



MOPI 25
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
AÑOS
CARRAS QUE UNEN COLEGIOS

ORD.: N° **9371**

ANT.: No existe antecedente.

MAT.: Difusión nuevas tecnologías y especificaciones técnicas.

INCL.:

- Anexo 1: Método de diseño de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado.
- Anexo 2: Hormigonado de pavimento en tiempo frío.
- Anexo 3: Método de medición de madurez.
- Anexo 4: Especificación técnica pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico con fibra estructural.
- Anexo 5: Especificación técnica pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico.
- Anexo 6: Especificación técnica subbase granular CBR \geq 50% para pavimento de hormigón delgado.
- Anexo 7: Especificación técnica geotextil para pavimento de hormigón delgado.
- Anexo 8: Especificación técnica estación de monitoreo.

SANTIAGO,

10 AGO 2012

DE : DIRECTOR NACIONAL DE VIALIDAD

A : SEGÚN DISTRIBUCION

Los grandes avances en pavimentos de hormigón han permitido disminuir sustancialmente los espesores mediante la aplicación del nuevo método de diseño de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado y mejorar las prácticas constructivas mediante la incorporación de complementos a las especificaciones técnicas vigentes en el Manual de Carreteras.

Dado que es necesario agilizar los procesos de innovaciones, mejoramiento y complementación de especificaciones técnicas en el ámbito vial y que el comportamiento observado ha sido satisfactorio en los contratos en que se han incorporado las propuestas del presente documento, se estima pertinente difundir en forma transversal las nuevas tecnologías y especificaciones técnicas para ser incluidas en los proyectos de pavimentación de la Dirección de Vialidad.

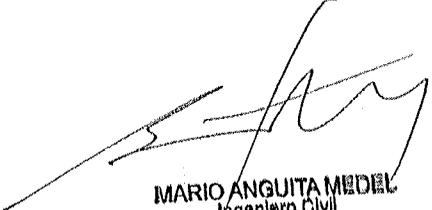
Por lo tanto, todo proyecto de pavimentación de hormigón con losas de espesor optimizado (hormigón delgado) con y sin fibra se debe diseñar según la metodología que se indica en el Anexo N°1 del presente documento e incluir el pago de la patente industrial que considera la construcción de pavimentos con esta técnica.

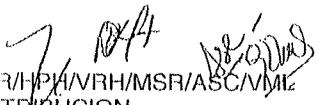
Lo referente a hormigonado en tiempo frío, método de medición de madurez y cancha de calibración (indicada en Anexos N°4 y N°5) se deben incluir en todo proyecto de pavimento de hormigón delgado o tradicional.

La instalación de estaciones de monitoreo debe ser incluida en todo proyecto de pavimentación asfáltica o de hormigón que se encuentre en zonas climáticas en las que no se disponga de estos antecedentes, lo cual deberá ser definido en conjunto con el Departamento Laboratorio Nacional de Vialidad.

Finalmente, se deja establecido que las especificaciones técnicas incluidas en el presente documento corresponden a especificaciones tipo, por lo cual deben ser adecuadas a cada proyecto o contrato en los puntos que se indica en cada una de ellas.

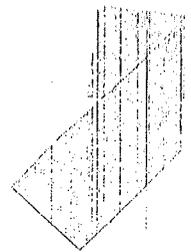
Saluda atentamente a Ud.,


MARIO ANGUIITA MEDEL
Ingeniero Civil
Director de Vialidad (B)


MFR/HPH/VRH/MSR/ASC/MLZ
DISTRIBUCION

- Subdirector de Obras D.V.
- Subdirector de Mantenimiento D.V.
- Jefe División de Ingeniería D.V.
- Jefe División de Vialidad Urbana D.V.
- Director Regional de Vialidad, Regiones XV, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, XIV, X, XI, XII y RM
- Jefe Departamento de Construcción D.V.
- Jefe Departamento de Conservación D.V.
- Jefe Manual de Carreteras
- Jefe Laboratorio Nacional de Vialidad D.V.
- Jefe Departamento Proyectos Viales Interurbanos, División de Ingeniería D.V.
- Jefe Departamento Proyectos Viales Urbanos, DIVU.
- Jefe Depto. Estudios, DRV Regiones XV, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, XIV, X, XI, XII y RM
- Jefe Laboratorio Regional, Regiones XV, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, XIV, X, XI, XII y RM
- Jefa Subdepartamento de Normalización, Desarrollo y Control - LNV
- Jefa Área Hormigón - LNV
- Ingenieros Visitadores LNV
- Archivo

5967558

ANEXO N°1

MÉTODO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PAVIMENTOS DE HORMIGÓN CON LOSAS DE ESPESOR OPTIMIZADO

1.- **Consideraciones Generales.** El método de diseño de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado sin armaduras y sin barras de traspaso de carga está basado en las ecuaciones de daño por fatiga del proyecto NCHRP 1-37A (ME-PDG, AASHTO, EEUU) y en simulaciones de tensiones realizadas con el programa de elementos finitos ISLAB2000.

El procedimiento es un método mecanicista - empírico, el cual ha sido calibrado con tramos de prueba instrumentados para determinar las constantes de calibración. El concepto básico del diseño es dimensionar las losas de tal manera que sólo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa a la vez, calculando el daño por fatiga que se produce en los puntos críticos de la losa, y dado esto, determinar el espesor correspondiente para la condiciones de suelo, alabeo, tránsito, etc. Este concepto se encuentra protegido por la patente industrial N°44820.

Se calculan las tensiones críticas que se producen en las losas del pavimento producto de la combinación de las cargas de borde, efectos de temperatura y distintas condiciones de análisis. Además, el método incluye verificación para las condiciones del escalonamiento de las juntas transversales sin barras de traspaso de carga y del agrietamiento de esquina.

Dado que el tamaño de losa se diseña para independizar los ejes en cuanto a las tensiones que estos producen en el pavimento, es que se utiliza el eje estándar definido por AASHTO para las simulaciones con elementos finitos. Para calcular el daño por fatiga se utilizan las pasadas determinadas como ejes equivalentes solicitantes (EE), las cuales se calculan de la misma forma que para un pavimento rígido tradicional (Numeral 3.604.204 del MC-V3).

Para facilitar la comprensión y sistematizar el procedimiento de diseño, se incluye un diagrama de flujo con la secuencia de las distintas etapas del proceso (Figura N°1), se presentan las ecuaciones que permiten establecer los espesores de las losas de pavimento y una breve descripción de las variables que intervienen en el método, recomendándose los valores a utilizar. Por último, se describen los procedimientos que se deben seguir para verificar las condiciones del escalonamiento de juntas y del agrietamiento de esquinas.

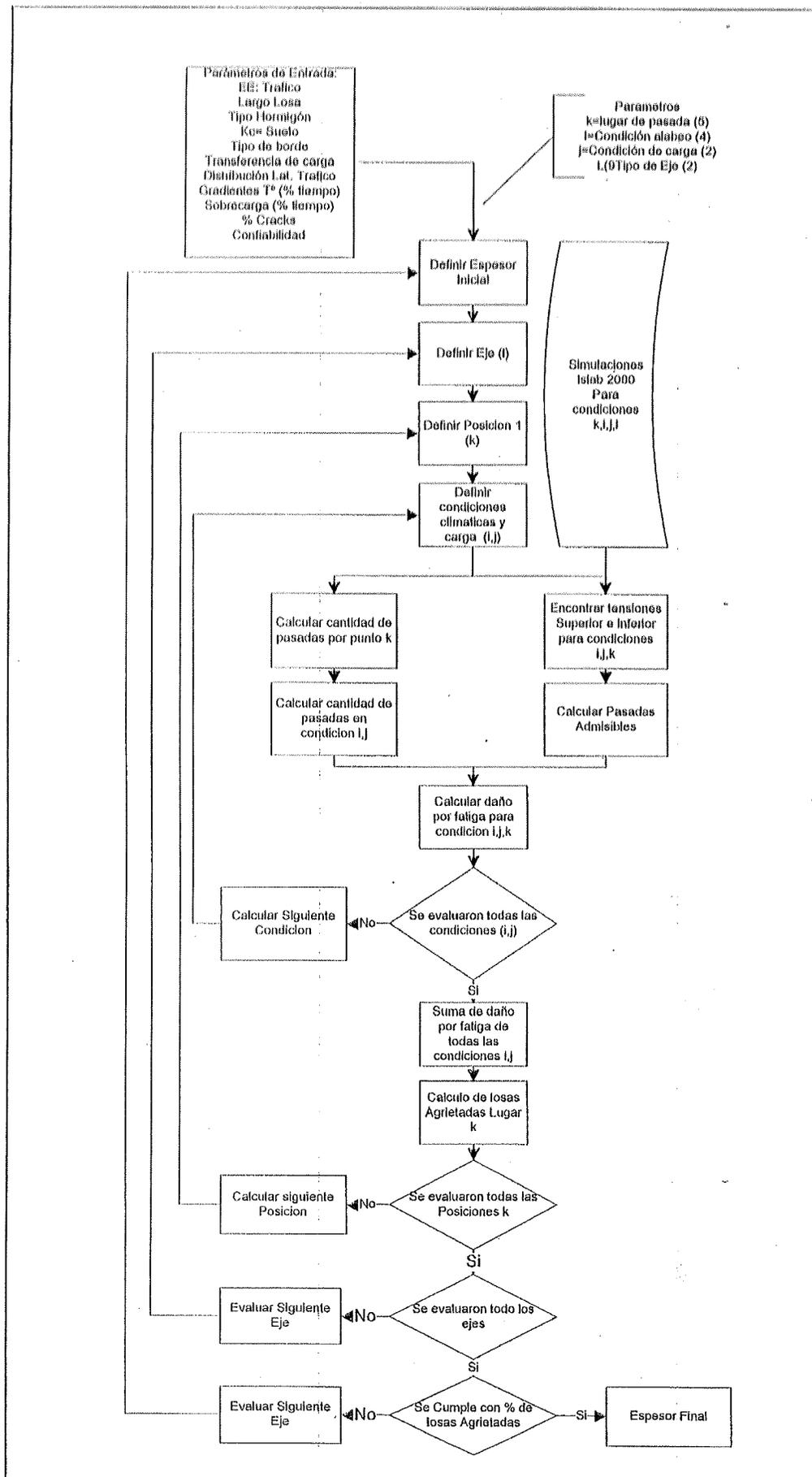


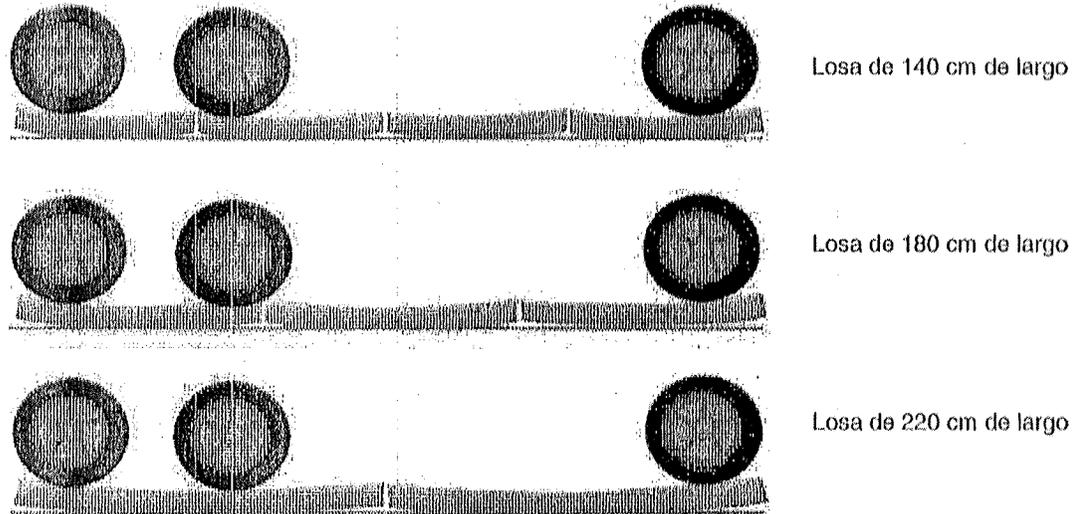
Figura N°1: Diagrama de flujo diseño de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado

2. **Largo de losa.** Estos pavimentos basan su comportamiento en que no se produzca flexión debido a la interacción de cargas colocadas sobre las losas, es decir, sólo una rueda carga una losa a la vez. Para lograrlo el pavimento se construye de forma continua y se generan las juntas según se establezca en el diseño. El largo de losa se debe definir antes del cálculo del espesor, según los siguientes criterios:

140 cm : caso donde el eje tándem queda en losas distintas.

180 cm : caso donde eje tándem queda en la misma losa.

220 cm : caso donde eje tándem queda en el centro de una losa y en borde de otra.



Para pavimentos de tránsito y clima normal se recomiendan losas de 220 cm de largo. Para climas extremos (gradientes térmicos altos) o tránsito en más de una dirección se recomiendan losas de 180 cm de largo. El ancho de las losas deberá ser de media pista (175 cm) y deberá considerar las condiciones de borde con que se diseñe.

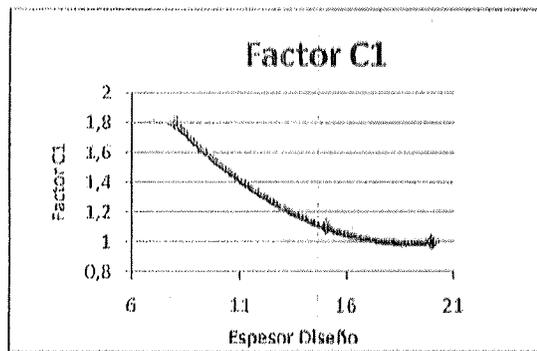
3.- **Ecuaciones de diseño.** Las ecuaciones básicas de diseño de esta tecnología son:

a) **Número de pasadas admisibles**

$$\log(N_{ijkl}) = 2 \times \left(\frac{C_3 \times \sigma_{ijkl}}{MOR \times C_1 \times C_2} \right)^{-1,22} \quad (\text{ec.3.1})$$

Donde

- N_{ijkl} = Número pasadas admisibles para posición del eje k, condición de alabeo i y condición de carga j, superior o inferior (l)
- σ_{ijkl} = Tensión principal máxima calculada en ISLAB 2000 para posición del eje k, condición de alabeo i y condición de carga j, superior o inferior (l).
- MOR = Resistencia a la flexotracción media a 90 días.
- C_1 = Factor de calibración por geometría y espesor de la losa, determinado según:



- C_2 = Factor de calibración por uso de fibras estructurales en hormigón, determinado según:

$$C_2 = \left(1 + \frac{R_{3,e}}{100}\right)$$

$R_{3,e}$ = Razón equivalente de resistencia residual a 3 mm de flecha en ensayo de viga en aire.

Nota: ver punto 9.4 del presente documento.

- C_3 = Factor por tipo de bordé (se utiliza sólo en posiciones de borde). Ver tabla N°7 del presente instructivo.

b) Daño por fatiga en un punto determinado

$$FD_k = \sum_i \frac{n_{ijk}}{N_{ijk}} \quad (\text{ec. 3.2})$$

Donde:

- FD_k = Daño por fatiga para cualquier posición de la losa
- n_{ijk} = Número pasadas reales punto i con eje e, para condición i,j,k
- N_{ijk} = Número pasadas reales punto i con eje e, para condición i,j,k
- i = condición de alabeo
- j = condición de carga
- k = posición Eje

c) Porcentaje de losas agrietadas para un 50% de confiabilidad

$$\%Crack_{kl} = \frac{1}{1 + FD_{kl}^{-1,98}} \quad (\text{ec.3.3})$$

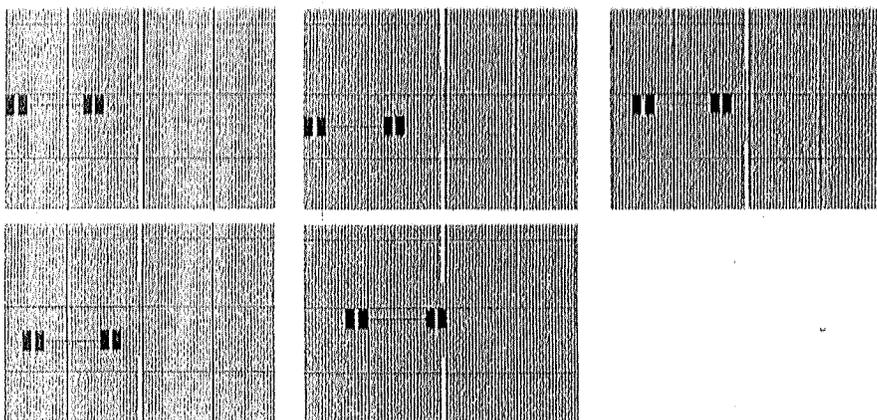
Donde:

- $\%Crack$ = Porcentaje de losas agrietadas con falla ocasionada por posición eje k.
- FD_{kl} = Daño por fatiga en posición eje k, superior e inferior.

d) Cálculo del porcentaje de losas agrietadas totales, fibra superior e inferior

$$\%Tracks_l = \text{MAX}(\%Cracks_{kl}) \quad (\text{ec. 3.4})$$

4.1. **Posición de daño crítica.** Para evaluar el comportamiento del pavimento ante cargas cíclicas y repetitivas se estudia la posición del eje que genera el mayor daño por fatiga, es decir, controla el diseño. Debido a que las condiciones a las que se encuentra sometido el pavimento varían en el tiempo (clima, tránsito, humedad, etc.) es que se evalúan 5 posiciones del eje sobre la losa, las cuales se muestran a continuación:



El análisis se realiza para cada una de estas posiciones de acuerdo al número de pasadas reales en cada una de ellas. La cantidad de pasadas recomendadas por posición se indica en la Tabla N°2, las cuales ponderan la cantidad de pasadas solicitantes (EE de diseño) para encontrar la cantidad de pasadas reales en cada punto (ec. 4.1.1).

