

- Deflexión Máxima (D0) Normalizada a 50 kN y 20°C, para cada ensayo evaluado.
- Número Estructural (Ne), para cada ensayo evaluado.
- Módulos elásticos de cada capa que componen la estructura

1.7.1.2 Pavimento Rígido

Se realizara un ensayo cada 30 metros por calzada, en el centro de losa, obteniendo a lo menos 2 ensayos por pista, tal como se indica en el siguiente esquema.

- : Evaluación en Centro de Losa
- : Evaluación en borde de losa. Esta se debe realizar en la losa donde se haya evaluado el centro de losa.

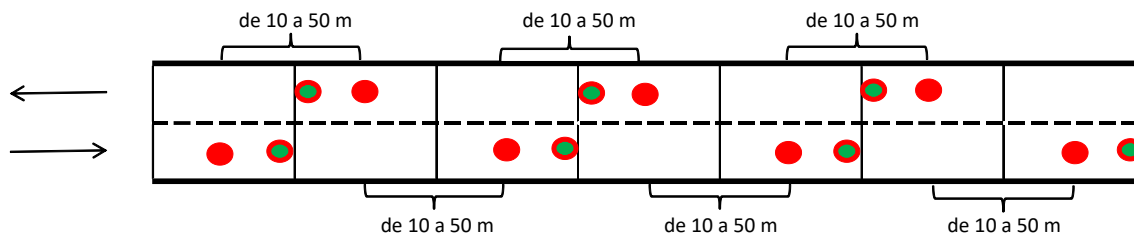


Figura 1.7.2

Ubicación Tipo de Testigos Mediante Equipo de Deflectometría para Pavimentos Rígidos

Se realizará un ensayo de transferencia de carga en el borde de cada losa evaluada en su centro. Requiriendo transferencias de carga mínimas del 60%. Los ensayos se podrán realizar tanto en la huella pasajero como en el centro de la pista. Se debe solicitar que el informe de evaluación estructural contenga a lo menos lo siguiente:

- La estructura de diseño o la estructura existente mediante la extracción de testigos los cuales deben ser tomados por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Mecánica de suelo que certifique la capacidad de soporte de la subrasante (CBR), lo cual debe ser realizado por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Coeficiente de corrección (B) utilizado para el cálculo del Módulo de Reacción (K).
- Solo para vías colectoras, troncales y metropolitanas; se solicitará cálculo de vida remanente, para cada ensayo evaluado.
- Módulo de Reacción (K) para cada ensayo evaluado en centro de losa, en Mpa/m.
- Deflexión Máxima (D0) Normalizada a 50 kN y 20°C, para cada ensayo evaluado en centro de losa.
- Porcentaje de transferencia de carga (TC), para cada ensayo evaluado en borde de losa.
- Módulos elásticos de cada capa que componen la estructura

1.7.1.3 Capas Granulares

En este caso se podrá considerar además el uso de deflectómetro de impacto manual como el de la figura X.



Figura 1.7.3

Se realizará un ensayo cada 30 metros por calzada, obteniendo a lo menos 2 ensayos por pista, tal como se indica en el siguiente esquema.

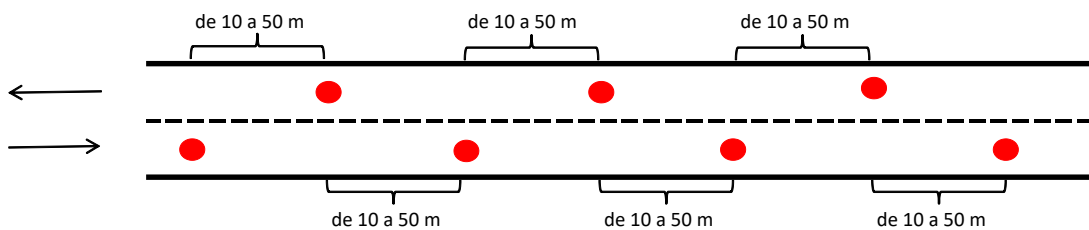


Figura 1.7.4

Ubicación Tipo de Testigos Mediante Equipo de Deflectometría para Capas Granulares

Los ensayos se podrán realizar tanto en la huella pasajero como en el centro de la pista. Se debe solicitar que el informe de evaluación estructural contenga a lo menos lo siguiente:

- La estructura de diseño o la estructura existente mediante la extracción de testigos los cuales deben ser tomados por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Mecánica de suelo que certifique la capacidad de soporte de la subrasante (CBR), lo cual debe ser realizado por un laboratorio con inscripción vigente en el MINVU.
- Deflexión Máxima (D0) Normalizada a 50 kN y 20°C, para cada ensayo evaluado.

- Módulos elásticos de cada capa que componen la estructura

1.7.2 PROSPECCIÓN CON GEO-RADAR (GPR)

Un sistema de Radar incluye un radio transmisor y un receptor, los cuales van conectados a un par de antenas acopladas al terreno. La señal transmitida penetra una corta distancia dentro del terreno y algunas de estas son reflejadas ante cualquier objeto con distintas propiedades eléctricas a las del medio por donde se desplaza. Así un tubo plástico y un espacio vacío tendrán diferente comportamiento ante la señal. La señal de radio reflejada en un objeto inmerso en el terreno llega con un retardo.

