

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 AL 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Cortesía: Diego Jaramillo

Organizan:



Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



PAVIMENTOS ULTRADELGADOS COMO ALTERNATIVA EN LA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS

- ANDRÉS M. NUÑEZ L. *Cementos Argos*
- YEZID A. ALVARADO V. *P. U. Javeriana*
- HERMES A. VACCA G. *P. U. Javeriana*



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



UHPFRC. 40 mm ± 10 mm

Sobrecarpeta de UHPFRC. Variante Madrid Faca. Colombia. 2019



- 1. Contexto general**
- 2. UHPFRC para pavimentos**
- 3. UHPFRC bajo condiciones ambientales**
- 4. Pruebas a escala**

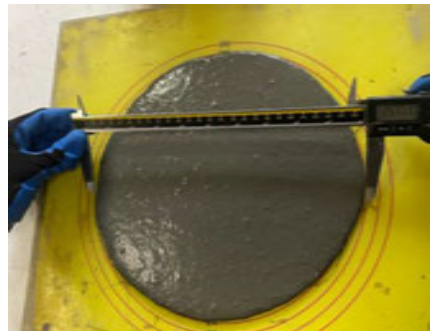


- 1. Contexto general**
2. UHPFRC para pavimentos
3. UHPFRC bajo condiciones ambientales
4. Pruebas a escala



1. Contexto general

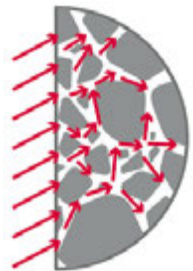
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



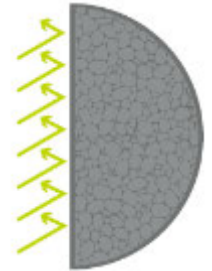
Fluidez (200 mm - 260 mm)

AGENTES EXTERNOS

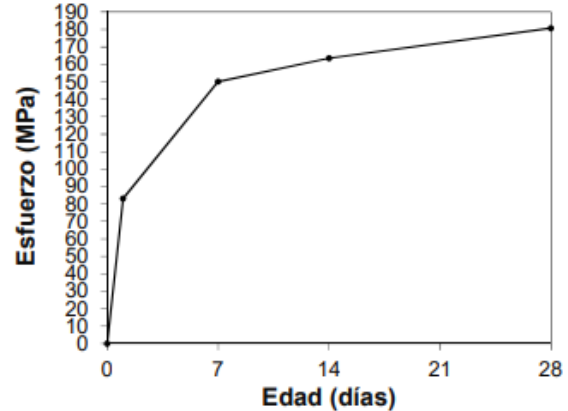
- Cloruros. →
- CO₂. →
- Polución. →
- Humedecimiento y secado. →



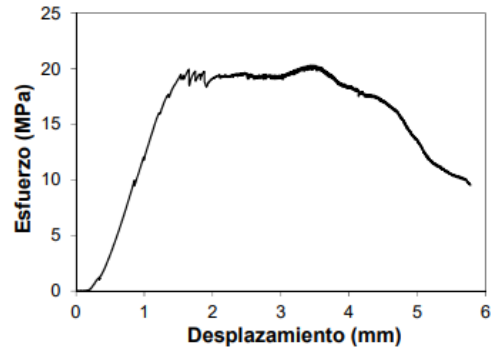
Matriz concreto convencional



Matriz concreto UHPC



Curva de evolución de la resistencia a la compresión



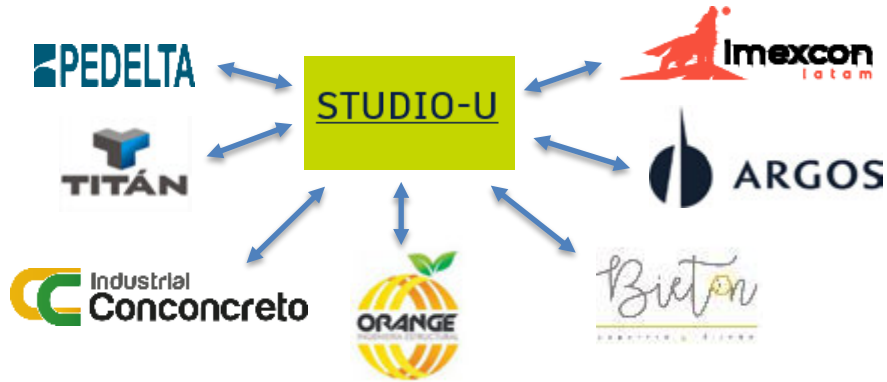
Curva de ensayo a Flexo-tracción



1. Contexto general

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

APLICACIONES UHPC – ARGOS, STUDIO U



Puente peatonal Universidad EAFIT, Medellín, Poblado. 2017



Fachada edificio Antejardín, Medellín, Poblado. 2018



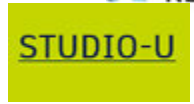
Reforzamiento de pilas del puente Humea, Villavicencio, Yopal. 2023



1. Contexto general

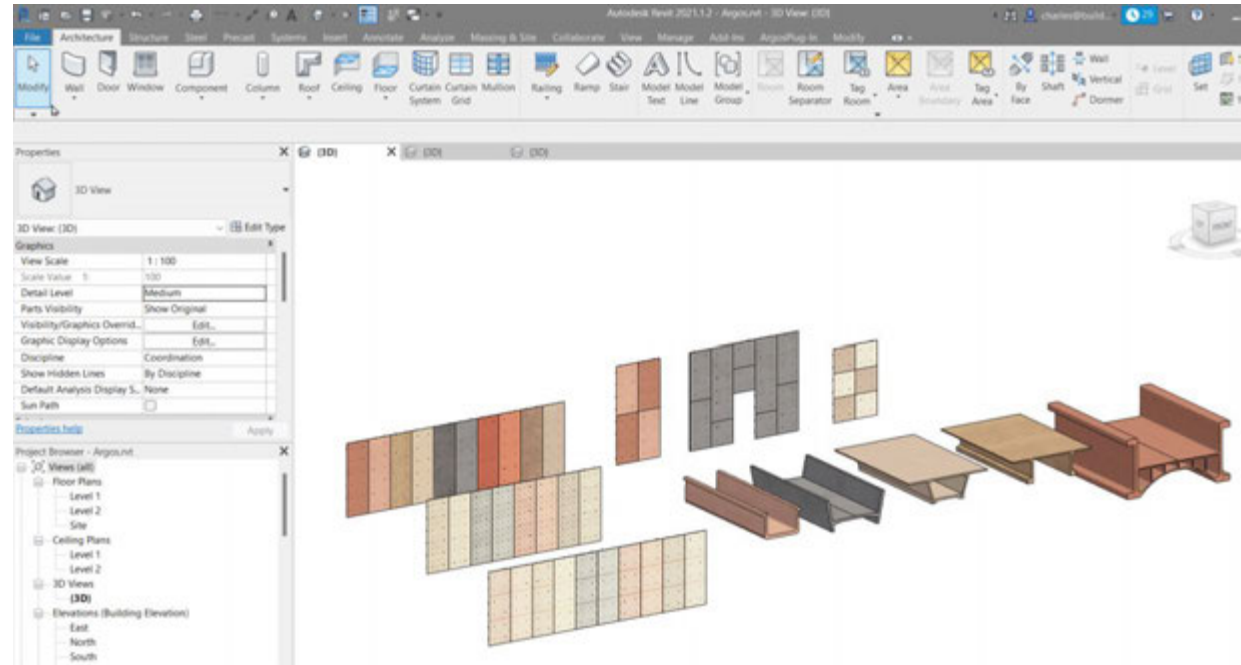
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

APLICACIONES – ARGOS, STUDIO U



Construcción digital. Plug-In

CAPI (Centro de Argos Para la Innovación). Universidad EAFIT, Poblado



Vista general del complemento Argos en Revit.



1. Contexto general

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Rehabilitación sobrecarpeta planta de concreto de Argos, Guayabal.



Tamaño de la sección:
6 x 9 m.

Grosor sobre carpeta:
40 mm

Año: 2017

Planta de prefabricados ICC



Tamaño de la sección:
3,5 x 30 m.

Grosor sobre carpeta:
30 mm y 50 mm.