TABLA N°2
Pasadas por posición

Posición	Pasadas (%) (F _u)
Borde	8
Huella (40 cm borde)	30
Corte longitudinal	8

Nota: no debe sumar 100%.

Como el eje tándem produce flexión en la losa, generando tensiones superiores no consideradas en las pasadas anteriores, es que se realiza una verificación en la esquina, utilizando las mismas ecuaciones de fatiga y efectuando simulaciones con ISLAB 2000 con el eje tándem para todas las condiciones. Este análisis se realiza sólo para la fibra superior y en las posiciones de esquina y huella en el corte transversal. Se determina la cantidad de ejes tándem y tridem que pasarán aplicando la ecuación 4.1.2.

$$N^{\circ} \text{ de ciclos de carga} = F_u \times EE \quad (\text{ec. 4.1.1})$$

$$N^{\circ} \text{ ciclos de carga tándem} = EE \times F_u \times (\% \text{ Ejes Tándem} + 2 \times \% \text{ Ejes Tridem}) \quad (\text{ec. 4.1.2})$$

5.- **Tránsito.** El método requiere determinar y definir lo siguiente:

5.1. **Ejes equivalentes solicitantes.** Las solicitaciones que deberá soportar la estructura se expresan como los ejes equivalentes (EE) acumulados durante el período de vida de diseño. Salvo que se indique o autorice especialmente de otra manera, los pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado deberán diseñarse en una sola etapa y para las vidas diseño que se indican en la Tabla 3.604.204.A del MC-V3.

El cálculo de las solicitaciones expresadas como ejes equivalentes (EE) se ajustará a lo señalado en el Numeral 3.604.204 del MC-V3.

5.2. Distribución de ejes. El modelo requiere conocer la descomposición porcentual de los ejes equivalentes que solicitarán la ruta. El valor se expresa como porcentaje de los ejes equivalentes generados por cada tipo de eje. Si no se dispone de esta información los valores a utilizar son los que se indican en la Tabla N°3 (debe sumar 100%):

TABLA N°3
Distribución de ejes

Tipo de eje	Distribución de ejes (%)
Eje simple rueda simple (ESRS)	20
Eje simple rueda doble (ESRD)	40
Eje doble rueda doble (EDRD)	30
Eje triple rueda doble (ETRD)	10

En forma preliminar, para tránsitos menores a un millón de ejes equivalentes y en caso que no se disponga de esta información, se debe considerar una distribución de 50% para eje simple rueda simple (ESRS) y 50% para eje simple rueda doble (ESRD).

5.3. Sobrecarga. Este parámetro se refiere al porcentaje de pasadas de vehículos con sobrepeso que circulará por la ruta. El método tiene incluidas las posibles sobrecargas en los ejes ya que, como factor de seguridad, evalúa no sólo el ESRD estándar sino que también evalúa un ESRD con un 20% de sobrecarga tomando en cuenta las posibles interacciones que puedan existir por este efecto.

En caso de existir sobrepeso mayor a lo señalado, se recomienda considerar un 10% de sobrecarga para un diseño seguro.

6.- Porcentaje de losas agrietadas (TTcracks). El modelo utilizado calcula el daño por fatiga, entregando un espesor de pavimento tal que el porcentaje de losas agrietadas, con una grieta en cualquier dirección al final de la vida de diseño, esté dentro del daño admitido para una confiabilidad dada.

Debe tenerse en consideración que este parámetro sólo determina un umbral de daño en un tiempo determinado y no necesariamente la vida útil del pavimento.

En la Tabla N°4 se encuentran los valores recomendados para el porcentaje de losas agrietadas. En situaciones especiales se podrán adoptar valores distintos a los señalados, siempre que se justifiquen adecuadamente y cuenten con la conformidad de la Dirección de Vialidad.

TABLA N°4
DAÑO ADMITIDO (TTCRACKS)

Clasificación del camino	Losas agrietadas (%)
Vías principales y autopistas	10 - 20
Vías colectoras	10 - 30
Caminos secundarios	30 - 50

7.- Confiabilidad. El grado de confiabilidad del diseño se controla por el factor de confiabilidad (M) que es función de un valor asociado al nivel de confianza de la distribución normal (Z_r) y de la desviación normal del error combinado (S_e) de todos los parámetros que intervienen en el comportamiento del pavimento.

Para las situaciones normales, la Tabla 3.604.205.A del MC-V3 indica los niveles de confianza a utilizar en los diseños y los correspondientes valores del coeficiente estadístico (Z_r). En situaciones especiales, tales como vías urbanas o semi-urbanas de alto tránsito, túneles, accesos a viaductos

con mucho tránsito, inmediaciones de las plazas de peaje, etc., se podrán adoptar niveles de confianza distintos a los que se señalan en la mencionada tabla, siempre que se justifiquen adecuadamente y cuenten con la conformidad de la Dirección de Vialidad.

La desviación normal del error combinado (S_e), es la dispersión de resultados entre el daño por fatiga calculado y el daño medido real, esto incluye las dispersiones inherentes a todos los factores que influyen en el comportamiento del pavimento, entre los cuales tienen una participación preponderante los errores que pudieran darse en la predicción del tránsito solicitante y el grado de variabilidad que presentan los suelos de la subrasante. Cuando el nivel de solicitaciones es muy elevado, la probabilidad de errar por defecto en la predicción es menor, debido a que la pista de diseño se encuentra a niveles cercanos a la saturación; asimismo, entre mayor es la dispersión de los valores representativos de los suelos de la subrasante, existe una probabilidad más alta de fallas. Por último, con el propósito de minimizar los trabajos de mantenimiento durante la vida de servicio de la obra, el nivel de confianza del diseño debe crecer en la medida que aumenta el tránsito.

La Tabla 3.604.205.A del MC-V3 indica los valores que se recomienda utilizar en los diseños de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado en función de las solicitaciones esperadas y del coeficiente de variación (coeficiente de variación= desviación estándar / promedio) de la serie de valores representativos de las características de los suelos de la subrasante. Para subrasantes de baja capacidad de soporte y mal drenaje conviene utilizar el mayor valor del rango del nivel de confianza.

La confiabilidad se encuentra incorporada en las ecuaciones de diseño descritas en el punto 3.f del presente documento.

8.- Módulo de reacción de la subrasante. El módulo de reacción de la subrasante, k (MPa/m), es el parámetro que se utiliza para caracterizar la capacidad de soporte de la subrasante. Muchas veces a la denominación se agrega la palabra "efectivo" para indicar que se está utilizando un valor medio compensado que toma en consideración las eventuales variaciones estacionales que, en ciertas circunstancias experimenta este parámetro a lo largo del año. En todo caso, se recomienda incluir esa consideración sólo cuando se prevea una penetración de la helada importante en suelos heladizos.

La determinación del módulo de reacción de la subrasante se ajustará a lo indicado en el Numeral 3.604.206 del MC-V3.

8.1. Método de cálculo del valor k para un sistema multicapas. Si el diseño se realiza considerando un sistema multicapas, como el mostrado en la Figura N°2, el módulo de reacción k de este sistema se determina aplicando el método KSEM, el cual modela el ensayo de placa de carga.

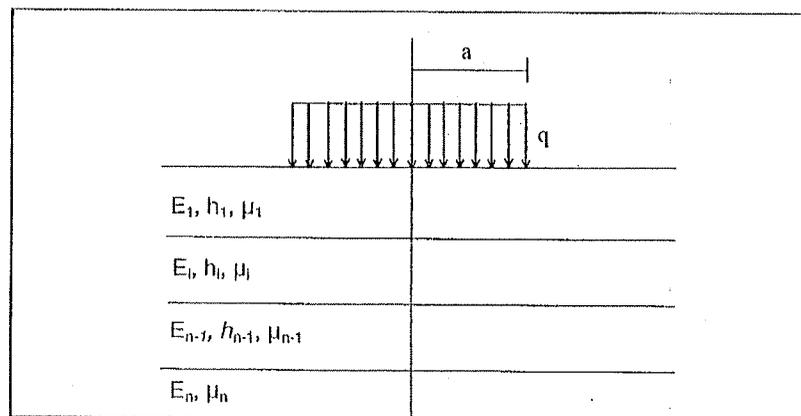


Figura N°2: Modelación sistema multicapa

La ecuación 8.1 calcula el valor k a través de una fórmula que deriva del cociente entre la carga y la deflexión generada por dicha carga.

$$k = \frac{0.0167087 \cdot E_n}{(1 - \mu^2) \left[\frac{\left(1 - \frac{E_n}{\hat{E}}\right)}{1 + \left(\frac{h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1}}{38.1}\right)^2 \left(\frac{\hat{E}}{E_n}\right)^{3/5}} \right]^{1/2} + \frac{E_n}{\hat{E}}}$$

(ec. 8.1)

Donde:

$$\hat{E} = E_1 \left[\frac{h_1 + h_2 \sqrt{\frac{E_2}{E_1}} + h_3 \sqrt{\frac{E_3}{E_1}} + \dots + h_{n-1} \sqrt{\frac{E_{n-1}}{E_1}}}{\sum_{i=1}^{n-1} h_i} \right]^2$$

- \hat{E} = Módulo equivalente (kg/cm²)
- E_i = Módulo de elasticidad de la capa i (kg/cm²)
- h_i = Espesor de la capa i (cm)
- μ = Relación de Poisson de la capa n

9.- Propiedades del hormigón. Se deben definir las siguientes propiedades del hormigón:

9.1. Resistencia a la flexotracción. Para el modelo se utiliza la resistencia media a la flexotracción a 90 días y con las cargas de ensayo en los tercios. Se debe tener presente que la resistencia de control de la obra es característica a 90 días con un 20% de fracción defectuosa, valor con el que se debe diseñar el pavimento.

El valor de resistencia a asignar dependerá de las posibilidades que existan en la zona del proyecto para preparar hormigones de calidad. Sin perjuicio de lo anterior, para situaciones donde no se presenten condicionantes restrictivas (disponibilidad de áridos de calidad, equipo de preparación adecuado, etc.), en función del tipo de vía, se recomiendan los valores que se indican en la Tabla N°5.

**TABLA N°5
RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCION CARACTERÍSTICA (80%)**

Tipo de vía	Resistencia a la flexotracción característica a 90 días (MPa)	
	Rango	Recomendado
Vías principales y autopistas	5,0 – 5,5	5,3
Vías colectoras	4,6 – 5,5	5,3
Caminos secundarios	4,6 – 5,3	5,0
Hormigón con fibra	4,6 – 5,5	5,0

En caso de utilizar el programa Optipave indicado en punto N°23 del presente anexo se debe ingresar la resistencia característica a los 28 días y un factor que calcula la resistencia característica equivalente a 90 días. Para simplificar el uso del programa se recomienda realizar lo siguiente:

- Ingresar la resistencia característica a 90 días con un 20% de fracción defectuosa con la que se desea proyectar en la casilla señalada como "Resistencia a 28 días".
- Ingresar un factor de aumento de resistencia de 28 a 90 días igual a 1,0.

9.2. **Módulo de elasticidad del hormigón.** Para el módulo de elasticidad de hormigones de características normales se recomienda utilizar el valor de 29.000 MPa.

9.3. **Módulo de Poisson, coeficiente de dilatación térmica y retracción a 365 días.** Cuando no se disponga de información se recomienda utilizar para los diseños los valores indicados en la Tabla N°6:

TABLA N°6
Parámetros de diseño

Parámetro	Valor
Módulo de Poisson	0,15
Coefficiente de dilatación térmica (1/°C)	0,00001
Retracción a 365 (m/m)	0,001

9.4. **Pavimento de hormigón con fibra.** El método permite el diseño de pavimentos de hormigón con fibra estructural con lo cual es posible obtener pavimentos de menor espesor o de mayor duración. Además la fibra reduce el deterioro del pavimento una vez producida la grieta, aumenta la transferencia de carga en las juntas y elimina la necesidad de confinamiento lateral.

El método utiliza, como propiedad del hormigón con fibra, la resistencia residual según la norma ASTM 1609-11. La resistencia residual de un hormigón se puede determinar a través del ensayo de carga - deformación en viga, el cual consiste en aplicar carga en el tercio central de una viga simplemente apoyada en sus extremos y medir la flecha en L/2, en un ensayo con deformación controlada, hasta un valor L/150. La flecha que experimenta el eje neutro de la viga durante el ensayo es medida con un extensómetro. La resistencia residual se obtiene a través de la curva carga - deformación que entrega el ensayo. En este ensayo se distinguen dos resistencias: resistencia o tensión máxima a flexión (MOR) y resistencia residual (f_{150}^r). La primera corresponde a la máxima resistencia o carga que es capaz de soportar la viga y coincide con la aparición de la primera fisura. La resistencia residual corresponde a la resistencia que es capaz de tomar la viga una vez fisurada, condición que le otorgan las fibras, para una deformación L/150 (equivalente a 3 mm para una luz de ensayo de 450 mm). La Figura N°3 muestra una curva de carga-deformación tipo (ASTM 1609-11):

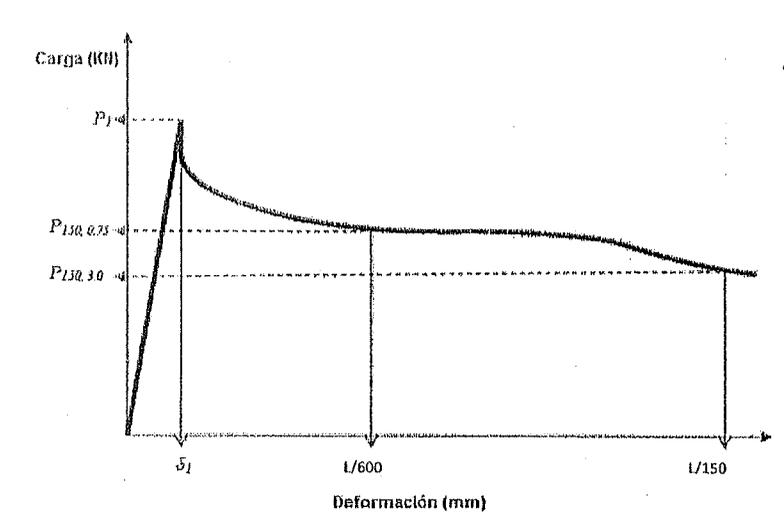


Figura N°3: Serie de puntos carga- deformación

Donde:

P_1 = Carga máxima (KN)

P_{150} = Carga para una deformación de L/150 (KN)

L = Separación de los apoyos (mm)

Si la fractura se produce en el tercio central de la viga, la razón equivalente de flexión $R_{3,e}$ se obtiene según:

$$R_{3,e} = \frac{f_{150}^{150}}{MOR} \cdot 100$$

Donde:

$$f_{150}^{150} = \frac{P_{150} \cdot L}{bh^2} \quad MOR = \frac{P \cdot L}{bh^2}$$

f_{150}^{150} = Resistencia residual para deformación de L/150 (MPa)

MOR = Resistencia a la flexión de viga (MPa)

B = Ancho promedio de probeta en la fractura (mm)

h = Altura promedio de probeta en la fractura (mm)

La razón equivalente de flexión $R_{3,e}$ se incorpora en la ecuación de fatiga según lo indicado en el punto 3.a del presente documento a través del factor de calibración C_2 .

El modelo considera tres niveles de resistencia residual, los cuales se detallan a continuación

Fibra	Re. R
Fibra 1	Mayor a 20% *
Fibra 2	Mayor a 30% *
Fibra 3	Mayor a 40% *

(*) valores referidos a la Tabla N°5 del presente Instructivo.

Considerando que la incorporación de fibra en pavimentos de hormigón es una tecnología relativamente reciente y aún en estudio por parte del Laboratorio Nacional de Vialidad se recomienda diseñar los pavimentos de hormigón con fibra considerando un 20% de resistencia residual. Cabe mencionar que en el mercado existen fibras sintéticas y metálicas con las cuales es posible obtener la resistencia residual indicada, sin embargo en tanto no se disponga de mayores antecedentes se recomienda diseñar los pavimentos con fibras sintéticas.

La especificación técnica para pavimento de hormigón con fibra debe indicar la resistencia residual exigida en MPa, es decir si por ejemplo se considera una resistencia de diseño de 5,0 (MPa) se debe exigir una resistencia residual de 1,0 (MPa) si se utiliza una fibra tipo 1. Estas especificaciones se encuentran indicadas en el Anexo 4 del presente documento.

Se encuentran en estudio este y otros ensayos para determinar la resistencia residual en hormigones con fibra, los cuales podrían ser considerados más adelante en virtud de los resultados que se obtengan.

10.- Factor de ajuste por tipo de borde. Se define como borde, aquel que es adyacente por el exterior a una pista de 3,5 metros de ancho. Los tipos de borde aplicables a esta tecnología son los que se indican a continuación y los factores a considerar en cada caso se indican en la Tabla N°7.

- Borde libre: berma granular suelta sin compactar y sin revestir.
- Berma granular: berma granular compactada y con mantención.
- Berma asfáltica: berma granular revestida con al menos 5 cm de carpeta asfáltica en caliente.
- Berma de hormigón: berma de hormigón amarrada se refiere a una berma pavimentada con un pavimento de hormigón de no menos de 150 mm de espesor, 600 mm de ancho y amarrada a la pista mediante barras de acero o confinada exteriormente por pines verticales.
- Sobreancho: losa exterior ensanchada en 20 cm monolíticamente. Considera la línea lateral del pavimento demarcada a 20 cm del borde de la losa exterior de modo que el tránsito circule en una pista de 3,5 m de ancho.
- Vereda: corresponde a una solera en el borde del pavimento que sobresale al menos en 10 cm sobre la cota superior del pavimento. Esta vereda aleja el flujo vehicular del borde.

