



**RC 2018** xvii Reunión  
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



***Prefabricados de gran formato para grandes superficies:  
Tecnología para amoldarse a las actuales condiciones de mercado.***

***Ing. Arq. Juan Miguel Gutiérrez Rodríguez  
CEMEX – Cementos Mexicanos  
México***

# ¿Porqué usamos PREFABRICADOS en nuestras obras?

- Ahorro de tiempo de Construcción
- Mayor Calidad en elementos fabricados
- Mayor Control de recursos
- Buena Competitividad en Costo-Beneficio



**Libramientos Viales – Noroeste México - Mexicali**

# PREFABRICADOS EN MÉXICO – ÚLTIMOS AÑOS



**Puentes – Zona Centro - México**

# PREFABRICADOS EN MÉXICO – ÚLTIMOS AÑOS



**Distribuidor Vial – Zona Metropolitana Valle de México - Ixtapaluca**

# PREFABRICADOS EN MÉXICO – ÚLTIMOS AÑOS





**Puente Nispo, km 3+860**

# PREFABRICADOS EN MÉXICO – ÚLTIMOS AÑOS



**Puente Rio Hondo**



**Viaducto Alterno Puerto Progreso, Yucatán**



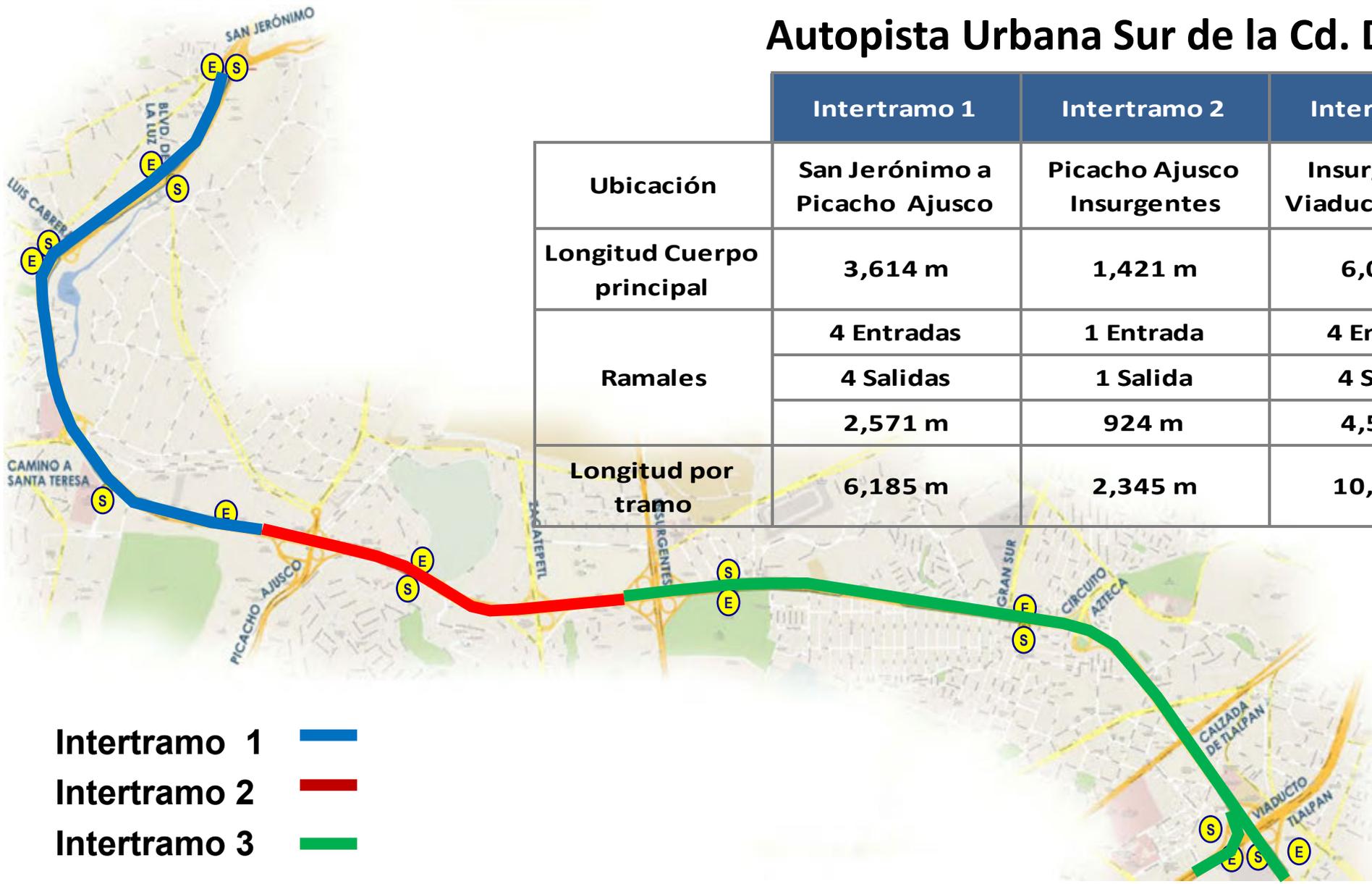
**Distribuidor Vial San Antonio, Cd de México**