Mediante metodologías geofísicas no destructivas para la determinación de interferencias, se busca determinar la existencia de posibles oquedades que puedan ocasionar, baches en superficie o deformaciones en la calzada de las vías auscultadas; además se deberán determinar interferencias existentes en el subsuelo, como por ejemplo, cañerías, canalizaciones, cables, instalaciones de agua, gas, etc.

De acuerdo a la frecuencia con que la antena envía la señal es la capacidad que tiene esta para penetrar el subsuelo según se especifica en tabla 3.2

Tabla 3.2 Relación entre la frecuencia y la capacidad de Penetración de la antena

Frecuencia de la Antena	Profundidad de penetración (m)
100 MHz	5.0
200 MHz	3.0 – 4.0
400 MHz	2.0 – 3.0
600 MHz	1.5 – 2.0
1600 MHz	0.5 – 1.0

TESIS VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA GPR, COMO MÉTODO DE INSPECCIÓN DEL SERVIU EN INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS DE TUBERÍAS U OTROS SERVICIOS - UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA - SANTIAGO 2005

Las antenas de menor frecuencia, del rango de los 100 a 500 MHz, logran penetrar profundidades del orden del metro, sin embargo, la onda reflejada no llega con tanta precisión a la antena receptora debido a que se ve modificada por el trayecto que esta debe recorrer y al tipo de suelo que atraviesa. En cambio, las antenas de mayor frecuencia (600 MHz y más) son más cortas en duración y solo penetran en el subsuelo en el orden del centímetro, pero la precisión de la onda reflejada es mayor, debido a que el tramo recorrido es menor y sufre menos alteración en su viaje a la antena receptora.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.3 COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (CRD)

La superficie de la capa debe presentar una textura uniforme y exenta de segregaciones. El coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) medido con el Péndulo Británico según NLT-175, o equipo Griptester, se recomienda sea superior a 0,6.

Se medirá por pista y en caso de emplear péndulo, se determinará a distancias máximas de 50 m y se contará al menos con 2 mediciones por pista.

Se podrá optar por mejorar el coeficiente CRD mediante cepillado que cubra el 100% de la superficie del pavimento, cuando esta tiene menos de una cuadra y de al menos una cuadra para proyectos de mayor longitud.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.3.1 PÉNDULO BRITÁNICO COMO INSTRUMENTO DE MEDICION DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN

Uno de los equipos de laboratorio más conocidos para la medición del coeficiente de fricción o también llamada resistencia al resbalamiento, es el "British Portable Tester" o Péndulo Británico, desarrollado por el "British Road Research Laboratory". Este consiste en un patín de goma sujeto a la cabeza de un péndulo, esta cabeza es soltada desde una altura prefijada, deslizando sobre la superficie bajo estudio.

El principio de funcionamiento se basa, en la energía que absorbe el patín de caucho debido al frotamiento. Una masa pendular M cae desde una altura H arrastrando un patín de caucho, que viene a frotar bajo su carrera, sobre un largo L de la superficie a estudiar, después sube bajo el efecto de su energía residual a una altura h . La energía potencial de partida es $M \cdot H$, la energía residual después del frotamiento es $M \cdot h$, y la energía absorbida por el frotamiento es la diferencia de estos valores, siendo $M \cdot (H - h)$. La energía absorbida por el frotamiento, depende del coeficiente de roce K , de la superficie ensayada, de la presión P ejercida por el patín de caucho sobre esta superficie y del largo del frotamiento L .

El método de ensayo esta descrito en el estándar ASTM E 303 y los resultados son informados en BPN (British Pendulum Number)

Mientras mayor fricción exista entre el patín y la superficie del pavimento, mayor será la pérdida de altura del balanceo del péndulo y mayor será la lectura del BPN.

Sus características principales son:

- Puede ser utilizado tanto en laboratorio como en terreno.
- Utiliza un péndulo con un patín de goma cargado con un resorte.
- El péndulo cae y el patín desliza sobre la superficie a medir. Determinando una medida de fricción.
- Los resultados son informados como "British Pendulum Number" (BPN), registrados según el estándar, ASTM E 303