TABLA N°7
FACTOR DE AJUSTE POR TIPO DE BORDE

Tipo de Borde	Factor Ajuste(C _a)
Libre	1,00
Berma granular	0,95
Berma asfáltica	0,90
Berma de hormigón	0,85
Sobreancho	0,80
Vereda	0,80

11.- **Alabeo.** Debido a que los pavimentos cambian su condición de alabeo continuamente, el método de diseño considera este cambio como porcentaje del tiempo en el año con condiciones de alabeo cada 5°C. Estas condiciones de alabeo se ingresan como el gradiente térmico equivalente para una determinada deformación. Es decir, el valor utilizado es un gradiente térmico que equivale a la suma de alabeos generados en la losa (térmicos, hidráulicos y de construcción). Los alabeos equivalentes se calculan según la ecuación 11.1.

$$\Delta T^{\circ} = \Delta T^{\circ}_c + \Delta T^{\circ}_d \quad (\text{ec. 11.1})$$

Donde:

ΔT° = Gradiente térmico equivalente (°C)

ΔT°_c = Gradiente térmico equivalente de construcción (°C)

ΔT°_d = Gradiente térmico por variaciones de temperaturas (°C)

El gradiente de construcción es una estimación del alabeo inicial que se produce en la losa debido a retracciones diferenciales entre la parte superior y la parte inferior de ésta. Este gradiente se expresa como el gradiente térmico que existiría para tener una losa plana. El valor depende de la época del año cuando se construirá y del clima de la zona. Los gradientes de construcción recomendados se indican en la Tabla N°8.

TABLA N°8
Gradientes térmicos equivalentes al alabeo de construcción

Zona	Gradiente de construcción (°C)	
	Invierno	Verano
Arica - La Serena costa	-10	-15
Arica - La Serena interior	-10	-20
La Serena - Chillán interior	-10	-15
La Serena - Chillán costa	-5	-10
Chillán - Puerto Montt	-5	-10
Puerto Montt- Puerto Aysén	-5	-10
Punta Arenas	-5	-10

En el caso de no conocer la fecha de construcción se deberá utilizar el valor correspondiente a época de verano.

Los porcentajes de tiempo en los cuales las losas están alabeadas durante el año se puede determinar a partir de la información de la Tabla N°9 la cual agrupa los climas chilenos en doce zonas. La tabla se obtuvo a partir de estimaciones realizadas, utilizando el programa computacional EICM (Enhanced Integrated Climatic Model), y contrastando los resultados con los datos del estudio denominado "Estudio de la distribución de temperatura en una estructura de pavimento" (Poblete, 1986). En casos especiales se podrá calcular la distribución de temperaturas específicas del proyecto.

TABLA N°0
Porcentaje del tiempo anual con cada gradiente
 (Tabla en estudio)

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONA 12
TIPO DE CLIMA	DESÉRTICO CON HUBLADOS ABUNDANTES	DESÉRTICO MARGINAL DE ALTURA (+1000 MTS)	DESÉRTICO (150-700 MTS)	DESÉRTICO BAJO	TEMPLADO CALDO CON ESTACIÓN SECA PROLONGADA DE 7 A 8 MESES	TEMPLADO CALDO CON LLUVIAS INVERNALES Y GRAN HUMEDAD ATMOSFERICA	TEMPLADO CALDO CON LLUVIAS INVERNALES	POLAR POR EFECTO DE ALTURA	TEMPLADO CALDO LLUVIOSO CON INFLUENCIA MEDITERRANEA (INTERIOR)	TEMPLADO CALDO LLUVIOSO CON INFLUENCIA MEDITERRANEA (COSTERO)	TEMPLADO FRIO LLUVIOSO CON INFLUENCIA MEDITERRANEA (COSTERO)	TEMPLADO FRIO CON LLUVIAS INVERNALES
CIUDADES	ARICA IQUIQUE TOCOPILLA NTOFAGASTA LA SERENA	PUTRE CALAMA	COPIAPO TAITAL	CHAÑARAL	OVALLE ILIAPEL LA LIGUA	VALPARAISO PICHILEMU CONCEPCIÓN	SANTIAGO RANCAGUA TAICA CUIBIAN	PORTILLO	ANGOL TEMUCO OSORNHO	VALDIVIA PTO. MONTI CASIRO ANGUD	CHAITEN PTO. AYSEN	COHAIQUE PTA. ARENAS
°C/cm	PORCENTAJE DEL TIEMPO ANUAL CON CADA GRADIENTE											
-0,9	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
-0,8	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
-0,7	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
-0,6	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
-0,5	1%	2%	3%	10%	3%	4%	5%	3%	0%	3%	4%	3%
-0,4	12%	9%	15%	11%	13%	13%	18%	11%	4%	11%	7%	6%
-0,3	14%	17%	10%	13%	14%	13%	15%	15%	13%	10%	8%	10%
-0,2	15%	18%	10%	11%	16%	17%	12%	14%	10%	10%	11%	14%
-0,1	14%	13%	12%	9%	12%	10%	8%	12%	10%	20%	22%	21%
0	6%	6%	14%	8%	5%	5%	4%	7%	8%	10%	12%	13%
0,1	5%	5%	5%	6%	6%	6%	5%	6%	8%	8%	9%	11%
0,2	6%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	7%	7%	7%	7%
0,3	6%	5%	5%	4%	4%	4%	4%	5%	7%	5%	5%	4%
0,4	6%	5%	4%	3%	4%	4%	4%	5%	6%	3%	3%	3%
0,5	6%	5%	4%	2%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%
0,6	5%	5%	4%	1%	6%	5%	4%	4%	3%	3%	3%	3%
0,7	2%	4%	5%	1%	5%	5%	5%	3%	3%	3%	3%	2%
0,8	1%	2%	3%	0%	2%	4%	4%	2%	1%	2%	2%	1%
0,9	0%	1%	1%	0%	0%	1%	2%	1%	1%	1%	0%	0%
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
1,1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%

12.- **Transferencia de carga.** La importancia de la transferencia de carga radica en que los esfuerzos internos inducidos por las cargas de tránsito dependen en gran medida de la capacidad de colaboración estructural de losas vecinas. En pavimentos de hormigón simple sin barras de traspaso de carga la transferencia de carga es producida por la trabazón mecánica de los áridos. Los valores recomendados se indican en la Tabla N°10.

TABLA N°10
Transferencia de carga

Condición	Transferencia de carga (%)
Transferencia de carga baja (áridos de mala calidad)	30
Transferencia de carga normal (valor recomendado para diseño)	50
Transferencia de carga alta (considera barras de traspaso de carga)	70

En el caso de pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado, las juntas (transversales y longitudinales) deben inducirse por aserrado utilizando un sistema autopropulsado con una sierra de espesor menor o igual a 2,5 mm a 1/3 del espesor de la losa como mínimo en caso de pavimento de hormigón con fibra y el mayor valor entre 1/4 del espesor de la losa sin fibra y el tamaño máximo del árido. Lo anterior se traduce en una trabazón mayor a lo normal debido a que los cortes son de menor espesor que en una losa tradicional. En este caso no es necesario sellar las juntas longitudinales y transversales.

13.- **Índice de rugosidad internacional (IRI).** El método considera los estados de serviciabilidad inicial y final del pavimento. El estado inicial está dado por el IRI al momento de la puesta en servicio del camino, el cual depende de la calidad de la construcción que se utilice. El estado final está dado por el valor de IRI al final de la vida de diseño. Los valores recomendados se indican en la Tabla N°11.

TABLA N°11
Índice de rugosidad Internacional (IRI)

IRI inicial	2,0
IRI final	3,5

14.- Escalonamiento final. El escalonamiento final es la diferencia de nivel que existirá al final de la vida útil entre las superficies de pavimentos adyacentes, que se encuentran separadas por una junta o una grieta y que suceden por cargas repelativas. El valor recomendado para los diseños es 2,5 mm.

15.- Dren lateral. Este parámetro debe ser evaluado por el diseñador dependiendo de la zona donde se emplazará el proyecto y de las características de éste.

16.- Temperatura media anual. El modelo para diseño requiere conocer la temperatura media anual de la zona donde se emplazará el proyecto, se recomienda adoptar el promedio de al menos un período de 10 años. Si no se dispone de esta información se pueden utilizar las temperaturas medias anuales indicadas en la Tabla 3.604.210.A del MC-V3.

17.- Diferencia de temperaturas de construcción y media anual. Es la temperatura del hormigón al momento de construcción menos la temperatura media anual, la cual va a representar la retracción térmica del hormigón desde su construcción. La temperatura del hormigón al momento de la colocación se debe estimar para cada proyecto dependiendo de su ubicación.

18.- Características de la subbase. Los pavimentos de hormigón de losas de espesor optimizado consideran, a diferencia de los pavimentos de hormigón tradicional, exigencias mayores a la subbase granular que se colocará directamente bajo este pavimento. El objetivo es que esta capa cumpla dos funciones principales: la primera, debido al menor espesor del pavimento, aumentar la capacidad estructural del sistema; y la segunda, proveer una capa que no se erosione bajo la junta del pavimento. Por esto, el material a utilizar dependerá del tránsito, espesor del pavimento y precipitaciones del lugar donde se emplace el proyecto.

Se utilizará subbase granular CBR \geq 80% en cualquiera de las siguientes situaciones:

- Pavimentos de espesor menor a 12 cm en toda condición de clima.
- Espesor del pavimento mayor o igual 12 cm y precipitaciones mayores a 800 mm al año.
- Tránsito mayor a 25.000.000 EE

En todos los demás casos, incluidos todos los pavimentos con fibra, se utilizará subbase granular CBR \geq 50%.

La Tabla 3.604.208.A del MC-V3 incluye valores que permiten estimar el módulo de elasticidad de la subbase granular que se utilice.

Las especificaciones técnicas son las descritas en el Sección MC-V5 con las siguientes modificaciones: la subbase granular deberá tener un porcentaje de finos bajo malla # 200 entre 0% y 8% y deberá ser colocada en todo el ancho de la calzada, incluida la berma. En caso de tener penetración de heladas los materiales a utilizar serán de graduación abierta según el MC-V5. En Anexo N°6 se incluye un modelo de especificación para estos materiales.

19.- Geotextil. Esta tecnología considera la colocación de un geotextil bajo la subbase granular para evitar contaminación de esta capa con finos provenientes de la subrasante. El geotextil debe tener las siguientes propiedades mínimas:

- Resistencia a la tracción \geq 480 N (medido según norma ASTM D4632)
- Resistencia al punzonamiento \geq 290 N (medido según norma ASTM D4833)
- Abertura Aparente de Poros \leq 0,16 mm (medido según norma ASTM D4751)
- Resistencia al Reventado \geq 950 KPa (medido según norma ASTM D3786)

En caso de tener un pavimento existente bajo la nueva estructura ya sea bajo el hormigón o bajo la subbase granular no se colocará el geotextil ya que el pavimento existente impide la subida de finos, salvo en sectores que se encuentren muy deteriorados, como se indica en Anexo N°7. En este caso, tampoco se colocará el geotextil en la berma.

En Anexo N°7 se indican las especificaciones y procedimiento constructivo para el geotextil a utilizar en estas aplicaciones.

20.- Verificación del escalonamiento sin barras de traspaso de cargas. Para que el diseño sea aceptable, y salvo que la Dirección de Vialidad acepte para un caso específico otro valor, el escalonamiento no debe superar los 5 mm. Se debe tener en consideración que en la gran mayoría de los casos, un escalonamiento excesivo no se soluciona simplemente aumentando el espesor del pavimento. El escalonamiento se disminuye aumentando el espesor, diseñando con losas más cortas, aumentando el espesor de la base o incorporando barras de traspaso de cargas en las juntas.

Para verificar la magnitud de los escalonamientos se utilizan modelos desarrollados por la FWHA ya que consideran variables semi-mecanicistas y permiten considerar el nuevo tamaño de losa, la apertura de la fisura bajo el corte y espesores de pavimento de hasta 8 cm. Estos modelos se encuentran en revisión, sin embargo corresponden a la información disponible más reciente para este tipo de pavimentos y para las condiciones nacionales (modelo en unidades imperiales).

$$FAULT = ESAL^{0.23} \times \left[\begin{array}{l} 0,000038 + 0,0183 \cdot (100 \cdot OPENING)^{0,5585} \\ + 0,000619 \cdot (100 \cdot DEFLAMI)^{1,7729} + 0,04 \cdot \left(\frac{FI}{1000}\right)^{1,981} \\ + 0,00565 \cdot BTERM - 0,0077 \cdot EDGESUP - 0,00263 \cdot STYPE \\ - 0,00891 \cdot DRAIN \end{array} \right] \quad (\text{ec. 20.1})$$

Donde:

- *FAULT* = Promedio de escalonamiento a través de la juntas transversales.
- *ESAL* = Ejes equivalentes.
- *OPENING* = Apertura de la grieta bajo el corte transversal, para la condición climática que genera la mayor apertura.
- *FI* = Índice congelamiento (grados-días)
- *EDGESUP* = Índice de soporte de borde (0 si no hay, 1 si existe)
- *STYPE* = Tipo de subrasante (0 si es A-4 a A-7 y 1 si es A-1 a A-3, parámetros AASHTO)
- *DRAIN* = Condición de drenaje; 0 sin presencia de dren, 1 si existe.
- *BTERM* = Tipo de base, se define según la siguiente ecuación:

$$BTERM = 10 \cdot \left[ESAL^{0,2076} \left(\begin{array}{l} 0,045456 + 0,05115 \cdot GB + 0,007279 \cdot CTB + 0,003183 \cdot ATB \\ - 0,003714 \cdot OGB - 0,006441 \cdot LCB \end{array} \right) \right]$$

Tipo de base a utilizar donde el valor de variable toma 1 y el resto 0

- GB = Base granular
- CTB = Base tratada con cemento
- ATB = Base tratada con asfalto
- OGB = Base asfáltica abierta
- LCB = Base de hormigón

- *DEFLAMI* = deflexión de esquina, se define según la siguiente ecuación (tonides):

$$DEFLAMI = p \cdot \frac{\left(1,2 - \frac{0,88 \cdot 1,4142 \cdot a}{l} \right)}{KSTAT \cdot l^2}$$

Donde:

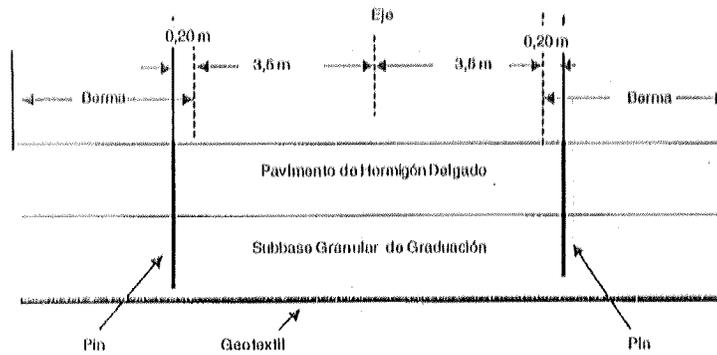
- *KSTAT* = Módulo de reacción estático de la superficie de la Base *Kc*
- *a* = Superficie de contacto rueda
- *l* = Radio de rigidez relativa.

21.- Diseño de juntas. Las juntas tienen por objetivo reducir las tensiones superficiales y permitir la expansión y contracción del pavimento, con lo que disminuyen las tensiones provocadas por cambios ambientales, tales como de temperatura y humedad y las que origina la fricción pavimento/base; asimismo, facilitan la construcción. Se deben considerar los siguientes cuatro tipos de juntas:

- i) *Juntas de reducción de tensiones superiores*: Los pavimentos de losas optimizadas basan su funcionamiento en que no se produzca flexión debido a la interacción de cargas colocadas sobre las losas, es decir sólo una rueda carga una losa a la vez. Para realizar esto, el pavimento se construye de forma continua y se genera una junta que produce el efecto mencionado. Por esto las dimensiones de las losas se diseñan antes del cálculo del espesor.
- ii) *Juntas de contracción*: destinadas a aliviar las tensiones causadas por los diferenciales de temperatura y humedad y por la fricción; son por lo tanto, para controlar el agrietamiento. El método de diseño que se presenta permite definir la distancia entre juntas que resulta más adecuada para cada circunstancia. Normalmente las juntas mencionadas en el punto anterior son menos espaciadas que las de contracción, por lo que estas no son necesarias.
- iii) *Juntas de expansión*: destinadas a dejar un espacio para que el pavimento pueda expandirse. Se utilizan solamente en la zona de contacto entre un pavimento con una estructura o con otro pavimento en una intersección.
- iv) *Juntas de construcción*: que facilitan la construcción del pavimento. Este tipo de junta debe llevar algún método de traspaso de carga, ya sea por barras de traspaso o barras de amarre que aumenten el roce de la unión.

