Como Dimensionar "Losas Cortas" Em Pavimentação Urbana



Mauricio Salgado Torres Jefe del Área de Pavimentación Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH)

SEMINARIO INTERNACIONAL - PRINCIPIOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS URBANOS EM CONCRETO

16 DE AGOSTO DE 2019 – SÃO PAULO

CONTENIDO

Bonus Track:

Aplicación de la Madurez en Proyectos de Pavimentos de Hormigón

Fundamentos Técnicos para el **Diseño de Pavimentos de Hormigón con la Tecnología de Losas Cortas.** 2

Dimensionar y Especificar Proyectos a Pavimentar con una Solución de Losas Cortas. 3

Aplicación de soluciones de Pavimentos empleando la tecnología de las Losas Cortas.

4

Conclusiones.

FUNDAMENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN CON LA TECNOLOGÍA DE LOSAS CORTAS.

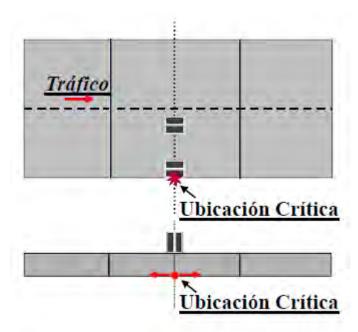
COMO FUNCIONA UN PAVIMENTO DE HORMIGÓN?

Desarrollo del agrietamiento en una losa de dimensiones geométricas tradicionales

AGRIETAMIENTO DE FATIGA HACIA ARRIBA

La respuesta crítica es el **esfuerzo de tracción** al **fondo de la losa**

La ubicación del esfuerzo crítico es normalmente, en el **punto medio** y al fondo de la losa

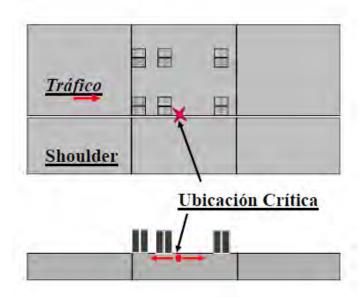


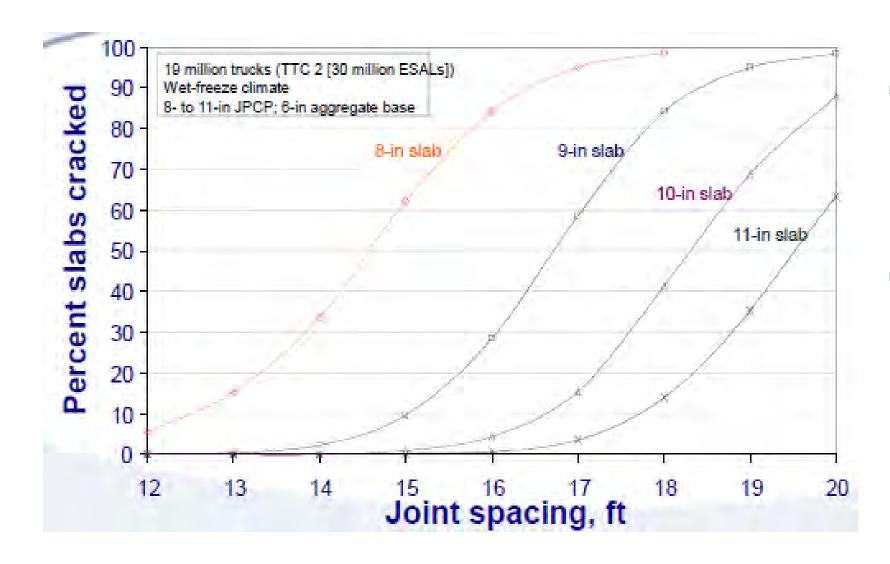
AGRIETAMIENTO DE FATIGA HACIA ABAJO

La respuesta crítica es el **esfuerzo de tracción** en la superficie **de la losa.**

La ubicación del esfuerzo crítico varía con la configuración del eje de carga.

Las fuerzas generadas por las cargas y el clima contribuyen a esta respuesta crítica





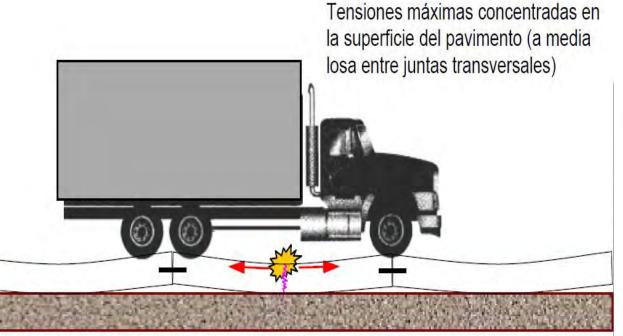
- El espesor no se puede independizar de las condiciones del pavimento: Tamaño de losa, Clima, Rigidez base, tipo de borde, etc.
- No se pueden usar métodos de diseño fuera de su Rango de Calibración

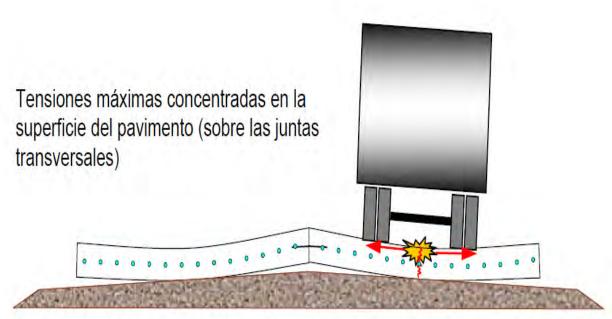
ALABEO



El alabeo se produce principalmente por gradientes de temperatura a través del espesor de la losa, aunque también se ha encontrado que existe alabeo por humedad y de construcción.

MECANISMOS DE DAÑO EN EL PAVIMENTO





Mecanismo de fisuración transversal

Mecanismo de fisuración longitudinal

Desarrollo del Escalonamiento en una losa de dimensiones geométricas tradicionales

ESCALONAMIENTO (SIN BARRAS DE TRASPASO)

Las respuestas críticas son las deflexiones de la losa cargada y descargada

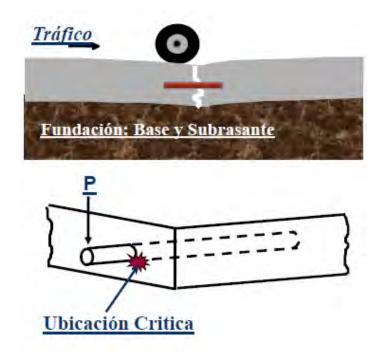
La ubicaciones críticas son en las esquinas de la Losa

El tráfico, la erosión de la fundación y la humedad contribuyen a esta respuesta crítica

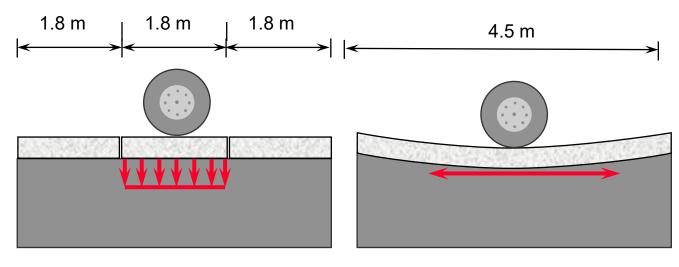


ESCALONAMIENTO (CON BARRAS DE TRASPASO)

Las respuestas y las ubicaciones críticas son las mismas que para losas sin barras de traspaso de carga

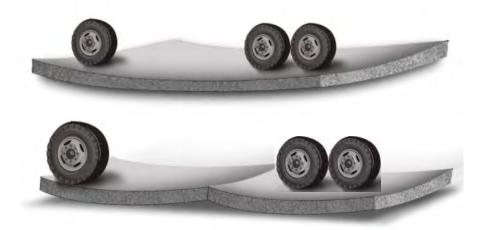


IMPACTO DEL ESPACIACIMIENTO ENTRE JUNTAS EN LA FLEXOTRACCION



Short Slabs Deflect Very little flexural stress

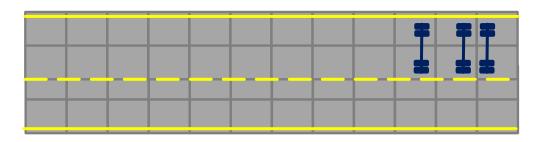
Standard Slabs Bend Higher flexural stress

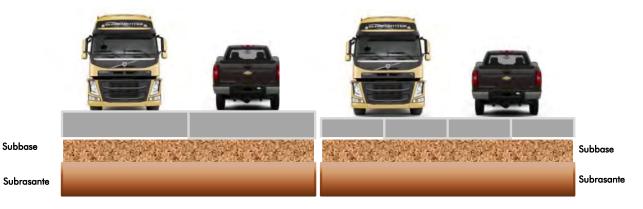


Smaller joint opening Reduced curl/warp deflections

COMPARACIÓN EN PLANTA DE LA LOSA TRADICIONAL RESPECTO DE LA LOSA







Pavimento Tradicional

Pavimento Losa Corta

Estructuras Equivalentes

Criterios de diseño de Juntas tradicionales:

Menos de 25 veces el espesor de la losa ej: 450 cm/20 cm = 22,5 OK

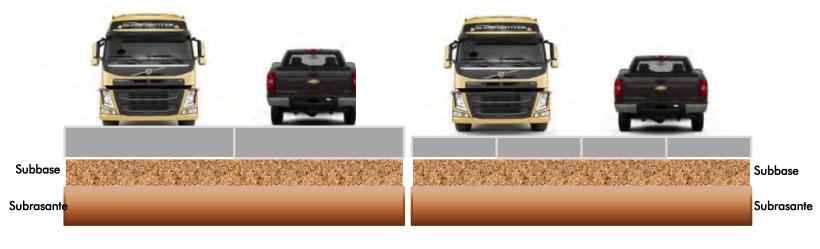
Factor de esbeltez inferior a 1.4 ej: Largo 4,5 m y Ancho 3,5 m 4.5/3.5=1.28 OK Criterios de diseño de losas cortas:

Menos de 25 veces el espesor de la losa ej: 175cm/17 cm = 10,3 OK

Factor de esbeltez inferior a 1.4 ej: Largo 1,75 m y Ancho 1,75 m 1,75/1,75=1,0 OK



DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN TRADICIONALES VS PAVIMENTOS DE LOSAS CORTAS



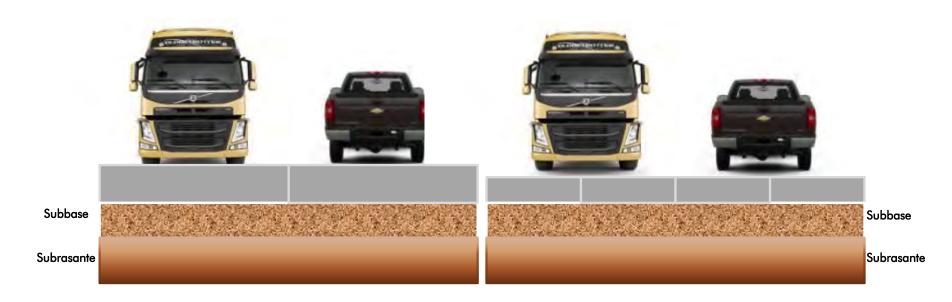
Pavimento Tradicional Pavimento Losa Corta

Estructuras Equivalentes

La tecnología de diseño y construcción de losas, dimensiona éstas de forma tal que ellas nunca sean cargadas por más de un set de ruedas del camión, logrando con esto disminuir significativamente las tensiones en dicha losa (Covarrubias).