# PREFABRICADOS EN MÉXICO – ÚLTIMOS AÑOS



## Autopista Urbana Sur de la Cd. De México

	Intertramo 1	Intertramo 2	Intertramo 3	Total
<b>Ubicación</b>	San Jerónimo a Picacho Ajusco	Picacho Ajusco Insurgentes	Insurgentes a Viaducto Tlalpan	
<b>Longitud Cuerpo principal</b>	3,614 m	1,421 m	6,054 m	11,089 m
<b>Ramales</b>	4 Entradas	1 Entrada	4 Entradas	9 Entradas
	4 Salidas	1 Salida	4 Salidas	9 Salidas
<b>Longitud por tramo</b>	2,571 m	924 m	4,541 m	8,036 m
	6,185 m	2,345 m	10,595 m	19,125 m

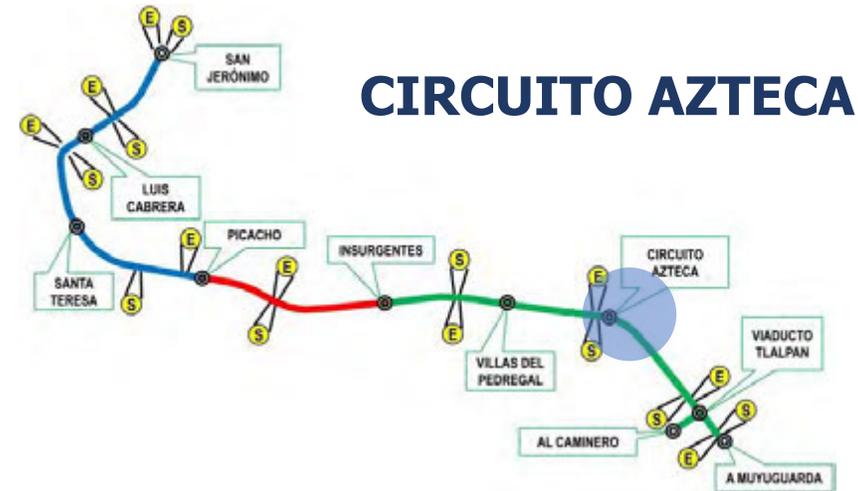


- Intertramo 1 █
- Intertramo 2 █
- Intertramo 3 █





# PREFABRICADOS EN MÉXICO – ÚLTIMOS AÑOS



## CIRCUITO AZTECA





**CARRETERA  
URBANA**

**SEGUNDOS  
PISOS**

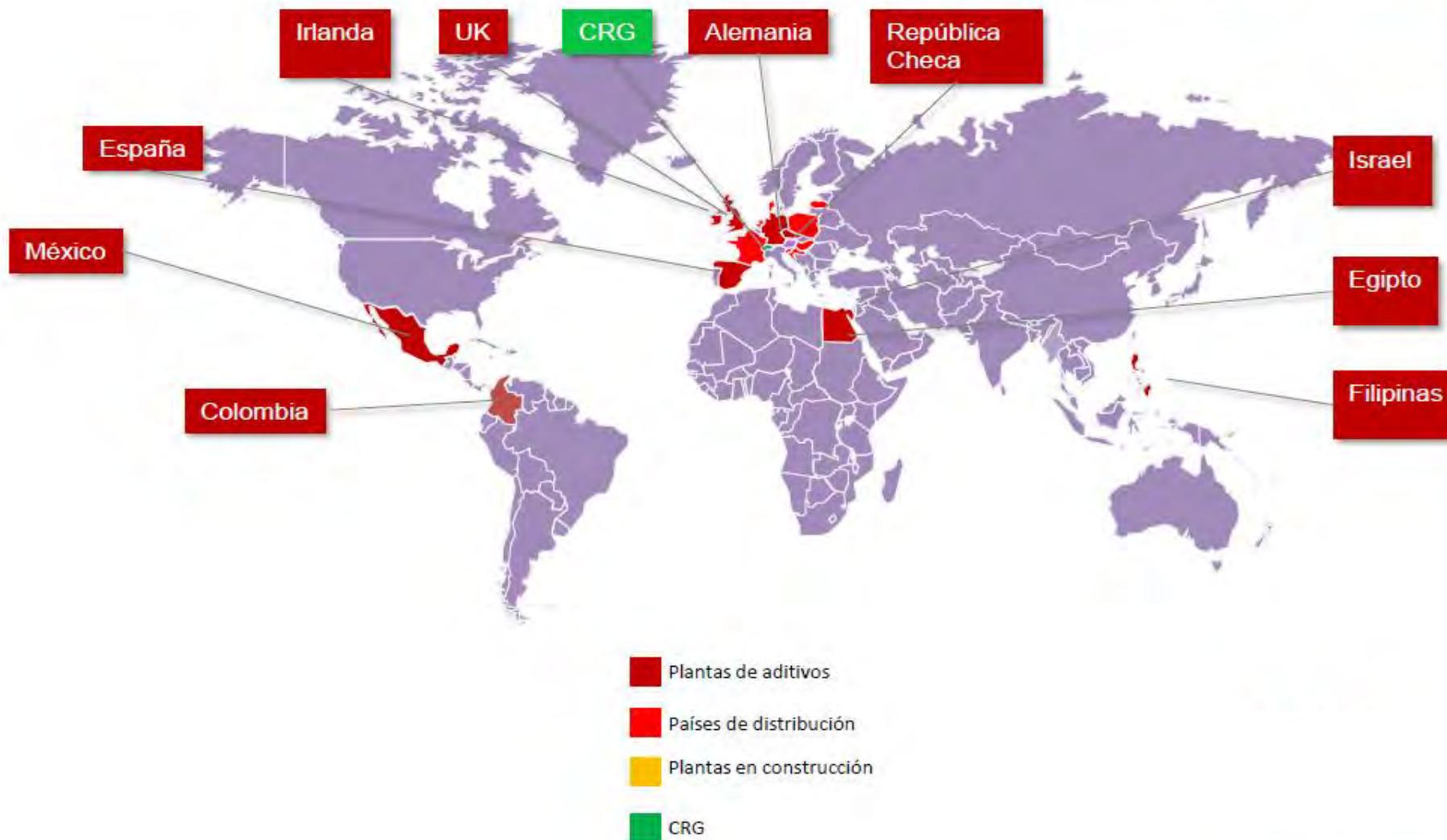
**CIUDAD DE  
MÉXICO**



**¿Qué Tecnología  
de Concreto  
usamos y estamos  
desarrollando?**



## Aditivos Presencia mundial

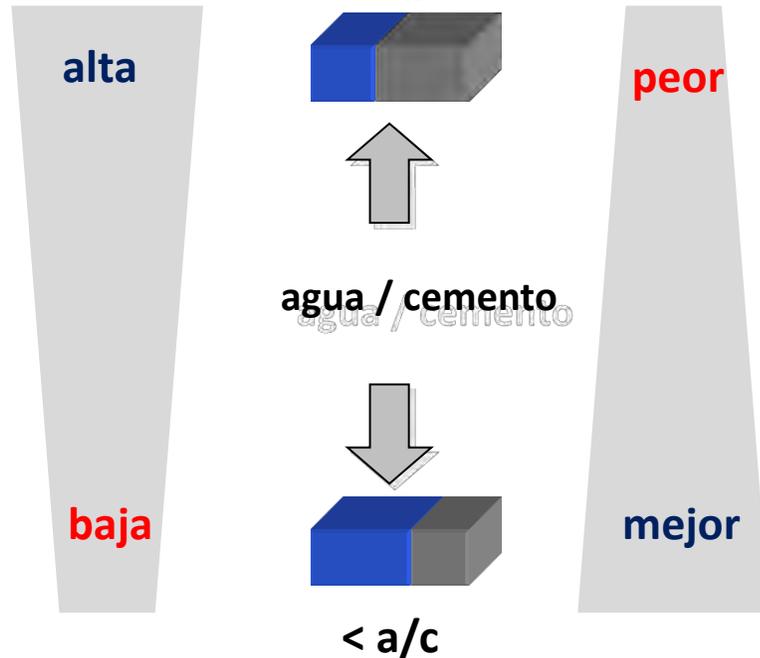


## Aditivos de Tercera Generación – Altos rangos

### Principios básicos - dispersante

¿Contradicción técnica?

