

CALZADA GRANULAR ANTICONGELANTE

1.1 Estructura y superficie de rodadura

Este manual clasifica los “Tipos de tránsito” como figura en el **Cuadro N° 1**, que se adjunta al presente, y propone en cada caso un **tipo de superficie de rodadura** como figura en el mismo. El camino en estudio queda ubicado en el **tipo de camino BVT: T4**. Sus **características** son las siguientes:

- **IMD proyectado:** 201 – 400 veh/día
- **Cantidad de carriles:** 2
- **Ancho de calzada:** 6,00 m – 7,00 m
- **Estructura:** **Afirmado: material granular, grava homogenizado natural o por chancado (trituración), Tamaño máximo 5 cm)**
- **Superficie de rodadura adicional: (mínimo 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.**

Más adelante, cuando consideraremos todos los elementos volveremos sobre este tema.

1.2 Efectos del clima

Es sabido que si la temperatura del agua llega al punto de congelación de la misma, el agua se torna sólida y su volumen aumenta. Tanto el punto de congelación, como el coeficiente de expansión volumétrica, dependen de la presión actuante. A la presión atmosférica normal, la congelación del agua ocurre a 0 °C. Ligeramente por encima del punto de fusión, los enlaces por puente de hidrógeno se debilita y la densidad aumenta con el incremento de la temperatura, hasta llegar a un máximo volumen a los 4 °C, a presión normal.¹

Cuando el agua se congela en masas de gravas o arenas limpias, su volumen aumenta. Si el agua está homogéneamente incorporada a la masa de suelo, como es usual, la congelación afecta el conjunto de dicha masa, sin que se formen capas o lentes aislados de hielo, éstos se formarán por el contrario, cuando se congelen “in situ” masas de agua previamente existentes.²

Cuando el agua se congela en los vacíos de un suelo bajo una presión moderada, actúa como una cuña, que separa las partículas sólidas y aumenta el volumen de los vacíos. Si el suelo no es susceptible a las heladas, como las gravas y las arenas limpias, el aumento de volumen tiene como límite superior un 10 % del volumen inicial de los vacíos.

Durante el deshielo de primavera, la zona congelada se funde, proceso que ocurre en varias semanas, y va acompañado de asentamientos del subsuelo. En **suelos no susceptibles**, el asentamiento máximo posible estará acotado. En **suelos susceptibles**, cuando se han formado cristales de hielo puro, el asentamiento de del deshielo estará formado no sólo por el volumen de del hielo, sino también por los colapsos estructurales de las bóvedas donde se alojaban los cristales, lo que puede llegar a ser un efecto importante. Las estructuras que sufren estos asentamientos suelen pasar por graves dificultades, agravadas por el hecho que los asentamientos diferenciales son normalmente importantes. Estos efectos suelen causar graves daños a caminos y aeropistas.³

Debería hacerse un “Estudio de Penetración de la helada”, para conocer el espesor de camino que será afectado por la misma, pero no se tiene ni las estadísticas meteorológicas, ni los ensayos de laboratorio, que son necesarios para aplicar el método respectivo.⁴

Para conocer la susceptibilidad o no de los suelos a la congelación, Terzaghi y A. Casagrande han hecho una clasificación de los suelos donde aparecen agrupados en orden de susceptibilidad creciente, como se muestra en la “**Tabla XV-1: Clasificación de los suelos, según su susceptibilidad a los efectos de la congelación**”, que se adjunta al presente.

¹ En realidad la temperatura exacta es 3,98 °C.

² “La acción del agua en los suelos”, “La Ingeniería de Suelos”, Rico y Badillo, Editorial Limusa, México, 1996.

³ *Ibidem*.

⁴ Método del Cuerpo de Ingenieros de USA.

2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CALZADA

Dado que el presente diseño se encuentra en una etapa de Prefactibilidad, se adoptarán una serie de parámetros de acuerdo a la Inspección visual realizada por el Ing. Mauricio Aguilera, de la consultora SERMAN y Asociados S.A., quien ha tomado fotografías a lo largo de todo el camino, los cuales se fundamentarán con los pocos elementos que se han recabado hasta ahora. A medida que se vaya avanzando en las distintas fases del proyecto del camino (factibilidad, anteproyecto, proyecto ejecutivo), y se vayan realizando los diferentes estudios (extracción de muestras, ensayos de laboratorio, estadísticas climáticas, tramos experimentales de prueba etc.) se irán ajustando los parámetros adoptados.