Las tensiones dentro de la losa determinan la vida útil del pavimento, donde tensiones mayores generan un deterioro más rápido en este. Esto produce un menor agrietamiento de las losas del pavimento y una mayor

COMPARACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN TRADICIONALES VS PAVIMENTOS DE LOSAS CORTAS



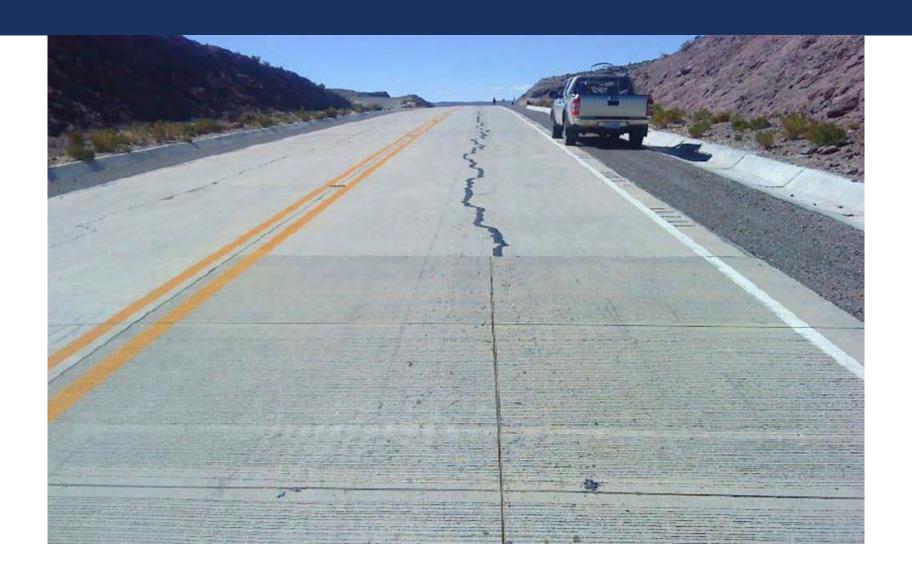
Pavimento Tradicional

Pavimento Losa Corta

Estructuras Equivalentes

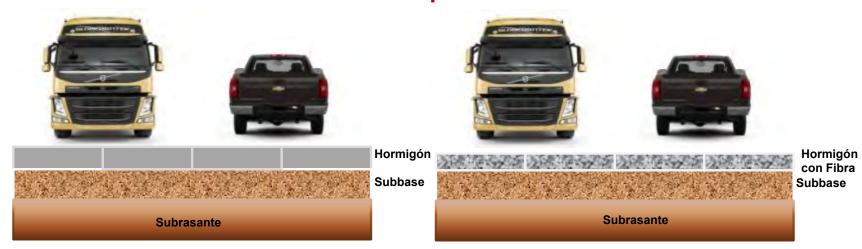
Nota: las reducciones de espesor pueden ir entre un 10% y un 30% dependiendo en cada caso de la configuración de cargas, suelo y clima que se presente.

¿ES POSIBLE VER EL BENEFICIO ENTRE OPTIMIZAR LA GEOMETRÍA Y NO HACERLO?



LOSAS CORTAS HO SIN FIBRAS VERSUS LOSAS CORTAS CON FIBRAS

Estructuras Equivalentes



Pavimento Losa Corta

Pavimento Losa Corta con fibra

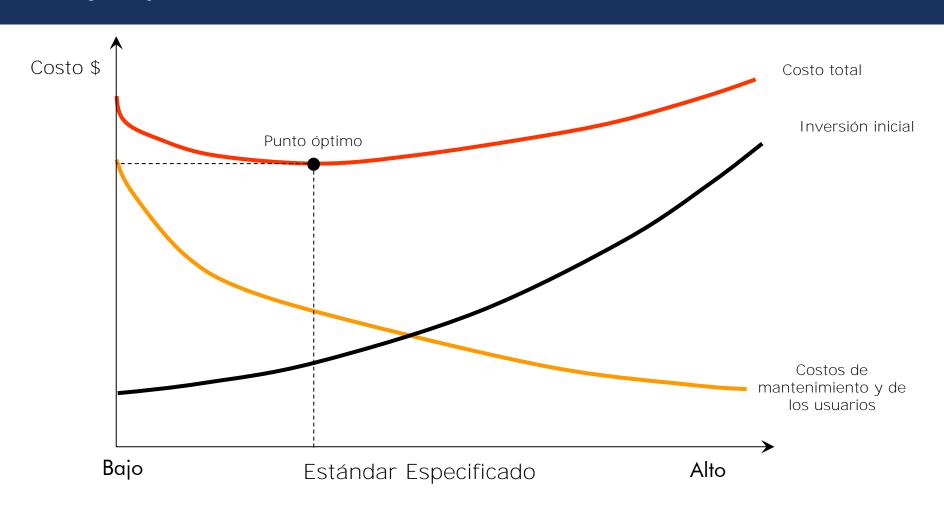
La fibra se puede incluir si se quiere lograr alguno de los siguientes objetivos:

- Evitar la rotura frágil si se produce unión de las fisuras del hormigón formando un entramado.
- Mejorar el comportamiento a cargas cíclicas (fatiga).
- Aumentar la capacidad última de la losa por punzonamiento.
- Aumentar la resistencia a la tracción, abrasión, impacto y corte.
- Disminuir los espesores cuando las tensiones principales se encuentran en la cara inferior, como en las losas de geometría optimizada.

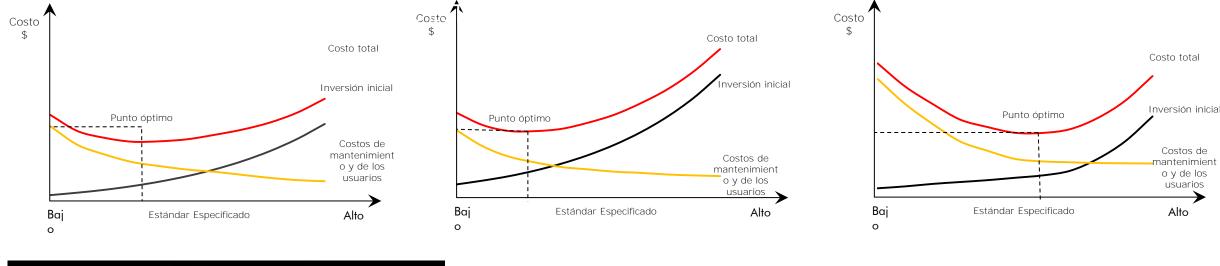


Hormigón con fibra estructural.

Estándar de Calidad de los Trabajos de Construcción y Reparación de Pavimentos



Estándar de Calidad de los Trabajos de Construcción y Reparación de Pavimentos

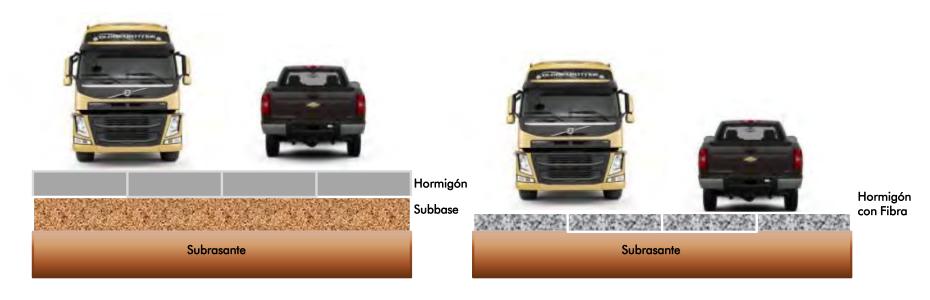




Es evidente que ningún remedio sirve para todo, ni tampoco se debe recomendar siempre la misma solución



PAVIMENTO ULTRADELGADO DE HORMIGÓN CON FIBRAS U-TCP



Pavimento Losa Corta

Pavimento Ultradelgado de Ho con fibra

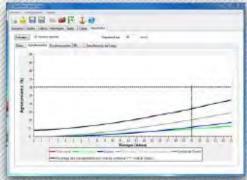
La solución es para vías de bajo tránsito pero con altos niveles de solicitación de carga.

Se recomienda que se aplique en caminos donde el ripio o la tierra de la superficie actual de circulación ha sido consolidado por el paso de los vehículos en el tiempo



DIMENSIONAR Y ESPECIFICAR PROYECTOS A PAVIMENTAR CON UNA SOLUCIÓN DE LOSAS CORTAS.







Inputs De Diseño



Largo Losa (m)	1,75
Tipo de Borde	Libre
Losa Exterior con Sobreancho	No
Barras de Transferencia de Carga	No
Interfaz Pavimento-Base	No Adherido
Porcentaje Maximo de Losas Agrietadas Admisible	50%
Confiabilidad Porcentaje de Losas Agrietadas	60%
Tráfico	

Método de Análisis de Tráfico Ejes Equivalentes Clasificación del Tráfico STREETPAVE MAJOR ARTERIAL Distancia Huella a Línea de Demarcación (cm) 450 Desv. Estándar de la Distribución Lateral del Tráfico (cm) 250

Hormigón

Módulo de Elasticidad (Mpa)	29.000			
Peso Especifico (Kg/cm3)	2.400			
Módulo de Poisson	0,15			
Coeficiente de Dilatación Térmico (1/°C)	8,00E-06			
Retracción a 365 Días (micr)	600			
Contenido de Aire	3%			
Relación Agua/Cemento	0,45			
Resistencia Final (Mpa)	5,1			
Fibra Estructural	Sí			
Método Calculo Fibra	ASTM 1609			
Resistencia Residual (Mpa)	1			

Suelo

N° Capas	1			
Resistencia a la Erosión	4			
Coeficiente de fricción Pavimento-Base	0,65			
Porcentaje Material Fino	8%			

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

Procedimiento	lino	Tamaño	l alabeo de l	Agrietamiento					Calidad	
		do losa		Desde abajo	Desde arriba	Transve rsal	Longitudin al	Esquina	Escalonamiento	de rodado
AASHTO-93	E	No	no	No	No	No	No	No	No	Si
PCA 86 o StreetPave	ME	No	no	Si	No	Si	No	No	Erosión	No
ME-PDG (AASHTO 2008)	ME	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si, Por Modelo Diferencial Energía	Si
OptiPave®	ME	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si		Si

E = Empírico ME = Mecanicista- Empírico MEPDG no considera grietas longitudinales y de esquina OptiPave: Modelos Escalonamiento y rodado no están calibrados a losas cortas

DISEÑO DE LOSAS CORTAS

Dimensionar las losas de tal manera que solo una rueda o set de ruedas se apoyen en una losa a la vez

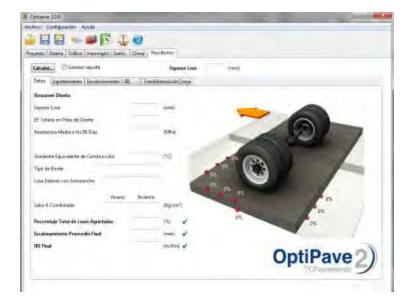


Calcular el daño por fatiga producido en los puntos críticos de



Determinar el espesor correspondiente considerando las condiciones de suelo, alabeo, tráfico, y otras condiciones relevantes.





CONSIDERACIONES ASOCIADAS A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CUANDO SE UTILIZAN LOSAS CORTAS

Teniendo en cuenta la existencia de un mayor número de juntas de contracción y por lo tanto un menor esfuerzo de contracción en estas juntas



Se recomienda el uso de sierras más delgadas de entre 2 y 2,5 mm, lo que permite omitir sellar la junta, al restringir el ingreso de material incompresible dañino para la junta, lo que limita el







Teniendo en cuenta que al no sellar las juntas, es necesario tener una base que tenga una cantidad limitada de material



Se recomienda para pavimentos de tráfico pesado, una base con menos de 8% de finos (Material que pasa la malla