RESISTENCIA ↔ TRABAJABILIDAD



Aditivos  
**Versatilidad**



***Ya los aditivos de  
3RA Generación  
para concreto  
permiten modificar  
su desempeño a  
niveles extremos.***

## Aditivos

### Reductor de agua de alto rango

**Aditivo que confiere al concreto las mismas propiedades que un aditivo reductor de agua de medio rango pero con mayor eficiencia**

#### Ventajas

- ✓ **Mantiene la trabajabilidad a bajos revenimientos**
- ✓ **Excelente apariencia en la superficie**
- ✓ **Baja relación a/c**
- ✓ **Reduce la demanda de agua entre 12% y 30%**
- ✓ **Aumenta la resistencia**
- ✓ **Mayor desarrollo de las resistencias tempranas**

#### Recomendaciones

- **La dosificación recomendada es de 8 a 15 ml por cada kg de cemento**
- **El desempeño del superplastificante se eleva con el aumento en la cantidad de cemento y finos del concreto.**



## Aditivos Acelerantes

**Material que se adiciona al concreto con el fin de reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo de resistencias tempranas**

### Ventajas

- ✓ Acelera el inicio de trabajos de acabado
- ✓ Reduce el tiempo necesario de curado
- ✓ Incrementa la velocidad de desarrollo de resistencias tempranas que permiten la remoción de cimbras

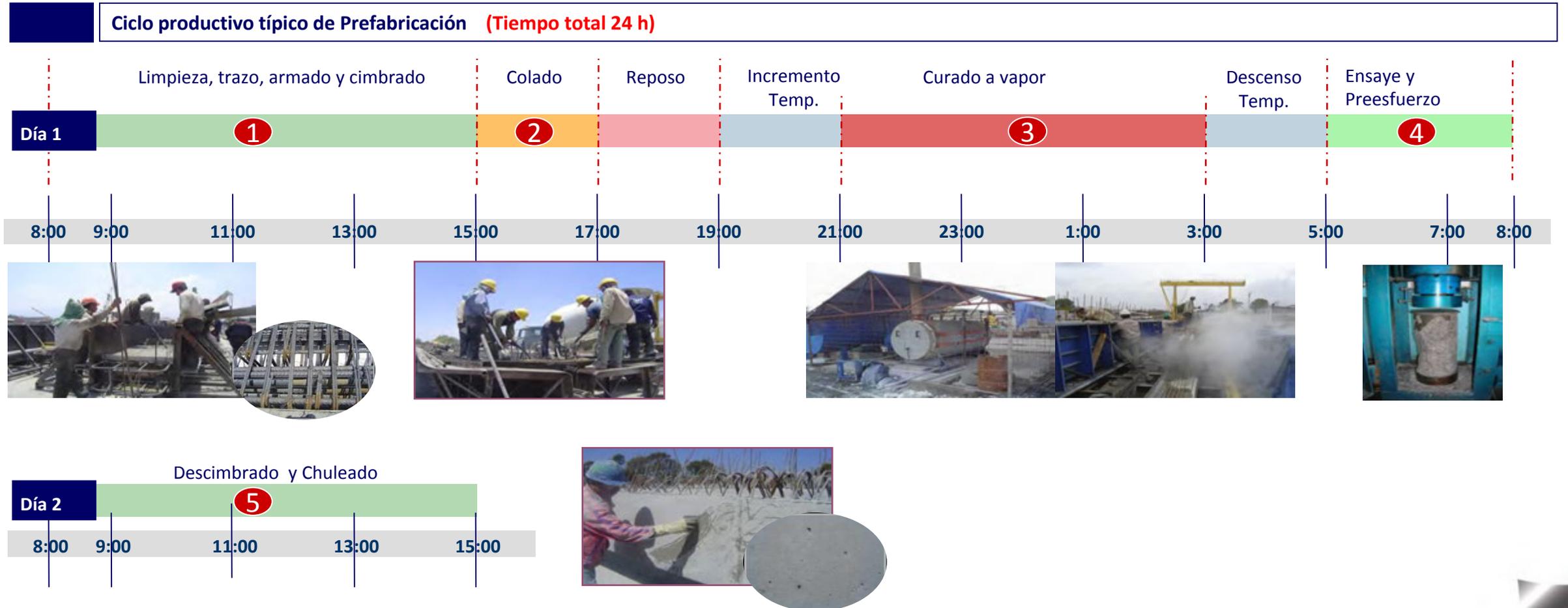
### Recomendaciones

- Es compatible con otros aditivos siempre y cuando se adicione por separado durante el mezclado
- No es recomendable el uso de acelerantes con cloruros en concreto pretensado, ni en contacto con aluminio, magnesio o acero galvanizado
- Los acelerantes sin cloruros se recomiendan en climas fríos