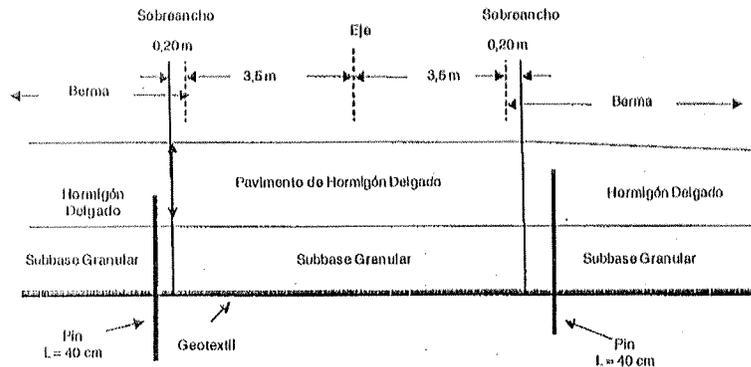
22.- **Estructuración.** Los pavimentos de hormigón con losas espesor optimizado que se diseñen bajo los términos que señala en el presente documento y salvo, instrucción o aprobación especial de la Dirección de Vialidad, deberán ajustarse a los siguientes términos generales:

- a) Deben diseñarse con una subbase granular mínimo de 120 mm de espesor compactado con un CBR no menor a 50%. La cantidad de finos bajo la malla #200 no deberá ser mayor a 8%.
- b) Se deberá colocar un geotextil entre la subrasante y la subbase granular cuando se cumplan al menos dos de los tres siguientes casos:
 - Tránsito mayor a 1.000.000 EE
 - Precipitaciones mayores a 800 mm al año
 - Subrasante con CBR < 20%
- c) Cuando el pavimento de hormigón más la subbase sean colocados directamente sobre un pavimento asfáltico existente se debe considerar la colocación de geotextil sólo en las siguientes situaciones:
 - Cuando el pavimento existente presente agrietamiento por fatiga (geotextil se coloca sólo en las zonas deterioradas en todo el ancho de la pista).
 - Cuando se desplace el eje de la calzada.
 - Cuando el ancho de la nueva pista es mayor a la existente (geotextil se coloca sólo en ensanche).
- d) Juntas de reducción de tensiones superiores se distanciarán entre 1,4m y 2,2m, dependiendo del diseño. En cualquier caso, la distancia entre juntas es uno de los parámetros que intervienen en el diseño, por lo que se deberá analizar cuál es la distancia más conveniente para cada proyecto en especial.
- e) Para evitar movimientos laterales en pavimentos de hormigón sin fibra, éstos deberán ser confinados con pines o barras de hierro estriado colocados al borde del pavimento. La ubicación de los pines dependerá del tipo de berma que considera el proyecto como se indica a continuación:
 - *Berma granular o asfáltica*: se deben instalar barras de hierro estriado (pines) de calidad A44-28H o superior de 16 mm de diámetro y 0,4 m de longitud, las cuales en uno de sus extremos deberán ser cortadas a 45° generando una punta para su hincamiento. Se colocan dos barras por losa a una distancia de 50 cm de la junta. Los pines se entierran de forma tal que su parte superior quede 0,05 m por debajo de la superficie del pavimento y se deben instalar en el borde del pavimento como se muestra en el siguiente esquema:



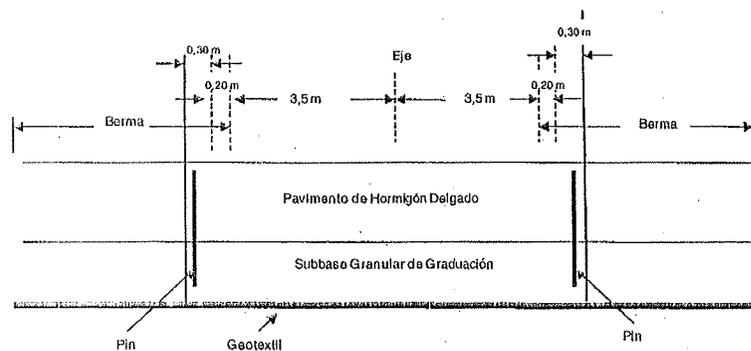
I.

- *Berma de hormigón:* se deben instalar barras de fierro estriado (pines) de calidad A44-28H o superior de 16 mm de diámetro y 0,4 m de longitud, las cuales en uno de sus extremos deben ser cortadas a 45° generando una punta para su hincamiento. Se colocan dos barras por losa a una distancia de 50 cm de la junta. Los pines se entierran de forma tal que su parte superior quede 0,05 m por debajo de la superficie del pavimento. Los pines deben quedar a mínimo 20 cm del borde de la losa exterior y empotrados en el hormigón de la berma como se muestra en el siguiente esquema:



- En caso de utilizar hormigón con fibra estos pines no son necesarios.
 - En Anexos N°4 y N°5 se indican especificaciones tipo para este confinamiento.
- f) En proyectos con berma granular o asfáltica y que presenten sectores de curvas con radios menores a 150 m se deberá considerar, en estos sectores, un sobreaño del pavimento de hormigón de 30 cm. Los pines deberán quedar empotrados en el hormigón del sobreaño adicional de 30 cm, debiendo ubicarse en la mitad de este sobreaño, como se muestra en el siguiente esquema:

El ancho máximo de la losa exterior debe ser de 195 cm por lo que se debe considerar un corte adicional para mantener la modelación de diseño.



- g) En proyectos con berma de hormigón y que presenten sectores de curvas con radios menores a 150 m se deberán colocar, en estos sectores, barras de amarre en la junta calzada-berma y en el borde interno de la curva.
- h) Se recomienda en todos los casos, salvo cuando se utilice vereda, diseñar el pavimento con un sobreaecho de 20 cm. Se deberá especificar la demarcación de la línea lateral del pavimento en la losa exterior, a 20 cm del borde, de modo que el tránsito circule en pistas de 3,5 m de ancho. La Figura N°4 muestra un esquema tipo de esta condición. El sobreaecho de 20 cm se puede considerar parte de la berma.

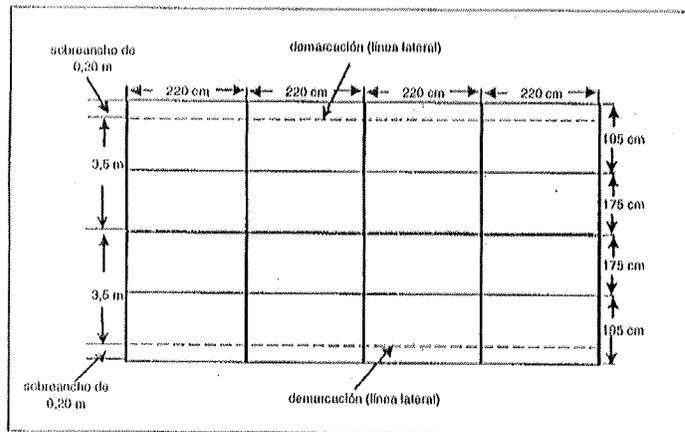


Figura N°4: Esquema tipo de losas

- i) El pavimento no lleva barras de traspaso de carga, sin embargo en caso de requerirse y en las juntas de construcción transversal se deberá considerar lo siguiente:
- Para pavimentos de más de 15 cm de espesor las barras de traspaso de carga deberán ser de acero lisas, de 25 mm de diámetro y de 35 cm de longitud. Deberán ser colocadas cada 30 cm en la mitad del espesor de la losa y perfectamente alineadas en el sentido longitudinal del camino.
 - Para pavimentos de menos de 15 cm de espesor las barras de transferencia de carga deberán ser planas (barras en forma de diamante). También pueden utilizarse barras de amarre estriadas de 10 mm de diámetro, de 65 cm de longitud y colocadas a una separación 50 cm.
- j) En juntas de construcción longitudinal se deberán colocar barras de amarre. La configuración de estas barras deberá ser calculada específicamente para cada proyecto ya que depende del número de pistas y del espesor de la losa. En términos generales se recomienda considerar lo siguiente:
- Para pavimentos de más de 12 cm de espesor, las barras de amarre deberán ser de acero grado A63-42H ó A44-28H, estriadas, de 12 mm de diámetro y 65 cm de longitud. Deberán colocarse espaciadas cada 75 cm, en forma perpendicular al eje longitudinal del camino y en el centro del espesor de la losa. En caso que el pavimento se construya en el ancho total (dos pistas), estas barras no se deben colocar.
 - Para pavimentos de menos de 12 cm de espesor, las barras de amarre deberán ser de acero grado A63-42H ó A44-28H, estriadas, de 10 mm de diámetro y 65 cm de longitud. Deberán colocarse espaciadas cada 75 cm, en forma perpendicular al eje longitudinal del camino y en el centro del espesor de la losa. En caso que el pavimento se construya en el ancho total (dos pistas), estas barras no se deben colocar.
- k) Cualquiera fuere el espesor resultante al aplicar las relaciones que se incluyen en este anexo, los pavimentos de hormigón de losas optimizadas a diseñar para la Dirección de Vialidad deberán tener entre 80 mm y 220 mm de espesor.

23.- Programa computacional. El diseño de pavimentos descrito en el presente documento puede realizarse con la ayuda del programa computacional OptiPave.

ANEXO N°2

HORMIGONADO DE PAVIMENTO EN TIEMPO FRÍO

Se entenderá por tiempo frío, un período en el que por más de tres días consecutivos se den las siguientes condiciones:

- La temperatura media diaria del aire sea inferior a 5°C.
- La temperatura del aire no sea mayor de 10°C durante más de la mitad del tiempo de un período de 24 horas.

La temperatura media diaria del aire es el promedio de las temperaturas más altas y más bajas que se producen durante un período comprendido entre medianoche y medianoche.

Temperatura de colocación del hormigón.

El hormigón en el momento de colocación en las canchas deberá tener una temperatura mínima de 13°C (según Tabla 5.501.311.A).

TABLA 5.501.311.A
TEMPERATURA DE COLOCACION DEL HORMIGÓN

ESPESOR DEL ELEMENTO A HORMIGONAR	INFERIOR A 30 cm	ENTRE 30 y 90 cm	ENTRE 90 y 180 cm	SUPERIOR A 180 cm
Temperatura mínima de colocación del hormigón:	13°C	10°C	7°C	5°C

El hormigón que esté expuesto a ciclos de hielo y deshielos deberá contener aditivos incorporadores de aire.

Temperatura de elaboración o mezclado del hormigón

La temperatura del hormigón en el momento de la colocación siempre deberá ser cercana de las temperaturas mínimas dadas en la tabla 5.501.311 A, y en ningún, caso deberá ser superior al valor mínimo en más de 11°C.

La temperatura del hormigón en la etapa de mezclado, está dada por la tabla 5.501.311.B, en que esta temperatura dependerá de la temperatura de colocación y de la temperatura ambiente. A medida que disminuye la temperatura ambiente, la temperatura de mezclado del hormigón deberá ser mayor para compensar la pérdida de calor en el intervalo entre la preparación y la colocación. Sin embargo se recomienda que la temperatura de la mezcla no sea mayor de los valores mínimos en más de 8°C ya que temperaturas sensiblemente mayores a las señaladas producen rigidización prematura del hormigón y agrietamientos.

TABLA 5.501.311.B
TEMPERATURA DE ELABORACION DEL HORMIGÓN

TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DE COLOCACION			
	13°C	10°C	7°C	5°C
	TEMPERATURA REQUERIDA EN LA HORMIGONERA			
0°C a 5°C	16°C	13°C	10°C	7°C
-18°C a 0°C	18°C	16°C	13°C	10°C
Menor que -18°C	21°C	18°C	16°C	13°C

Procedimientos para obtener la temperatura en la Hormigonera

Calentamiento del agua: la temperatura del agua deberá ser inferior a 60°C. Se deberán establecer los controles necesarios para obtener temperaturas uniformes en todas las amasadas.

Calentamiento de los áridos: Los áridos se deberán calentar con vapor de agua rechazándose el uso de vapor seco, se deberá obtener una temperatura uniforme de la amasada inferior a 40°C. La hormigonera se cargará con el agua y los áridos. El cemento se deberá vaciar posteriormente cuando haya una temperatura mayor y uniforme dentro de la hormigonera. No se aceptará uso de materiales congelados o con hielo.

Se aceptarán otros procedimientos que produzcan efectos similares a los señalados.

Etapa de protección y curado

Para la etapa de protección y curado se deberá mantener el hormigón en un ambiente saturado evitando la pérdida de agua, cambios bruscos de temperatura del hormigón y la preservación de éste de acciones externas, como viento, lluvias, nieve, cargas, etc. Estas condiciones se deberán mantener especialmente hasta que el hormigón haya desarrollado suficiente resistencia para soportar los esfuerzos térmicos, los cuales pueden producir agrietamiento y ser perjudicial para la resistencia y durabilidad. La resistencia deberá ser controlada mediante el Método de la Madurez.

Para el curado del hormigón se deberá aplicar membrana de curado en toda la superficie de acuerdo a lo indicado en el Numeral 5.410.308 del MC-V5.

Protección inicial: Mientras el pavimento de hormigón se encuentre en condición saturada, y en caso de temperaturas ambientales que permitan congelar el agua, la protección de éste deberá ser especialmente cuidadosa hasta alcanzar una resistencia mínima a flexotracción de 0,4 Mpa. Tampoco se debe permitir que el hormigón se congele y descongele antes de desarrollar una resistencia a flexotracción de 3,0 MPa. Las esquinas y bordes del hormigón son más vulnerables a la congelación por lo que se deberá tener especial cuidado.

Se deberá mantener un sistema de protección para asegurar la durabilidad y resistencia que permita mantener la temperatura de colocación indicada, mediante aislantes térmicos, calefacción, u otro medio, durante un período mínimo de acuerdo a lo indicado en la tabla 5.501.311.E del MC-V5.

TABLA 5.501.311.E
VALORES DE RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL HORMIGON RESPECTO DE LA
TEMPERATURA AMBIENTE

TEMPERATURA MEDIA DIARIA DEL AMBIENTE PREVISTA PARA EL PERIODO DE CURADO	% DE LA RESISTENCIA ESPECIFICADA DE PROYECTO f_c
Sobre 0°C	50
De 0°C a -4°C	65
De -5°C a -9°C	85
Menor de -9°C	95

El porcentaje de la resistencia especificada se deberá controlar por el método de la madurez.

** **Proyektista debe incluir el Anexo N°3 como parte del contrato****

Etapa final de protección: Al final del período de protección, el hormigón debe ser enfriado gradualmente para reducir posibles agrietamientos por diferencial de tensiones. El descenso de la temperatura de la superficie del hormigón no deberá exceder de 28°C

durante las primeras 24 horas de retirada la protección. Esto se puede lograr poco a poco reduciendo las fuentes de calor o permitiendo que permanezca el aislamiento, esencialmente hasta que el hormigón haya alcanzado el equilibrio con la temperatura ambiente media.

Sistemas de protección

La protección se puede realizar mediante colocación de capas protectoras de material aislante térmico en contacto directo con el hormigón y de un espesor adecuado a las condiciones de temperatura ambiente, para ello se puede usar: mantas o frazadas industriales, estereras, lonas o láminas de materiales aislantes térmicos o cualquier sistema de calefacción húmeda teniendo la precaución de que el sistema utilizado no emita dióxido de carbono ni provoque concentraciones de calor. Además, en caso de lluvias la protección deberá tener un recubrimiento plástico expuesto al ambiente para evitar el lavado de la superficie del hormigón.

Al utilizar mantas de protección, éstas deben ser de superficie lisa de modo que no alteren la textura del pavimento y de un tamaño apropiado que cubra más allá de los bordes del pavimento de modo que el afianzamiento de ésta se realice fuera del pavimento y lejos de estos; el contratista tomará todas las precauciones necesarias para evitar el descenso de los bordes.

En caso de ocurrir alguno de estos problemas será el Contratista quien deba reparar tanto la textura superficial como los bordes o centro del pavimento o cualquier otra alteración, previa autorización del Inspector Fiscal.

ANEXO N°3

MÉTODO DE MEDICIÓN DE MADUREZ (según ASTM C1074)

El concepto de madurez permite correlacionar la madurez del hormigón con la resistencia de éste. Es una técnica que considera los efectos combinados de tiempo y temperatura que afectan el desarrollo de la resistencia en el hormigón, proporciona un método relativamente simple y confiable para las estimaciones de resistencias tempranas en el hormigón y permite estimar las resistencias de un hormigón bajo condiciones de temperatura variable.

Con el fin de poder utilizar este método se presenta a continuación el procedimiento a seguir:

Lo primero es establecer la curva madurez versus resistencia de cada hormigón de la obra. Para esto se requiere de una serie de probetas (de compresión o flexotracción según sea el caso) que se curen en forma igual y que se ensayen en laboratorio.

Al inicio del contrato y cada vez que cambie la dosificación del hormigón el Contratista deberá determinar la curva madurez - resistencia a la flexotracción o compresión del hormigón, según sea el caso, la cual deberá ser determinada junto con la dosificación y presentada al Inspector Fiscal. Para esto deberán moldearse 17 probetas prismáticas o cilíndricas del hormigón a calibrar, las que serán curadas según lo indicado en la especificación 8.402.9 del MC-V8. Se colocará un sensor para medir madurez en una de las probetas, el cual debe ubicarse al centro del hormigón de esta probeta de control (esta probeta no se ensaya). Las 16 probetas restantes se ensayarán en laboratorio a la flexotracción o compresión, según sea el caso, a las siguientes edades: 2, 3, 5, 7, 10, 14, 21 y 28 días (dos probetas por cada edad de ensaye y se calcula el promedio de ellas). Se deberá medir y registrar la madurez de la probeta de control cada vez que se realice el ensaye (mediciones simultáneas). El Contratista deberá confeccionar una banda de trabajo con una tolerancia de $\pm 10\%$ en resistencia respecto de la curva original.

La curva presentada por el contratista podrá ser verificada por el Laboratorio de Vialidad, el cual tomará sus propias muestras para validar la curva. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia.

El Contratista deberá colocar un sensor para medir madurez en el hormigón vaciado por el último camión de cada una de las jornadas de pavimentación. Estos sensores deberán ubicarse al menos 20 cm alejados del borde, en la mitad del espesor de la losa y alejado de cualquier enfierradura. El Contratista deberá informar a la Inspección Fiscal la ubicación de cada uno de los sensores de madurez (kilómetro y pista).

El Contratista deberá verificar la curva de madurez - resistencia de acuerdo a los siguientes criterios:

- En caso de superficies de pavimentos menores o iguales a 35.000 m²: al menos una vez en el contrato.
- En caso de superficies de pavimentos mayores a 35.000 m²: al menos dos veces en el contrato.

Para esto deberá determinar la curva madurez - resistencia a flexotracción o compresión, según corresponda, a 3, 7, 14, 21 y 28 días según procedimiento indicado anteriormente. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia. La curva podrá ser verificada con muestras obtenidas de la cancha de calibración, si es que se especifica, o en los primeros 100 m a pavimentar en el contrato.

ANEXO N°4

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

PAVIMENTO DE HORMIGÓN DELGADO DE CEMENTO HIDRÁULICO CON FIBRA ESTRUCTURAL (m³)

1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES

Esta partida se refiere a la construcción de pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico con fibra estructural, según los perfiles tipo del Proyecto, en los lugares y dimensiones que indiquen los planos y documentos del Proyecto, e instrucciones de la Inspección Fiscal. Su construcción se regirá por lo señalado en la Sección 5.410 del MC-V5 y lo estipulado en la presente especificación.