Año: 2017



1. Contexto general

Barrio 12 de Octubre



UHPC

Concreto
tradicional

Tamaño de la sección:
12 x 3,5 m.
Grosor sobre carpeta:
40 mm
Año: 2018

Rehabilitación sobrecarpeta Autopista Bogotá- Facatativá



Tamaño de la sección:
3,5 x 15 m.
Grosor sobre carpeta:
40 mm.
Año: 2018



1. Contexto general
- 2. UHPFRC para pavimentos**
3. UHPFRC bajo condiciones ambientales
4. Pruebas a escala



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

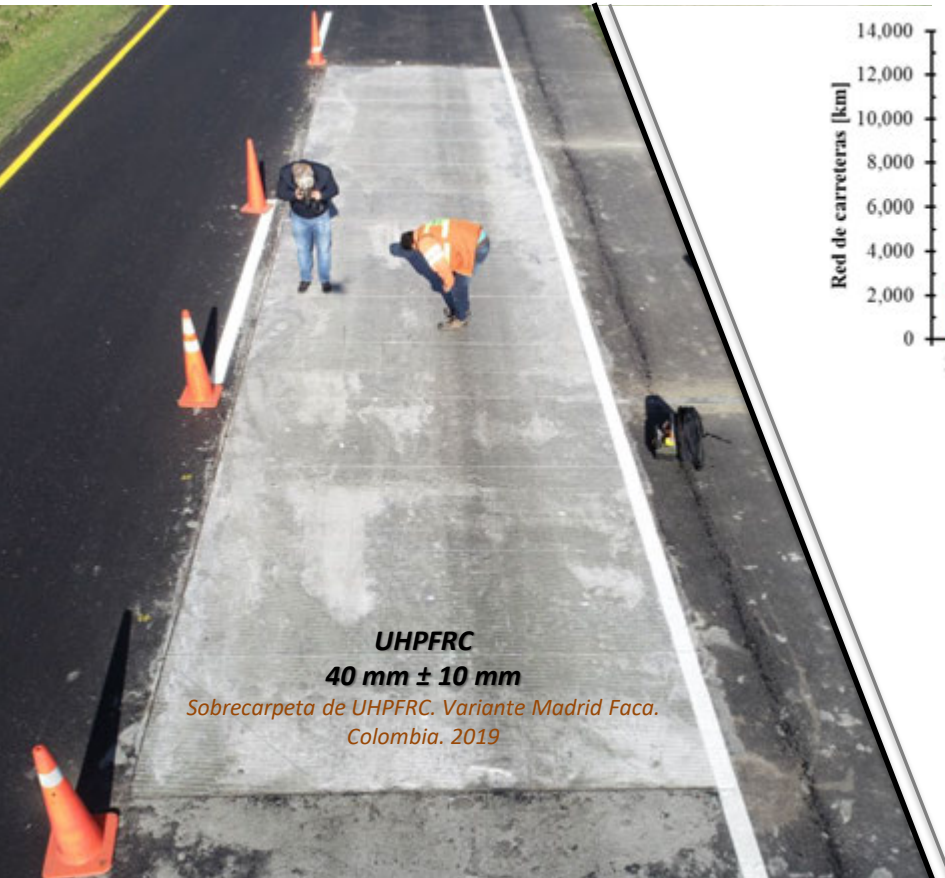


Fig. Red de carreteras INVIAS

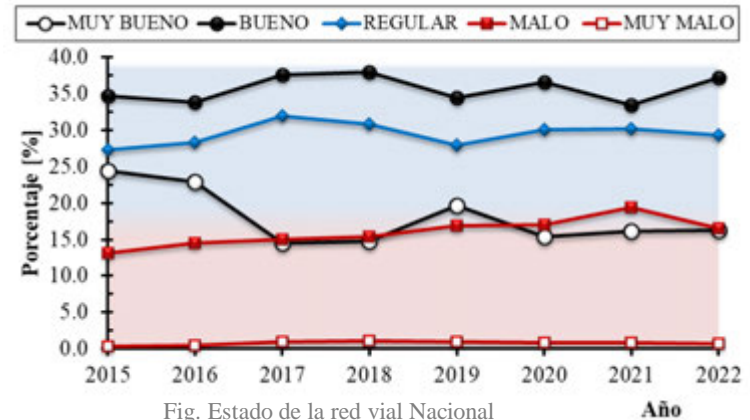


Fig. Estado de la red vial Nacional

Estado de la red vial. Reporte Anual. Instituto Nacional de vías. INVIAS (2015-2021)



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

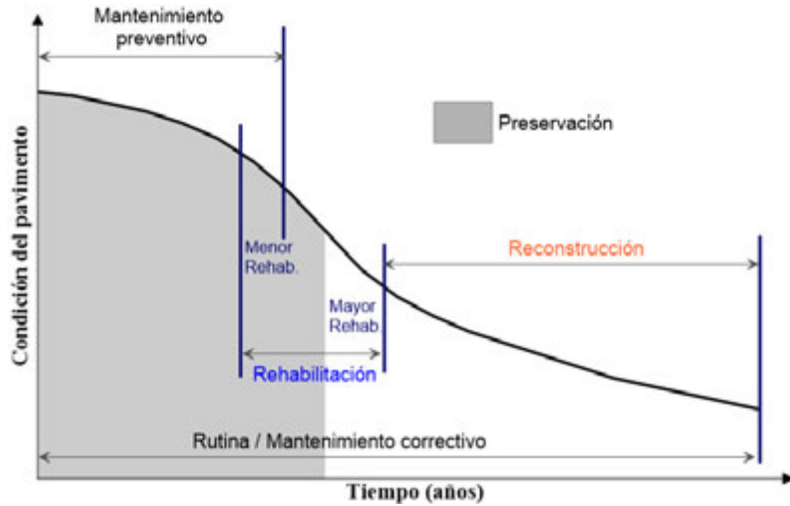


Fig. Relación entre condición del pavimento y diferentes categorías de tratamiento*

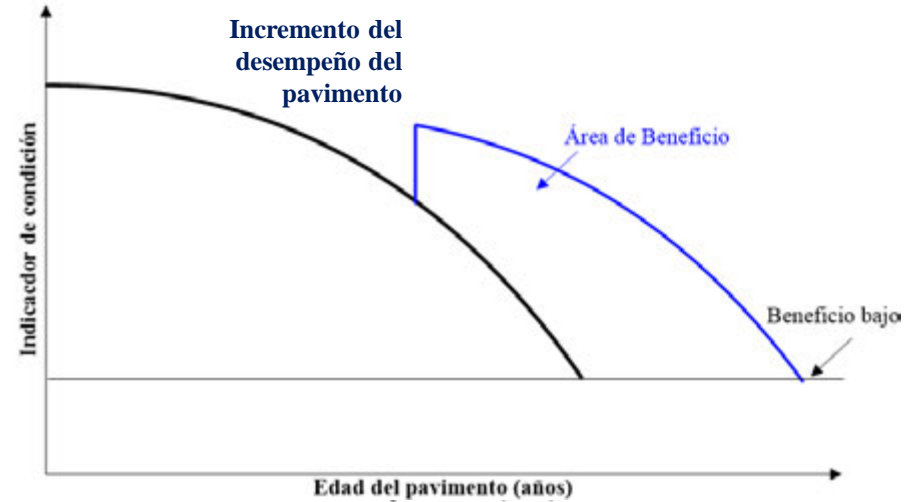


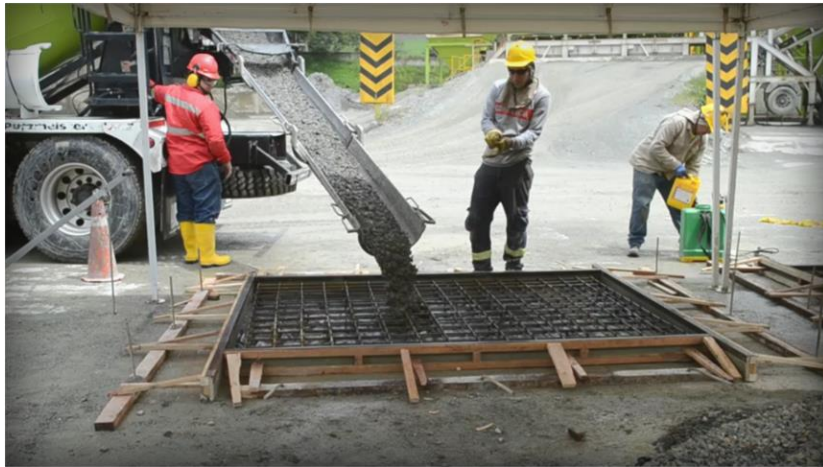
Fig. Modelos de comportamiento del pavimento para secciones de pavimento que reciben mantenimiento preventivo*

* Adaptado: American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO. 2012.