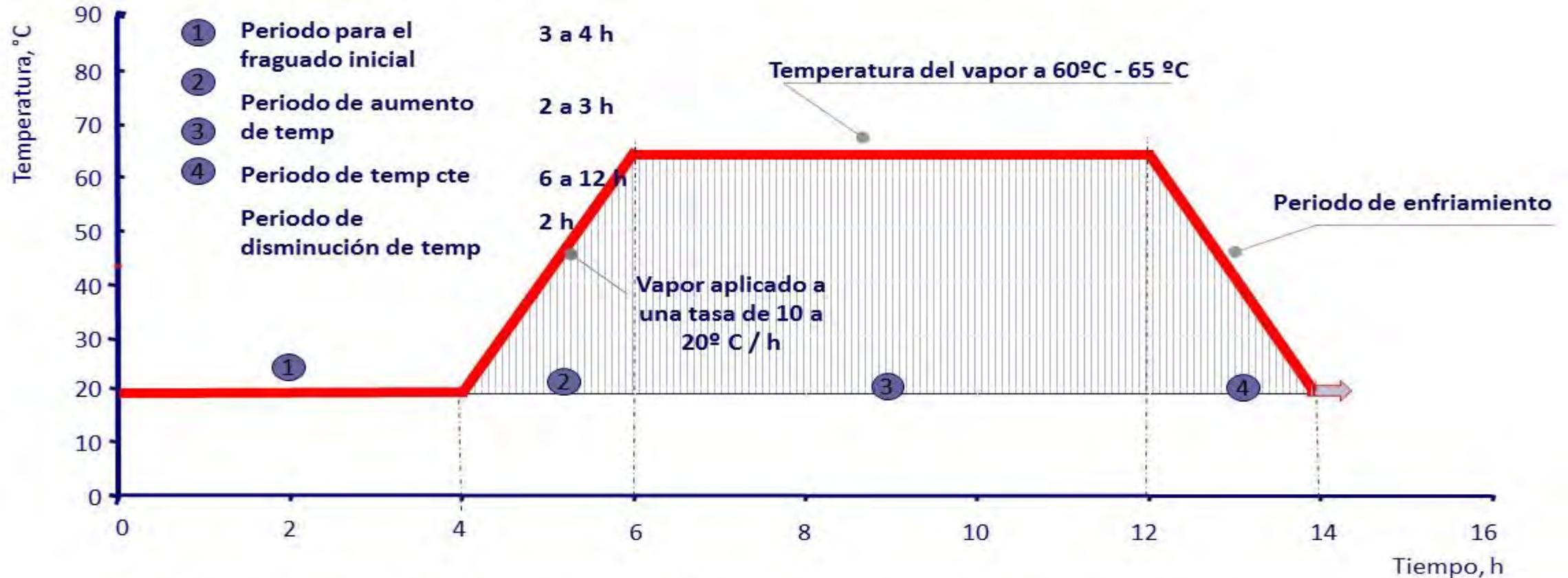
## Características del proceso de prefabricación

Necesidades	Soluciones tradicionales	Problemáticas
<p>Rápido desarrollo de resistencia</p>	<p>•Curado a vapor •Dosificación excesiva de materia prima</p>	<p>• Falta de control en las temperaturas del curado • Problemas de colocación • Altos consumos de combustible • Mano de obra especializada para el control de calderas</p>
<p>Elementos con buenos acabados</p>	<p>•Vibrado de elementos •Mano de obra extra para acabados •Mano de obra extra para el chuleo</p>	<p>•Problemas de panales de abeja •Problemas de segregación •Aumento de los costos por mano de obra para vibrado, acabado y chuleo. •Ineficiencia en los tiempos de producción.</p>
<p>Altos módulos de elasticidad</p>	<p>•Dosificación excesiva de materia prima •Búsqueda de bancos proveedores de agregados.</p>	<p>•Problemas de control de calidad en la dosificación •Utilización ineficiente de agregados •Pérdida de tiempo en la búsqueda de proveedores</p>
<p>Aumentar la fluidez del concreto</p>	<p>•Aumentar la fluidez sin la tecnología adecuada •Aumento de mano de obra</p>	<p>•Retardos de fraguado •Aumento de costos por mano de obra</p>