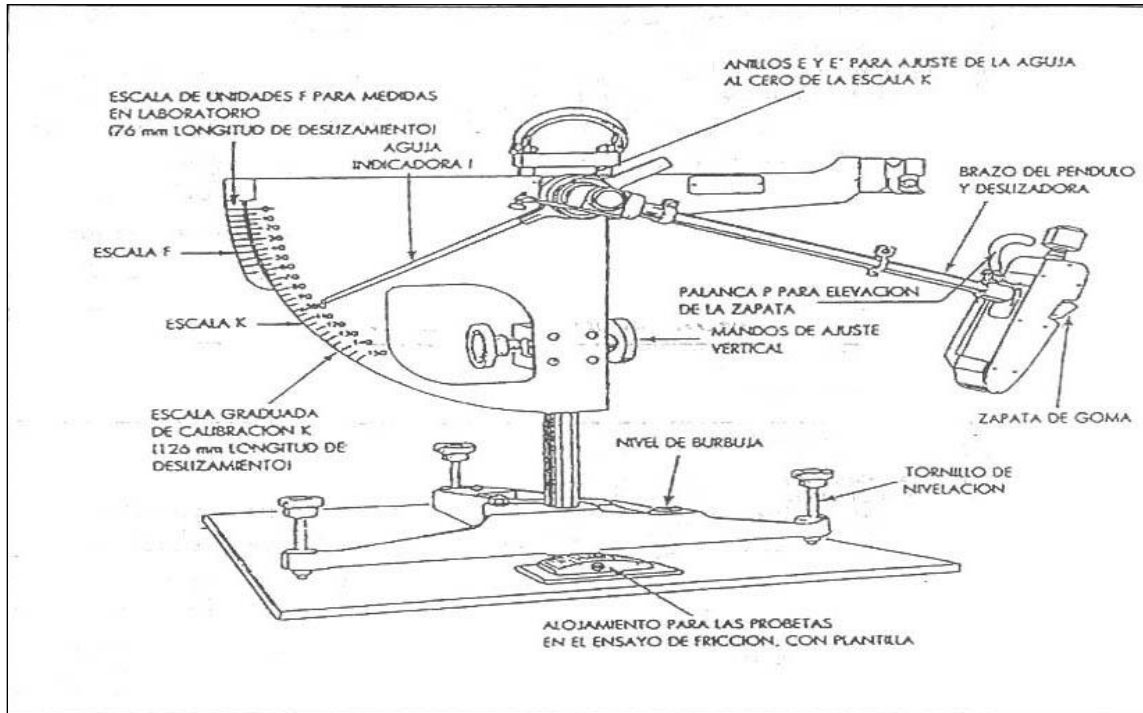


Figura 6 Péndulo Británico

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.3.2 EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO MEDIANTE EQUIPO GRIP TESTER

La medición de fricción se podrá realizar mediante el equipo denominado GripTester (ver Figura 26), cuyas principales características son las siguientes:

- Equipo de auscultación de pavimentos para la obtención de la Resistencia al Deslizamiento.
- Mediante un neumático de goma lisa normalizada se mide la resistencia al deslizamiento, con rueda bloqueada al 14.5%, sobre el pavimento mojado (0,25 mm de película de agua).
- Los ensayos se realizan en continuo con el equipo remolcado por un vehículo dotado con un depósito de agua de 1,000 litros.
- Velocidad de ensayo de 6 km/h a 130 km/h.
- Velocidad normal para carreteras 50 km/h.
- Los resultados se presentan en listados y gráficos definidos por el usuario.

A través de la auscultación realizada con este equipo se puede obtener la Resistencia al Deslizamiento longitudinal definida por el índice "GripNumber" (GN) entre 0 y 100 km/h.



Figura GripTester

La evaluación realizada con GripTester fue transformada a valor SCRIM Equivalente a través de la Ecuación 1, de acuerdo con la metodología propuesta en el documento "Procedimiento de Homologación de Medidas de Resistencia al Deslizamiento y MacroTextura. Documento Técnico TM-021-07". Pontificia Universidad Católica de Chile, Echaveguren, T et al (28 de noviembre de 2007).

$$SFC = 0.25 + 0.883 \cdot GN \quad (\text{Ec } 1)$$

Dónde:

SFC: Sideways Force Coefficient, valor de resistencia al deslizamiento medido con SCRIM.

GN: GripNumber, valor de resistencia al deslizamiento medido con GripTester

Los intervalos de validez para los parámetros de homologación utilizados en la Ecuación 1 se presentan a continuación:

- Grip Number : 0.20 < GN < 0.61
- Coeficiente SCRIM : 30 < SC < 70
- Perfilómetro de Referencia : 0.2 < SMTDr < 1 mm

Los valores GripNumber mayores a 0.61 no se aplicará la Ecuación 1, se mantendrán los valores obtenidos con GripTester para definir el valor de Scrim Equivalente.

Es importante señalar que la medición de fricción posee condiciones que pueden hacer variar los datos obtenidos entre una y otra toma de datos, tales son por ejemplo: humedad, temperatura, velocidad de medición, equipos de medición, etc.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.4 MEDICIÓN DE REGULARIDAD DEL PAVIMENTO

Existen distintos métodos para la medición de la regularidad superficial, pero básicamente han sido agrupadas en cuatro categorías según la clasificación del Banco Mundial (Sayers et al; 1986). Estas categorías responden básicamente a la precisión con la que se obtiene el IRI. La Clase 1 corresponde a los perfiles de precisión que son los más exactos. En tanto, la clase 2 corresponde a métodos que no cumplen con la exactitud exigida para la Clase 1 pero que, al igual que la Clase 1, se basan en el cálculo del IRI por la medición directa del perfil longitudinal. En tanto, los métodos de Clase 3 son los que utilizan correlaciones para determinar el IRI. Finalmente, la Clase 4 corresponde a valoraciones subjetivas o mediciones sin calibrar que podrían adoptarse para estimaciones preliminares o por restricciones económicas de los proyectos.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.4.1 Medición del IRI con MERLIN