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Video. Construcción de losa de PCC. Medellín. 2019



Video. Sobrecarpeta de UHPC 4cm. Medellín. 2019



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

TRABAJABILIDAD

DISEÑO MEZCLA UHPC [**SP-0**]

SELECCIÓN DE PRUEBAS

- Sentido práctico
- Costo
- Aplicabilidad a una amplia gama de hormigones
- Facilidad de uso y simplicidad
- Robustez

- Flujo combinado (SCC)
- Flujo libre (SCC)
- Vibración
- Reómetros
- Estabilidad



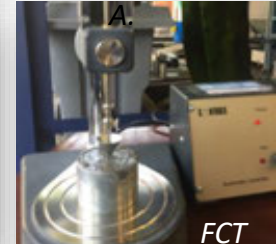
V Funnel



Slump cono



Icar Reómetro



FCT



Plano inclinado



B Kelly



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

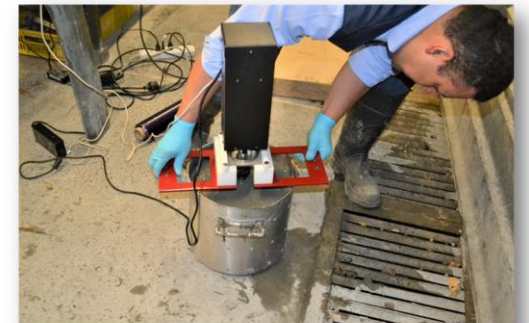
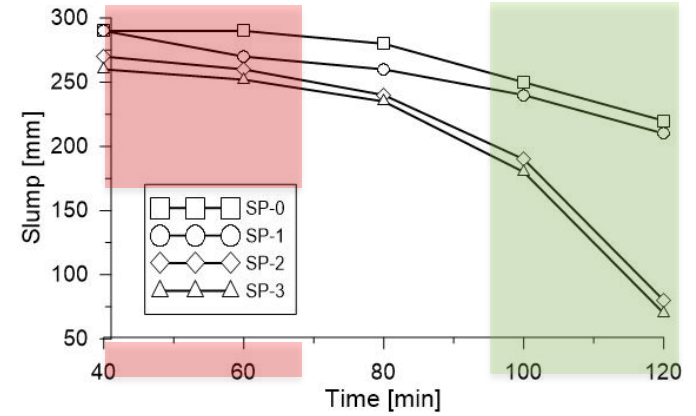
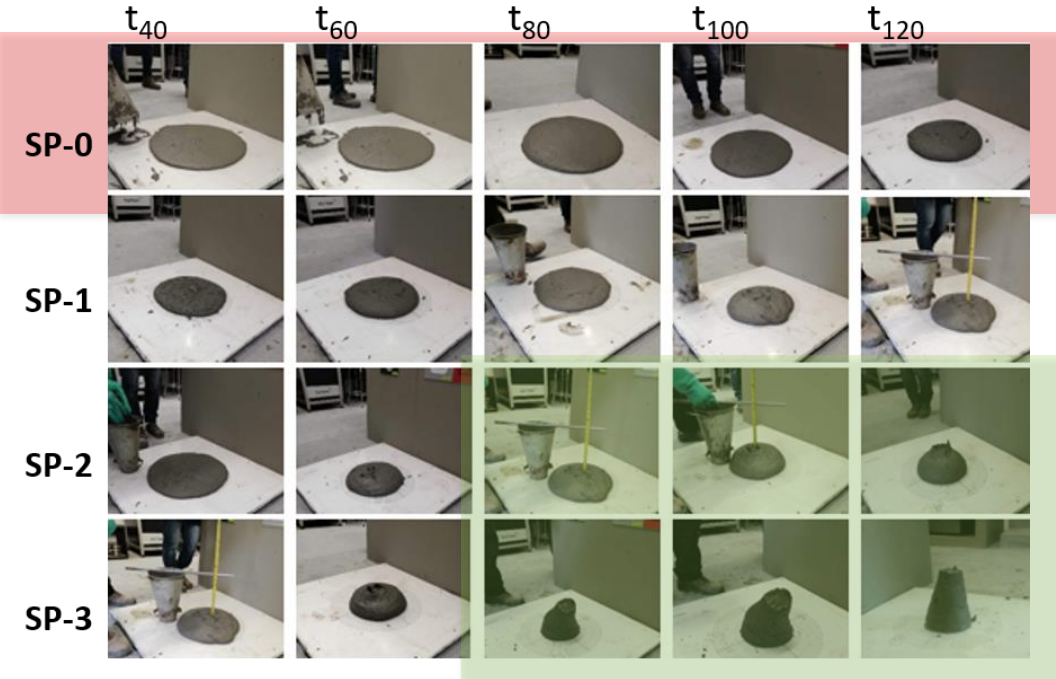