2. MATERIALES

Los materiales a emplear en la construcción del pavimento de hormigón delgado con fibra estructural, deberán cumplir con lo señalado en el Tópico 5.410.2 del MC-V5 y lo siguiente:

El Contratista deberá asegurar la calidad y homogeneidad de los áridos en su fuente de producción, previo a su traslado al sector de fabricación de hormigón. Para esto, deberá solicitar su recepción a la Inspección Fiscal, presentando los análisis que correspondan por cada tipo de árido y por cada 500 m³ a emplear. El Contratista podrá proponer otra frecuencia de ensaye en virtud del volumen de hormigón a colocar, la cual deberá ser aprobada por el Inspector Fiscal.

El hormigón deberá ser confeccionado con cemento hidráulico de alta resistencia, con una dosis de cemento de mínimo 300 Kg/m³ y tamaño máximo absoluto del árido grueso de 40 mm. Cuando el espesor del pavimento sea menor a 12 cm el contenido máximo de árido grueso de 40 mm deberá ser de un 10% respecto al total de los áridos.

La fibra estructural deberá ser sintética y cumplir con lo especificado en la norma ASTM C1116, para esto, el Contratista deberá presentar a la Inspección Fiscal un certificado que acredite que la fibra cumple con la norma mencionada.

El Contratista deberá presentar la documentación que acredite la adquisición de la cantidad de fibra a utilizar en todo el contrato. Cada unidad que contenga fibra (saco, caja u otra) deberá tener rotulado la marca, tipo de fibra y peso neto, que corresponda a lo acreditado por el Contratista. La fibra deberá ser recibida en faena con envoltorio y etiqueta original de fábrica.

En caso de contratos ubicados en zonas que estén sometidas a ciclos de hielo y deshielos, se deberá usar un incorporador de aire, el cual deberá cumplir con los requisitos estipulados en ASTM C-260 y deberá ser previamente aprobado por la Inspección Fiscal.

3.- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Los trabajos se efectuarán en conformidad con lo estipulado en los Tópicos 5.410.3 del MC-V5 y lo siguiente:

Cada unidad que contenga fibra deberá protegerse de daños durante su transporte, del agua, de la luz solar y contaminantes, debiéndose mantener la envoltura original sellada (saco, caja u otra) hasta que el material sea utilizado en la obra. El producto deberá ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

La resistencia característica mínima a la flexotracción del hormigón será la considerada en el diseño de pavimentos a los 90 días con 20% de fracción defectuosa. Además el hormigón deberá cumplir con una resistencia residual promedio de 1,0 MPa en L/150 según norma ASTM 1609 a los 90 días. Se deberá considerar viga de 15 cm x 15 cm x 50 cm para ensaye de resistencia residual.

**** Proyectista debe indicar la resistencia a flexotracción a especificar ****

No se podrá utilizar hormigón tipo Fast Track.

Si el contrato se encuentra ubicado en zonas con ciclos hielo – deshielo, el porcentaje de aire incorporado en el hormigón será de 5,0% con una tolerancia de $\pm 0,5$ (%).

La dosificación del hormigón deberá indicar el contenido de aditivo incorporador de aire, si corresponde, además de la identificación de la fibra y la cantidad de ésta que se utilizará para cumplir con la resistencia residual especificada. Se deberá verificar que las propiedades del hormigón con fibra cumplen con lo especificado confeccionando hormigones de prueba, lo cual deberá ser informado en la dosificación.

Se deberá realizar un control periódico del porcentaje de aire incorporado (si corresponde) y en la eventualidad de que no se cumpla con el porcentaje especificado, se rechazará la partida y el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias para estar dentro de los rangos especificados. Para la medición del porcentaje de aire incorporado (si corresponde) se deberán tomar muestras según la Especificación 8.402.6 del MC-V8 y el porcentaje de aire en la mezcla se deberá controlar con un medidor de presión (Airímetro), previamente calibrado.

La incorporación de fibra al hormigón deberá realizarse en planta mediante un dosificador u otro medio mecánico que asegure una distribución homogénea de fibra dentro de la masa de hormigón.

El control de la cantidad de fibra deberá ser realizado determinando el consumo diario de fibra al finalizar cada jornada de trabajo. Se aceptará la jornada de trabajo si el consumo real de fibra es mayor o igual a la cantidad teórica prevista según la dosificación.

El Contratista deberá determinar la dosis de fibra cada 250 m³ de hormigón producido. Para esto deberá medir la cantidad de fibra en peso seco para un volumen conocido de hormigón no menor a 15 lt, según el siguiente procedimiento:

- Colocar el volumen conocido de hormigón fresco en un recipiente con agua.
- Agitar manualmente hasta disgregar el hormigón dentro del agua de modo que la fibra flote.
- Recuperar la fibra en suspensión y lavarla.
- Secar la fibra recuperada en horno de convección forzada a una temperatura no mayor a la especificada por el fabricante, hasta masa constante.
- Pesar la cantidad de fibra.
- Calcular contenido de fibra por m³ de hormigón e informar
- Esta medición podrá ser realizada en planta o en camión. Se deberá informar el origen del muestreo junto con los resultados.

Se deberá realizar control de uniformidad de acuerdo a lo indicado en la Norma NCh. 1789 al menos dos veces en el contrato, si se cambia la planta hormigonera y al menos una vez por dosificación.

El hormigón deberá tener suficiente mortero que asegure un rayado superficial adecuado (se recomienda al menos 3 mm de profundidad) de modo de cumplir con los valores de macrotextura exigidos.

Bajo ninguna circunstancia el Contratista comenzará la pavimentación antes de obtener la visación de la dosificación. La Inspección Fiscal aplicará una multa de 5 U.T.M. por cada día de incumplimiento de esta disposición y el pavimento ejecutado fuera de los rangos que en definitiva apruebe el Laboratorio de Vialidad, será penalizado en conformidad a lo especificado en la Sección 5.410 del MC-V5.

Previo a la colocación del hormigón, la superficie de la subbase granular deberá conservarse limpia y compacta hasta que el hormigón sea vaciado sobre ella.

En caso que la pavimentación se realice con equipos de moldes deslizantes se deberá cumplir con lo indicado en 5.410.306(2) del MC-V5. Además, previo a la colocación del hormigón, el Contratista deberá presentar un informe de un Ingeniero Civil Mecánico de al menos 5 años de experiencia en equipos pavimentadores para certificar que el tren a utilizar en la pavimentación cumple con las siguientes exigencias:

- Tren funcionando en buen estado, sin pérdidas de aceite ni líquidos hidráulicos.
- Sensores en buen funcionamiento y con sensibilidad de fábrica.
- Sistema hidráulico de nivelación en funcionamiento, de acuerdo a especificaciones del fabricante.
- Sistema de reparo frontal del hormigón en buen funcionamiento, de acuerdo a especificaciones del fabricante.
- Cantidad de vibradores según fabricante y en buen estado de funcionamiento.
- Frecuencia y amplitud de vibradores según fabricante.

En caso que el tren pavimentador no cumpla con las exigencias indicadas anteriormente, el Contratista deberá presentar un informe que avale las reparaciones realizadas, el cual deberá ser aprobado por el Ingeniero Mecánico e informado al Inspector Fiscal. Si se utiliza más de un tren pavimentador se deberá aplicar el procedimiento antes señalado a cada equipo de modo de verificar que cumplen con las exigencias antes señaladas.

Los primeros 100 m lineales a pavimentar en el contrato servirán de cancha de calibración para el proceso constructivo. En estos 100 m el Contratista deberá probar el funcionamiento de los equipos, proceso de colocación y compactación, metodología de trabajo y demás actividades asociadas a la construcción del pavimento de hormigón, como aserrado de las losas y métodos de curado, entre otros. Además deberá realizar al menos un control de uniformidad según la Norma NCh 1789. Previo al inicio de la pavimentación del resto del contrato, el Contratista deberá resolver todas las observaciones que realice la Inspección Fiscal producto de la pavimentación de estos primeros 100 m y demostrar las mejoras en el procedimiento constructivo. La Dirección de Vialidad podrá efectuar los ensayos que estime conveniente en la cancha de calibración.

El moldaje deberá ser liso. No se utilizará llave de traspaso de carga (rodón) en la junta longitudinal. En caso especificar pavimentación con moldes deslizantes, durante las faenas de pavimentación, se deberá tener la capacidad para proporcionar al menos 50 m³/hr de hormigón al tren pavimentador por pista.

La temperatura del hormigón deberá ser inferior a 35°C.

Cuando la faena de hormigonado ocurra en clima con bajas temperaturas (hormigonado en tiempo frío) se deberá considerar como caso especial y registrá lo estipulado en el Anexo N°2 del presente contrato.

****Proyectista deberá incluir el Anexo N°2 del presente documento como Anexo en ETE del contrato, se recomienda mantener la numeración del anexo****

El Contratista deberá tener presente las condiciones climáticas del sector donde se ubica el contrato de modo de pavimentar cuando las condiciones de temperatura ambiente, humedad relativa del aire y velocidad del viento sean favorables para ello, además deberá tomar todas las precauciones constructivas para disminuir el alabeo de construcción.

Cualquier desplome o asentamiento del borde del pavimento, se corregirá antes de que el hormigón haya endurecido, colocando moldajes contra la losa, agregando hormigón y luego realizando una terminación manual, que proporcione la misma terminación final indicada en el numeral 5.410.307 (1) del MC-V5.

En relación a lo establecido en el Numeral 5.410.307 del MC-V5, se agrega la prohibición de añadir agua a la superficie del hormigón para ayuda en las operaciones de terminación.

Inmediatamente terminada la colocación del hormigón y antes que comience la evaporación del agua superficial se deberá aplicar un retardador de evaporación en base a alcohol alifático, el cual se colocará cuando el hormigón se encuentre en estado fresco. Este producto reductor de evaporación de la humedad superficial deberá ser capaz de reducir la evaporación y no afectar la resistencia inicial y final del hormigón.

Una vez terminada la faena de construcción, se aplicará una membrana de curado en base a resina en dos aplicaciones, la que deberá cumplir con lo indicado en 8.401.2 del MC-V8. Se deberá repasar la membrana de curado después de realizado el corte de las losas en las zonas donde se cortó. Si se usa membrana de curado en base acuosa, ésta deberá ser compatible con la aplicación del alcohol alifático para cumplir con lo indicado en 8.401.2 del MC-V8.

Una vez que fragüe la membrana de curado, el pavimento deberá ser cubierto por un período de al menos 7 días con un geotextil del tipo agujerado o manta térmica, el cual deberá mantenerse permanentemente húmedo para evitar el fisuramiento por retracción.

No se podrá efectuar faenas de hormigonado en presencia de lluvia. El Inspector Fiscal aplicará una multa de 5 U.T.M. por cada vez que se incumpla esta disposición.

En caso que por las condiciones climáticas (principalmente lluvia) se requiera el uso de techo móvil (independiente del uso de geotextil o manta térmica), éste deberá proporcionarlo el Contratista según lo establecido en el Numeral 5.410.308(2) del MC-V5 y deberá tener una longitud no inferior a 120 m y además deberá proveer una protección adecuada al pavimento fresco con respecto a la acción de las lluvias, no aceptándose pavimentos que a juicio de la Inspección Fiscal presenten daños en su superficie y/o bordes. En caso de requerirse, los techos deberán estar habilitados a un costado del sector que se quiere pavimentar. Alternativamente, el Contratista podrá proponer otro método para proteger el pavimento de las condiciones climáticas que puedan afectar su superficie.

Si el pavimento se ve afectado por una lluvia totalmente imprevista, el Contratista deberá verificar que la textura superficial del sector afectado cumple con lo especificado en el Numeral 5.410.315(5) del MC-V5. En caso de incumplimiento las losas afectadas deberán ser repuestas por el Contratista a su entero costo.

Las losas deberán tener las dimensiones consideradas en el diseño de pavimentos, según lo indicado en el punto N°2 del Anexo N°1 del presente documento. **** El proyectista debe indicar la dimensiones de las losas****

En casos puntuales tales como sectores de empalme, sectores en curva y cruces entre otros, el largo de las losas podrá variar entre 230 cm y 140 cm y el ancho podrá variar entre 150 cm y 195 cm, manteniendo una relación 4:3, lo cual deberá ser aprobado por la Inspección Fiscal.

Todas las juntas (transversales y longitudinales) deberán ser aserradas utilizando un sistema autopropulsado con una sierra de espesor menor o igual a 2,5 mm, a 1/3 del espesor de la losa como mínimo. Bajo ninguna circunstancia se podrá colocar tablillas para materializar juntas de contracción. Se deberá cortar las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento a partir del momento en que se pueda colocar una máquina de corte sobre la superficie de rodado sin dejar marcadas las huellas.

El contratista deberá considerar el endurecimiento del hormigón y la temperatura ambiente para definir el momento cuando se debe efectuar el corte de juntas, el cual deberá realizarse lo antes posible para evitar fisuras por retraso de corte y disminuir tensiones de alabeo en las losas.

El sistema de aserrado deberá ser probado para evaluar su efectividad en cuanto a la profundidad del corte que se especifica. La Inspección Fiscal deberá aprobar el sistema, el cual no debe producir desconches de los bordes de los cortes.

Para el aserrado de las losas el Contratista deberá disponer de recursos, equipos y sierras de corte en cantidades suficientes que le permitan llevar un avance acorde al fraguado del hormigón y así evitar el agrietamiento del pavimento por retracciones. Las juntas longitudinales y transversales no serán selladas.

El pavimento no llevará barra de traspaso de carga, ni de amarre, salvo en los siguientes casos:

- *Junta de construcción transversal:* **especificar barras de traspaso de carga según lo indicado en el Anexo N°1 (punto 22, letra i) del presente documento.**
- *Junta de construcción longitudinal:* **especificar barras de amarre según lo indicado en el Anexo N°1 (punto 22, letra j) del presente documento.**

El hormigón que se coloque en una pista adyacente a una ya construida deberá ser vibrado en el borde contiguo a la junta realizada. En este caso se deberá cortar la parte superior de la junta con el tipo de sierra descrito en esta especificación.

Durante la ejecución de la faena de hormigonado, el Contratista deberá realizar los controles del hormigón fresco indicados en 5.410.314 del MC-V5. Las muestras para ensaye deberán ser gemelas y deberán ser ensayadas estrictamente en las fechas especificadas (28 y 90 días).

Para efectos de control de la resistencia residual del hormigón se deberán tomar muestras de hormigón fresco cada 500 m lineales por pista y al menos una por jornada de trabajo. Las muestras estarán constituidas por 4 probetas prismáticas, de las cuales una será ensayada a flexotracción con determinación de resistencia residual a 28 días y las otras tres serán ensayadas a flexotracción con determinación de resistencia residual a 90 días. Estas probetas serán

ensayadas por el Laboratorio Nacional de Vialidad por lo que el contratista deberá considerar el traslado de ellas desde la faena hasta las instalaciones del Laboratorio Nacional de Vialidad en Santiago de acuerdo a lo indicado en 8.402.9 del MC-V8. Para el traslado las probetas deberán tener al menos 28 días y no más de 60 días desde su fecha de confección. El Contratista deberá tomar todas las medidas necesarias para el transporte de modo que no se dañen las probetas. Alternativamente el control de la resistencia residual podrá ser realizado en otro laboratorio que cuente con el equipamiento necesario, lo cual deberá ser autorizado por el Laboratorio Nacional de Vialidad. La resistencia residual de la muestra corresponderá al promedio de las tres probetas a 90 días.

El pavimento sólo podrá ser entregado al tránsito cuando la superficie se encuentre limpia y la resistencia de tracción por flexión medida por el método de madurez (según ASTM C1074), del último camión colocado en el tramo que se abrirá a tránsito sea igual o superior al 75% de la resistencia característica especificada. En todo caso, la apertura al tránsito sólo podrá realizarse con la aprobación del Inspector Fiscal.

Al inicio del contrato y cada vez que cambie la dosificación del hormigón el Contratista deberá determinar la curva madurez - resistencia a la flexotracción o compresión del hormigón, según sea el caso, la cual deberá ser determinada junto con la dosificación y presentada al Inspector Fiscal. Para esto deberán moldearse 17 probetas prismáticas o cilíndricas del hormigón a calibrar, las que serán curadas según lo indicado en la especificación 8.402.9 del MC-V8. Se colocará un sensor para medir madurez en una de las probetas, el cual debe ubicarse al centro del hormigón de esta probeta de control (esta probeta no se ensaya). Las 16 probetas restantes se ensayarán en laboratorio a la flexotracción o compresión, según sea el caso, a las siguientes edades: 2, 3, 5, 7, 10, 14, 21 y 28 días (dos probetas por cada edad de ensaye y se calcula el promedio de ellas). Se deberá medir y registrar la madurez de la probeta de control cada vez que se realice el ensaye (mediciones simultáneas). El Contratista deberá confeccionar una banda de trabajo con una tolerancia de $\pm 10\%$ en resistencia respecto de la curva original.

La curva presentada por el contratista podrá ser verificada por el Laboratorio de Vialidad, el cual tomará sus propias muestras para validar la curva. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia.

El Contratista deberá colocar un sensor para medir madurez en el hormigón vaciado por el último camión de cada una de las jornadas de pavimentación. Estos sensores deberán ubicarse al menos 20 cm alejados del borde, en la mitad del espesor de la losa y alejado de cualquier enfierradura. El Contratista deberá informar a la Inspección Fiscal la ubicación de cada uno de los sensores de madurez (kilómetro y pista).

El Contratista deberá verificar la curva de madurez - resistencia de acuerdo a los siguientes criterios: en caso de superficies de pavimentos menores o iguales a 35.000 m² al menos una vez en el contrato y en caso de superficies de pavimentos mayores a 35.000 m² al menos dos veces en el contrato. Para esto deberá determinar la curva madurez - resistencia a flexotracción o compresión, según corresponda, a 3, 7, 14, 21 y 28 días según procedimiento indicado anteriormente. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia. La curva podrá ser verificada con muestras obtenidas de la cancha de calibración.