INCLUSIÓN DE FIBRAS EN EL HORMIGÓN



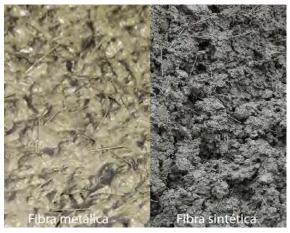






Inclusión de Fibras en pavimentos de hormigón

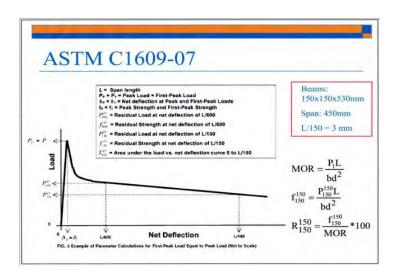




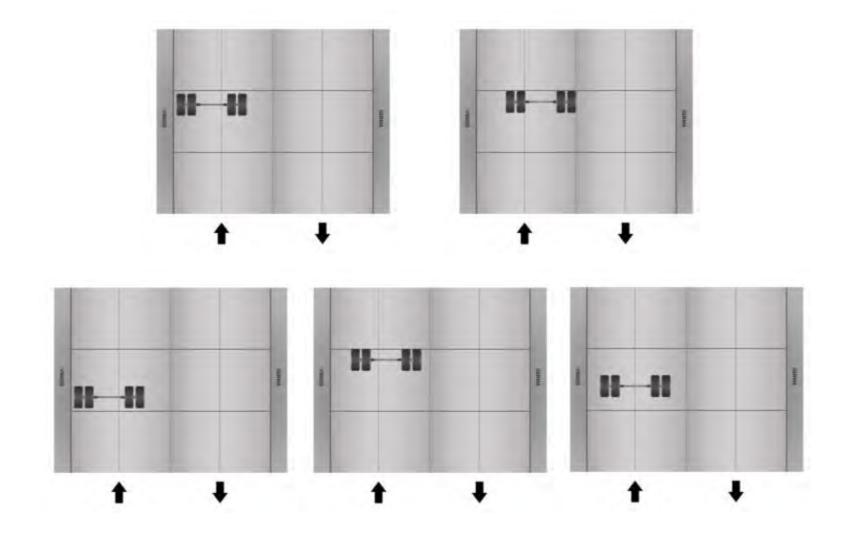


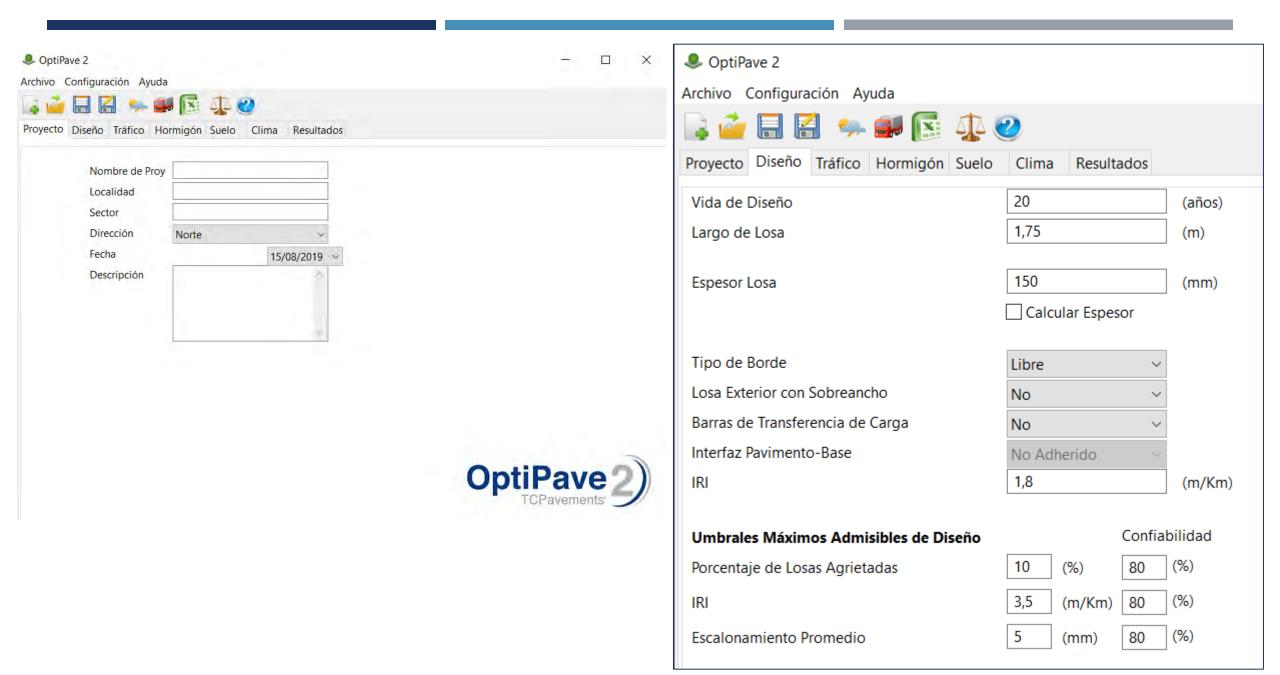
LA RESISTENCIA RESIDUAL

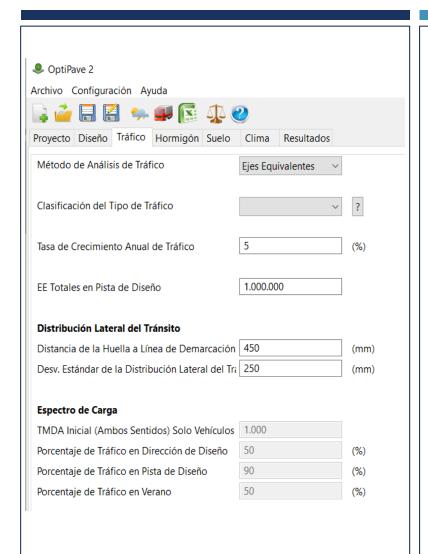
corresponde a la resistencia que es capaz de tomar la viga una vez fisurado, condición que le otorgan las fibras. Es decir, aumenta la capacidad del hormigón de seguir tomando cargas una vez agrietado.

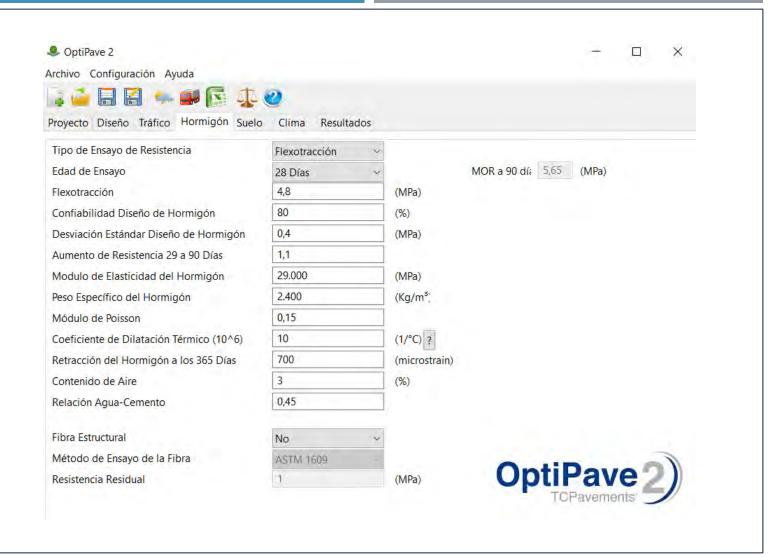


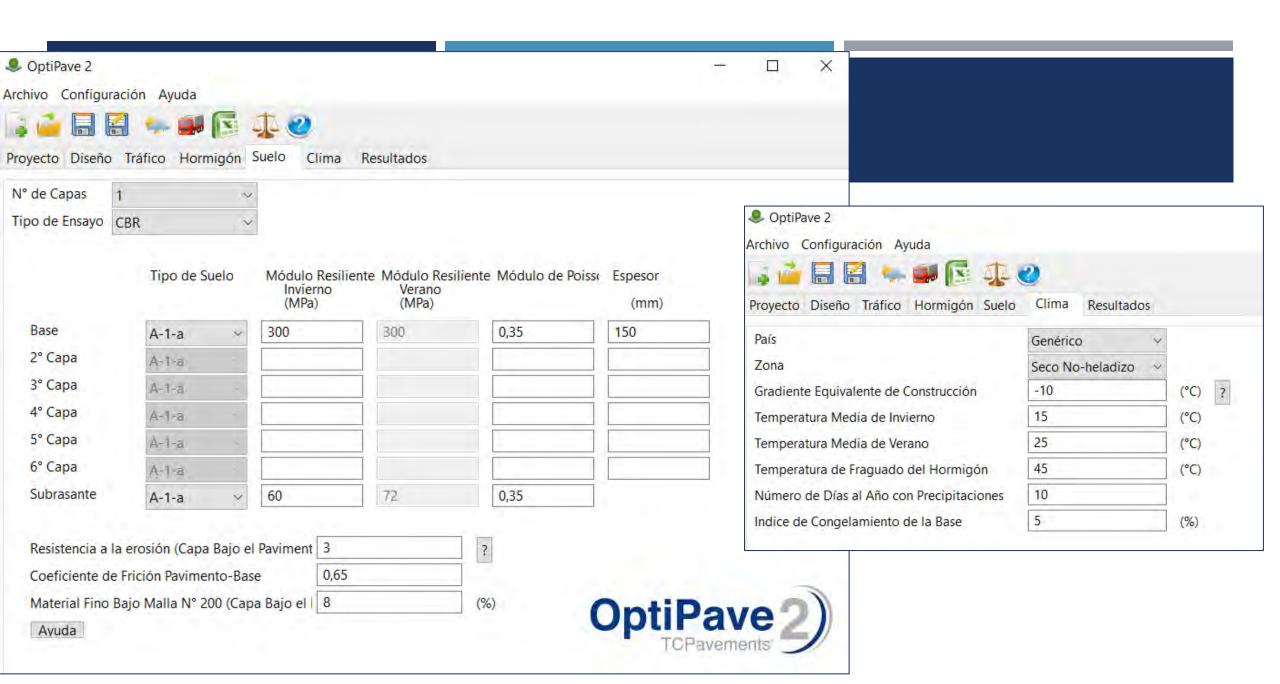
EFECTO DE LAS POSICIONES DEL EJE Y RUEDAS EN LA LOSA CORTA

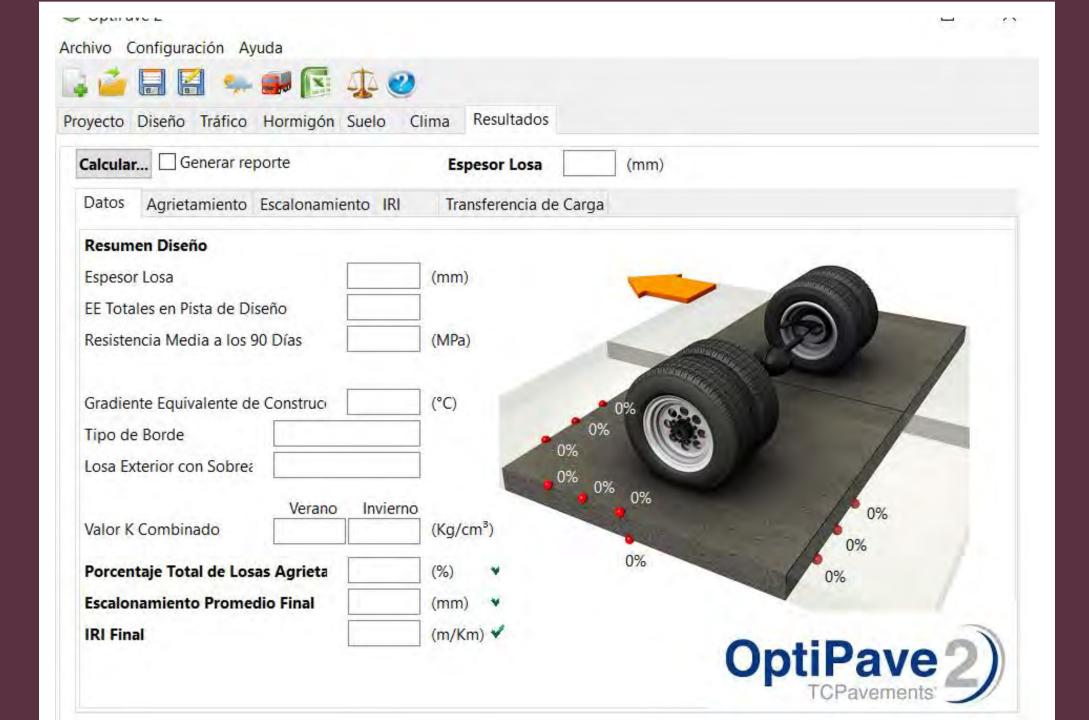


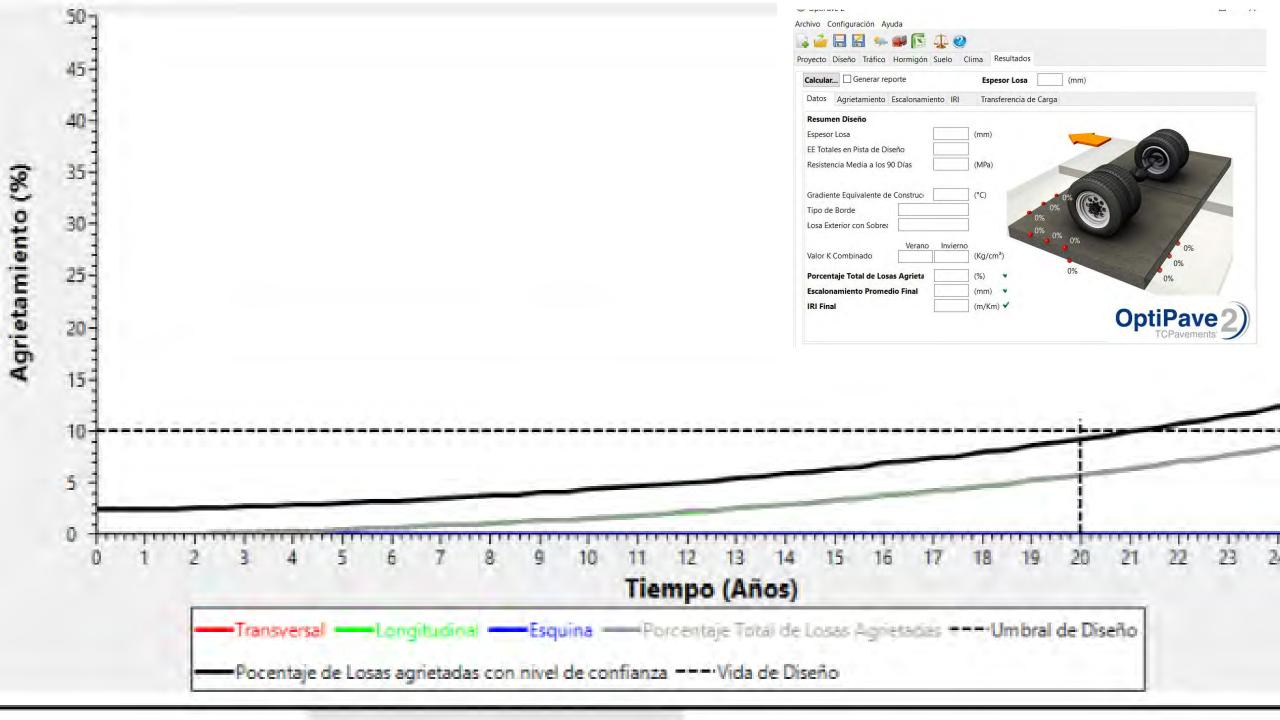












APLICACIÓN DE SOLUCIONES DE PAVIMENTOS EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA DE LAS LOSAS CORTAS.