Fig. ICAR Rheometer

- Rouseel, et al; 2005
- Wong et al, 2001



1

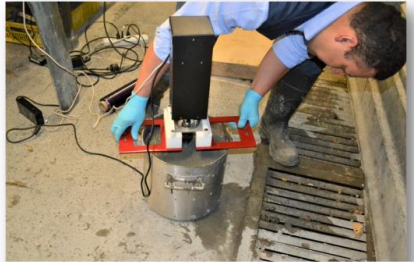


Fig. ICAR Rheometer

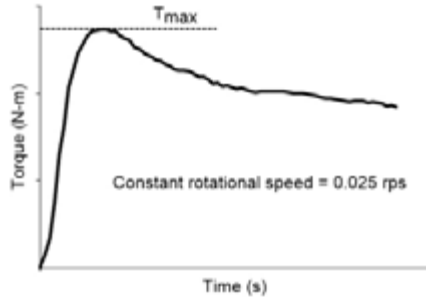


Fig. Porcentaje de cambio respecto a SP-0

2

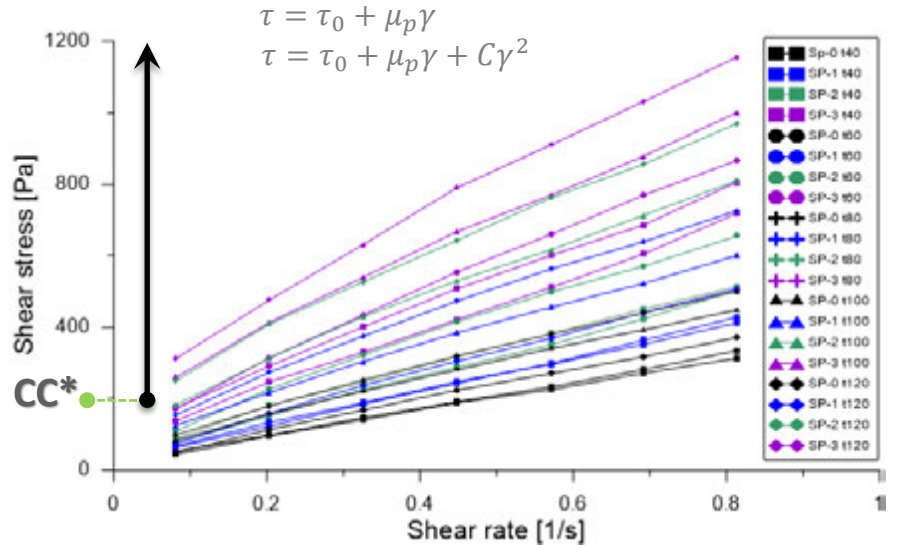


Fig. Comportamiento reológico de las mezclas evaluadas

* F. de Larrard, C.F. Ferraris, T. Sedran; 1998

* Nicolas Roussel; 2007

* Zhuguo Li, Guodong Cao; 2019



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

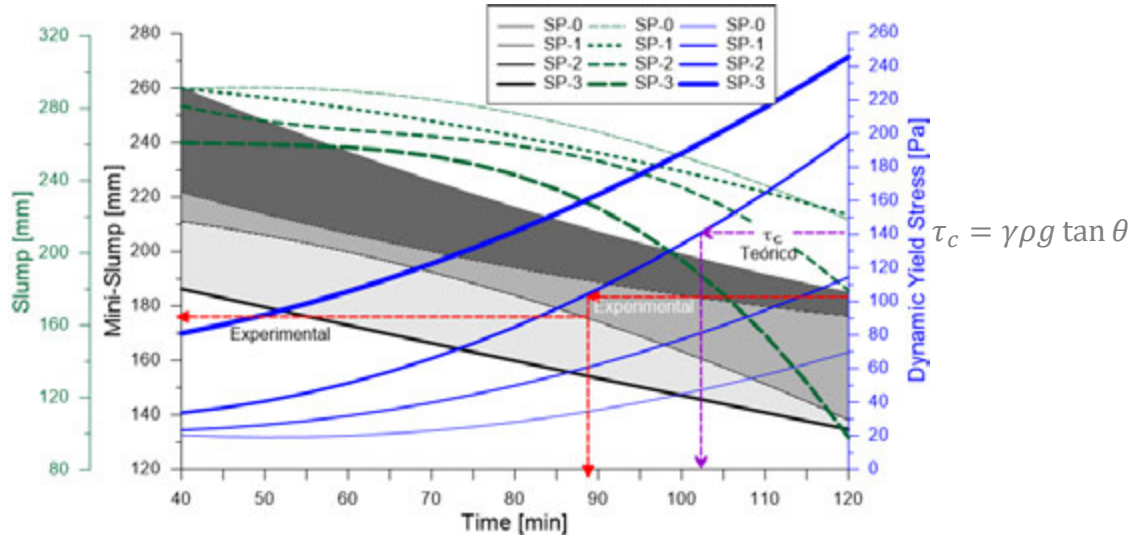


Fig. Representación gráfica trabajabilidad del UHPFRC

Parámetro λ		0.84
Densidad ρ	kg/m ³	2459.3
Gravedad g	m/s ²	9.81
Espesor d	m	0.040
Pendiente en porcentaje	%	10
τ_c	Pa	142.7

• Tae Yong Shin, et al. 2021



Fig. Instalación de UHPFRC con pendiente del 10%



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

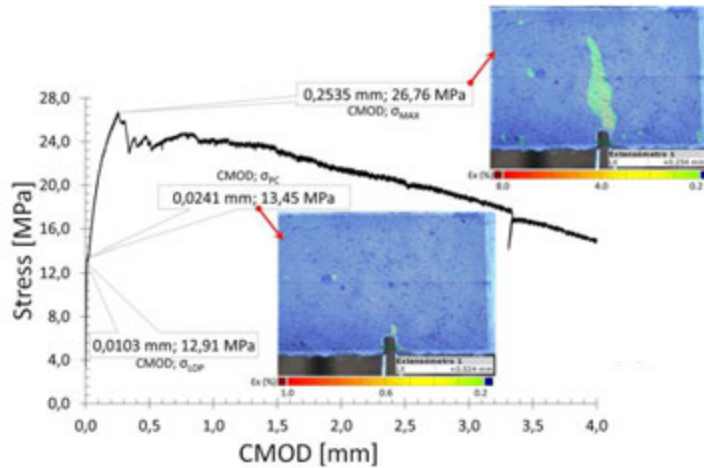


Fig. Ensayo de flexión en vigas

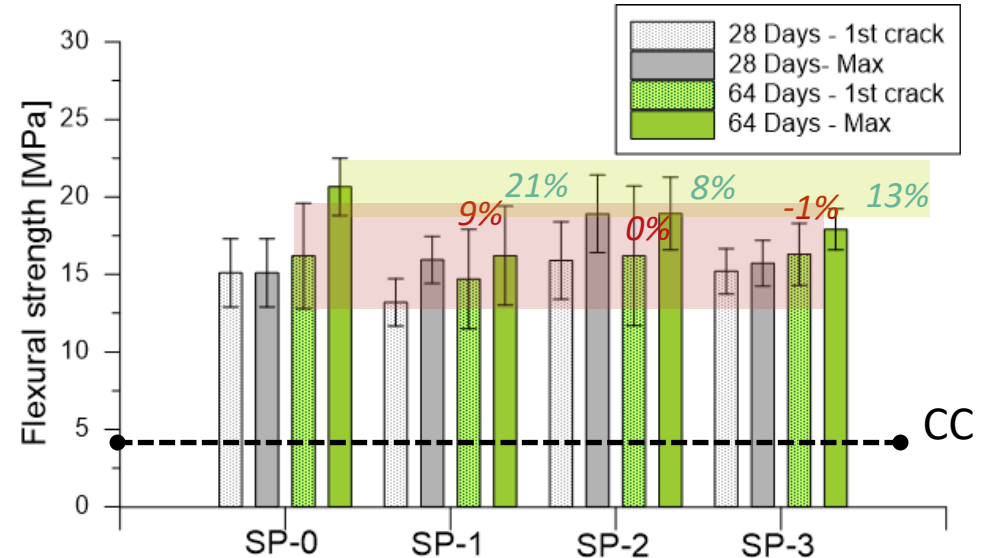


Fig. Resultados resistencia a la flexión

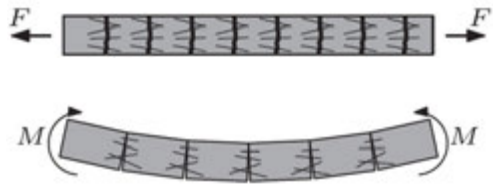
FATIGA

- D.M Carleso., et al.; 2019
- J. Zhang. et al., 2000.
- G.A. Plizzari, et al 1997



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Adaptado de: (Wille et al. 2014)

“La eficacia de las fibras depende de su distribución”.

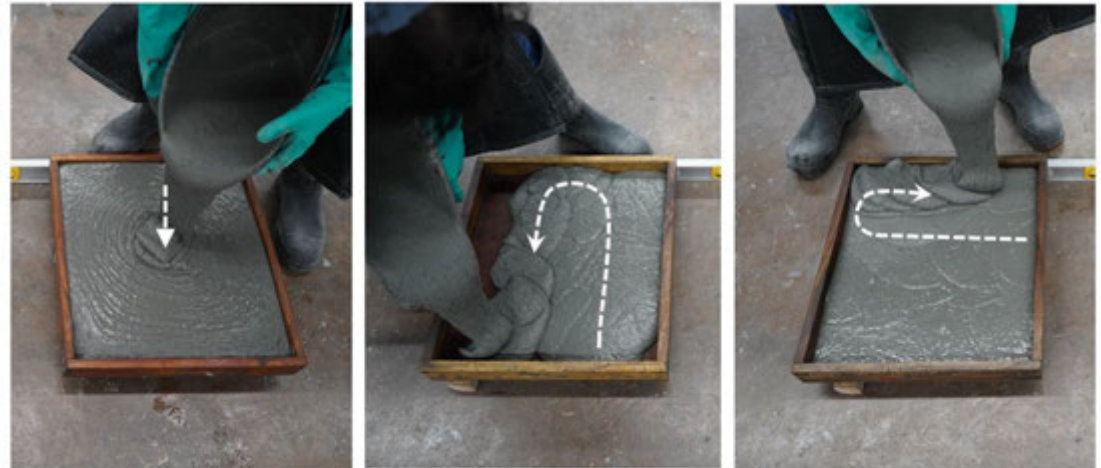


Fig. Método de vaciado induciendo orientación de fibra



2. UHPFRC para pavimentos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

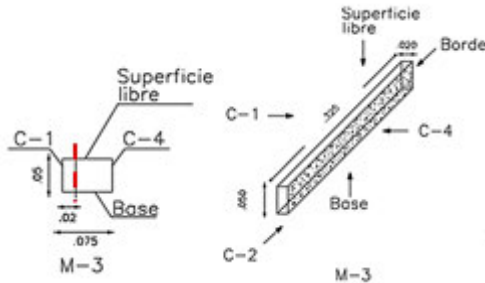
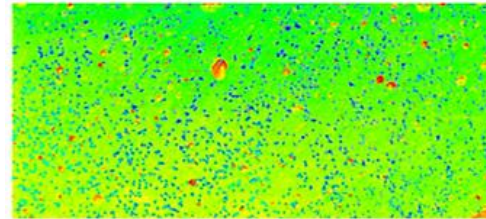