El MERLIN, llamado así por el acrónimo de Machine for Evaluation Rognnessusing Low-Cost Instrumentation es un instrumento de simple confección y bajo costo que fue diseñado para medir las deformaciones superficiales del perfil longitudinal del camino. Corresponde a un instrumento perteneciente a la Clase 3 establecida por el Banco mundial en el documento "Technical Paper Number 45", dado que sus mediciones generan un valor que mediante ecuaciones de correlación entregan el IRI. El instrumento básicamente consta de un marco metálico de 1.8 m de longitud con una rueda en la parte delantera. La estructura metálica está formada por dos barras verticales y una horizontal, además posee un apoyo fijo en la parte trasera. La barra vertical central es un apoyo oscilante con la que se mide la desviación de la cota respecto a la rasante que establecen los otros dos puntos de apoyo (ver figura). Asimismo, desde la parte inferior de la barra central se proyecta un brazo inclinado que en su parte superior termina en un indicador que se desliza sobre un tablero, el que registra la posición que adopta un patín en cada punto de medición.



Figura MERLIN

El procedimiento que se utilizará para determinar la rugosidad de un tramo recto será tomar 20 mediciones en intervalos regulares de 20 metros, es decir una por cada un metro. El MERLIN debe ser apoyado en cada punto para tomar la medición, así en cada detención el operador debe registrar la posición del indicador en el tablero donde existe una hoja cuadriculada de 5mm de lado para ello, de esta forma se registran

marcando con una cruz todas las lecturas, generando con esto la distribución de frecuencias de las 20 lecturas (ver figura 2). Posteriormente, se debe marcar la posición en la hoja cuadrícula que contenga la décima y undécima cruz, esto contando desde cada extremo de la distribución (arriba y abajo) tomando como punto de partida la primer cruz marcada. Este procedimiento permite descartar el 10% de los datos que corresponden a mediciones o posiciones no representativas, eliminado 5% del extremo superior y 5% del extremo inferior. En ocasiones podría ser necesario interpolar para encontrar la posición exacta que contenga la medición 10, este caso se produciría cuando la fila que contiene la medición 10 también posee otras mediciones, por lo tanto se debe dividir la celda o el lado de 5 mm proporcionalmente a la cantidad de mediciones.

Finalmente, el espacio entre las dos marcas "D" contabiliza las unidades de cuadrículas o ancho del histograma, este valor debe ser pasado a milímetros multiplicando la cantidad de unidades por 5, ya que cada cuadrícula corresponde a 5mm, así se obtiene la medida de la rugosidad "D" del pavimento medida en escala del MERLIN.

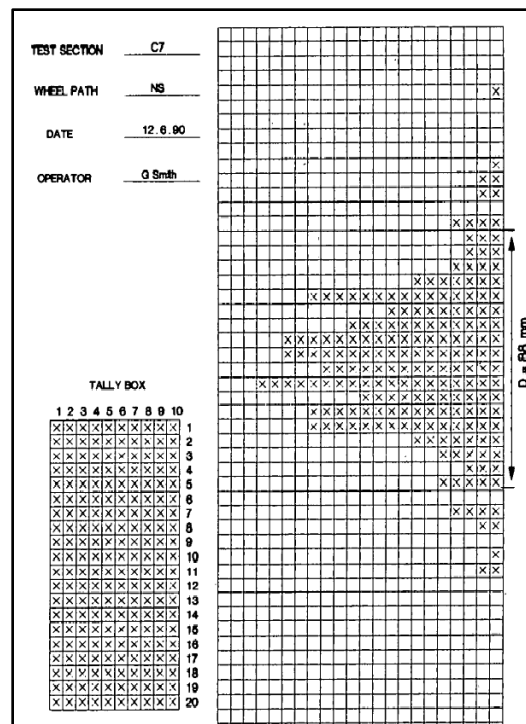


Figura 2. Hoja de medición típica con MERLIN – The MERLIN low-cost road roughness measuring device; Cundill

Al tratarse de un equipo clase 4, se sugieren las siguientes correlaciones para la estimación del IRI por el método MERLIN (De Solminihac et al, 2003):

$$IRI = 0.4718 + 0.0585 \cdot D$$

IRI en m/km y D en mm en escla de MERLIN

Válido para $25 < D < 140$ ($1.9 < IRI < 9.3$)

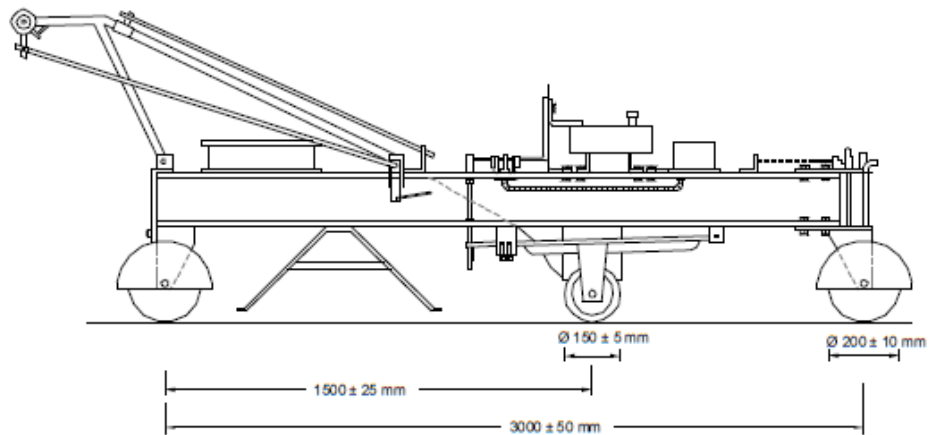
1.7.4.2 Lisura (HIGH-LOW)

Este equipo podrá ser usado solo para las obras que tengan una longitud inferior a 500m y con categoría de vías locales y de servicio.