## Ciclo Productivo Típico



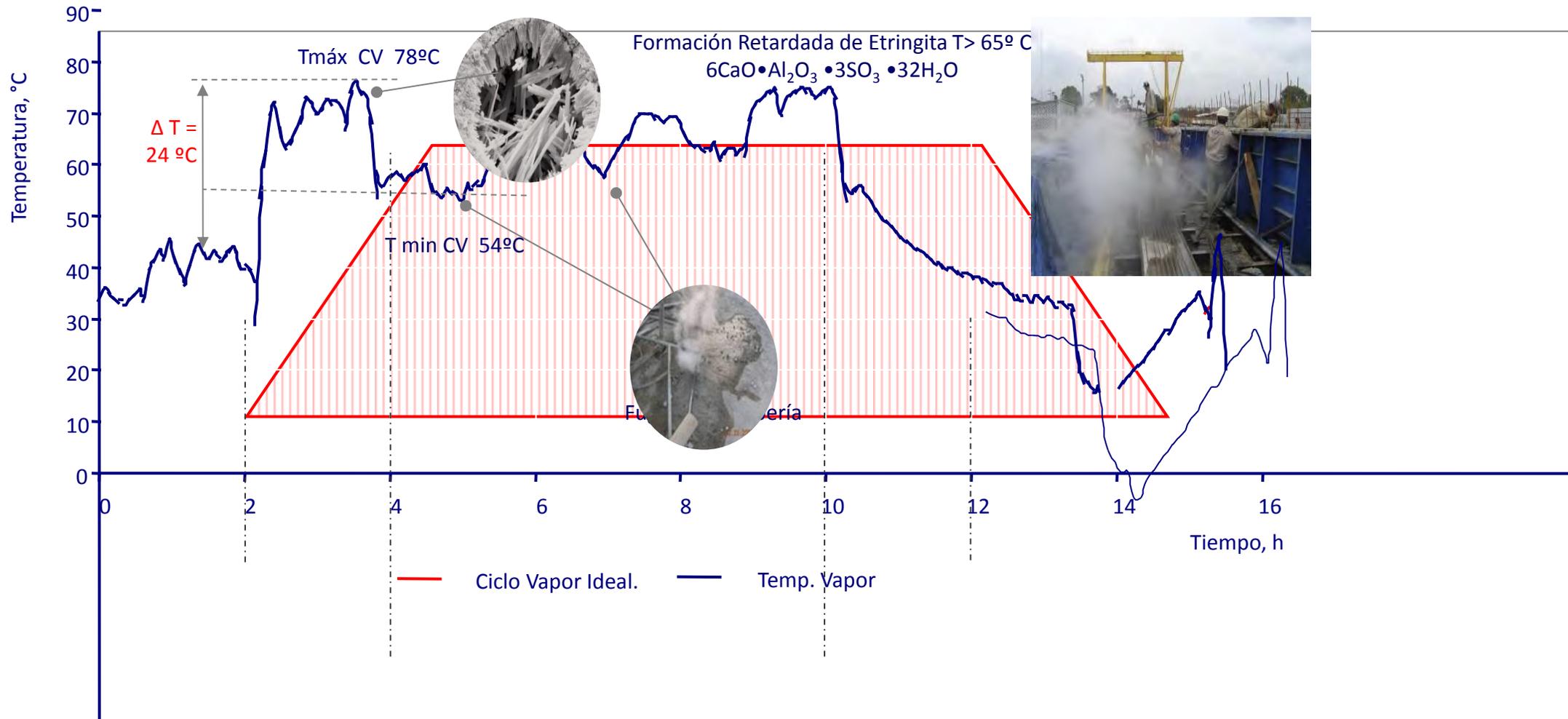
## Ciclo de Curado Vapor Ideal



Ref<sup>1</sup> Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Cap.12 pp 267 2004 Portland Cement Association

Ref<sup>2</sup> annipac. Instituto de Ingeniería UNAM Manual de Diseño de Estructuras Prefabricadas y Presforzadas

## Ciclo de Curado a Vapor Típico



Hay que aplicar Soluciones profesionales para el proceso de producción de elementos



## Ventajas

- Se elimina el curado a vapor, con todos los problemas que durante el curado se pueden presentar
- Se eliminan los procesos de vibrado, acabado y *chuleo* con la consecuente disminución de los costos por mano de obra y equipos
- El proceso de producción se hace más eficiente, al disminuir los tiempos de colocación, la mano de obra, etc.
- La producción del concreto y el control de calidad dejan de ser responsabilidad del cliente.