Fig. Procesamiento de imágenes

Fibra metálica:

Dramix® OL 13/20 (straight fibers)

Longitud: 13.0 mm (0.1%)

Diámetro: 0.20 mm (3.1%)

E_s : 200 GPa

Esf. Tensión: 2750 MPa

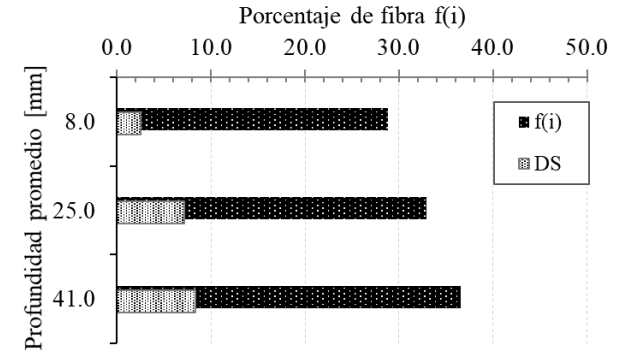


Fig. Distribución de la fibra respecto a la profundidad



- 1. Contexto general**
- 2. UHPFRC para pavimentos**
3. UHPFRC bajo condiciones ambientales
- 4. Pruebas a escala**



3. UHPFRC bajo condiciones ambientales

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

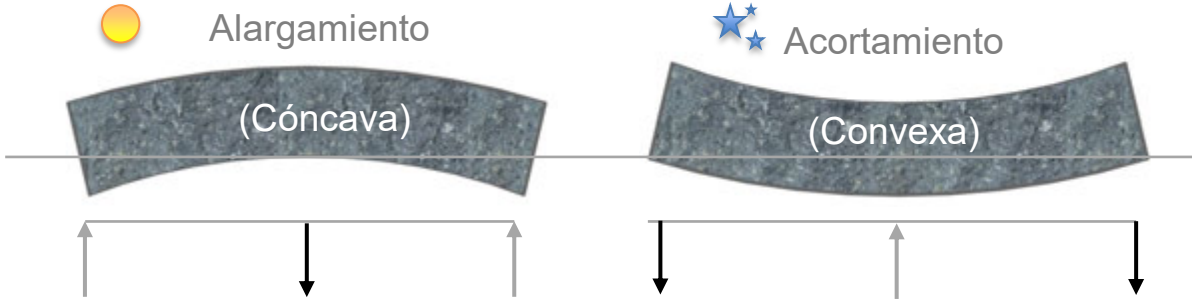
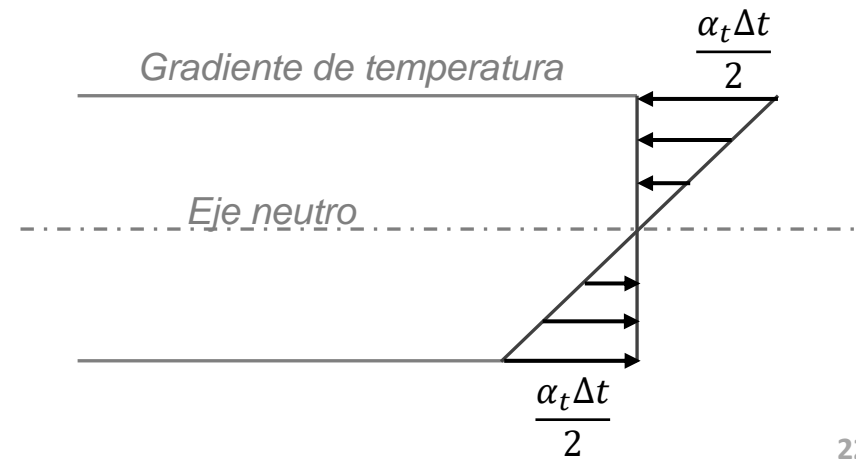


Fig. Flexión de losas de concreto debido al gradiente de temperatura

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E}$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E}$$



Adaptado:
 • Huang Yang H. 2004.