La solución de Ultradelgados es para vías de bajo tránsito pero con altos niveles de solicitación de carga.

Los Ultradelgados se recomienda que se utilicen en caminos donde el ripio o la tierra de la superficie actual de circulación ha sido consolidado por el paso de los vehículos en el tiempo

En el año 2016, la Dirección de Presupuestos (DIPRES)

del Ministerio de Hacienda, autorizó a la Dirección de Vialidad

la aplicación de hormigón ultradelgado en caminos básicos por conservación en casos especiales, como son en sectores de cuesta,

pendiente alta y curvas restrictivas. Un cambio de paradigma.

PAUL A CHAPPLE C Periodista Hormigen at Dia

de rociadura más permanente, disminu- forma, los caminos de la reci secundaria quinal es decir, casi sin alberar la geometria yerdő a eliminando el polva en tiempos - deberlari esperar mucho tiempo para pa- y, por lo tanto, sin grandes movimientos secos, a el lodo después de las lluvias. A vimentarse o, en varios casos, nunca se de tierra, como si ocurre en un proyectravés de este efecto, se logra uno de los pavimentarian", datalla Osvaldo Aguayo, to de pevimentación convencional. Esta principales beneficios perseguidos, como - Jefé del Subdepartamento de Camínos - menor intervención sobre el terreno solo es mejorar la calidad de vida de quienes - Básicos de la Dirección de Vialidad del - seña posible cuando se trata de caminos viven alrededor del camino.

"Sin embargo, para pavimentar un

Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Frente a este esceriario, desde los

concepto de caminos bási- parnino en forma convencional el sis- años '90 en el país se retornó una forma cos encierra varios aspectos tema nacional de inversiones públicas de intervención empleada en el pasado, en la intervención de los exige que el proyecto sea rentable so- aplicando algunos estabilizadores, princaminos no pavimentados, cialmente, y cara que esto ocurra, debe cipalmente en la zona norte, o una capa El principal tiene que ver existir un transito de varios cientos de asfáltica delgada en la zona central. Todo con brindar una superficio vehículos diarios como mínimo. De esta esto sobre el camino en su condición oride bajo transito.

Luego de las experiencias iniciales en aquella década, "en 2003 se estableció el Programa Caminos Básicos 5.000 (cinco mil kilometros) y actualmente se lleva a cabo el Programa Pavimentos Básicos 15,000, entre 2014 y 2018 (esté incluye además unos 3.000 km de caminos en comunidades indígenas). En resumen, a diciembre de 2016, se cuenta con más de 14,000 km básicos en todo el país", detalla Walter Bruning, Director Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas

Solución técnica

En la actualiciad hay más avances. A partir de 201) se estableció una normativa paralos caminos básicos, en conjunto con la Dirección de Presupuestos (DIPRES) del Ministerio de Hacienda y con el Ministerio de Desarrollo Social (todas las evaluaciones sociales de los proyectos de inversión pública deben ser revisadas por este Mi-

nisterio para obtener su recomendación). A partir de ese año se petinieron dos tipos de Caminos Básicos (CCBB). CCBB. por Conservación y CCBB Intermedios. cada uno con sus propios recuisitos a cumplir. "Los últimos se distinguen principalmente por permitirse mayor costo máximo por kilómetro (y por ende mayo-

JUNIO 2017 - HORMIGÓN AL DÍA - 2





eri el que además de las capas de protección astáltica, en este caso se nermit adelanta Osvaldo Aquayo. Efectivemente, quando se estableció i

ormativa para CCBB, se creó la cias/ Intermedios Los CCBB por conservació son la mayoria, constituyando un 95% de total de caminos básicos. En estos está ahora no se fian colocado en gran cantraba el caste entonces que, en un pro-yecto que incluía un electror de questa de pendistrate hallo y curves entrotrivos, no se la positividad de encolar recolar meccha additi-pendistrate hallo y curves entrotrivos, no se



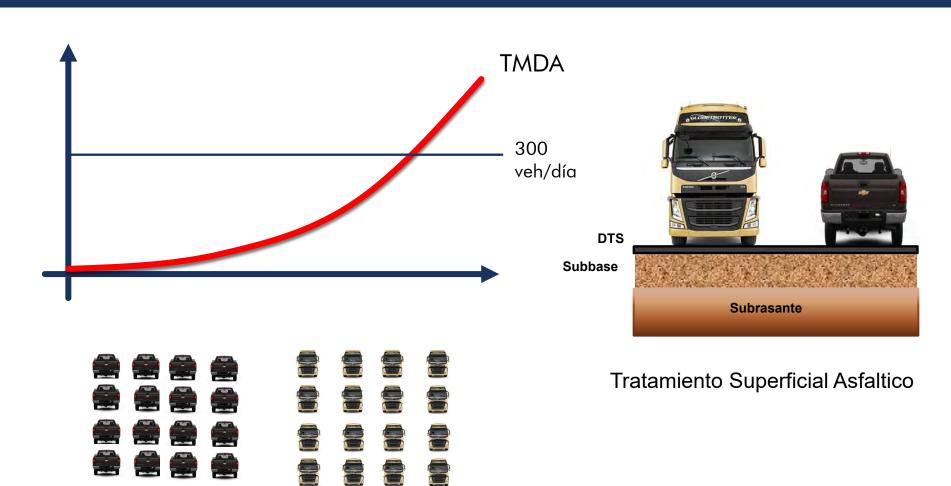
podía considerar alguna soución de ca- ica en caliente u normigón ultradelgado. Para los expertos consultados las venta-activities of the control of the con Penden a soliar los finos procuranos su capas propuestas, so debio svaluar acofalla (como el el plicacio de las pendiantes) combiementa diferentes ecomentos com
platas y curves de nocialo restrandado i Assata casa de protección, con y sei podimento del defendado de las responsables de protección, con y sei podimento del defendado de la Responsable d

con mezcla astática en caliente u con pavimento de hormigón ultradelgado. El parametro calculado para casa caso fue el VAC (Valor Actualizado de Cos-

ion, es decir, aunque le înversión inicial sa más alta nara estas capas, la suma be s costos actualizados incluyendo las onservaciones, es más bála que para el aso de las capas de pretección

Con estos resultados finamiente el Di-actor de Presupuestos emitió el 12 de ctubre de 2016 el oficio dirigido al Minaro de Obras Públicas en que algoriza lo olicitado bajo la nominación: "Tipologia le Caminos Básicos por Conservacion andicionada a que el costo del proyecno supere los montos maximos por im autorizados antes de esta nueva actotal de camines basios. En estos está altora no se han coocado en cran can-bermitido como maximo cotocar una tidad ya que las normas administrativas. Replión Metropolitana). I/o millones de case de protección adfatica (expesar restringen las soluciones técnicas; espresa Devalda Aguaya y Maulei MM\$ (70/Am y zona sur (Blobio Este escenario motivo para "solicitar a lla sur) MM\$ 200/km

LOS DOBLES TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (DTS) COMO LA SOLUCIÓN TÍPICA PARA ELEVAR EL ESTÁNDAR DE UN CAMINO QUE ALCANZÓ UN DETERMINADO NIVEL DE TRÁNSITO



DOBLES TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (DTS)

VS

PAVIMENTO ULTRADELGADO DE HORMIGÓN CON FIBRAS

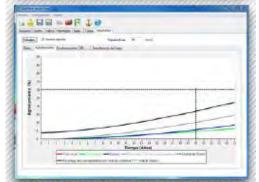


Tratamiento Superficial Asfaltico Incluye imprimación



Pavimento Ultradelgado de Ho con fibra







Inputs De Diseño



Largo Losa (m)	1,75
Tipo de Borde	Libre
Losa Exterior con Sobreancho	No
Barras de Transferencia de Carga	No
Interfaz Pavimento-Base	No Adherido
Porcentaje Maximo de Losas Agrietadas Admisible	50%
Confiabilidad Porcentaje de Losas Agrietadas	60%

Tráfico	
Método de Análisis de Tráfico	Ejes Equivalentes
Clasificación del Tráfico	STREETPAVE MAJOR ARTERIAL
Distancia Huella a Linea de Demarcación (cm)	450
Desv. Estándar de la Distribución Lateral del Tráfico (cm)	250
Hormigón	

Módulo de Elasticidad (Mpa)	29 000		
Peso Específico (Kg/cm3)	2.400		
Módulo de Poisson	0,15		
Coeficiente de Dilatación Térmico (1/°C)	8,00E-06		
Retracción a 365 Días (micr)	600		
Contenido de Aire	3%		
Relación Agua/Cemento	0,45		
Resistencia Final (Mpa)	5,1		
Fibra Estructural	Si		
Método Calculo Fibra	ASTM 1609		
Resistencia Residual (Mpa)	1		

Suelo	
N° Capas	T T
Resistencia a la Erosión	4
Coeficiente de fricción Pavimento-Base	0,65
Porcentaie Material Fino	8%



GUÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS DELGADOS CON FIBRA PARA CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO



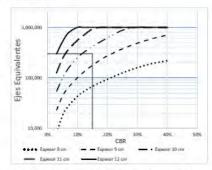
821.226, de propiedad exclusiva de Comercial TCP'ayements Lida. Su utilitización no autorizada se encuentra sanci por las leyes del Estado de Chile, y demás países en donde se encuentran reconocidas.



4.1- Ejemplo de Aplicación Abaco de Diseño

4.1-1. Ejemplo Plataforma Existente:

Se requiere diseñar un pavimento delgado con fibra sobre el terreno natural compactado. El terreno tiene CBR 15%, el tráfico de diseño son 300.000 Ejes Equivalentes y está ubicado en la zona sur del país. Dado las características del proyecto, el ábaco de diseño a utilizar es el ábaco N°5.



El punto que intersecta un CBR 15% con 300.000 Ejes Equivalentes se encuentra entre la curva de 9 y 10 cm. Por lo tanto, se considera como espesor de la losa de homigón un espesor de 10 cm de espesor.

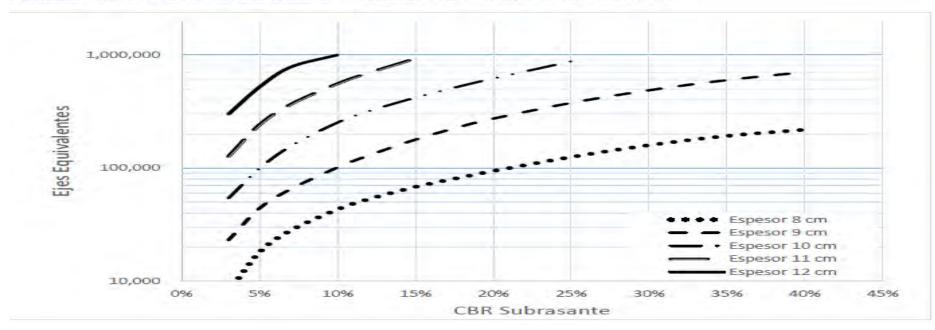
Con esto el paquete estructural queda como:



- Losa de hormigón 10 cm de espesor

13

Ábaco Nº 5: Pavimento sobre Plataforma Existente Zona Sur



Propiedades del Hormigón con Fibra

Pavimento Rígido	Resistencia
	(Mpa)
Resistencia a la Compresión	35 Mpa
Resistencia Residual de la Fibra*	1 Mpa

^{*}Según Norma ASTM-1609

Zonas Climáticas

Zona	Sobre Plataforma Existente	Sobre Base Granular
Norte	Cartilla N°1	Cartilla N°2
Centro	Cartilla N°3	Cartilla N°4
Sur	Cartilla N°5	Cartilla N°6
Extremo Sur	Cartilla N°7	Cartilla N°8