En caso de tener losas con defectos se deberá proceder de la siguiente forma:

- a) Las losas que presenten agrietamientos que atraviesan el espesor total de la losa deberán ser reemplazadas.
- b) Losas con saltaduras en la junta :
 - En caso de saltaduras mayores a 25 mm de ancho (entendiéndose por ancho en el sentido hacia el centro de la losa) y más del 10% con este tipo de saltadura a lo largo de la junta en la losa, deberá ser reparada.
 - En el caso de saltaduras menores a 25 mm de ancho (entendiéndose por ancho en el sentido hacia el centro de la losa) y menos del 10% con este tipo de saltadura a lo largo de la junta, se acepta.
- c) Losas con fisuramientos o, mapeos superficiales productos de la retracción superficial :
 - En caso de losas con fisuras menores o iguales que 0,5 mm de ancho se aceptan con un sellado superficial.
 - En caso de losas con fisuras entre 0,5 mm y 1,5 mm de ancho en no más del 10% de losas del sector construido, se permitirá una reparación con sellado superficial de fisuras. Si este defecto se presenta en más de un 10% del sector se aplicará una multa de 0,25 UF por m² afectado.
 - En caso de losas con fisuras superiores a 1,5 mm de ancho se deberá reemplazar la losa.
- d) Desgaste superficial u otro tipo de defecto, se aceptará hasta un 5% del contrato, de lo contrario el contratista deberá presentar un informe de un especialista evaluando la severidad del daño y la proposición de reparación, el cual deberá ser aprobado por el Inspector Fiscal.

Toda metodología de reparación deberá ser sometida a la aprobación de la Inspección Fiscal, previo a su ejecución, y cumplir con lo establecido en las láminas 4.201.201, 4.201.202, 4.201.203 y 4.201.204 del MC-V4 y Sección 7.305 del MC-V7. El pavimento terminado, incluidas las reparaciones, deberá cumplir con todas las exigencias del contrato.

Se deberá demarcar la línea lateral del pavimento en la losa exterior, a 20 cm del borde.

Las multas por deficiencias constructivas o de la mezcla, se ceñirán por lo establecido en el Numeral 5.410.315 del MC-V5 y lo siguiente:

El Laboratorio de Vialidad podrá emitir el certificado con los resultados de resistencia y espesor de los testigos en un plazo superior a 60 días si se presentan condiciones climáticas extremas como acumulación de nieve u otros. En este caso, el Contratista deberá solicitar por escrito al Inspector Fiscal la extracción de testigos a los 14 días de confeccionado el hormigón, de manera que el Laboratorio de Vialidad disponga de un plazo amplio para la extracción de estas muestras.

****Incluir este párrafo sólo en contratos que se pueda presentar la situación descrita****

Para la evaluación de la resistencia residual se considerarán las muestras tomadas durante la construcción del pavimento. La evaluación se realizará por medias fijas de tres valores de resistencia residual consecutivos. Las muestras deben ser ordenadas correlativamente de acuerdo a su kilometraje en orden creciente. El promedio de la resistencia residual de tres muestras deberá ser mayor o igual a la resistencia residual especificada y ninguna muestra individual podrá tener una resistencia residual menor al 85% de la resistencia residual especificada. En caso de incumplimiento de cualquiera de estas condiciones se aplicará una multa al sector representativo de las tres muestras, según lo indicado en la siguiente tabla:

Incumplimiento de la media	Incumplimiento Individual	Multa respectiva al valor de pavimento de hormigón con fibra afectado (1)
$0,90 * R_{fne} \leq R_{fmm} < 1,00 * R_{fne}$	$0,70 * R_{fne} \leq R_{fii} < 0,85 * R_{fne}$	10 o se rehace
$0,70 * R_{fne} \leq R_{fmm} < 0,90 * R_{fne}$	$0,50 * R_{fne} \leq R_{fii} < 0,70 * R_{fne}$	25 o se rehace
$R_{fmm} < 0,70 * R_{fne}$	$R_{fii} < 0,50 * R_{fne}$	So rehace

R_{fne} : Resistencia residual especificada (MPa)

R_{fmm} : Resistencia residual media (MPa)

R_{fii} : Resistencia residual Individual (MPa)

En caso que no se cumpla con la resistencia media y con uno o más valores individuales se aplicará la multa más alta de ambos incumplimientos.

- (1) Para efectos del cálculo de multas por resistencia residual se considerará el valor del pavimento de hormigón con fibra igual a 6 U.T.M.

4. UNIDAD DE MEDIDA Y PAGO

La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m^3) de pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico con fibra estructural, de acuerdo a las dimensiones teóricas, establecidas en el Proyecto, en conformidad con lo dispuesto en el Tópico 5.410.4 del MC-V5.

ANEXO N°5

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

PAVIMENTO DE HORMIGON DELGADO DE CEMENTO HIDRAULICO (m3)

1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES

Esta partida se refiere a la construcción de pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico, según los perfiles tipo del Proyecto, en los lugares y dimensiones que indiquen los planos y documentos del Proyecto, e instrucciones de la Inspección Fiscal. Su construcción se regirá por lo señalado en la Sección 5.410 del MC-V5 y lo estipulado en la presente especificación.

2. MATERIALES

Los materiales a emplear en la construcción de los pavimentos de hormigón delgado, deberán cumplir con lo señalado en el Tópico 5.410.2 del MC-V5 y lo siguiente:

El Contratista deberá asegurar la calidad y homogeneidad de los áridos en su fuente de producción, previo a su traslado al sector de fabricación de hormigón. Para esto, deberá solicitar su recepción a la Inspección Fiscal, presentando los análisis que correspondan por cada tipo de árido y por cada 500 m³ a emplear. El Contratista podrá proponer otra frecuencia de ensaye en virtud del volumen de hormigón a colocar, la cual deberá ser aprobada por el Inspector Fiscal.

El hormigón deberá ser confeccionado con cemento hidráulico de alta resistencia y con una dosis de cemento de mínimo 300 Kg/m³. El tamaño máximo absoluto del árido grueso deberá ser máximo 40 mm.

En caso de contratos ubicados en zonas que estén sometidas a ciclos de hielo y deshielos, se deberá usar un incorporador de aire, el cual deberá cumplir con los requisitos estipulados en ASTM C-260 y deberá ser previamente aprobado por la Inspección Fiscal.

Para evitar movimientos laterales del pavimento se deberán instalar barras de fierro estriado (pines) de calidad A44-28H o superior de 16 mm de diámetro y 0,4 m de longitud, las cuales en uno de sus extremos deberán ser cortadas a 45° generando una punta para su hincamiento.

3.- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Los trabajos se efectuarán en conformidad con lo estipulado en el Tópico 5.410.3 del MC-V5 y lo siguiente:

La resistencia característica mínima a la flexotracción del hormigón será la considerada en el diseño de pavimentos a los 90 días con 20% de fracción defectuosa. No se podrá utilizar hormigón tipo Fast Track. **** Proyectista debe indicar la resistencia a especificar****

Si el contrato se encuentra ubicado en zonas con ciclos hielo – deshielo, el porcentaje de aire incorporado en el hormigón será de 5,0% con una tolerancia de $\pm 0,5$ (%). La dosificación del hormigón que presenta el contratista deberá

indicar el contenido de aditivo incorporador de aire, si corresponde. El Laboratorio de Vialidad deberá verificar que las propiedades del hormigón con incorporador de aire (si corresponde) cumplen con lo especificado, confeccionando hormigones de prueba para su visación.

Se deberá realizar un control periódico del porcentaje de aire incorporado (si corresponde) y en la eventualidad de que no se cumpla con el porcentaje especificado, se rechazará la partida y el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias para estar dentro de los rangos especificados. Para la medición del porcentaje de aire incorporado (si corresponde) se deberán tomar muestras según la Especificación 8.402.6 del MC-V8 y el porcentaje de aire en la mezcla se deberá controlar con un medidor de presión (Airímetro), previamente calibrado.

Se deberá realizar control de uniformidad de acuerdo a lo indicado en la Norma NCh 1789 al menos dos veces en el contrato, si se cambia la planta hormigonera y al menos una vez por dosificación.

El hormigón deberá tener suficiente mortero que asegure un rayado superficial adecuado (se recomienda al menos 3 mm de profundidad) de modo de cumplir con los valores de macrotextura exigidos.

Bajo ninguna circunstancia el Contratista comenzará la pavimentación antes de obtener la visación de la dosificación. La Inspección Fiscal aplicará una multa de 5 U.T.M. por cada día de incumplimiento de esta disposición y el pavimento ejecutado fuera de los rangos que en definitiva apruebe el Laboratorio de Vialidad, será penalizado en conformidad a lo especificado en la Sección 5.410 del M.C.-V.5.

Previo a la colocación del hormigón, la superficie de la base granular deberá conservarse limpia y compacta hasta que el hormigón sea vaciado sobre ella.

En caso que la pavimentación se realice con equipos de moldes deslizantes se deberá cumplir con lo indicado en 5.410.306(2) del MC-V5. Previo a la colocación del hormigón, el Inspector Fiscal deberá solicitar un informe de un ingeniero civil mecánico de al menos 5 años de experiencia en equipos pavimentadores para certificar que el tren a utilizar en la pavimentación cumple con las siguientes exigencias:

- Tren funcionando en buen estado, sin pérdidas de aceite ni líquidos hidráulicos.
- Sensores en buen funcionamiento y con sensibilidad de fábrica.
- Sistema hidráulico de nivelación en funcionamiento, de acuerdo a especificaciones del fabricante.
- Sistema de reparto frontal del hormigón en buen funcionamiento, de acuerdo a especificaciones del fabricante.
- Cantidad de vibradores según fabricante y en buen estado de funcionamiento.
- Frecuencia y amplitud de vibradores según fabricante.

En caso que el tren pavimentador no cumpla con las exigencias indicadas anteriormente, el Contratista deberá presentar un informe que avale las reparaciones realizadas, el cual deberá ser aprobado por el Ingeniero Mecánico e informado al Inspector Fiscal. Si se utiliza más de un tren pavimentador se deberá aplicar el procedimiento antes señalado a cada equipo de modo de verificar que cumplen con las exigencias antes señaladas.

Los primeros 100 m lineales a pavimentar en el contrato servirán de cancha de calibración para el proceso constructivo. En estos 100 m el Contratista deberá probar el funcionamiento de los equipos, proceso de colocación y compactación, metodología de trabajo y demás actividades asociadas a la construcción del pavimento de hormigón, como aserrado de las losas y métodos de curado, entre otros. Además deberá realizar al menos un control de uniformidad según la

Norma NCh 1789. Previo al inicio de la pavimentación del resto del contrato, el Contratista deberá resolver todas las observaciones que realice la Inspección Fiscal producto de la pavimentación de estos primeros 100 m y demostrar las mejoras en el procedimiento constructivo. La Dirección de Vialidad podrá efectuar los ensayos que estime conveniente en la cancha de calibración.

El moldaje deberá ser liso. No se utilizará llave de traspaso de carga (rodón) en la junta longitudinal. Durante las faenas de pavimentación se deberá tener la capacidad para proporcionar al menos 50 m³/hr de hormigón al tren pavimentador por pista.

La temperatura del hormigón deberá ser inferior a 35°C.

Cuando la faena de hormigonado ocurra en clima con bajas temperaturas (hormigonado en tiempo frío) se deberá considerar como caso especial y regirá lo estipulado en el Anexo N°2 del presente contrato.

****Proyectista deberá incluir el Anexo N°2 del presente documento como Anexo en ETE del contrato, se recomienda mantener la numeración del anexo****

El Contratista deberá tener presente las condiciones climáticas del sector donde se colocará el pavimento de hormigón de modo de pavimentar cuando las condiciones de temperatura ambiente, humedad relativa del aire y velocidad del viento sean favorables para ello, además deberá tomar todas las precauciones constructivas para disminuir el alabeo de construcción.

Cualquier desplome o asentamiento del borde del pavimento, se corregirá antes de que el hormigón haya endurecido, colocando moldajes contra la losa, agregando hormigón y luego realizando una terminación manual, que proporcione la misma terminación final indicada en el numeral 5.410.307 (1) del MC-V5.

En relación a lo establecido en el Numeral 5.410.307 del MC-V5, se agrega la prohibición de añadir agua a la superficie del hormigón para ayuda en las operaciones de terminación.

Inmediatamente terminada la colocación del hormigón y antes que comience la evaporación del agua superficial se deberá aplicar un retardador de evaporación en base a alcohol alifático, el cual se colocará cuando el hormigón se encuentre en estado fresco. Este producto reductor de evaporación de la humedad superficial deberá ser capaz de reducir la evaporación y no afectar la resistencia inicial y final del hormigón.

Una vez terminada la faena de construcción, se aplicará una membrana de curado en base a resina en dos aplicaciones, la que deberá cumplir con lo indicado en 8.401.2 del MC-V8. Se deberá repasar la membrana de curado después de realizado el corte de las losas en las zonas donde se cortó. Si se usa membrana de curado en base acuosa, ésta deberá ser compatible con la aplicación del alcohol alifático para cumplir con lo indicado en 8.401.2 del MC-V8.

Una vez que fragüe la membrana de curado, el pavimento deberá ser cubierto por un período de al menos 7 días con un geotextil del tipo agujerado o manta térmica, el cual deberá mantenerse permanentemente húmedo para evitar el fisuramiento por retracción.

No se podrá efectuar faenas de hormigonado en presencia de lluvia. El Inspector Fiscal aplicará una multa de 5 U.T.M. por cada vez que se incumpla esta disposición.

En caso que por las condiciones climáticas (principalmente lluvia) se requiera el uso de techo móvil (independiente del uso de geotextil o manta térmica), éste

deberá proporcionarlo el Contratista según lo establecido en el Numeral 5.410.308(2) del MC-V5 y deberá tener una longitud no inferior a 120 m y además deberá proveer una protección adecuada al pavimento fresco con respecto a la acción de las lluvias, no aceptándose pavimentos que a juicio de la Inspección Fiscal presenten daños en su superficie y/o bordes. En caso de requerirse, los techos deberán estar habilitados a un costado del sector que se quiere pavimentar. Alternativamente, el Contratista podrá proponer otro método para proteger el pavimento de las condiciones climáticas que puedan afectar su superficie.

Si el pavimento se ve afectado por una lluvia totalmente imprevista, el Contratista deberá verificar que la textura superficial del sector afectado cumple con lo especificado en el Numeral 5.410.315(5) del MC-V5. En caso de incumplimiento las losas afectadas deberán ser repuestas por el Contratista a su entero costo.

Las losas deberán tener las dimensiones consideradas en el diseño de pavimentos, según lo indicado en el punto N°2 del Anexo N°1 del presente documento. **** El proyectista debe indicar la dimensiones de las losas****

En casos puntuales tales como sectores de empalme, sectores en curva y cruces entre otros, el largo de las losas podrá variar entre 230 cm y 140 cm y el ancho podrá variar entre 150 cm y 195 cm, manteniendo una relación 4:3, lo cual deberá ser aprobado por la Inspección Fiscal.

Todas las juntas (transversales y longitudinales) deberán ser aserradas utilizando un sistema autopulsado con una sierra de espesor menor o igual a 2,5 mm y a una profundidad correspondiente a el mayor valor entre 1/4 del espesor de la losa y el tamaño máximo del árido. Bajo ninguna circunstancia se podrá colocar tablillas para materializar juntas de contracción. Se deberá cortar las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento a partir del momento en que se pueda colocar una máquina de corte sobre la superficie de rodado sin dejar marcadas las huellas.

El contratista deberá considerar el endurecimiento del hormigón y la temperatura ambiente para definir el momento cuando se debe efectuar el corte de juntas, el cual deberá realizarse lo antes posible para evitar fisuras por retraso de corte y disminuir tensiones de alabeo en las losas.

El sistema de aserrado deberá ser probado para evaluar su efectividad en cuanto a la profundidad del corte que se especifica. La Inspección Fiscal deberá aprobar el sistema, el cual no debe producir desconches de los bordes de los cortes.

Para el aserrado de las losas el Contratista deberá disponer de recursos, equipos y sierras de corte en cantidades suficientes que le permitan llevar un avance acorde al fraguado del hormigón y así evitar el agrietamiento del pavimento por retracciones. Las juntas longitudinales y transversales no serán selladas.

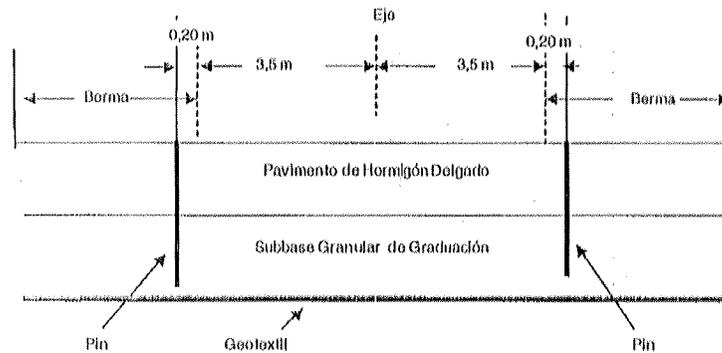
En caso de bermas de hormigón, éstas deberán ser de geometría trapezoidal con espesor variable desde el espesor de diseño de la losa hasta dos centímetros menos en el borde de la berma. Las bermas deberán ser aserradas transversalmente de forma tal que el corte coincida con el del pavimento adyacente.