3. UHPFRC bajo condiciones ambientales

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

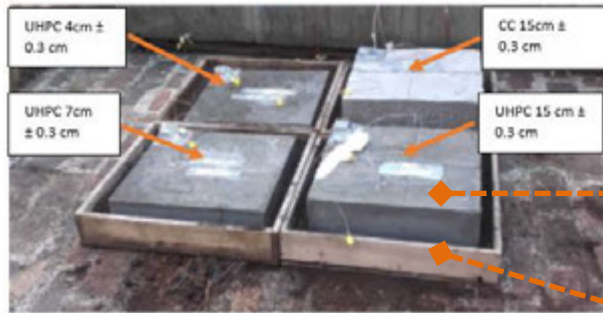


Fig. Exposición de muestras a condiciones ambientales

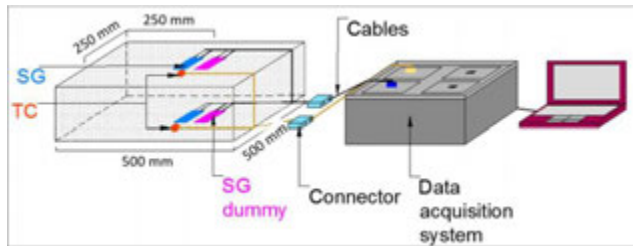


Fig. Esquema de medición

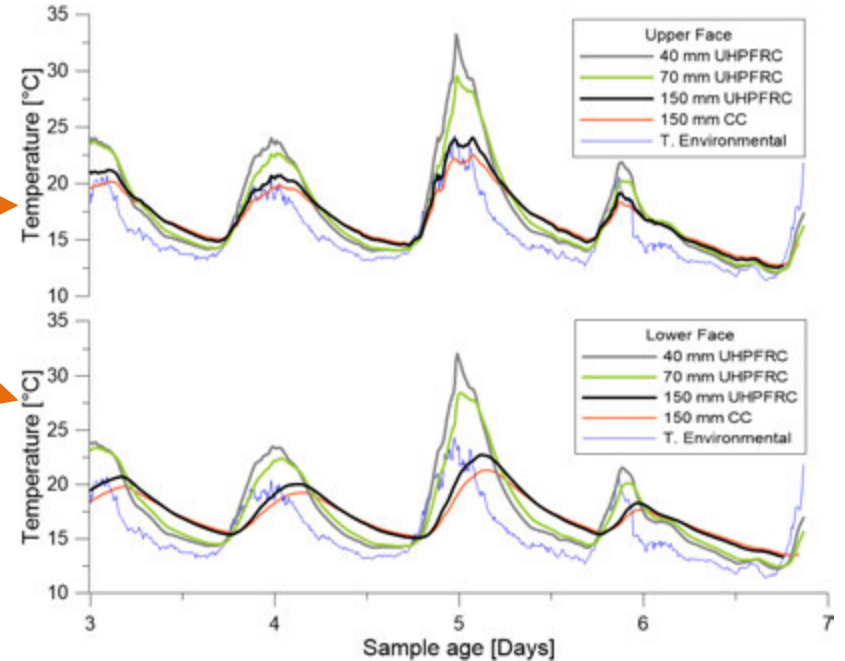


Fig. Temperatura medida en las caras (UF y LF) de las muestras de UHPFRC y CC



3. UHPFRC bajo condiciones ambientales

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

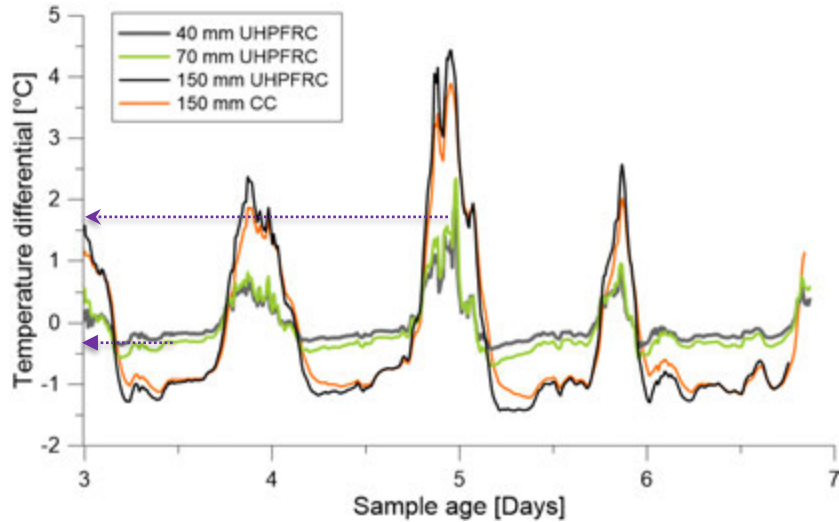


Fig. Diferencial de temperatura UHPFRC y CC

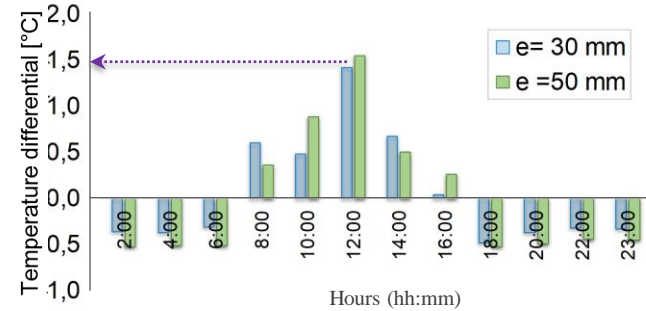


Fig. Diferencial de temperatura. Sobrecarpeta Instalada. Girardota (Antioquia)



3. UHPFRC bajo condiciones ambientales

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

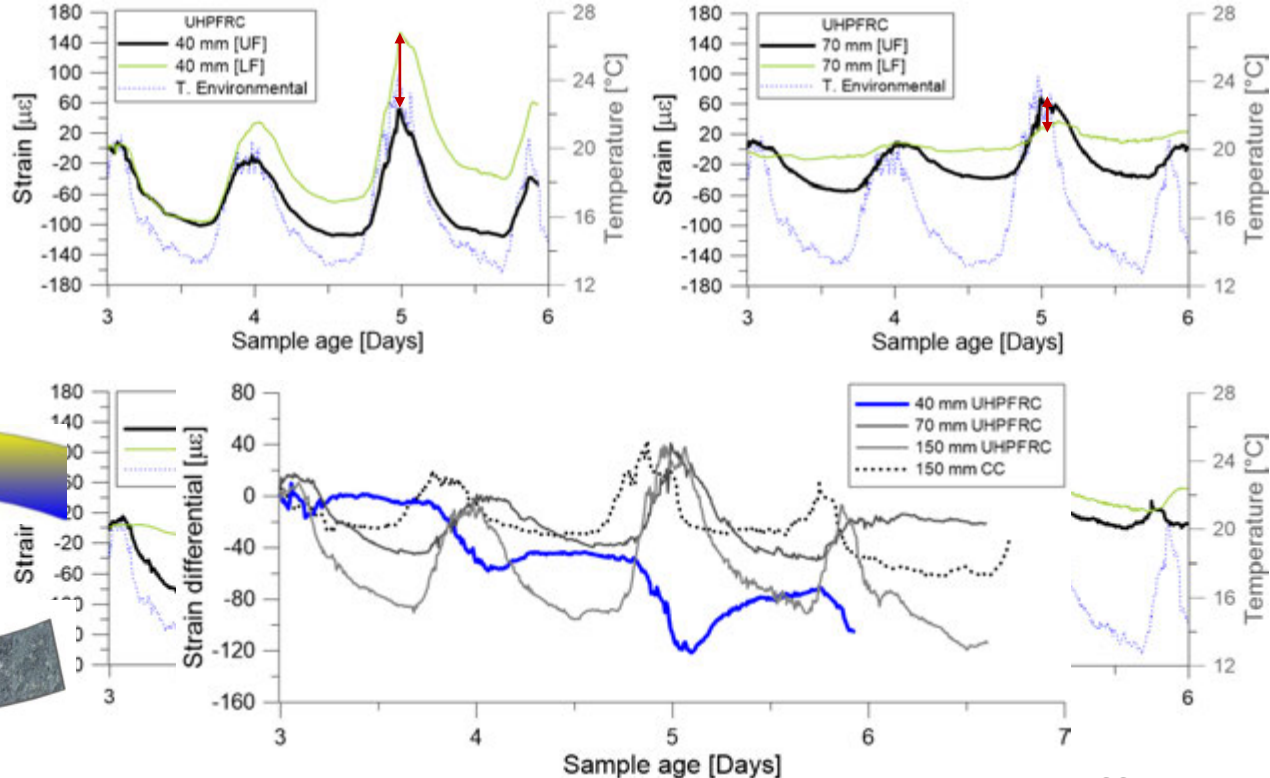


Fig. Deformación en la UF y LF para cada espesor de losa de UHPFRC y CC
 Fig. Diferencial de deformación en las muestras de estudio



- 1. Contexto general**
- 2. UHPFRC para pavimentos**
- 3. UHPFRC bajo condiciones ambientales**
4. Pruebas a escala



1 Instalación sobrecarpetas de UHPFRC

1. Industrial-Concreto

- Temperature
- Pressure
- Constructive process



2. Planta Argos Guayabal

- No detailed monitoring





1 Instalación sobrecarpetas de UHPFRC

3. Castilla Medellín

- No detailed monitoring



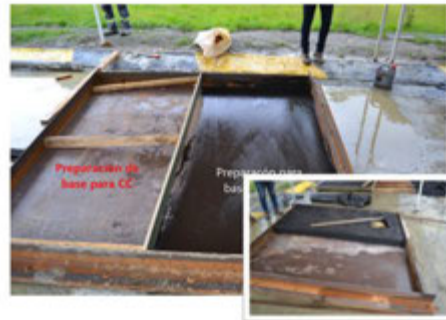
4. Tramo Variante Madrid

- Temperature
- Pressure
- Constructive process





1 Instalación sobrecarpetas de UHPFRC - **Validación**





1 Instalación sobrecarpetas de UHPFRC - Adherencia

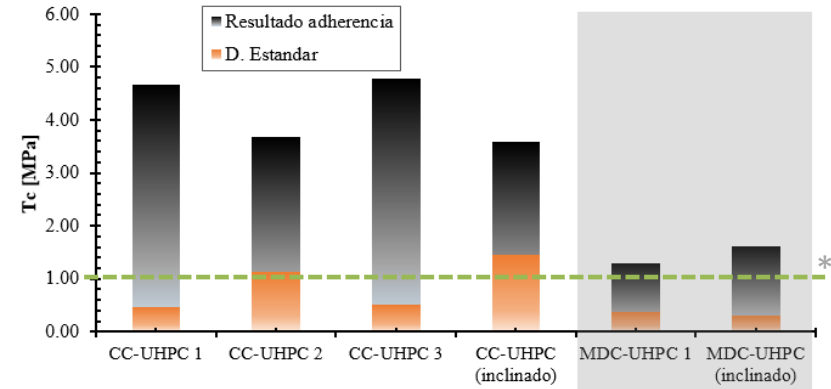


Fig. Resultados de adherencia

- K. Jayakesh, S.N. Suresha. 2018
- ACI. recomienda 1.0 MPa (Reparación de concretos). ASTM C496
- > 1.7 MPa. Craig M. Newton, et al. 2018.