2.1 Secciones homogéneas

Mediante observación visual se ha encontrado que la subrasante tiene distintos aspectos, en el sentido de la proporción de material fino y grueso. En una etapa posterior se podrán definir las distintas “secciones homogéneas” que tendrán un diseño estructural diferente, para lo cual deberían ejecutarse calicatas espaciadas más o menos frecuentes, por lo que en esta etapa sólo se hará una diferenciación cualitativa.

2.2 Subrasante

La observación visual señala que en la subrasante existen suelos del tipo A-2; A-3 y A-4, según la clasificación HRB.⁵ En etapas posteriores mediante ensayos granulométricos (Norma VN-E1-65) y de Plasticidad (Norma VN-E2-65 y VN-E3-65), podrán identificarse los distintos tipos de suelos, y sobre la base de dicha clasificación, los ensayos de “determinación del Valor Soporte e Hinchamiento de los suelos” (CBR - Norma VN-E6-84), se adoptará el respectivo diseño estructural. Estos tipos de suelos constituyen una subrasante de regular a buena. En el manual que estamos utilizando serían del tipo S2 y S3.

2.3 Capa de revestimiento granular

Según los tipos de subrasantes identificadas y utilizando la tabla adjunta: “Catálogo de Capas de Revestimiento Granular”, “clase Tráfico: T4”, en la columna: “A: subrasante sin mejoramiento”, obtenemos los siguientes casos límites para el espesor total de la capa granular:

- Para “subrasante regular” tipo S2 (CBR 6 % - 10 %): **340 mm**

Adoptado: 350 mm

- Para “subrasante buena” tipo S3 (CBR 11 % - 19 %): **230 mm**

Adoptado: 250 mm

La Capa de revestimiento granular estará a su vez constituida por dos capas: **Sub-Base y Base**, como se detalla a continuación, comenzando desde abajo hacia arriba

2.3.1 Sub-Base

Esta capa, que va inmediatamente por encima de la subrasante, será de partículas granulares de Tamaño máximo 2” (50 mm), y material no plástico, de un espesor variable entre 0,10 m, cuando haya mayor proporción de material grueso en la subrasante, y 0,20 m, donde el material sea más fino. Esta capa cumplirá las siguientes funciones:

- **Capacidad estructural**, únicamente basada en **resistencia friccional**, ya que prácticamente no tendrá material fino, para poder constituir una capa estructural de baja susceptibilidad a la helada, de un espesor tal que cuando circulen los vehículos, transmita a la subrasante presiones que pueda admitir.
- **Capacidad drenante** para evacuar rápidamente la fusión del agua de la nieve caída, o el hielo formado cuando se eleva la temperatura ambiente, o agua proveniente de las escasas lluvias, o de cursos de agua formados ocasionalmente, hacia las cunetas, principalmente en la primavera, o en general, en mediodías calurosos.

⁵ HRB: Highway Research Board. Esta clasificación ha sido adoptada por AASHTO y la Dirección Nacional de Vialidad (Norma VN-E4-84).

Es esencial que esta capa intersecte todo el ancho del terraplén, para poder conducir el agua que recibe hacia los taludes, y de allí a las cunetas.

2.3.2 Base

Esta capa de agregado pétreo estabilizado granulométricamente, de partículas granulares de Tamaño máximo 1" (25 mm), y baja plasticidad (4 a 6 %), será de espesor uniforme de 0,15 m a lo largo de todo el camino. Esta capa cumplirá las siguientes funciones:

- **Capacidad estructural**, basada en **resistencia friccional** y algo de **resistencia cohesional**, ya que va a tener un poco de material fino, con lo que será algo susceptible a la helada.
- **Capacidad cohesional**, para disminuir la pérdida del material de grava de la Base con el paso de los vehículos.

Estudios realizados en el sur de África y en países del sureste asiático, han establecido que dependiendo de factores tales como el tránsito, el clima y la topografía, la velocidad de pérdida de grava de la superficie del camino se encuentra entre los 30 y 50 mm por año, y si no se hace la reparación oportuna con adición de más material, se puede perder una capa de 100 a 120 mm de grava en un lapso de tan sólo tres a cinco años (Ref. XX)

2.4 Imprimación reforzada bituminosa

Este riego bituminoso, que no es obligatorio, pero sí conveniente, es para mejorar la cohesión de la capa de rodadura, para mitigar la pérdida de grava de la Base, máxime por la prácticamente carencia de lluvias y la baja humedad relativa ambiente. Cabe señalar que este riego habrá que repetirlo con cierta frecuencia en aquellos lugares en que se vaya deteriorando.