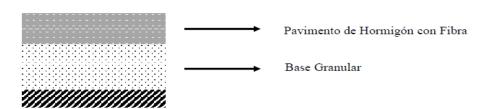


Pavimento Delgado de Hormigón con Fibra sobre plataforma existente



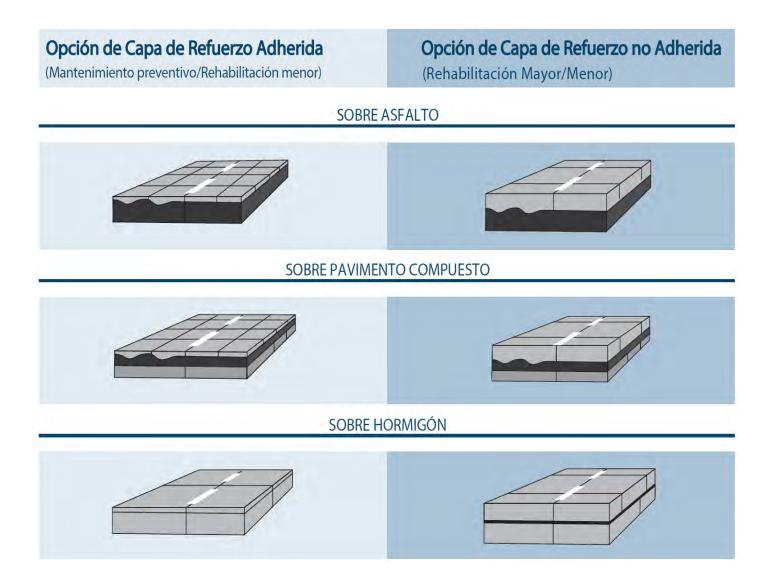
- No considera subbase bajo el pavimento, se coloca directamente sobre el terreno natural nivelado y compactado
- Se debe mejorar la carpeta existente solo en zona deficientes o ensanches
- · Cortes deben hacerse entre 1,4 y 1,75 m de largo y media pista de ancho
- No se coloca sello en las juntas

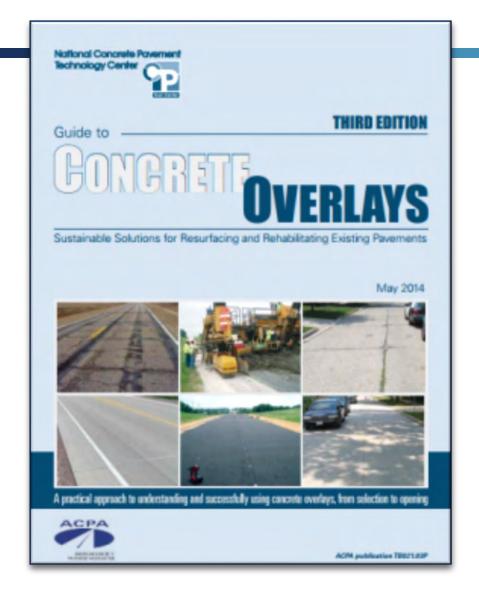
Pavimento Delgado de Hormigón con Fibra Nuevos Sobre Base Granular



- Cortes deben hacerse entre 1,4 y 1,75 m de largo y media pista de ancho
- No se coloca sello en las juntas

CÓMO DISEÑAR LOS ESPESORES DE WHITETOPPING?





includes using the same equations and factors for determining the Dat for existing concrete parameters and the same overlay thickness determination equations (e.g., Dox. & Dr.—Dat for a bonded concents overlay on concentral). The only differentiating factor between Street/Para and the 1999 AASHTO Dusign Guide overlay designs in that the required composite thickness (Dd is calculated using Street/Park Core design equations, using fashing and cracking as the failure criteria. Street/Park das provides functionality to include fibers in any design.

Slabs with Optimized Geometry and OptiPavez" Design

A new methodology called TCP (thin concrote passements) or short-jointed concrete dals has been developed to design the concrete slab thickness by optimizing the slab size given the goometry of the truck asles (Covarrubias and Covarrubias 2008). The key principle of the design method is to select the slab size so that not more than one set of wheels is on any given dab at one time, thereby minimizing the critical toptensile stress. Full-scale test sections were constructed and rested at the University of Illinois under accelerated pavement loading conditions with a dab thickness of 5.5 to 8 inches on either aggregate or asphalt base layer (Cervantes and Rooder 2009; Rooder et al. 2015). The performance data from the full-scale test were utilized in the development of the mechanistic-empirical design software called Oper/towa" (Covarrabias et al. 2010; Covarrabias 2011). Optillave?" software is specifically railored to design door-jointed concrete payernents for any set of climate, traffic, subgrade/subbase layer, and material property inputs, including the addition of

Thin concrete payements designs include unbonded concrete pavement over granular or embilized base layers. Typical slab sixes for TCP are between 4.5 feet and 8 feet long by 6 feet wide with slab thickness ranging from 2.4 to 10 inches depending on traffic, dimare, and soil conditions. The Optifism?" design software predicts the level of cracking, faulting, and IRI for a given set of inputs OptiPase T is currently the only pavement design software that is able to optimize the slab thickness requirements for slab sizes less than 10 feet. Since 2006, multiple projects have been constructed in Latin America. including Chile, Peru, and Gusternala. OutDay" software licenses are available in North America from PNA Construction. Technologies, Inc. (www.pna-inc.com, telephone reamber 800-542-0214).

FAQ – How is the thickness of an aughalt surface in a composite handled! In this approach, the same fathers model is used, but the assumption is made t

In this approach, the same failure model is used, but the assumption is made that the asphale layer has the maximum permitted thickness of 6 in. (150 mm), which corresponds to the literies of the current design model. The elastic properties of the asphale surface are used in the model.

Design Considerations for Bonded Overlay Systems

With bonded concrete overlays, the bond between the overlay and the underlying pavement astion the horizontal shear transfer as the bend plain. This horizontal shear transfer transas into the underlying lapers, thereby decreasing nerolic stresses in the bonded overlay. Somewhat different considerations are required depending on whether the overlay is brended to ensirting concerns or to existing applain. All honded concrete overlay systems, however, depend on the imaginy of the underlying payerment.

Bonded Overlays of Asphalt and Composite Pavements

A unique design consideration for bonded overlays on asphalt or composite pavements in the joint spacing to mistigne carling and wasping arress in the bonded outside. The ACNA original 1988 design procedure for this oweslay type was based on a single mode of fadure—the corner brank. The ACNA 2004 revised pocoedures incorporated probabilistic methods into concerns traiges models, but the procedure for this oweslay type confirmed to be based only on the corner brank mode of fatien.

The corner break model has worked adequately. In necess years, however, it has been snongation druct the tree meet constrained processors for the model concerned overlass on apphal or composite powersors are delaratization enumining from failure in the benef plane or from failure in the underlying asphalt layer. Therefore, the most occure rowitions of the design procedure for this type of coverlay rather. a "weaken link" approach, applying probabilistic techniques to all three modes of failure.

First, design parameters are import into the design model. Then mouses are calculated using the corner arraw model, From that information, enaine in the bortom and rop of the asphalt layer, pits horizontal errosses informed at the bond plans, are calculated based on the location of the composite neumal axis. Concrete control stresses are then compared against the ACPA 2004 farigue model for concrete. Strains in the applial are compared to Auphair Institute design farigue models. Bond plane stresses are evaluated using a horizontal shear data model based on data obtained from lowe, Flootide, and Colorado projects. The calculand stresses and strains for each mode are then compared against the probabilistic models of each mode to determine which factors is the most likely mode of failure, or the weaken link, driving failure in the countl' nectors.

The bottom line is that understanding the interaction between both plane streams and corner breaks streams helpe designers optimize joint spacing and weveral other factors in designs for bonded concrete overlays on applial povenments.

In addition to the probabilistic adaptation of the mechanistic procedures, new advancements in materials were included, particularly with negard to the inclusion of fibers. The effect of fibers in the models to based on their sheliny so enhance the fargue nestrance of the concrete. The design procedure for fibers in open ended in the arraw fibers are developed and proporties are outslikely, those can be incorporated accordingly.

Probably one of the most challenging aspects in the design of bonded overlays of applit and composite parement is the consideration of the supporting platform. For designs of this type, the classic is-value described suffice is based on the value at the bottom of the asplatit layer eather than at the bottom of the concerne layer.

The joint design of thin bonded overlays over asphalt powersen is a fastinguishing characteristic when these pospers are placed in the field. The transverse and longitudinal joint spacing are always 6 if (1.8 m) or less in length as destroined by the design analysis. It is important that placed in any less than the properties of the possible to minimize the likelihood of curling stress developing triggering delamination at the edge of the powerment. Early-enery users an order used.

There are numerous examples of bonded overlays of asphalt and composite pursuments that are approaching 20 years of service. When properly designed and constructed, these concrete overlays can perform satisfactorily for any desired design life.

Guide to Concrete Overlays

57

"The OptiPave2™design software predicts the level of cracking, faulting, and IRI for a given set of inputs. OptiPave2™ is currently the only pavement design software that is able to optimize the slab thickness requirements for slab sizes less than 10 feet."

Table 10. Summary of Current Overlay Design Software (developed by Dr. Jeffery R. Roesler, University of Illinois at Urbana-Champaign)

	Typical Design and Software Parameters							
Overlay Type	Traffic (Millions of ESALs)	Typical Concrete Slab Thickness	Maximum Joint Spacing (ft)	Range of Condition of Existing Pavement	Macro- fibers Option (in software)	Transverse Joint Dowel Bars	*Mainline Longitudinal Tie Bars	Recommended Design Procedure
Bonded Concrete Overlay of Asphalt Pavement	Up to 15	3-6 in.	1.5 times thickness (in.)	Feir to Good	Yes	No	No	1, 2, 8
Bonded Concrete Overlay of Concrete Pavement	Up to 15	3-6"	Match existing cracks and joints and cut intermediate joints	Fair to Good	Yes	No	No	3,4,5
Bonded Concrete Overlay of Composite Pavement	Up to 15	3-6 in.	1.5 times thickness (in.)	Fair to Good	Yes	No	Nó	1,2,8
Thin Fibrous Overlays of Asphalt Pavements	Up to 15	2-3 in.	4-6 ft	Fair to Good	Yes	No -	Na	7
Unbonded Concrete Overlay of Asphalt Pavement	Up to 100	4–11 in.	Slab < 6 in.—use 1.5 times thickness (in.) Slab ≥ 6 in.—use 2.0 times thickness (in.) Slab > 7 in.—use 15 ft	Deteriorated to Fair	Yes	For slabs > 7 in.	T≥6 in.— use agency standards	2,4,5
Unbonded Concrete Overlay of Concrete Pavement	Up to 100	4-11 in.	Slab < 5 in.—use 6 ft x 6 ft panels Slab 5–7 in.— use 2.0 times thickness (in.) Slab > 7 in.—use 15 ft	Deteriorated to Fair	Yes	For slabs > 7 in.	T≥6 in.— use agency standards	3,4,5
Unbonded Concrete Overlay of Composite Pavement	Up to 100	4-11 in.	Slab < 6 in.—use 1.5 times thickness (in.) Slab ≥ 6 in.—use 2.0 times thickness (in.) Slab > 7 in.—use 15 ft	Deteriorated to Fair	Yes	For slabs > 7 in.	T≥6 in.— use agency standards	3,4,5
Unbonded Short-jointed Concrete Slabs	Up to 100	>3 in.	4-8 t	Poor to Fair	Yes	For slabs > 7 in.	For ≥ 3.5 in. slabs at fied concrete shoulders or for T≥6 in. use agency standards	•

*See additional guidance regarding feithers for shoulders and widoning section beginning on page 71.