1 Instalación sobrecarpetas de UHPFRC - Adherencia

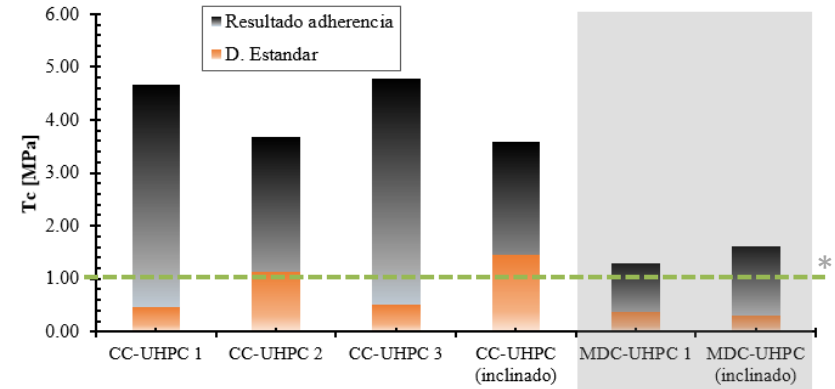
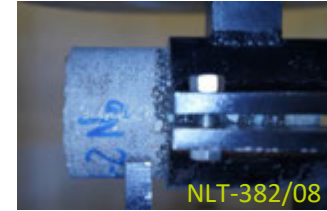
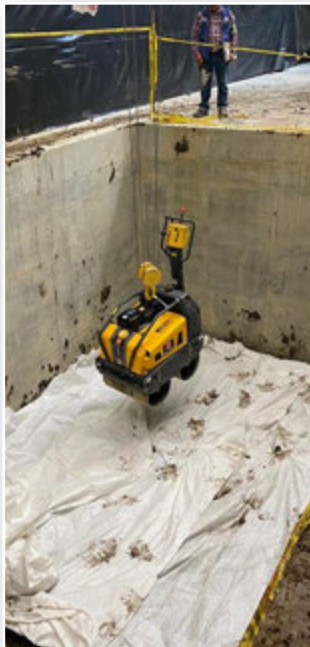


Fig. Resultados de adherencia

- K. Jayakesh, S.N. Suresha. 2018
- ACI. recomienda 1.0 MPa (Reparación de concretos). ASTM C496
- > 1.7 MPa. (20 MPa) Craig M. Newton, et al. 2018.

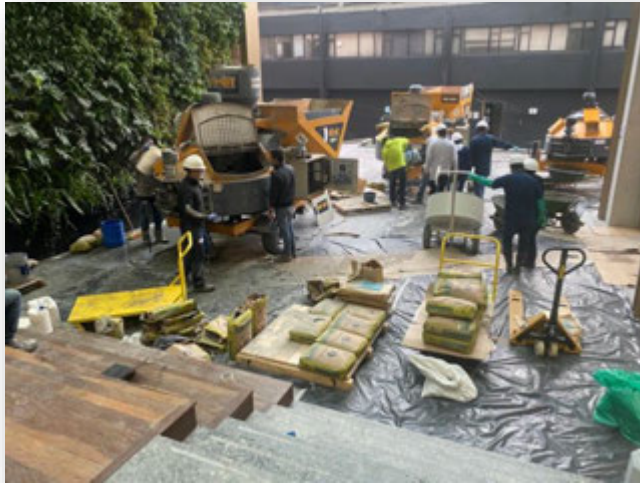


2 Desempeño de sobrecarpeta UHPFRC





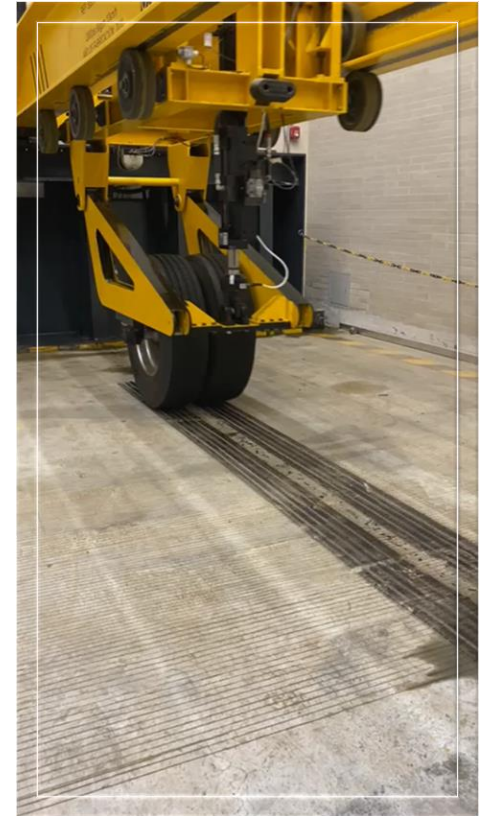
2 Desempeño de sobrecarpeta UHPFRC – **Construcción prueba controlada**





4. Pruebas a escala

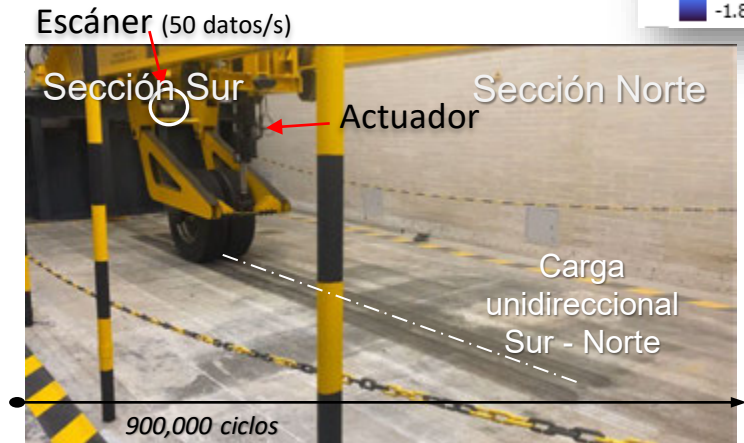
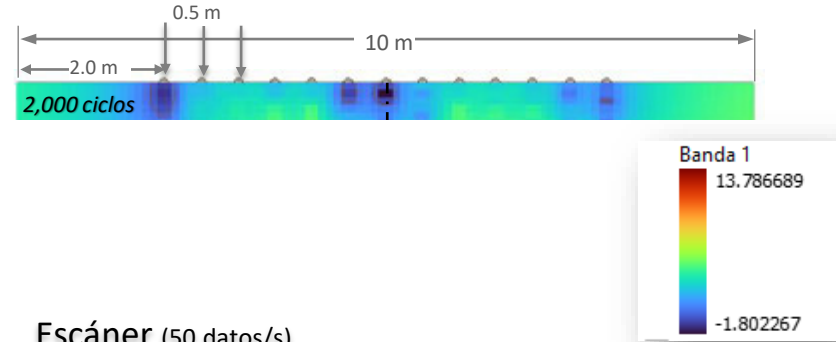
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO





4. Pruebas a escala

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



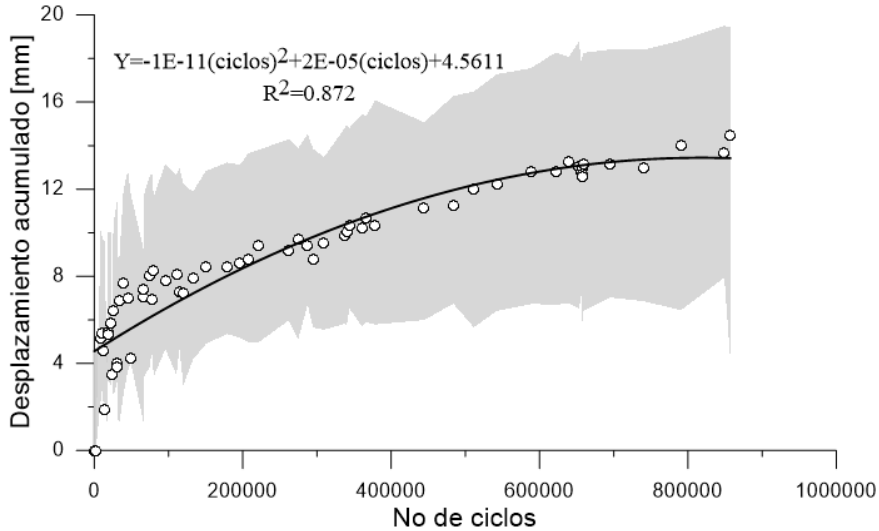
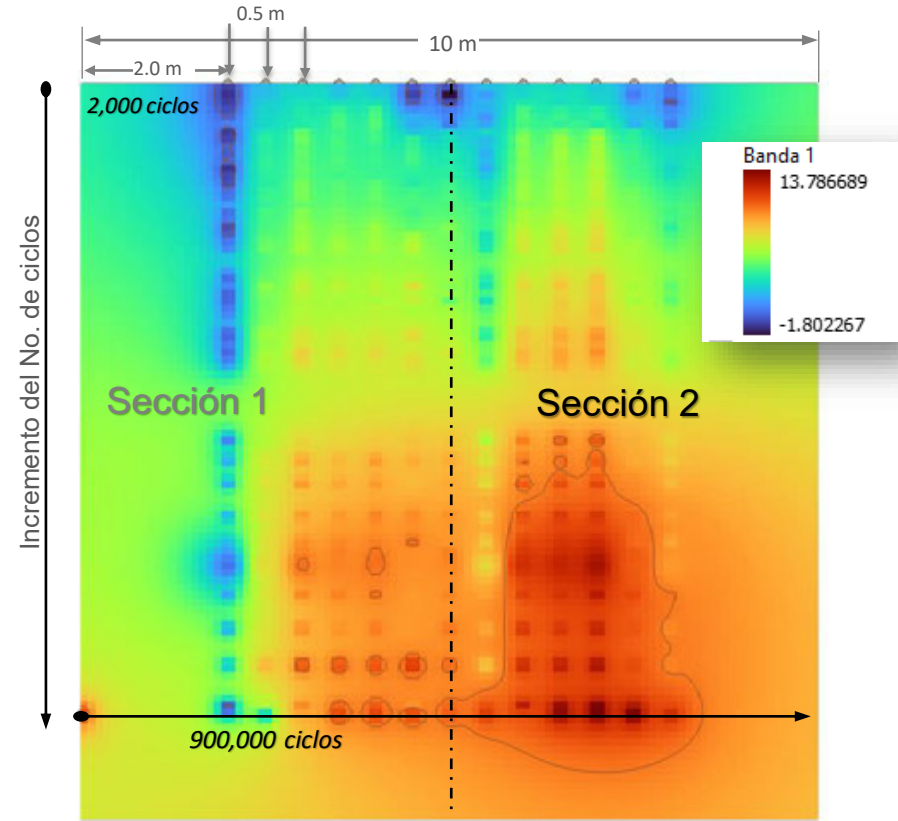