El Detector Hi-Lo es una regla rodante, conformada por una viga metálica indeformable que se apoya sobre tres ruedas. Al trasladar el instrumento, la rueda dispuesta al centro de la viga y que es la rueda detectora, experimenta desplazamientos verticales debido a las irregularidades (altos y bajos) de la superficie; estas variaciones son amplificadas sobre un cuadrante montado en el centro del equipo, que incluye una escala graduada al milímetro y un rango de ± 10 mm. Las magnitudes de las irregularidades del pavimento pueden leerse directamente en dicha escala.

Antes de iniciar la operación de control de las irregularidades superficiales de un pavimento, debe comprobarse que el instrumento se encuentra calibrado, que el pavimento se encuentra limpio y libre de suciedades que puedan alterar las lecturas del equipo.

Para operar el equipo empuje en dirección predominantemente paralela al eje del camino, a una velocidad de caminata normal y procurando que la rueda detectora no salte. Esta rueda es la que da la posición del equipo, por lo que es necesario tener presente que en todo momento las tres ruedas deben encontrarse dentro de los límites del pavimento por controlar.



Será responsabilidad del Contratista, a través de su autocontrol, verificar la lisura del pavimento tan pronto sea posible tras su construcción. Sólo cuando la I.T.O. lo autorice podrá hacerse correcciones de lisura posteriores; en todo caso, de ser autorizadas, estas correcciones podrán incluir rebajes de puntos altos de hasta 5 mm, cuando ello no signifique un espesor resultante inferior al contratado. Además tendrá que restituirse el texturado de la superficie pulida.

1.7.4.3 Rugosidad de los pavimentos mediante perfilometro laser

Este equipo podrá ser usado solo para las obras que tengan una longitud superior a 500m.

El Método describe el procedimiento para determinar la rugosidad superficial (irregularidades de la superficie) de pavimentos asfálticos, de hormigón, tratamientos superficiales y eventualmente, de otros tipos de capas de rodadura, expresada mediante el indicador IRI (International Roughness Index).

Se deberá considerar un equipo clase 1, de acuerdo a la norma ASTM E 950, el cual es capaz de medir en forma continua ambas huellas sin interrumpir la circulación del tránsito.

Para la medición específica en vías urbanas se solicitará contar con tecnología "Pare y Siga", la cual permite realizar mediciones de IRI a cualquier velocidad del tránsito vehicular, con esto se pueden realizar mediciones en intersecciones semaforizadas, tramos cortos y cualquier lugar donde es difícil alcanzar una velocidad adecuada o en los casos donde no se dispone de un tramo previo de aceleración.

Una vez registrado el perfil se calcula el Índice de Regularidad Internacional (IRI) en m/km, a través de un procedimiento estándar para secciones de longitud previamente establecidas. Luego se identifican las singularidades del camino tales como los badenes, cambios de pavimento u otras singularidades que afectan la medición, las que no se consideran para efectos de la evaluación.

1.7.5 INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS

El objetivo de la inspección en caminos pavimentados es recoger en terreno el valor de ciertos parámetros observables y/o medibles de la calzada.

Las especificaciones técnicas, tolerancias y multas asociadas serán particulares para cada proyecto.

1.7.5.1 Agrietamiento en pavimentos asfálticos

Los diversos tipos de agrietamientos son clasificados en grietas angostas y anchas. A continuación, se definen y se señala la forma de medir cada uno de los distintos tipos de agrietamiento que comúnmente se manifiestan en los pavimentos asfálticos.

1.7.5.1.1 Grieta Estructural (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Estructural Lineal Angosta

Deterioro del pavimento asfáltico caracterizada por hendiduras de abertura menor o igual a 3 mm. Este deterioro de la carpeta sigue un sentido bien definido, asimilando una línea recta.

- Grieta Estructural Lineal Ancha

Deterioro del pavimento asfáltico caracterizada por hendiduras de abertura superior a 3 mm. Este deterioro es una evolución de las grietas estructurales lineales angostas.



Foto N°1: Grieta Estructural Lineal

- Grieta Estructural Tipo Piel de Cocodrilo Angosta

Son grietas de ancho menor o igual a 3 mm, interconectadas o enlazadas que forman una serie de polígonos que semejan una piel de cocodrilo o malla de gallinero. Son ocasionadas por deflexiones excesivas de la carpeta de rodadura al estar apoyada sobre una base o sub-base mal compactada o saturada

- Grieta Estructural Tipo Piel Cocodrilo Ancha

Estas grietas, son la evolución del deterioro de las grietas cocodrilo angostas. El ancho de estas grietas es mayor a 3 mm.