Diseñar una serie familias de productos para cada función.

Alta Resistencia a Edad Temprana y Alta Fluidez

350 kg/cm<sup>2</sup>, 0.50 f'c, **175**

350 kg/cm<sup>2</sup>, 0.60 f'c, **210**

350 kg/cm<sup>2</sup>, 0.80f'c, **280**

400 kg/cm<sup>2</sup>, 0.60f'c, **240**

400 kg/cm<sup>2</sup>, 0.80f'c, **320**

450 kg/cm<sup>2</sup>, 0.80f'c, **360**

600 kg/cm<sup>2</sup>, 0.80f'c, **480**

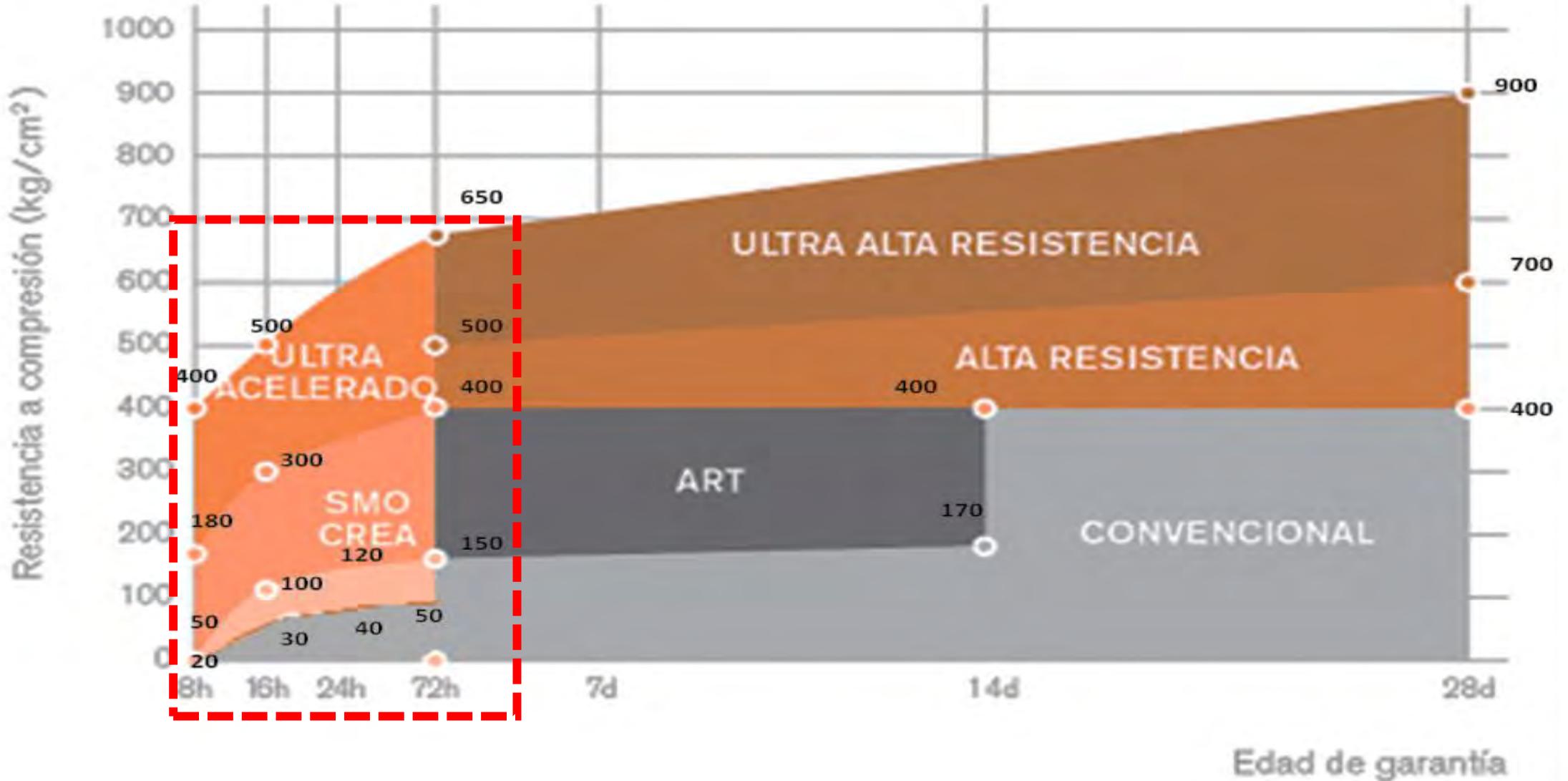