Fig. Desplazamiento acumulado instantáneo medido con escáner





Instrumentación: Celdas de presión

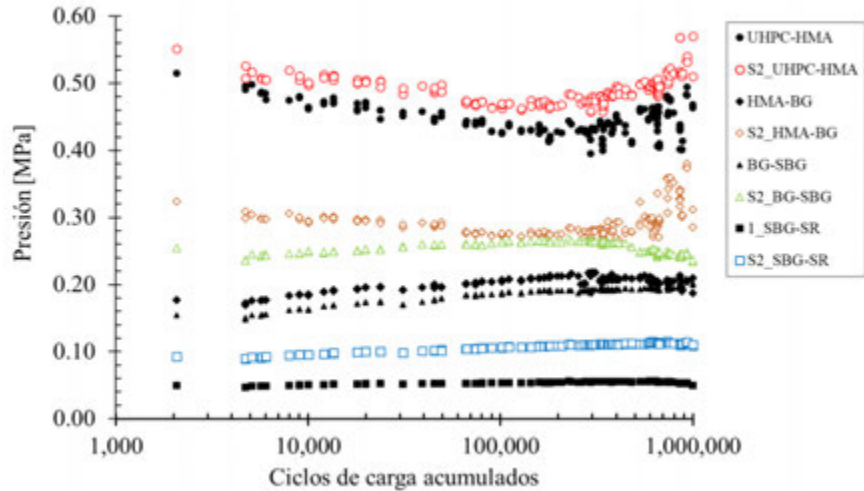


Fig. Evaluación de la fuerza registrada en las celdas de presión de los pavimentos con celdas del eje de carga doble

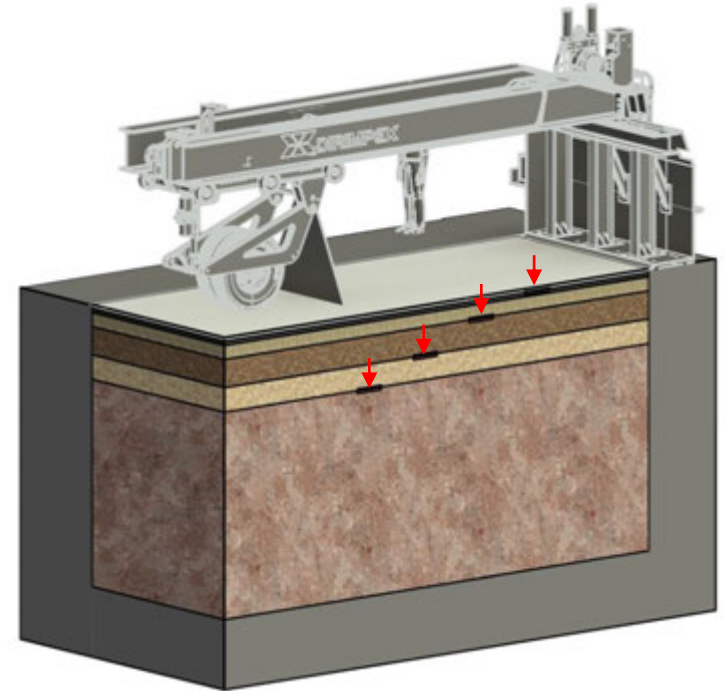


Fig. Instrumentación. Celdas de presión



LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Se determinó la **caracterización en estado fresco y endurecido** de mezclas de UHPFRC (Autocompactable – tixotrópica)
- Se definió un **procedimiento constructivo** para el proceso de instalación UHPC. Sin embargo, los esfuerzo en términos del curado deben ser mas estrictos.
- Luego de un **millón de ciclos (8.2 toneladas)** no se evidencia fisuramiento superficial de la sobrecarpeta de UHPFRC instalada con una deflexión de hasta 20 mm.
- Las secciones de prueba instaladas **sugieren al menos que en longitudes menores a 15 m** no se hace necesaria la generación de juntas.



Universidad-Industria-Estado

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



+



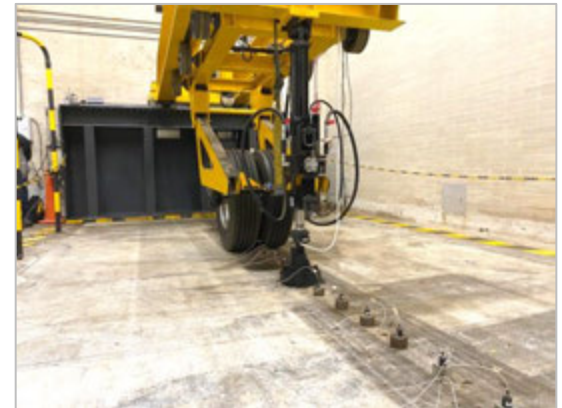
I + D Argos

+



- *Dos proyectos de financiación.*
- *Formación académica*
- *Publicaciones*

Depto. Ing. Civil
Maestría en Ing. Civil.
Doctorado en Ingeniería



12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

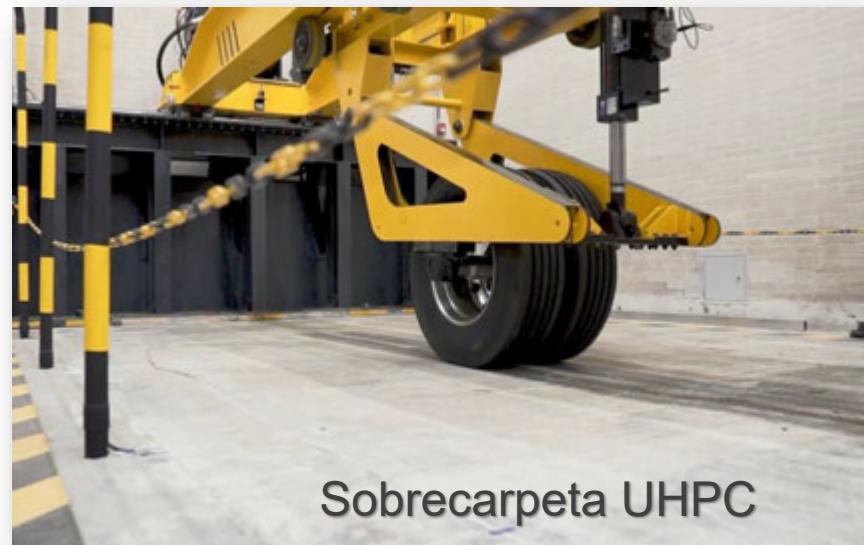
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



GRACIAS

- anunezn@argos.com.co
- alvardo.y@javeriana.edu.co
- vacca@javeriana.edu.co



Sobrecarpeta UHPC