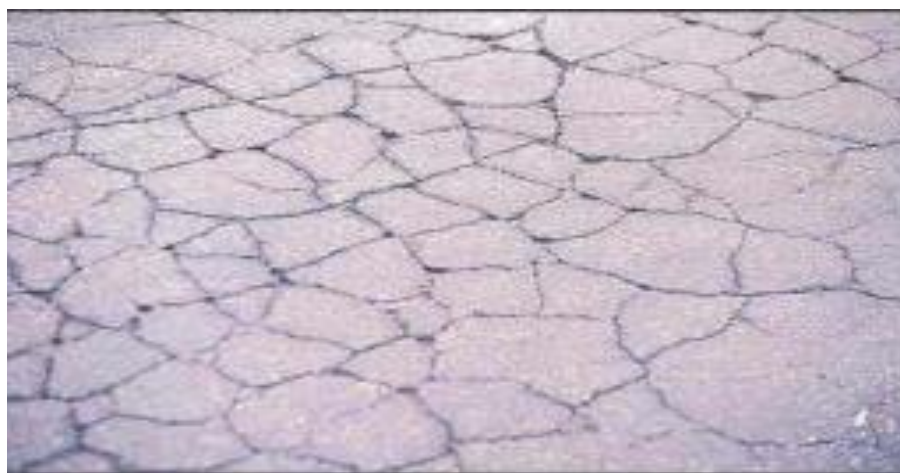


Foto N°1: Grieta Tipo Piel de Cocodrilo

1.7.5.1.2 Grietas Térmicas (Criterio Grietas Anchas)

- Grietas Térmicas Angostas

Son grietas de ancho menor o igual a 3 mm, producidas por los cambios volumétricos de la mezcla asfáltica al experimentar sucesivas contracciones y dilataciones producto del gradiente térmico de la zona climática

- Grietas Térmicas Anchas

Estas grietas son la evolución de las grietas térmicas angostas. El ancho de estas grietas es mayor a los 3 mm.



Foto N°1: Grieta Térmica

1.7.5.1.3 Grieta Longitudinal (Criterio de Severidad)

Fisuras y grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada, de preferencia, localizadas dentro de las huellas por donde circula la mayor parte del tránsito; también pueden coincidir con el eje de la calzada.

- Baja Severidad: Ancho de la fisura < 3 mm o grieta sellada y en buenas condiciones, tal que no se pueda establecer su ancho original.
- Media Severidad: $3 \text{ mm} \leq$ ancho grieta ≤ 20 mm o cualquier grieta de ancho medio ≤ 20 mm y rodeada por grietas de baja severidad.
- Alta Severidad: Ancho grieta > 20 mm o cualquier grieta de ancho medio ≤ 20 mm y rodeada por grietas de media o alta severidad.

1.7.5.1.4 Grieta Transversal (Criterio de Severidad)

Fisuras y grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada, en carpetas que no recubren pavimentos de hormigón o base tratada con cemento.

- Baja Severidad: Fisuras no selladas de ancho medio < 3 mm o grietas selladas en buen estado que impiden determinar el ancho.
- Media Severidad: $3 \text{ mm} \leq$ ancho medio de la grieta ≤ 20 mm o grietas de ancho medio ≤ 20 mm rodeadas por grietas de severidad baja.

- Alta Severidad: Ancho medio de grietas > 20 mm o grietas de ancho medio ≤ 20 mm rodeadas de grietas de severidad media y alta.

1.7.5.1.5 Grieta Piel de Cocodrilo (Criterio de Severidad)

Normalmente son una serie de fisuras y grietas interconectadas entre sí y que se encuentran en fase inicial de desarrollo.

Forman muchos trozos de ángulos agudos, los que en etapas avanzadas del deterioro forman una "malla de gallinero" o "piel de cocodrilo".

Ocurren con más frecuencia en las zonas del pavimento que reciben la mayor parte de las solicitaciones.

- Baja Severidad: La gran mayoría de las fisuras del área deteriorada tienen un ancho < 3 mm, no se interconectan entre sí, no presentan saltaduras y no han sido selladas; no hay evidencia de surgencia de finos desde la base.
- Media Severidad: Existe un patrón definido de agrietamiento; las grietas pueden presentar algún grado de saltaduras en los bordes, pueden haber sido selladas; no hay evidencias de surgencia de finos desde la base.
- Alta Severidad: Agrietamiento con bordes saltados, de severidad media a alta, que forman un patrón bien definido; los trozos pueden experimentar movimientos al pasar los vehículos; las grietas pueden haber sido selladas, a veces hay evidencias de surgencia de finos desde la base.

1.7.5.2 Agrietamiento en pavimentos de hormigón

Se define como el quiebre de la carpeta de rodadura de un pavimento que al desarrollarse completamente lo atraviesa en toda su extensión, fraccionando la losa en trozos.

1.7.5.2.1 Grieta Longitudinal (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Longitudinal Angosta Se extiende aproximadamente paralela al eje longitudinal del pavimento y generalmente por el centro de la losa, su ancho es inferior a 10 mm.
- Grieta Longitudinal Media este tipo de grieta, es la evolución de las grietas longitudinales angostas. Su ancho se encuentra en el rango de 10 a 100 mm.
- Grieta Longitudinal Ancha Es la progresión de las grietas longitudinales medias y su ancho es mayor a los 100 mm.