Recommended Design Procedures (see previous page for links)

- 1. Bonded Concrete Overlay on Asphalt (BCOA) Thickness Designer (ACPA 2012)
- 2. BCGA ME (Vandenbossche 2013)
- 3. Guide for Design of Pavement Structures. 4th ed. (AASHTO 1993)
- 4. Machanistic-Empirical Design Guide—A Manual of Practice (AASHTO 1993)
- 5. StreetPave (ACPA 2012)
- 6. Opapave V2.0. (TCPavements 2010)
- 7. Howable Fibrous Concrete for Thin Pavement Inlays (Bordelon and Roesler 2011) (see Appendix C)
- 8. Illiniois DOT's spreadsheet for bonded concrete inlay/overlay of asphalt design (Roesler et al. 2008)



Guide to

THIRD EDITION

PONGRETTO VERLAYS

Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements

May 2014









A practical approach to understanding and successfully using concrete overlays, from selection to opening



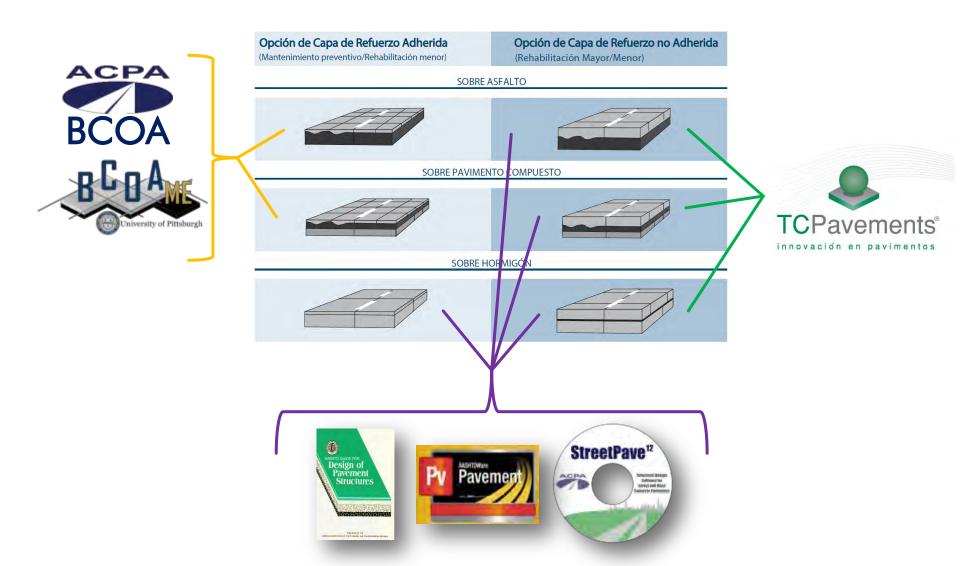
ACPA publication TRE21.03P

CRITERIOS PARA DEFINIR EL TIPO DE CAPA DE REFUERZO Soluciones No

	Parámetros Típicos para Diseño y Programas Computacionales							
Tipo de refuerzo	Tránsito (Millones de EE)	Espesor Típico de la Losa de Hormigón	Espaciamiento Máximo de las Juntas (m)	Rango de la Condición del Pavimento Existente	Opción de Micro Fibras (en el software)	Barras Traspaso Cargas; Juntas Transversales	*Barras de Amarre en Junta Longitudinal más Importante	Procedimiento de Diseño Recomendado
Capa de refuerzo con hormigón no adherido al pavimento asfáltico	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas< 150 mm (6 in.)-use 18 veces el espesor (m) Losas≥150 mm (6 in.)-use 24 veces el espesor (m) Losas>170 mm (7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas >170 mm (7 in.)	H≥150 mm (6 in.) use normas estándar	3, 4, 5
Capa de Refuerzo con Hormigón no Adherido al Pavimento Hormigón	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas < 127 mm (5 in.)-use losas 1,8 x 1,8 m (6 ft x 6ft) Losas 127-170 mm (5-7 in.) use 24 veces el espesor (m) Losas>170 mm(7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas >170 mm (7 in.)	H≥150 mm (6 in.) use normas estándar	3, 4, 5
Capa de Refuerzo con Hormigón no Adherido al Pavimento Compuesto	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas < 150 mm (6 in.)-use 18 veces el espesor (m) Losas ≥ 150 mm (6 in)-use 24 veces el espesor (m) Losas >170 mm(7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas >170 mm (7 in.)	H≥150 mm (6 in.) use normas estándar	3, 4, 5
Losas Cortas de Hormigón No Adherido	Hasta 100	>75 mm (>3in.)	1,2 – 2,4 <mark>m</mark> (4 – 8 ft)	Mala a regular	Si	Para losas >170 mm (7 in.)	Para losas ≥90 mm (3,5 in.) con bermas de hormigón amarradas o para H≥150 mm (6 in.)-use normas estándar	6

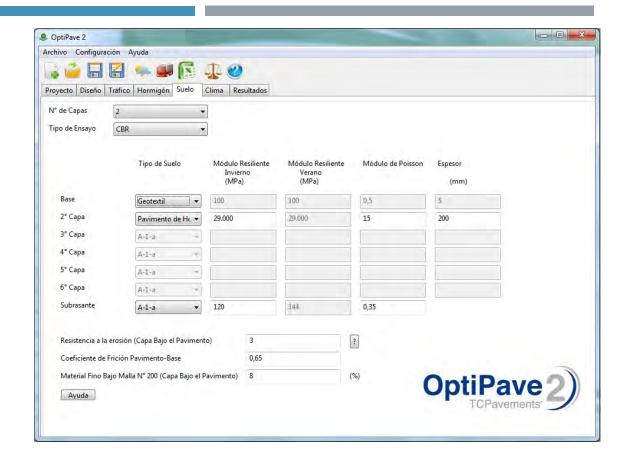
- 1. Bonded Concrete Pavement on Asphalt (BCOA) Thickness Designer (ACPA 2012)
- 2. BCOA ME (Vandenbossche 2013)
- 3. Guide for Design of Pavement Structures. 4th ed. (AASHTO 1993)
- 4. Mechanistic Empirical Design Guide - A Manual of Practice (no year)
- 5. StreetPave (ACPA 2012)
- 6. Optipave V2.0. (TCPavements 2010)
- 7. Flowable Fibrous Concrete for Thin Pavement Inlays (Bordelon and Roesler 2011) (see Appendix C)
- 8. Illiniois DOT's spreadsheet for bonded concrete inlay/overlay of asphalt design (Roesler et al. 2008)

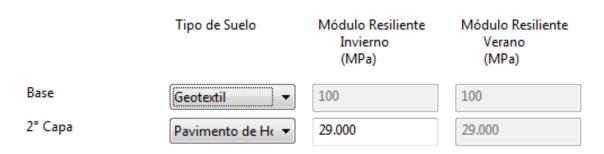
CÓMO DISEÑAR LOS ESPESORES DE WHITETOPPING?



OPTIPAVE2

- Permite Diseñar Capas de refuerzo con Hormigón No Adheridos.
 - No adheridos Sobre Hormigón (Colocando Geotextil entremedio)
 - No Adheridos Sobre Asfalto Existente





Fiber-Reinforced Concrete for Pavement Overlays: **Technical Overview**

Final Report April 2019



Sponsored by

Federal Highway Administration Technology Transfer Concrete Consortium (TTCC) Pooled Fund TPF-5(313) (Part of Intrans Project 15-532)

IOWA STATE UNIVERSITY

National Concrete Pavement Technology Center

Overview of Fiber-Reinforced **Concrete Bridge Decks**

Final Report March 2019

Sponsored by

Federal Highway Administration Technology Transfer Concrete Consortium (TTCC) Pooled Fund TPF-5(313) (Part of Intrans Project 15-532)

IOWA STATE UNIVERSITY

National Concrete Pavemen Technology Center

Armen Amintheolan, Assistant Pro Civil, Construction, and Environmental Engineering

AUTHORS

Jaffary Rossier, Professor Civil and Environmental Engir University of Illinois

Technology Center 3711 South Loop Drive, Suite 4700

Imes, IA 50010-6664

National Concrete Pavernant

cotschoarnes.org

National Concrete Pavemen

IOWA STATE UNIVERSITY

Introduction

Limited guidance is currently available on design and testing of fiber-reinforced concrete (FRC) for bridge decks and overlays. A review (2012) found reductions in bridge deck cracking with the addition of macrofibers (see Figure 1).

consider the increased structural capacity reduce deck cracking.

Commonly used fibers for FRC bridge decks are steel and polyslefin (synthetic) macrofibers, which provide structural capacity compared

\$15-294-3230 / ptaylor Ill lastate.edu

Technology Center

control. Bridge deck overlays are a

more common application of FRC

as opposed to an entire bridge deck constructed from FRC.

While ultra-high performance concrets

(UHPC) that typically includes higher

volume fractions of fiber is beginning

application is not discussed in this such

concrete (PCC) mixtures typically used

belef, as it is a fundamentally different

material than the nordand cement

FRC materials for bridge docks and

overlass do not have a uniformly

applied dosage ruse. Macrofiber consen-

texture, aspect ratio, field application.

and desired performance. Typical range

used in past bridge dock applications

are between 3 to 8 lb/vd3 for polyolefi fibers and 20 to 90 lb/yd? for steel

percentages between 0.2% to 1%.

varies depending on the material, shape

to see use on bridge decks, its

Fiber Dosage Rates

OVERVIEW OF FIBER-REINFORCED CONCRETE BRIDGE DECKS

TECH BRIEF

of past studies by Albassan and Ashur

At sufficiently high douges (e.g., 1.0% by volume), macrofibers can significantly increase the post-cracking structural capacity of a bridge deck ina similar fashion to minforcing bars. However, current practice does not from macrofiber reinforcement in the design process. Nevertheless, multiple states have required bridge decks with

used for plastic shrinkage cracking

Director, Peter Taylor

Figure 1, Synthetic macrofibers for FRC.

TECH BRIEF Monkant

FIBER-REINFORCED CONCRETE FOR PAVEMENT OVERLAYS

AUTHORS

Jeffery Rossies, Professor Child and Environmental Engineering University of Street, Urbana-Champarign

Amanda Bordaloni, Associant Professor Civil Engineering, Materials Peremistra Utali Valley University Alexander Brand, Assistant Profes Transportation infrastructure and

Systems Engineering Virginia Polytectinis Institute and Strana University Armes Artifehanter, Assetten Club, Construction, and Environmental Engineering Limitary by of Alabama.

National Concrete Payerson Technology Center 2711 South Loop Drive, Bulle 4700 Ames, 1A 50010-6564 isphechsamler.org

\$15-294-3290 / ptaylor @ sactate adu

Alational Concrete Paragraphic Technology Center

IOWA STATE UNIVERSITY

Introduction

The objective of this sech brief is to provide pavement engineers with the information necessary to use fiberminforced concrete (FRC) for concrete overlays. This sech brief explains how to descrisine the appropriate films evinforcement mediumance values to specify and implement in the structural design calculations for bonded and unbonded concrete overlay projects.

A spreadsheet tool called the Residual Strength Entimator was developed to help pavement engineers use FRC in concrete pavement applications. The mol provides an estimate of the FRC project as well as the effective flocural strength to input into the mechanisticempirical (M-E) concerns payement. design software.

A comprehensive technical report accompanies this tech brief. The report provides a more detailed summary of the types of macrofibers used in FRC, the expected properties of FRC materials, the effects of different macrofibers on concrete payement performance, available FRC test methods, best practice guidelines and specifications for FRC materials applied to pavements, and background dormation on the Residual Strength Estimator apreadubres tool.

Background

Fiber trinforcement undatalogy for concern pavements was introduced several decades ago and has since been applied to highways, streets. and bridge dock overlays, bus pads, industrial floors, full-depth slab number and sixfields. The first US application. was a FRC pavement with and fibers constructed in 1971 at a truck weigh vusion in Ohio (ACI Committee 544 2009). Additional early FRC applications included overlays for US Navy sirfields and commercial sirports in the 1970s and 1980s (Rollings 1986).

In the past 15 years, FRC has been eucoenfully implemented in concerns overlays of readways, Particularly, the use of FRC in bonded concrete overlays on authals or commodite revenuess has seen significant growth in the past 10 years. with everlay thicknesses ranging from 5 to 6 inches. The National Concrete Overlay Explorer lists 89 FRC overlay projects constructed between 2000 and 2018 (http://overlays.acps.org/webspow

The known benefits of FRC for povements include its shillnes to provide additional structural expacity, reduce crack widths, maintain joint or crack load transfer efficiency, and extend the purement's servicesbiller through reduced crack deserioration



La idea es aprovechar las posibilidades y ventajas de los pavimentos de losas cortas, los pavimentos ultradelgados de hormigón con fibras y los whitetopping en los pavimentos urbanos



CONCLUSIONES

- Se recomienda establecer una estrategia de aplicación especifica para Brasil que permita asegurar la adopción de tecnologías de hormigón para pavimentos en contextos urbanos.
- Los pavimentos de losas cortas, los pavimentos ultradelgados de hormigón con fibra y las sobrecapas de hormigón sobre pavimentos (whitetopping) son perfectamente aplicables en el contexto urbano, especialmente en aquellas situaciones donde las características de la plataforma existente de pavimento y las respectivas cotas de rasante de la calzada y veredas permitan este tipo de intervenciones.
- Se debe generar una masa critica de consultores y contratistas que entiendan la práctica relacionada con los pavimentos de hormigón en todo su amplio espectro.