Por otra parte este riego colaborará también para paliar el polvo, que eventualmente podrá producirse con la circulación de los vehículos, cuando el material esté muy seco.

2.5 Otras estabilizaciones

También se puede analizar en lugar de la Imprimación reforzada recomendada, la utilización de otros tipos de estabilizaciones de la capa de rodadura, como ser:

- Cal hidratada (hidráulica o aérea)
- Cemento portland
- Cloruro de sodio (sal común)
- Polímeros
- Productos químicos
- etc.

La definición se podrá realizar realizando "tramos experimentales de prueba" y evaluando el resultado de los mismos desde el punto de vista del costo-beneficio, para mitigar las pérdidas de grava de la superficie de rodadura, ya mencionadas.

CUADRO N° 1

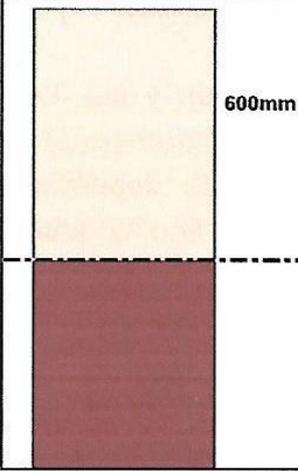
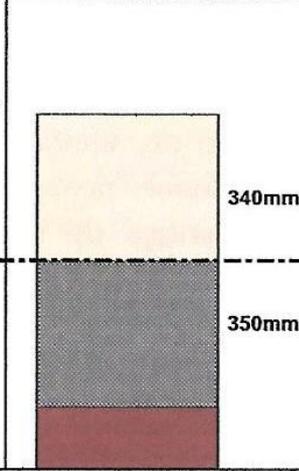
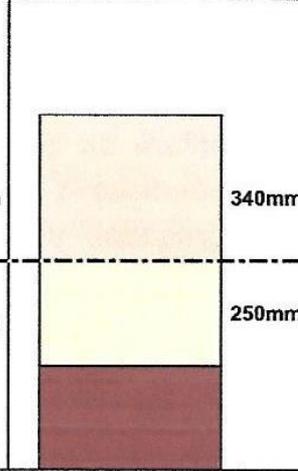
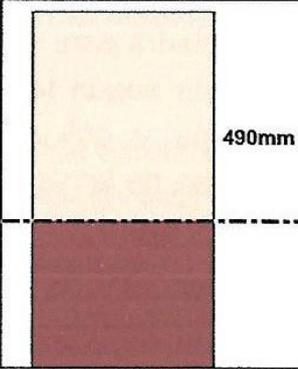
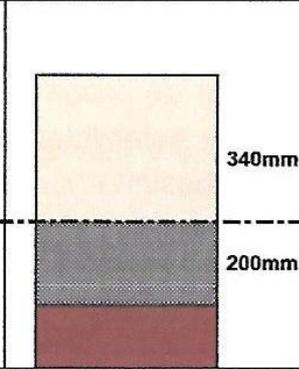
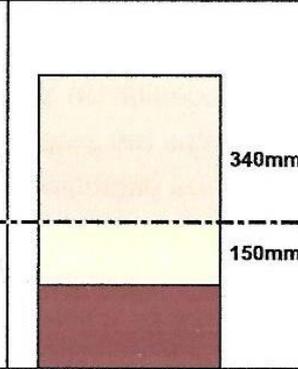
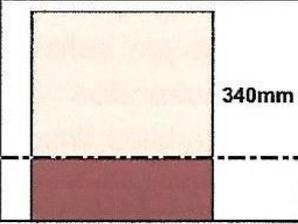
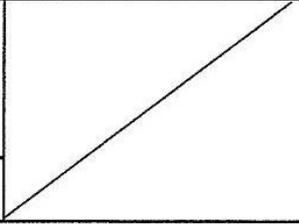
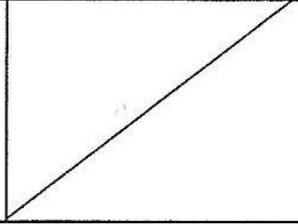
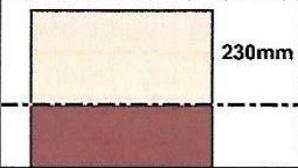
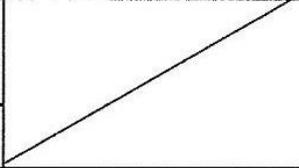
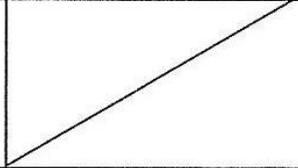
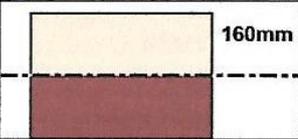
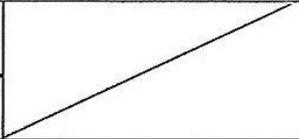
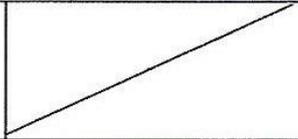
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LOS CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