Foto N°1: Grieta Longitudinal

1.7.5.2.2 Grieta Transversal (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Transversal Angosta Se extiende aproximadamente perpendicular al eje longitudinal del camino y generalmente dentro del tercio central de la losa, su ancho es inferior a los 10 mm.
- Grieta Transversal Media Es la evolución de las grietas transversales angostas, su ancho se encuentra en el rango de los 10 a 100 mm.
- Grieta Transversal Ancha Es la progresión de las grietas medias, su ancho es mayor a los 100 mm.



Foto N°1: Grieta Transversal

1.7.5.2.3 Grieta esquina (Criterio Grietas Anchas)

- Grieta Esquina Angosta Esta grieta se extiende uniendo la junta transversal con la junta longitudinal o unión solera-losa, o entre grietas y juntas pero en dirección oblicua. Su ancho es menor a los 10 mm.

- Grieta Esquina Media Es la evolución de las grietas esquina angosta, su ancho se encuentra en el rango de los 10 a 100 mm.
- Grieta Esquina Ancha Es la progresión de las grietas esquina medias, su ancho es mayor a los 100 mm.



Foto N°1: Grieta Esquina

1.7.5.2.4 Grieta Longitudinal (Criterio de Severidad)

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero cuya intersección se produce a una distancia mucho mayor que la mitad del ancho de la losa.

- Baja Severidad: grietas de ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible o grietas bien selladas.
- Media Severidad: $3 \text{ mm} \leq \text{ancho grieta} \leq 10 \text{ mm}$. o con saltadura de ancho < 50 mm. o escalonamiento < 15 mm.
- Alta Severidad: ancho grieta > 10 mm. o saltaduras de ancho ≥ 50 mm. o escalonamiento ≥ 15 mm.

Las grietas bien selladas son aquellas con sellos hechos de manera tal que no se pueda determinar el ancho de la grieta original.

1.7.5.2.5 Grieta Transversal (Criterio de Severidad)

Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada. También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa.

- Baja Severidad: grietas de ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible o grietas bien selladas.

- Media Severidad: $3 \text{ mm} \leq \text{ancho grieta} \leq 6 \text{ mm}$. o con saltaduras de ancho $< 50 \text{ mm}$. o escalonamiento $< 6 \text{ mm}$.
- Alta Severidad: ancho grieta $> 6 \text{ mm}$. o saltaduras de ancho $\geq 50 \text{ mm}$. o escalonamiento $\geq 6 \text{ mm}$.

1.7.5.2.6 Grieta Esquina (Criterio de Severidad)

Esta grieta se extiende uniendo la junta transversal con la junta longitudinal o unión solera-losa, o entre grietas y juntas pero en dirección oblicua

- Baja Severidad: grietas de ancho $< 3 \text{ mm}$, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible o grietas bien sellada.
- Media Severidad: $3 \text{ mm} \leq \text{ancho grieta} \leq 6 \text{ mm}$. o con saltaduras de ancho $< 50 \text{ mm}$. o escalonamiento $< 6 \text{ mm}$.
- Alta Severidad: ancho grieta $> 6 \text{ mm}$. o saltaduras de ancho $\geq 50 \text{ mm}$. o escalonamiento $\geq 6 \text{ mm}$.

1.7.5.2.7 Saltadura de Grietas

Por saltadura se entiende al desprendimiento aislado de fragmentos en las juntas de las losas o en las grietas, con una dimensión superior a los 50 mm de ancho, medido perpendicularmente al eje de la grieta.



Foto N°1: Saltadura de grieta

1.8 DISEÑO ESTRUCTURAL ALTERNATIVO

1.8.1 CARTILLA MANTENIENDO GRADUALIDAD DE RIGIDECES DE CAPAS

Tabla 1.8.1

Cartilla de Diseño Pavimentos Asfálticos

TIPO DE VÍA	CAPA	CARACTERÍSTICA	CBR SUBRASANTE [%]				
			≤ 3	4-7	8-12	13-19	≥ 20
PASAJE T ≤ 50.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	200	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	150	0	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	150	150	0	0	0
LOCAL T ≤ 200.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	0	0	0
SERVICIO T ≤ 1.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	250
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 20	200	200	200	200	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	300	250	150	0	0
COLECTORA T ≤ 3.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	150	150	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	450	450	450	350	300
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	350	250	0	0	0
TRONCAL T ≤ 10.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000	120	120	120	120	120
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	150	200	200	150	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	350	300	250	250	150
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	400	250	150	0	0
EXPRESA T ≤ 20.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	140	140	140	140	140
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	200	200	200	200	150
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 30	350	350	350	200	200
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	350	250	0	0	0

Notas:

1. El mejoramiento de suelos por composición expansiva y/o contaminada que no comprometa la capacidad de soporte del suelo en función al diseño, debe considerar el uso de geotextil no tejido de polipropileno con un gramaje mínimo de 200gr/m², en su defecto un mejoramiento a la subrasante de espesor mínimo 20cm con su respectivo control de densidad.
2. En caso de existir napa freática, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos correspondientes con su respectiva memoria de cálculo, independiente que al momento de realizar el diseño no exista presencia de napa.
3. La gradualidad de capacidad de soporte en los rellenos estructurales debe ser respetada para efectos de diseño Tabla 1.8.1, sin embargo podrá ser modificada al rango más alto en etapa de construcción previa autorización de la inspección fiscal, para lo cual debe considerar la cartilla de diseño de Tabla 1.8.3.
4. Los espesores propuestos están expresados en milímetros y corresponden a los mínimos exigibles.
5. Las Bandas granulométricas deben considerar la estabilidad exigida en cartillas, además deben emplearse en los espesores que se indican, contrastando con los espesores que fijan los diseños estructurales de pavimento. En caso de emplearse para un espesor menor, previamente debe verificarse que:

$$ecapa \geq 2,5 * T_{maxNominal}$$

Esta cartilla fue calculada en base a la cartilla original del Manual de Pavimentación de SERVIU 2008 empleando Software PAVSERVIU y considerando los siguientes parámetros:

Tabla 1.8.2

Parámetros de entrada PAVSERVIU Diseño Pavimentos Asfálticos ASHTO 93

Variable		Via					
		Pasaje	Local	Servicio	Colectora	Troncal	Metropolitana
Transito	EE	50.000	200.000	1.000.000	4.000.000	11.000.000	20.000.000
Serviciabilidad	Pi	4,2					
	Pf	2					
So		0,45					
Zr		0		-0,253	-0,674	-0,841	
CBR Base	%	100		80			
CBR subbase	%	20			30		
CBR Mejoramiento		20			10		
Estabilidad Carpeta	[N]	10000-8000					
Estabilidad Binder	[N]	8000-12000					

1.8.2 CARTILLA ELIMINANDO GRADUALIDAD DE RIGIDECES DE CAPAS

Tabla 1.8.3

Cartilla de Diseño Pavimentos Asfálticos

TIPO DE VÍA	CAPA	CARACTERÍSTICA	CBR SUBRASANTE [%]				
			≤ 3	4-7	8-12	13-19	≥ 20
PASAJE T ≤ 50.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	250	250	250	200	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 100	0	0	0	0	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	200	150	0	0	0
LOCAL T ≤ 200.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 6000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	150	150	200
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 100	150	150	200	150	-
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	200	-	-	-
SERVICIO T ≤ 1.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	300	300	300	300	250
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 80	0	0	0	0	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 20	450	350	150	150	0
COLECTORA T ≤ 3.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	40	40	40	40	40
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	550	550	500	450	400
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 80	0	0	0	0	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	250	200	0	0	0
TRONCAL T ≤ 10.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000	120	120	120	120	120
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	450	450	450	350	300
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 80	0	0	0	0	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	450	250	0	0	0
EXPRESA T ≤ 20.000.000EE	CARPETA ASFÁLTICA	Estabilidad ≥ 9000[N]	40	40	40	40	40
	BINDER	Estabilidad ≥ 8000[N]	140	140	140	140	140
	BASE GRANULAR	CBR ≥ 80	500	500	500	400	300
	SUBBASE GRANULAR	CBR ≥ 80	0	0	0	0	0
	MEJORAMIENTO	CBR ≥ 10	350	250	0	0	0

Notas:

1. El mejoramiento de suelos por composición expansiva y/o contaminada que no comprometa la capacidad de soporte del suelo en función al diseño, debe considerar el uso de geotextil no tejido de polipropileno con un gramaje mínimo de 200gr/m², en su defecto un mejoramiento a la subrasante de espesor mínimo 20cm con su respectivo control de densidad.
2. En caso de existir napa freática, el proyectista deberá proponer los diseños constructivos correspondientes con su respectiva memoria de cálculo, independiente que al momento de realizar el diseño no exista presencia de napa.
3. Los espesores propuestos están expresados en milímetros y corresponden a los mínimos exigibles.
4. Las Bandas granulométricas deben considerar la estabilidad exigida en cartillas, además deben emplearse en los espesores que se indican, contrastando con los espesores que fijan los diseños estructurales de pavimento. En caso de emplearse para un espesor menor, previamente debe verificarse que:

$$ecapa \geq 2,5 * T_{maxNominal}$$

Esta cartilla fue calculada en base a la cartilla original del Manual de Pavimentación de SERVIU 2008 empleando Software PAVSERVIU y considerando los siguientes parámetros:

Tabla 1.8.4

Parámetros de entrada PAVSERVIU Diseño Pavimentos Asfálticos ASHTO 93

Variable		Via					
		Pasaje	Local	Servicio	Colectora	Troncal	Metropolitana
Transito	EE	50.000	200.000	1.000.000	4.000.000	11.000.000	20.000.000
Serviciabilidad	Pi	4,2					
	Pf	2					
So		0,45					
Zr		0			-0,253	-0,674	-0,841
CBR Base	%	100			80		
CBR subbase	%	100			80		
CBR Mejoramiento		20			10		
Estabilidad Carpeta	[N]	10000-8000					
Estabilidad Binder	[N]	8000-12000					