BONUS TRACK:

APLICACIÓN DE LA MADUREZ EN PROYECTOS DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN



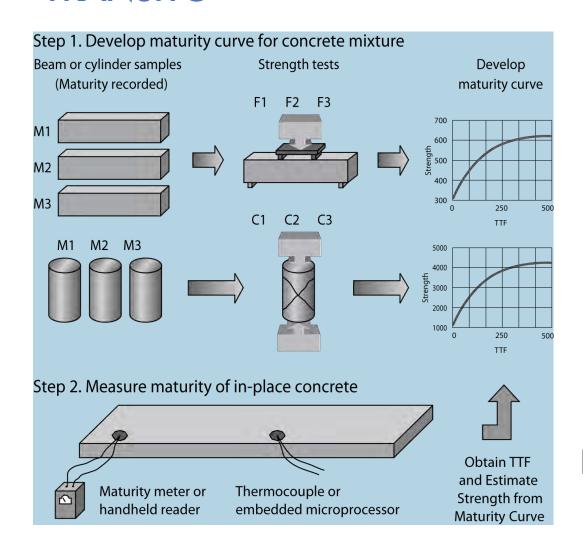


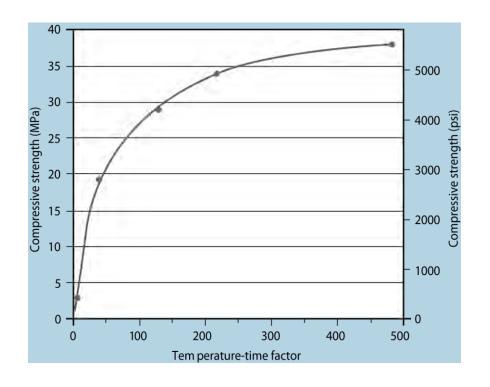
El tiempo una variable critica

- Rápida apertura al tránsito
- Menor tiempo de cierre
- Determinación del momento correcto para efectuar ciertas operaciones



PROCEDIMIENTOS PARA AGILIZAR LA RÁPIDA APERTURA AL TRÁNSITO





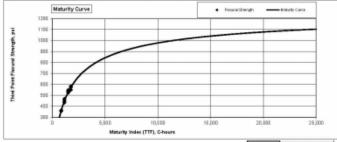
Método para estimar la resistencia del hormigón a partir de la madurez aplicándolo a pavimentos

m DOT

Minnesota Department of Transportation
Concrete Maturity - Flexural Beam Strength Development

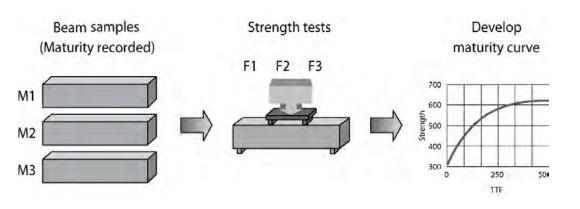
				Report Date:	5/27/17
Project No.:	8901-23	Tester:	C.Calloway	Casting Date:	5/24/17
Location:	1425	Contractor:	TUY Paving	Casting Time:	14:15
Curve #	1	Engineer:	T.Sander	Slab Thickness:	7
Donne Propins To	mari Dala	hart Danie Branker			

Beam No.	Age at Break (hours or days)	Ave. Width "B" (in)	Ave. Depth "D" (in)	Total Test Load, psi	Area Correction Factor	Broken in Center Third? (YIN)	Modulus of Rupture (psl)		TTF Sensor 2 (C-Hours)	Ave, TTF (C-Hours)	
1.		6.00	5.94	242	1.01	У	344				
2	16.5	6.06	6.00	248	0.98	y.	243	525	534	530	
3		6.00	5.00	225	-1	y.	225				
4		6.03	6.00	361	0.99	У	357				
5	28.5	6.06	6.00	371	0.98	y	354	852	884	860	
- 6	1	6.12	5.00	380	0.96	y-	365				
7		6.12	6.00	453	0.96	У	435				
8	39.5	6.09	5.94	477	0.98	V.	467	1148	1160	1160	1155
9	1	6.06	6.00	458	0.98	y	449				
10		6.06	5.94	543	0.99	y	538				
- 11	53.5	6.12	5.88	536	0.98	y	525	1508	1534	1520	
12		6.00	5.97	543	1.01	y	548			1,000	
13		6.09	6.00	567	0.97	y	550				
14	54.5	6.06	5.97	588	0.99	У.	582	1752	1781	1765	
15	1	6.00	8.00	575	1	y	575	1			



	Magazity Index (TIF), C-hours				
		Curve Coefficients:	Sur	1295.35	Solve Maturity	
			to	1263.14	Curve	
Required Strength for Opening	500 psi		2-	0.61256372		Ш
Donning TTC for Oppning	1970 Chouse		_			

Mix Information			
MixNo.	3A21-1	Certified Contractor Representative:	Bill Batcher
Truck No.	5200791		
Air, %	8.7		
Slump, in.	2.5	Maturity Curve Reviewed by:	Leo Bean
W/C Ratio	0.37		

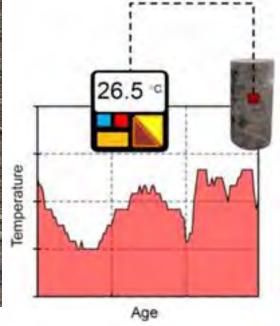




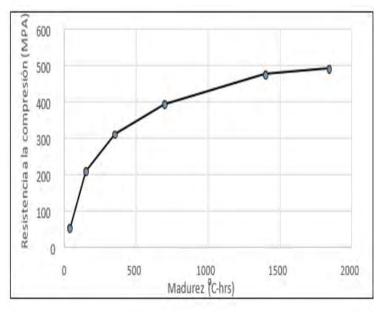
Beam No.	Age at Break (hours or days)	Ave. Width "B" (in)	Ave. Depth "D" (in)	Total Test Load, psi	Area Correction Factor	Broken in Center Third? (Y/N)	Modulus of Rupture (psi)	TTF Sensor 1 (C-Hours)	TTF Sensor 2 (C-Hours)	Ave. TTF (C-Hours)
-1		6.00	5.94	242	1.01	У	244			
2	16.5	6.06	6.00	248	0.98	У	243	525	534	530
3	1	6.00	6.00	225	1	У	225			
4		6.03	6.00	361	0.99	У	357			
5	28.5	6.06	6.00	371	0.98	У	364	852	864	860
6		6.12	6.00	380	0.96	y	365			
7		6.12	6.00	453	0.96	У	435			
8	39.5	6.09	5.94	477	0.98	У	467	1148	1160	1155
9	1	6.06	6.00	458	0.98	y	449			
10		6.06	5.94	543	0.99	У	538			
11	53.5	6.12	5.88	536	0.98	У	525	1508	1534	1520
12		6.00	5.97	543	1.01	У	548			
13		6.09	6.00	567	0.97	У	550			
14	64.5	6.06	5.97	588	0.99	y	582	1752	1781	1765
15		6.00	6.00	575	1	V	575			

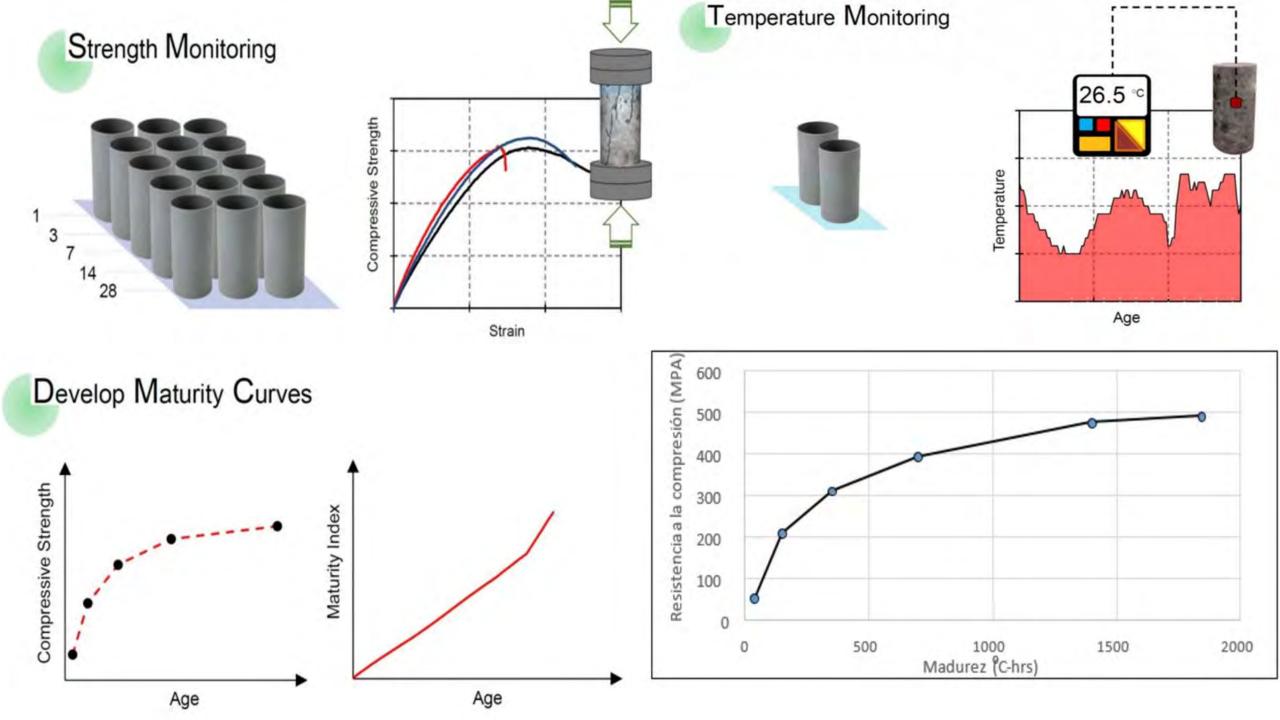
Método para estimar la resistencia a la compresión del hormigón a partir de la madurez













Guía para

TERCERA EDICIÓN

CAPAS DE REFUERZO

CON HORMIGÓN

Soluciones Sustentables pera Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes

Mayo 2014



Un enfoque práctico para comprendor y utilizar con éxito las capas de refuerzo con hormigán, desde la selección hasta la apertura al tránsito



ACPA publication TBG21,037

Tabla 16. Espesor de la Losa y Resistencia de Apertura al Tránsito

Espesor de	Resistencia de Apertura al Tránsito				
la Losa	Compresión	Flexotracción			
150 mm (6 in.)	24 MPa (3.600 psi)	3,7 MPa (540 psi)			
175 mm (7 in.)	19 MPa (2.700 psi)	2,8 MPa (410 psi)			
200 mm (8 in.)	15 MPa (2.150 psi)	2,3 MPa (340 psi)			
230 mm (9 in.)	14 MPa (2.000 psi)	2,0 MPa (300 psi)			
250 mm (10 in) +	14 MPa (2.000 psi)	2,0 MPa (300 psi)			

Aplicación del Concepto de Madurez en Pavimentos Interurbanos en Chile.

Aplicación de la Madurez como **criterio para la autorización de apertura al tránsito** en los contratos de pavimentación del MOP.

- Inicio de la implementación de la aplicación del concepto en pavimentos en contratos MOP desde 2011.
- Instructivo MOP vigente desde el 2012.
- Reducción significativa de los tiempos de apertura al tránsito.
- Incentivo para la implementación de mejoras y buenas prácticas constructivas.





9371

ANT, :

No existe antecedente.

MAT.:

Difusión nuevas tecnologías especificaciones técnicas.

INCL.:

ORD.:

- Anexo 1: Método de diseño de pavimentos de hornigón con losas de espesor optimizado.
- Anexo 2: Hormigonado de pavimento en tiempo frio.
- Anexo 3: Método de medición de madurez.
- Anexo 4: Especificación técnica pavimento de hormigón delgado de cemento hidráulico
- delgado de comente hidráulico con fibra estructural. - Anaxo 5: Especificación técnica povimento de hormigón
- delgado de comento hidráutico.

 Anexo 6: Especificación tócnica subbase granular CBR ≥ 50%, para pavimento de hormigón delgado.
- Anexo 7: Especificación tácnica geotextil para povimento de hormigón deligado.
- Anexo 8: Especificación técnica estación de monitoreo.

SANTIAGO,

1 0 AGO 2012

DE : DIRECTOR NACIONAL DE VIALIDAD

A : SEGÚN DISTRIBUCION

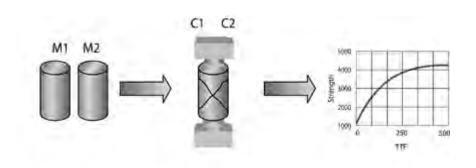
Los grandes avences en pavimentos de hornigón han permitido disminual sustancialmente los especiores mediante la aplicación del nuevo método de diseño de pavimentos de hornigón con locas de especio optimizado y mejorar las prácticas constructivas mediante la incorporación de complementos a las especificaciones técnicas vigentes en el Manual de Carreteras.

Dado que os necesario agilizar los procesos de innovaciones, majoramiento y complementación de especificaciones técnicas en el ámbito vial y que el comportamiento observado ha sido satisfactorio en los contretos en que se han incorporado las propuestas del presente documento, se astima partitiante difundir en forma transvessal las nuevas tecnologías y especificaciones técnicas para ser incluidas en los proyactos de perimentación de la Dirección de Visidadar.

COMO SUGIERE EL MOP DE CHILE DETERMINAR LA CURVA DE MADUREZ (*)

- Se deberán moldear 11 probetas cilíndricas de dimensión básica 150 mm.
- Las probetas serán curadas según lo indicado en la especificación del Manual de Carreteras
- 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 10 probetas restantes se ensayarán en laboratorio a la compresión a las siguientes edades: 2, 3, 5, 7 y 14 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 de compresión (mediciones simultáneas).
- El Contratista deberá confeccionar una banda de trabajo específica para la madurez con una tolerancia de ±10% en resistencia respecto de la curva original.

APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE MADUREZ EN PAVIMENTOS INTERURBANOS EN CHILE.

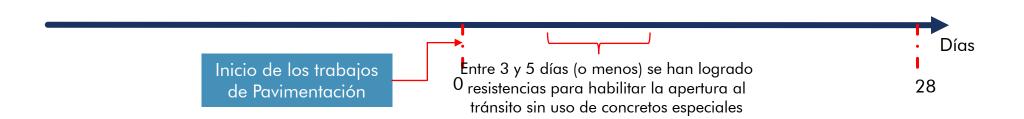
Determinación de la relación tiempotemperatura-resistencia durante la etapa de visación de las dosificaciones de las mezclas de concreto



Verificación de las lecturas de madurez en terreno para autorizar la apertura al tránsito con un porcentaje definido de la resistencia especificada

CONTRATISTA

INSPECCION TECNICA





Hormigón - Estimación de la resistencia mecánica - Método de la madurez

Preambulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Este proyecto de norma se estudió a través del Comité Técnico CL035 Materiales de la construcción, Subcomité SC01 Cemento, cales, hormigón y áridos, para establecer un procedimiento para la estimación de la resistencia del hormigón por medio del método de madurez.

Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de este proyecto de norma se ha tomado en consideración la norma ASTM C1074-11 Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method.

Los Anexos A y B no forman parte del proyecto de norma, se insertan sólo a título informativo.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revision de los documentos normativos producto de la presente comercialización. INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

NORMA CHILENA NCH 3565

Sensor de temperatura

El dispositivo en un medidor de madurez o registrador de datos que se inserta en el hormigón y proporciona una medida de temperatura.





Medidor de madurez:

Un dispositivo disponible comercialmente que incluye un sensor de temperatura, registrador de datos y realiza cálculos de madurez de forma automática.



BENEFICIARIOS DE LA APLICACIÓN DE LA MADUREZ EN PAVIMENTOS URBANOS



Veciños y

Jsuarios

- El Mandante evitará el desgaste de prohibir el uso de una infraestructura que eventualmente podría estar en condiciones de ser habilitada al tránsito.
- El Mandante tendría más herramientas para verificar el comportamiento esperado del hormigón y tomar decisiones a tiempo.
- El Contratista podría agilizar asuntos administrativos pudiendo despejar zonas que normalmente tarda mucho tiempo el recibir la autorización de apertura.
- El Contratista podría mejorar sus rendimientos de avance y ejecución con lo cual tendría menor desgaste con la comunidad.
- El contratista podría tomar acciones correctivas a tiempo considerando los tiempos usuales de permanencia de las faenas de pavimentación urbana
- Los vecinos podrán evitar incomodidades en su vida cotidiana por la presencia de prolongadas faenas y cierres en las áreas aledañas a sus viviendas.
- Los usuarios evitarían verse afectados por largos periodos en sus tiempos de viaje producto de prolongados cierres debidos a obras de pavimentación.

APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE MADUREZ EN PAVIMENTOS URBANOS

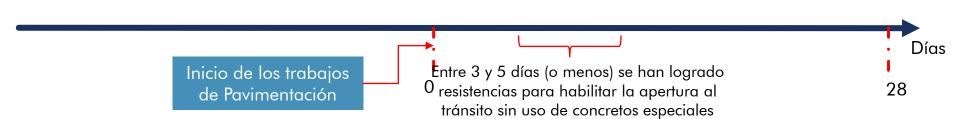
Determinación de la relación tiempotemperatura-resistencia durante la etapa de visación de las dosificaciones de las mezclas de concreto



Verificación de las lecturas de madurez en terreno para autorizar la apertura al tránsito con un porcentaje definido de la resistencia especificada

PLANTA DE PREMEZCLADO

CONTRATISTA



Caracterización del Hormigón de cada uno de los tramos de estudio

- Toma de probetas cilíndricas remoldeadas en terreno para ensayos de resistencia a la compresión a diferentes edades (incluyendo una probeta que incluía un sensor de madurez)
- Determinación de la relación tiempo-temperatura-resistencia

Seguimiento de los pavimentos de los tramos de estudio

- Colocación de sensores de madurez en el pavimento el día de la toma de datos y en fechas posteriores en los tramos objetos de estudio.
- Toma de datos de temperatura con madurimetro en los sensores de madurez instalados, de modo de deducir de estas lecturas la resistencia del hormigón a partir de la relación tiempo-temperatura-resistencia obtenida en la caracterización inicial.
- Extracción de testigos y posterior ensayo a compresión de los mismos para corroborar los valores deducidos de resistencia deducidos de las curvas de madurez.

MÉTODO PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN A PARTIR DE LA MADUREZ EN EL CONTEXTO URBANO

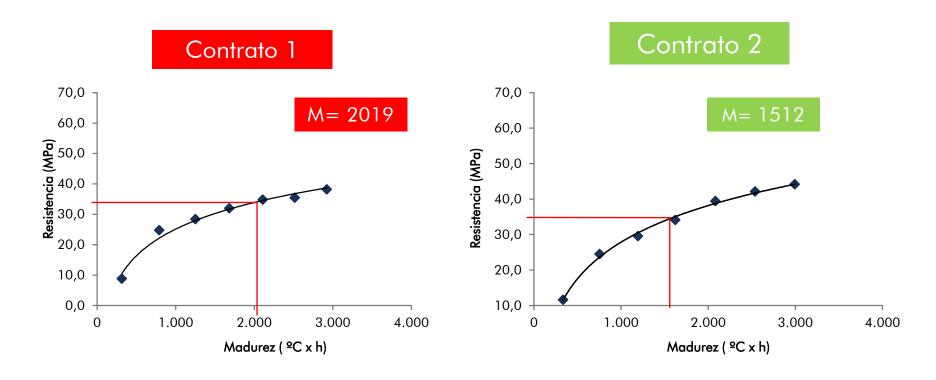
Toma de Muestras de Hormigón en estado fresco

Colocación de sensor de madurez dentro de una probeta de control





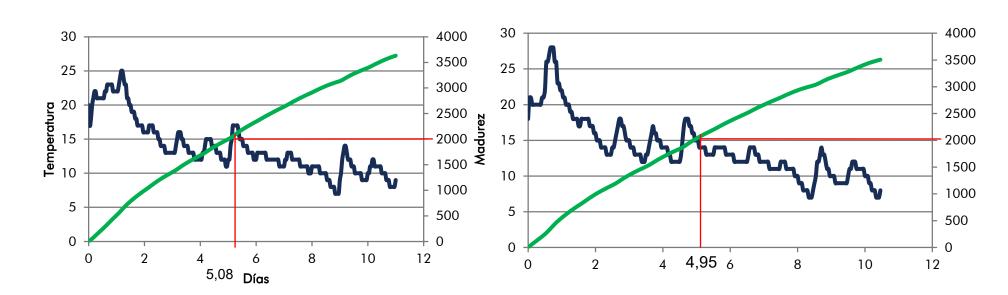
Caracterización del Hormigón de cada uno de los tramos de estudio



Seguimiento de los pavimentos de los tramos de

Contrato 1

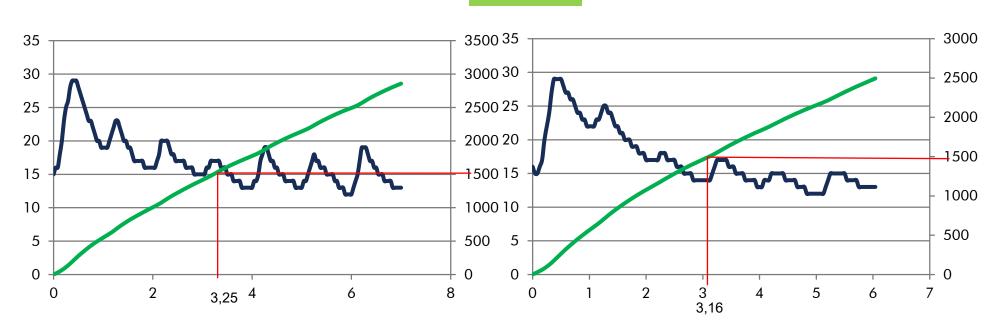
M = 2019



Seguimiento de los pavimentos de los tramos de estudio

Contrato 2

M = 1512



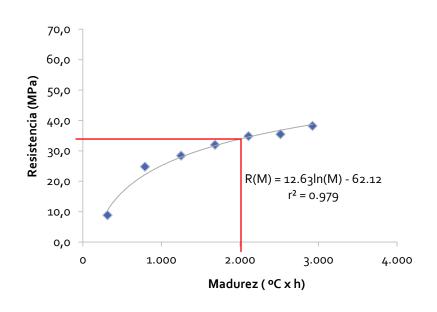
Caracterización del Hormigón de cada uno de los tramos de

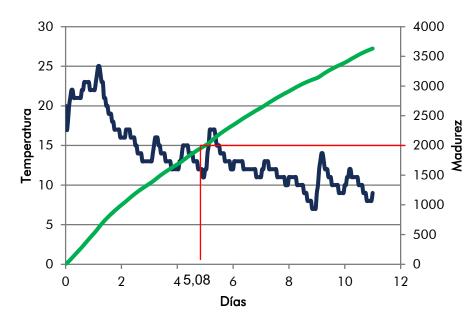
Seguimiento de los pavimentos de los tramos de estudio

estudio

Contrato 1

M = 2019





Metodología del Caso de Estudio y aplicación a vías urbanas



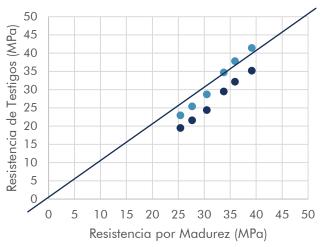
Contrato 1

Resistencia (Mpa) Por Madurez	Resistencia (Mpa) Testigo	Resistencia (Mpa) Testigo/0.85
25,4	19,5	22,9
27,7	21,6	25,4
30,5	24,4	28,7
33,8	29,5	34,7
35,9	32,1	37,8
39,2	35,2	41,4

Contrato 2

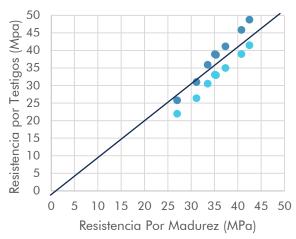
Resistencia (Mpa)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (Mpa)
Por Madurez	Testigo	Testigo/0.85
27,0	21,9	25,8
31,2	26,3	30,9
33,6	30,5	35,9
35,1	33,0	38,8
35,4	32,9	38,7
37,4	34,9	41,1
40,8	38,9	45,8
42,5	41,4	48,7

Comparación de Resistencias



Madurez VS TestigosMadurez VS Testigos/0.85

Comparación de Resistencias



Madurez VS TestigosMadurez VS Testigos/0.85





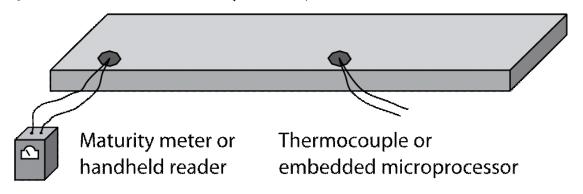








Step 2. Measure maturity of in-place concrete





Obtain TTF and Estimate Strength from Maturity Curve

El desafío de la rápida apertura al tránsito TÉCNICAS PARA ACELERAR EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

La idea por supuesto es desarrollar un nivel de resistencia temprano sin apelar necesariamente al uso de aditivos sino simplemente controlando los procesos de curado y el calor de hidratación.





Uso de mantas húmedas y platico (burbujas) que cubran e incluso encapsulen la superficie del pavimento recién construido de modo que el mismo calor de hidratación favorezca la madurez del Hormigón.

TÉCNICAS PARA ACELERAR EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

Aprovechando la relación directamente proporcional entre madurez y resistencia se utiliza este concepto como herramienta para procurar acelerar la puesta en servicio y verificar objetivamente el momento en que es posible hacerlo.







Consistencia de las mediciones de madurez y el potencial para la definición de los tiempos de corte en las juntas

Tiempo









El compendio de información presentado sobre la Experiencia en el uso y aplicación de la madurez en pavimentos de concreto en Chile, resulta de los aportes e iniciativa de la Comisión Técnica de Pavimentos de Hormigón del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH).





Se agradece al Laboratorio Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile por haber apoyado la implementación de este concepto en Vialidad Interurbana. De otra parte se agradece el apoyo del SERVIU Metropolitano e IDIEM (Universidad de Chile) en el estudio e implementación del concepto en redes urbanas









IBEROAMERICAN FEDERATION OF READY MIXED CONCRETE FEDERAÇÃO IBEROAMERICANA DO BETÃO PRONTO



Muito obrigado!!!!!!

Ing. Mauricio Salgado Torres M.Sc.



msalgado@ich.cl

www.pavimentando.cl