CAMINO DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO CALZADA (m)	ESTRUCTURA Y SUPERFICIE DE RODADURA – ALTERNATIVAS (**)
T4	201 - 400	2 carriles 6.00 – 7.00	Afirmado (material granular, grava, homogenizado natural o por chancado tamaño máximo 5 cm) con superficie de rodadura (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.60	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 - 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 - 50	1 carril(*) ó 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o a mano, tamaño máximo 5 cm). perfilada y compactada, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra). En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana los caminos puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento ó cal ó productos químicos u otros.

CATALOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

TIPO DE SUBRASANTE	CLASE TRAFICO: T4 IMDa: 201 - 400 vehículos Vehículos Pesados (Buses+Camiones) carril de diseño: 57 - 112 vehículos pesados Número de Repeticiones de EE 8.2tn (carril de diseño): 3.1E+05 - 6.1E+05		
	A: subrasante sin mejoramiento, perfilada y compactada	B: con mejoramiento de subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%	C: con mejoramiento de subrasante con adición de cal, cemento o químicos
S0 SUBRASANTE MUY POBRE CBR < 3%			
S1 SUBRASANTE POBRE CBR 3% - 5%			
S2 SUBRASANTE REGULAR CBR 6% - 10%			
S3 SUBRASANTE BUENA CBR 11% - 19%			
S4 CBR = > 20%			

-----	Nivel superior de la subrasante perfilado y compactado al 95% de la MDE
■	Subrasante
■	B: Con Mejoramiento de Subrasante con reemplazo por material granular de CBR > 6%
■	C: Con Mejoramiento de Subrasante con adición de Cal, Cemento o químicos, para obtener un CBR > 6%
■	Capa de Afirmado Tipo 4

Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de los caminos, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una Imprimación Reforzada Bituminosa; o una Estabilización con Cloruros de sodio (Sal), de magnesio; u otros estabilizadores químicos.

T-1.3 Clasificación de los suelos de acuerdo con su susceptibilidad a la congelación

Según A. Casagrande (Ref. 3), un suelo puede considerarse como no susceptible a la helada si posee menos de 3 % de partículas menores que 0.02 mm. El intervalo crítico en el cual el material comienza a mostrarse susceptible oscila entre 3 % y 10 % del contenido de aquellas partículas, dependiendo de sus características granulométricas.

Los suelos susceptibles a la acción de la congelación pueden clasificarse como se muestra en la tabla XV-1, ampliamente usada por los técnicos de todo el mundo y elaborada con base en estudios clásicos de Terzaghi y Casagrande. En dicha tabla, los suelos aparecen agrupados en orden de susceptibilidad creciente.

TABLA XV-1

Clasificación de los suelos, según su susceptibilidad a los efectos de la congelación

<i>Grupo</i>	<i>Tipo de suelo</i>
F_1	Gravas con 3 a 20 % de partículas menores que 0.02 mm.
F_2	Arenas con 3 a 15 % de partículas menores que 0.02 mm.
F_3-a	Gravas con más del 20 % de partículas menores que 0.02 mm.
F_3-b	Arenas (excepto las finas limosas) con más del 15 % de partículas menores que 0.02 mm.
F_3-c	Arcillas (excepto finamente estratificadas), con $I_p > 12$.
F_4-a	Todos los limos inorgánicos, incluyendo los arenosos.
F_4-b	Arcillas finas limosas, con más del 15 % de partículas menores que 0.02 mm.
F_4-c	Arcillas con $I_p < 12$.
F_4-d	Arcillas finamente estratificadas.

Los suelos más peligrosos desde el punto de vista de la acción de la helada son los que combinan la granulometría más fina, con la mayor permeabilidad; por ejemplo, las arcillas finamente interestratificadas con capas delgadas de arena son los suelos más peligrosos; también los limos, las arenas limosas y las arcillas relativamente poco plásticas se distinguen por su susceptibilidad.

En general, se recomienda no usar los suelos F_4 cuando sea de temer una acción climática intensa. Resultan especialmente contraindicados en caminos