El pavimento no llevará barra de traspaso de carga, ni de amarre, salvo en los siguientes casos:

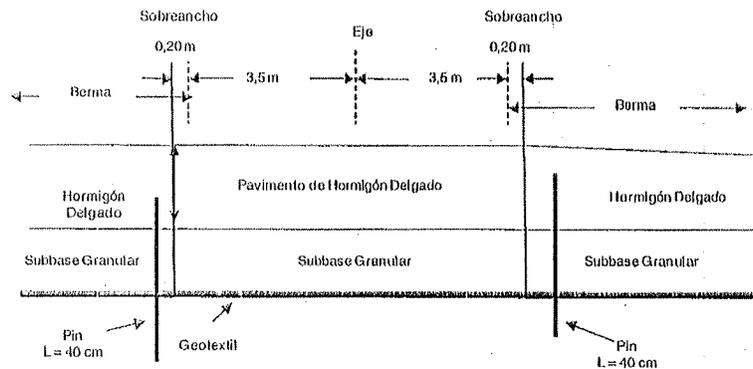
- *Junta de construcción transversal:* **especificar barras de traspaso de carga según lo indicado en el Anexo N°1 (punto 22, letra i) del presente documento.**
- *Junta de construcción longitudinal:* **especificar barras de amarre según lo indicado en el Anexo N°1 (punto 22, letra j) del presente documento.**

Para evitar movimientos laterales, los pavimentos de hormigón con losas de espesor optimizado deberán ser confinados con pines o barras de fierro estriado colocados al borde del pavimento. La ubicación de los pines dependerá del tipo de berma que considera el proyecto como se indica a continuación: **** El Proyectista deberá especificar un tipo de confinamiento, según las condiciones del proyecto****

- *Berma granular o asfáltica:* Se colocan dos barras (pines) por losa a una distancia de 50 cm de la junta. Los pines se entierran de forma tal que su parte superior quede 0,05 m por debajo de la superficie del pavimento y se deben instalar en el borde del pavimento como se muestra en el siguiente esquema:



- *Berma de hormigón:* Se colocan dos barras (pines) por losa a una distancia de 50 cm de la junta. Los pines se entierran de forma tal que su parte superior quede 0,05 m por debajo de la superficie del pavimento. Los pines deben quedar a 20 cm del borde de la losa exterior y empotrados en el hormigón de la berma como se muestra en el siguiente esquema:



Nota:

En el caso que el pavimento esté confinado con solera – zarpa se deberán colocar los pines.

El pavimento sólo podrá ser entregado al tránsito cuando la superficie se encuentre limpia y la resistencia de tracción por flexión medida por el método de madurez (según ASTM C1074), del último camión colocado en el tramo que se abrirá a tránsito sea igual o superior al 75% de la resistencia característica especificada. En todo caso, la apertura al tránsito sólo podrá realizarse con la aprobación del Inspector Fiscal.

Al inicio del contrato y cada vez que cambie la dosificación del hormigón el Contratista deberá determinar la curva madurez - resistencia a la flexotracción o compresión del hormigón, según sea el caso, la cual deberá ser determinada junto con la dosificación y presentada al Inspector Fiscal. Para esto deberán moldearse 17 probetas prismáticas o cilíndricas del hormigón a calibrar, las que

serán curadas según lo indicado en la especificación 8.402.9 del MC-V8. Se colocará un sensor para medir madurez en una de las probetas, el cual debe ubicarse al centro del hormigón de esta probeta de control (esta probeta no se ensaya). Las 16 probetas restantes se ensayarán en laboratorio a la flexotracción o compresión, según sea el caso, a las siguientes edades: 2, 3, 5, 7, 10, 14, 21 y 28 días (dos probetas por cada edad de ensayo y se calcula el promedio de ellas). Se deberá medir y registrar la madurez de la probeta de control cada vez que se realice el ensayo (mediciones simultáneas). El Contratista deberá confeccionar una banda de trabajo con una tolerancia de $\pm 10\%$ en resistencia respecto de la curva original.

La curva presentada por el contratista podrá ser verificada por el Laboratorio de Vialidad, el cual tomará sus propias muestras para validar la curva. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia.

El Contratista deberá colocar un sensor para medir madurez en el hormigón vaciado por el último camión de cada una de las jornadas de pavimentación. Estos sensores deberán ubicarse al menos 20 cm alejados del borde, en la mitad del espesor de la losa y alejado de cualquier enfierradura. El Contratista deberá informar a la Inspección Fiscal la ubicación de cada uno de los sensores de madurez (kilómetro y pista).

El Contratista deberá verificar la curva de madurez - resistencia de acuerdo a los siguientes criterios: en caso de superficies de pavimentos menores o iguales a 35.000 m² al menos una vez en el contrato y en caso de superficies de pavimentos mayores a 35.000 m² al menos dos veces en el contrato. Para esto deberá determinar la curva madurez - resistencia a flexotracción o compresión, según corresponda, a 3, 7, 14, 21 y 28 días según procedimiento indicado anteriormente. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia. La curva podrá ser verificada con muestras obtenidas de la cancha de calibración.

Durante la ejecución de cada faena de hormigonado, el Contratista deberá realizar los controles del hormigón fresco indicados en 5.410.314 del MC-V5. Las muestras para ensayo deberán ser gemelas y deberán ser ensayadas estrictamente en las fechas especificadas (28 y 90 días).

En caso de tener losas con defectos se deberá proceder de la siguiente forma:

- a) Las losas que presenten agrietamientos que atraviesan el espesor total de la losa deberán ser reemplazadas.
- b) Losas con saltaduras en la junta :
 - En caso de saltaduras mayores a 25 mm de ancho (entendiéndose por ancho en el sentido hacia el centro de la losa) y más del 10% con este tipo de saltadura a lo largo de la junta en la losa, deberá ser reparada.
 - En el caso de saltaduras menores a 25 mm de ancho (entendiéndose por ancho en el sentido hacia el centro de la losa) y menos del 10% con este tipo de saltadura a lo largo de la junta, se acepta.
- c) Losas con fisuramientos o mapeos superficiales productos de la retracción superficial :
 - En caso de losas con fisuras menores o iguales que 0,5 mm de ancho se aceptan con un sellado superficial.
 - En caso de losas con fisuras entre 0,5 mm y 1,5 mm de ancho en no más del 10% de losas del sector construido, se permitirá una reparación con sellado superficial de fisuras. Si este defecto se presenta en más de un 10% del sector se aplicará una multa de 0,25 UF por m² afectado.

- En caso de losas con fisuras superiores a 1,5 mm de ancho se deberá reemplazar la losa.
- d) Desgaste superficial u otro tipo de defecto, se aceptará hasta un 5% del contrato, de lo contrario el contratista deberá presentar un informe de un especialista evaluando la severidad del daño y la proposición de reparación, el cual deberá ser aprobado por el Inspector Fiscal.

Toda metodología de reparación deberá ser sometida a la aprobación de la Inspección Fiscal, previo a su ejecución, y cumplir con lo establecido en las láminas 4.201.201, 4.201.202, 4.201.203 y 4.201.204 del MC-V4 y Sección 7.305 del MC-V7. El pavimento terminado, incluidas las reparaciones, deberá cumplir con todas las exigencias del contrato.

Se deberá demarcar la línea lateral del pavimento en la losa exterior, a 20 cm del borde.

Las multas por deficiencias constructivas o de la mezcla, se ceñirán por lo establecido en el Numeral 5.410.315 del Tópico 5.410.3 del MC-V5.

El Laboratorio de Vialidad podrá emitir el certificado con los resultados de resistencia y espesor de los testigos en un plazo superior a 60 días si se presentan condiciones climáticas extremas como acumulación de nieve u otros. En este caso, el Contratista deberá solicitar por escrito al Inspector Fiscal la extracción de testigos a los 14 días de confeccionado el hormigón, de manera que el Laboratorio de Vialidad disponga de un plazo amplio para la extracción de estas muestras.

****Incluir este párrafo sólo en contratos que se pueda presentar la situación descrita****

4. UNIDAD DE MEDIDA Y PAGO

La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m³) de pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico, de acuerdo a las dimensiones teóricas, establecidas en el Proyecto, en conformidad con lo dispuesto en el Tópico 5.410.4 del MC-V5.

ANEXO N°6

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

SUBBASE GRANULAR $CBR \geq 50\%$ ¹ PARA PAVIMENTO DE HORMIGÓN DELGADO (m³)

1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES

Esta partida se refiere a la confección, colocación, compactación y terminación de subbase granular $CBR \geq 50\%$ ¹, a construir inmediatamente debajo del pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico con o sin fibra estructural, en conformidad con lo dispuesto en la Sección 5.301 del MC-V5, en esta especificación y demás documentos del Proyecto.

Nota 1: A definir por el Proyectista.

2.- MATERIALES

****El proyectista debe definir la graduación, CBR y referencias al Manual de Carreteras. En proyectos que el pavimento se encuentre sometido a ciclos hielo – deshielo se deberá realizar estudio de penetración de heladas de modo de especificar materiales no heladizos en las capas que corresponda****

Los materiales a emplear deberán cumplir con los requisitos pertinentes de calidad y graduación, según lo establecido en el Tópico 5.301.2 del MC-V5, para áridos de subbase granular de graduación cerrada¹ para pavimento rígido y lo siguiente:

- Poder de Soporte CBR igual o mayor a 50% ¹ medido al 95% de la DMCS u 80% de la DR..
- Banda granulométrica según lo indicado en 5.301.202(1)¹ de la Sección 5.301 del MC-V5, salvo que el porcentaje que pasa por Tamiz 0,08 mm (ASTM N°200) deberá estar entre 0% y 8%, cualquiera sea la banda granulométrica utilizada. Una vez definida la banda granulométrica ésta sólo podrá ser cambiada previa autorización de la Inspección Fiscal.

3.- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Los trabajos se efectuarán en conformidad con lo estipulado en el Tópico 5.301.3 del MC-V5, en los anchos, espesores y longitudes establecidos en el Proyecto u ordenados por la Inspección Fiscal.

La subbase deberá ser colocada en todo el ancho de la plataforma, incluida la berma.

4. UNIDAD DE MEDIDA Y PAGO

La unidad de medida y pago será el metro cúbico (m³) de subbase granular de graduación cerrada² y poder de soporte (CBR) mayor o igual a 50%, en conformidad con lo dispuesto en el Tópico 5.301.4 del MC-V5.

Nota 2: indicar abierta o cerrada según lo considerado en el proyecto.

ANEXO N°7

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

GEOTEXTIL PARA PAVIMENTO DE HORMIGON DELGADO (m2)

1. DESCRIPCION Y ALCANCES

Esta partida se refiere a la provisión y colocación de telas del tipo geotextil para ser utilizadas en las estructuras de pavimento de hormigón delgado como separador de finos, en conformidad con lo dispuesto en esta especificación y demás documentos del Proyecto.

El geotextil deberá colocarse inmediatamente bajo la subbase granular, ¹salvo en sectores donde esta subbase sea colocada sobre el pavimento asfáltico² existente. En este último caso, si el pavimento asfáltico² se encuentra muy deteriorado deberá colocarse geotextil sólo en las zonas afectadas y en todo el ancho de la pista, lo cual deberá ser aprobado por la Inspección Fiscal.

Nota 1: Incluir lo que continúa sólo si la subbase granular será colocada sobre pavimento existente.

Nota 2: Precisar si pavimento existente es asfáltico o de hormigón según corresponda al proyecto en particular.

2. MATERIALES

La tela geotextil a utilizar deberá estar conformada por fibras de poliéster, polipropileno o de una combinación de ellas, que se ajusten a la norma AASHTO M288 y a los siguientes requisitos:

- Resistencia a la tracción ≥ 480 N (medido según norma ASTM D4632)
- Resistencia al punzonamiento (1) ≥ 290 N (medido según norma ASTM D4833)
- Abertura Aparente de Poros $\leq 0,16$ mm (medido según norma ASTM D4751)
- Resistencia al Reventado ≥ 950 KPa (medido según norma ASTM D3786)

(1): Resistencia Perpendicular

Nota: La aceptación del geotextil será según lo establecido en la norma ASTM D4759.

Los valores de los requisitos representan valores mínimos promedio de rollo, en la dirección principal más débil, salvo la abertura aparente, para la cual se indica el máximo valor promedio de rollo.

Los rollos del geotextil deberán llevar, en su envoltorio, el nombre del fabricante y la identificación del producto. El envoltorio y la etiqueta deben ser los originales de fábrica. El fabricante deberá acreditar los valores especificados promedio por rollo de geotextil, a través de un certificado de control de calidad, el cual deberá ser emitido por algún laboratorio nacional o internacional de acuerdo al estándar ASTM D4759. El certificado deberá ser presentado ante el Inspector Fiscal antes de comenzar la ejecución de esta partida.

3.- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

El producto recibido en faena con envoltorio y etiqueta original de fábrica deberá señalar claramente el nombre del fabricante, el tipo de la tela geotextil y el número del rollo. Cada rollo de geotextil deberá estar envuelto con material que lo proteja de daños durante su transporte, del agua, de la luz solar y contaminantes, debiéndose mantener dicha envoltura hasta que el material sea utilizado en la obra. El producto deberá ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

La superficie sobre la cual se colocará la tela geotextil deberá encontrarse preparada a plena satisfacción de la Inspección Fiscal. Esta superficie deberá estar libre de elementos punzantes y cortantes y deberá conservarse limpia y compacta hasta que el geotextil sea colocado sobre ella.

La tela geotextil deberá colocarse cuidadosamente sin arrugas o pliegues; no se permitirá transitar sobre la tela sin protección. La unión de los rollos extendidos será traslapada, con un traslape de 40 cm. Igual traslape deberá considerarse en la unión de la capa de mejoramiento con el pavimento existente.

En las curvas, el geotextil podrá ser plegado o cortado, para adaptarlo al trazado del camino. El dobléz o traslape será a favor del avance de la construcción y se mantendrá unido mediante traslape de 40 cm como mínimo.

Antes de ser cargado, el geotextil colocado deberá ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso que los hubiese, estos serán reparados inmediatamente, cubriéndolos con un paño de tela que se extienda como mínimo 0,75 m de toda la zona dañada.

La subbase no deberá descargarse directamente sobre la tela geotextil, sino que deberá acopiarse sobre material previamente colocado sobre ella, para luego ser distribuida uniformemente mediante equipos y procedimientos adecuados.

No se permitirá el tránsito de vehículos o de equipos de construcción directamente sobre la tela geotextil. Tampoco se permitirán virajes de vehículos sobre la subbase ya colocada. Las obras de colocación y relleno se ejecutarán por tramos, los cuales deberán quedar terminados al final de la jornada, a no ser que el Inspector Fiscal lo autorice de otra manera.

El geotextil deberá ser colocado en todo el ancho del camino, incluida la berma, salvo en sectores donde se coloque sobre pavimento asfáltico existente deteriorado, en cuyo caso se deberá cubrir sólo la zona afectada en todo el ancho de la pista.

Nota 2: Idem Nota 1.

Durante la ejecución de las obras, el Contratista deberá tener presente lo establecido en la Sección 5.004, Disposiciones de Seguridad.

4. UNIDAD DE MEDIDA Y PAGO

La unidad de medida y pago será el metro cuadrado (m²) de tela geotextil colocada, en conformidad con lo dispuesto en la presente especificación. La medición se efectuará de acuerdo a las dimensiones requeridas por el Proyecto y aprobadas por el Inspector Fiscal. No se considerarán para efectos de pago las superficies adicionales por traslapes.

Esta partida comprende el suministro y colocación de tela geotextil. El precio unitario incluye equipos, herramientas, mano de obra y demás actividades y trabajos necesarios para la correcta instalación de la tela geotextil, conforme a lo especificado.

ANEXO N°8

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

807-1 ESTACIÓN DE MONITOREO (GI)

1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCES

Esta partida se refiere a la provisión y colocación de una estación de monitoreo, en conformidad con lo dispuesto en esta especificación y demás documentos del Proyecto.

La estación de monitoreo debe incluir lo siguiente:

- Estación meteorológica con anemómetro (dirección y velocidad del viento), sensor de temperatura y humedad ambiente, pluviómetro, sensor de radiación solar, sensores para medición de temperatura en pavimento y suelo¹ y conectores, según lo especificado.
- Sensores para medición de temperatura en losas de 0,22m y 0,30m de espesor².
- Cabina para la protección de la estación de monitoreo y cámara de inspección.
- Cámara de inspección para la protección de cables de sensores de pavimento y suelo.
- Cables y demás materiales que sean necesarios para dejar completamente operativa la estación de monitoreo especificada.

Nota 1: Sensores de temperatura de suelo se deben considerar en zonas que sufran ciclos hielo – deshielo.

Nota 2: Sensores de medición de temperatura en losas adicionales se deben considerar sólo en proyectos de pavimentos de hormigón. El Proyectista debe definir el espesor de las losas adicionales en función del espesor del pavimento de la calzada, se recomienda un espesor menor y otro mayor.

2. MATERIALES

2.1. ESTACIÓN METEOROLOGICA Y SENSORES

La estación meteorológica deberá almacenar y visualizar los valores de medición en tiempo real e incluir los siguientes sensores:

- a) *Sensor de temperatura ambiente:* deberá ser capaz de registrar temperaturas entre -20°C y +80°C y almacenar dichas temperaturas por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora. La exactitud del dispositivo de medición deberá ser igual o mejor que 0,5°C, con una resolución también igual o mejor que 0,5°C.

El sensor de temperatura ambiente deberá tener energía propia de modo de asegurar su funcionamiento en forma permanente e ininterrumpida en el tiempo por un período de siete años como mínimo y deberá ser instalado dentro de una pantalla de Stevenson compacta.

- b) *Sensor de humedad ambiente:* deberá ser capaz de registrar humedades entre 20% y 100% y almacenar dichas humedades por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora. El rango de medición deberá variar entre $\pm 3\%$ de humedad relativa.

- c) *Anemómetro*: deberá medir la dirección y velocidad del viento, registrando datos de dirección del viento entre 0 – 360° y una velocidad entre 0 – 281 Km/h. Deberá almacenar dichas mediciones por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora.
- d) *Pluviómetro*: deberá medir la lluvia caída y registrar valores entre 0 y 203 mm. Deberá almacenar dichas mediciones por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora.
- e) *Sensor de radiación solar*: deberá medir la radiación solar y registrar valores entre 0 y 1500 W/m². Deberá almacenar dichas mediciones por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora.
- f) *Sensores de temperatura*: deberá incluir cinco³ sensores de temperatura para medición de temperatura de pavimento y suelo, los cuales deberán ser capaces de registrar temperaturas en un rango de -30°C y +100°C. Deberá almacenar dichas mediciones por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora.

Nota 3: La cantidad de sensores deberá ser definida para cada proyecto dependiendo de lo que se desee medir.

- g) Adicionalmente la estación meteorológica deberá incluir cinco⁴ conectores en que se instalarán los sensores de temperatura de pavimento.

Nota 4: Ver observación N°3.

2.2 SENSORES DE TEMPERATURA ADICIONALES⁵

Estos sensores serán utilizados para instrumentar losas de 0,22m y 0,30 m de espesor. Los sensores de temperatura adicionales deberán ser capaces de registrar temperaturas entre -30°C y +100°C y almacenar dichas temperaturas por un período de 2 meses como mínimo, con mediciones cada 1 hora. La exactitud de los dispositivos de medición deberá ser igual o mejor que 0,5°C, con una resolución también igual o mejor que 0,5°C. Los sensores deberán tener energía propia de modo de asegurar su funcionamiento en forma permanente e ininterrumpida en el tiempo por un período de seis años como mínimo.

Nota 5: Estos sensores deben ser considerados sólo en caso de pavimentos de hormigón. Los espesores de estas losas dependerán del espesor del pavimento de la calzada, se recomienda considerar un espesor menor y otro mayor.

2.3 CABLES

Los cables deberán ser los adecuados según el tipo de sensores a utilizar.

2.4 CABINA DE PROTECCIÓN

La cabina de protección deberá tener las siguientes dimensiones interiores como mínimo: 2 m de alto x 1,5 m de ancho x 1,5 m de profundidad. Deberá estar formada por un chasis metálico, el cual deberá estar completamente revestido, incluso el techo, por una malla electrosoldada de acero estirado en frío. La losa de fundación de la cabina deberá ser de hormigón H-20. La cabina deberá tener una puerta y disponer de los accesorios necesarios para cerrarla con candado.

Dentro de la cabina de protección se deberá instalar la cámara de inspección y un poste para la instalación del sensor de temperatura ambiente.

El poste para sensor de temperatura ambiente deberá ser metálico de preferencia galvanizado de 32 mm (1¼") de diámetro exterior y 1,60 m de altura, medido desde la cota del radier.

El chasis de la cabina y la malla deben pintarse con una mano de antióxido y dar terminación con dos manos de esmalte u óleo blanco para exterior. A la superficie de la losa de fundación también deberá darse terminación con dos manos de esmalte u óleo blanco para exterior.

2.5 CÁMARA DE INSPECCIÓN

La cámara de inspección deberá ser de hormigón (prefabricada o construida en sitio), de sección cuadrada (30 cm de ancho x 30 cm de largo, como mínimo) o circular (30 cm de diámetro como mínimo) y de 30 cm de profundidad como mínimo. Deberá tener marco y tapa metálica abisagrada, la cual deberá cerrarse con candado.

Esta cámara se utilizará para el almacenamiento de los terminales de los cables conectores de los todos los sensores que se instalen.

2.6 TUBO PARA PROTECCIÓN DE CABLES

Para canalizar los cables hacia la cámara de inspección se deberá utilizar tubo plástico (conduit) cuyo diámetro dependerá de la cantidad y diámetro de los cables a canalizar, sin embargo el diámetro de este tubo no podrá ser inferior a 25 mm.

3.- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Con 30 días de anticipación a la instalación de los sensores, el Contratista deberá presentar al Inspector Fiscal el sistema de medición que utilizará, adjuntando la ficha técnica de la estación meteorológica y los distintos sensores, manual de operaciones de la estación de medición e interfaces accesorias. La estación meteorológica y los sensores a instalar deberán ser autorizados por escrito por el Laboratorio Nacional de Vialidad.

El Contratista deberá informar al Laboratorio Nacional de Vialidad la forma de comunicación para recuperar, con un notebook u otro dispositivo portátil, los datos almacenados en la estación.

3.1.- Emplazamiento

El lugar de emplazamiento de la estación de medición se escogerá dentro de la faja fiscal de tal forma que simplifique la instalación, reciba la mayor cantidad de horas de sol al año y no provoque riesgos a los usuarios del camino o a los recolectores de información, para esto se deberá tener en cuenta los siguientes criterios:

- Se escogerá un lugar plano (camino con menos de 4% de pendiente longitudinal). Si el perfil vertical del camino no tiene zonas planas, deberá escogerse la cima de una cuesta, o la cima de un valle.
- El punto de medición en el pavimento será en la losa más exterior a 2,63 m del eje de la calzada⁶.
- No se escogerá un lugar de medición con cortes a ambos lados del camino.
- En el caso forzado de emplazar en lugar con un corte, ubicar la estación del lado contrario al corte.
- Se escogerá un tramo en lo posible recto con buena visibilidad.
- Si el camino es de montaña o en medio de bosque, seleccionar un segmento orientado en la dirección Norte-Sur.
- Si la geografía del lugar es plana, sin árboles o los cortes y cerros quedan lejos del camino, la orientación y el lado escogido es indiferente.
- Si la ubicación de la estación forzosamente coincide con una señal de tránsito, ubicar la estación de medición de forma que no impida su visión. Para lograr esto la estación estará detrás y/o más lejos del camino que las señales.
- Ubicar la estación a una distancia entre 4 m y 10 m del borde de la berma.

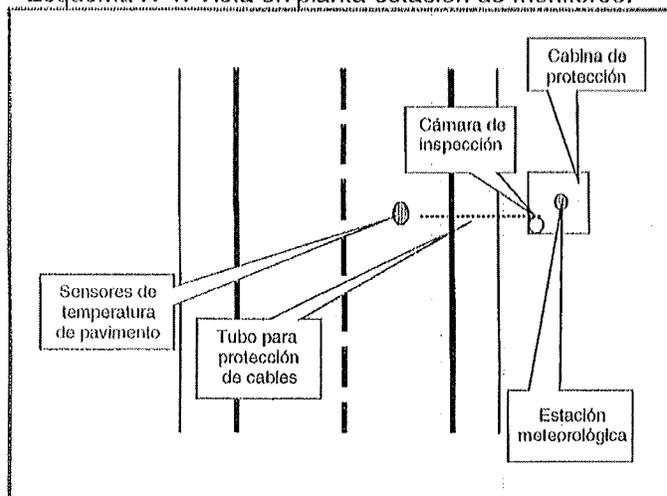
- La estación meteorológica deberá ser orientada según lo indique el manual de instalación del producto.
- Si la estación considera medición de temperaturas de suelo: escoger un lugar con posibilidad de saturación del suelo (bofedal, con napa presente todo el año, zona de inundación estacional, quebrada húmeda, afloramiento de napa, contiguo a foso no revestido, etc). Además, no emplazar la estación sobre plataforma en terraplén o sobre corte con roca a menos de 1,5m de profundidad.
- La ubicación definitiva deberá ser propuesta por el Contratista al Inspector Fiscal y aprobada por el Laboratorio Nacional de Vialidad.

Nota 6: Considera pista de 3,5 m de ancho. Sensor debe ser instalado al centro de la losa exterior por lo que en caso de pistas con otro ancho se especificar la distancia correspondiente.

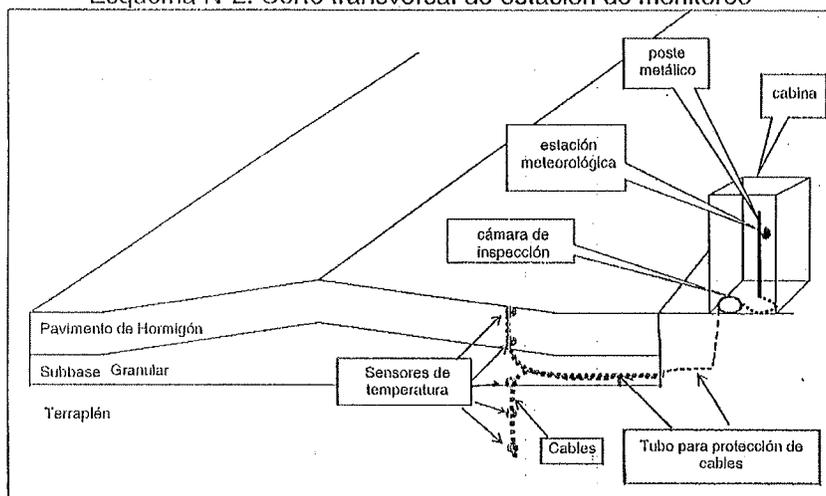
3.2.- Instalación

El poste metálico deberá ser instalado en el centro de la cabina de protección y la cámara de inspección se debe ubicar dentro de la cabina de protección, como se muestra en los Esquemas N°1 y N°2:

Esquema N°1: Vista en planta estación de monitoreo.



Esquema N°2: Corte transversal de estación de monitoreo⁷



Nota 7: Esquema debe ser adecuado a cada proyecto. Incluir sensores en subbase y terraplén sólo si se consideran sensores de temperatura de suelo.

La estación meteorológica se deberá colocar en el poste metálico a una altura de 1,50 m, medido desde la cota del radler.

Para la instalación de los sensores de temperatura se deberá considerar lo siguiente:

El Contratista deberá presentar al Inspector Fiscal el procedimiento de instalación de los sensores de temperatura, el cual deberá ser aprobado por el Laboratorio Nacional de Vialidad.

El Laboratorio Nacional de Vialidad deberá estar presente durante la instalación de todos los sensores especificados, por lo que el Contratista deberá informar la fecha de estos trabajos al Laboratorio Nacional de Vialidad, con a lo menos 15 días de anticipación.

Después de colocada la base o subbase granular, según corresponda, y antes de la pavimentación se deberá colocar un tubo para protección de cables de tal forma que quede embebido en la capas granulares. La excavación para la instalación de este tubo deberá realizarse lo más angosta posible y de 10 a 15 cm de profundidad. Después de colocada la tubería, la zanja se retapa con el mismo material humedecido y se compacta.

En caso de proyectos con pavimento asfáltico: Los sensores de temperatura del pavimento asfáltico deberán instalarse después de construida las capas asfálticas para lo cual deberá realizarse una perforación en el pavimento de 4" de diámetro mediante una corona de diamante para extracción de testigos de asfalto y una hendidura desde la perforación hacia el borde del pavimento para la canalización de los cables, la cual deberá materializarse mediante el aserrado del pavimento con una cortadora mecánica con discos de diamante para asfalto. El ancho de la hendidura deberá ser de 3 a 5 mm.

El Laboratorio Nacional de Vialidad definirá la ubicación de los sensores de temperatura dentro del pavimento y el procedimiento de instalación de estos. Cualquiera sea el procedimiento que se utilice para la instalación de estos sensores se deberá asegurar que las mediciones se realicen sobre una misma línea vertical.

Una vez que los sensores se encuentren instalados y totalmente operativos se deberá tapar el orificio mediante una mezcla en frío o mezcla para bacheo y la hendidura mediante un sello elastomérico.

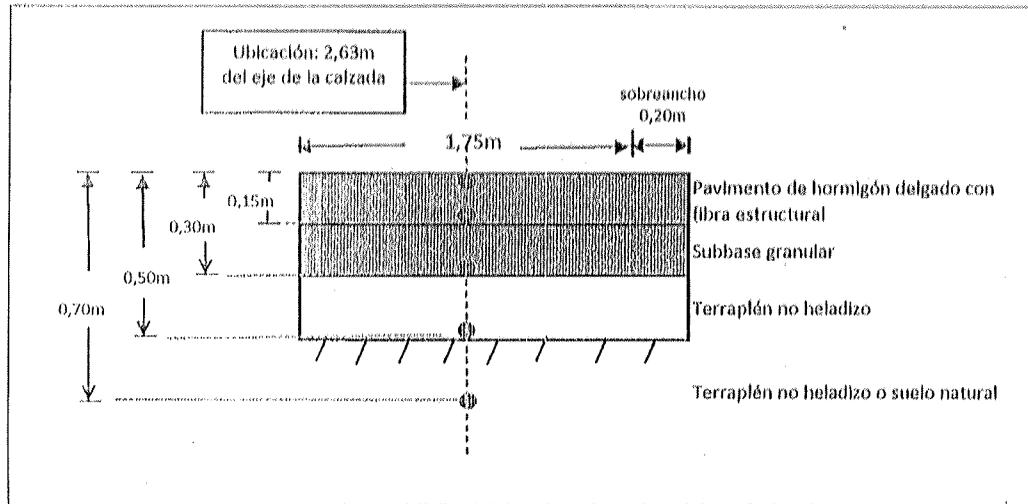
Los cables de los sensores de temperatura de pavimento deberán canalizarse mediante los tubos de protección de cables desde el borde del pavimento hasta la cámara de inspección.

Para verificar y respaldar la correcta instalación de los sensores y buen funcionamiento de ellos, el Contratista deberá presentar al Laboratorio Nacional de Vialidad un registro de prueba de los sensores (temperatura, humedad y otros) con mediciones cada 10 minutos por un lapso de 48 horas como mínimo.

En caso de proyectos con pavimento de hormigón: Se deberán instalar dos sensores de temperatura en el hormigón fresco de una losa del pavimento de la calzada, uno en la fibra superior y otro en la fibra inferior de la losa. Además, se deberá instalar un tercer sensor de temperatura en la parte inferior de la subbase granular y dos sensores de temperatura en la subrasante a profundidades de 0,50 m y 0,70 m desde la rasante, para el estudio de penetración de las heladas⁸. Todos los sensores señalados deberán quedar alineados sobre una misma línea vertical como se muestra en el Esquema N°3:

Nota 8: Cantidad y ubicación (profundidad) de sensores de temperatura de suelo (subbase granular y subrasante) deben ser definidos para cada proyecto en conjunto con el Laboratorio Nacional de Vialidad.

Esquema N°3: Instrumentación del pavimento⁹



Nota 9: Ver Notas N°6 y N°8. Adecuar esquema para cada proyecto.

Además se deberán instalar sensores en dos losas adicionales de dimensiones 1,5 m de ancho x 1,5 m de largo, las cuales deberán tener 0,22 m y 0,30 m de espesor¹⁰. Estas losas adicionales se deberán construir con el mismo hormigón del pavimento y sobre el terreno natural al lado de la cabina de protección. Los sensores deberán ser instalados en la fibra superior y la fibra inferior de estas dos losas adicionales.

Nota 10: Ver Notas N°2 y N°5.

Para instalar los sensores de temperatura en el hormigón fresco se sugiere el siguiente método: clavar una estaca de sección circular (no cuadrada) de madera (no metálica) en la capa de subbase granular tal que sea 15 mm más corta que el espesor de la losa que se va a hormigonar. Se debe clavar en el centro de la futura losa. Asegurar uno de los sensores con cinta adhesiva a la cabeza de la estaca, el otro dejarlo apoyado en el granular y asegurar los cables a la estaca para que no se muevan durante el proceso de hormigonado.

No se podrá utilizar elementos metálicos permanentes para posicionar los sensores de temperatura.

Los cables de los sensores de temperatura del pavimento de hormigón deberán canalizarse hacia la cámara de inspección a través del tubo de protección de cables. Los cables no se canalizarán dentro de la masa de hormigón.

Para verificar y respaldar la correcta instalación de los sensores y buen funcionamiento de ellos, el Contratista deberá presentar al Laboratorio Nacional de Vialidad el registro de temperaturas de los sensores en las siguientes etapas constructivas: al momento de la faena de hormigonado, inmediatamente después de la faena de hormigonado y cuando se realice la entrega de la estación de monitoreo en forma definitiva al Laboratorio Nacional de Vialidad. En la etapa de hormigonado las lecturas se deberán registrar cada 10 minutos por un lapso de 48 horas como mínimo.

En caso de proyectos con medición de temperatura de suelo: Los sensores de temperatura de suelo (base granular, subbase granular y subrasante, según corresponda) deben ser instalados después de construidas las capas granulares correspondientes. Para la instalación de estos sensores se deberá realizar una calicata de profundidad tal que permita la instalación de los sensores según las

profundidades especificadas. La calicata deberá estar cercana y en línea directa con el vértice donde se ubica la cámara de inspección y los tubos para protección de cables, como se muestra en el Esquema N°1. Durante la excavación se deberán separar los materiales de los estratos de modo que, posterior a la colocación de los sensores, se compacte de manera de mantener la secuencia y espesores originales.

Los sensores de temperatura de suelo deberán instalarse en las profundidades especificadas y los cables deberán ser canalizados a través del tubo para protección de cables.

Para verificar y respaldar la correcta instalación de los sensores y buen funcionamiento de ellos, el Contratista deberá presentar al Laboratorio Nacional de Vialidad un registro de prueba de los sensores (temperatura, humedad y otros) con mediciones cada 10 minutos por un lapso de 48 horas como mínimo.

Cualquiera sea el procedimiento que se utilice para la instalación de estos sensores, se deberá asegurar que las mediciones se realizan en las profundidades especificadas y sobre una misma línea vertical.

Los cables deberán quedar dentro de la cámara de inspección y totalmente identificados en un tablero de acuerdo al sensor y su posición en el espesor del pavimento de modo que durante la fase de operación sea posible conectar un notebook u otro dispositivo, mediante puerto USB a estos terminales y descargar la información que se haya recolectado.

El Contratista deberá considerar la recuperación de los datos de la estación de monitoreo y la entrega de esta información al Laboratorio Regional de Vialidad correspondiente, cada dos meses y hasta la recepción definitiva del contrato. Deberá considerar también la mantención de la estación de monitoreo durante el período indicado.

3.3.- FORMATO DE ENTREGA DE DATOS

Los datos finales deberán procesarse automáticamente mediante algún software adecuado para ser entregados en planilla Excel indicando la fecha de medición, hora de medición, humedad relativa en porcentaje, velocidad del viento en Km/h dirección del viento en grados hexadecimales, temperaturas en grados Celsius, pluviometría en mm y radiación solar en W/m². Cada una de las mediciones deberá entregarse en columnas separadas.

4. UNIDAD DE MEDIDA Y PAGO

La unidad de medida y pago será Global (GI), incluyendo todo lo necesario para cumplir con lo señalado en esta especificación.

Esta partida comprende el suministro y colocación de una estación de monitoreo en conformidad a lo dispuesto en esta especificación. El precio incluye la estación meteorológica, todos los sensores de temperatura, cabina de protección, cables, cámara de inspección, tuberías y demás materiales, herramientas, mano de obra y demás actividades y trabajos necesarios para la correcta instalación y funcionamiento de la estación de monitoreo, conforme a lo especificado.