## Concretos Específicos para cada situación de la obra.

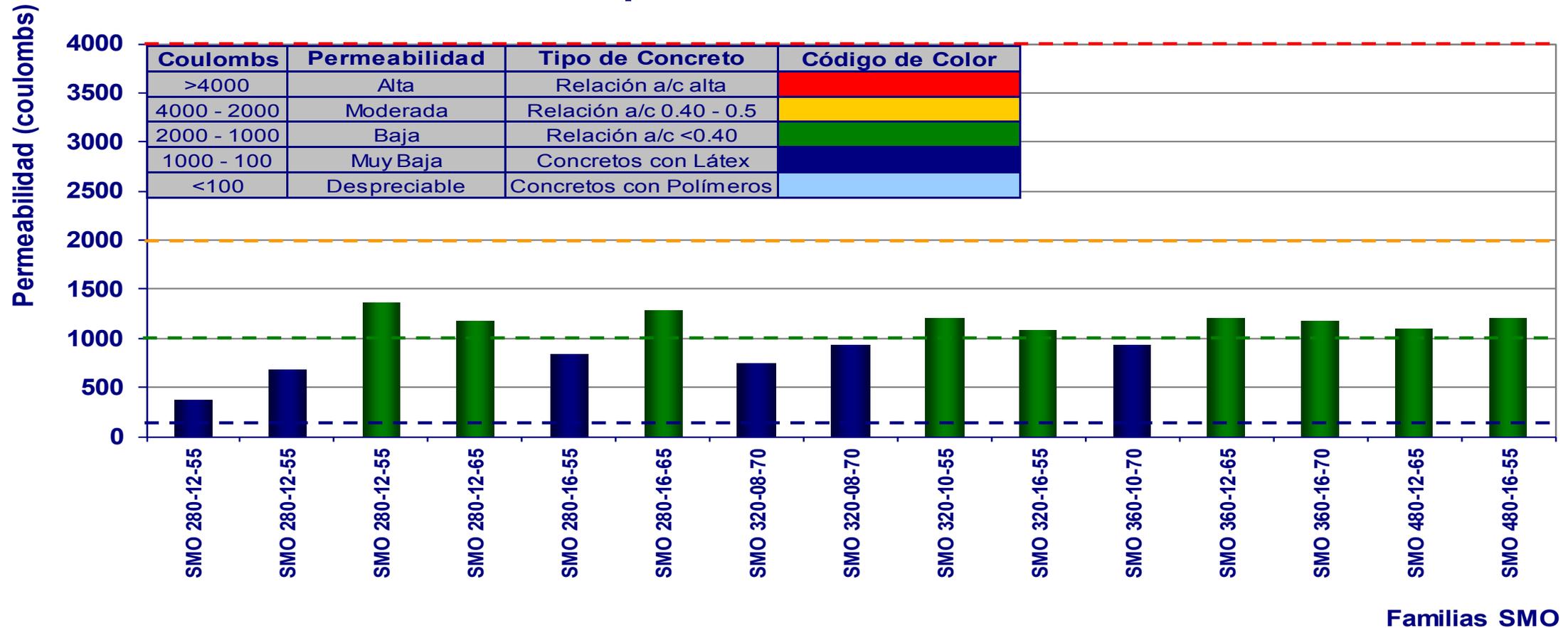
Edad Temprana	Flujo Revenimiento	Concretos Específicos para cada situación de la obra.						
16h	70	SMO 175-16-70	SMO 210-16-70	SMO 280-16-70	SMO 240-16-70	SMO 320-16-70	SMO 360-16-70	SMO 480-16-70
	65	SMO 175-16-65	SMO 210-16-65	SMO 280-16-65	SMO 240-16-65	SMO 320-16-65	SMO 360-16-65	SMO 480-16-65
	55	SMO 175-16-55	SMO 210-16-55	SMO 280-16-55	SMO 240-16-55	SMO 320-16-55	SMO 360-16-55	SMO 480-16-55
12h	70	SMO 175-12-70	SMO 210-12-70	SMO 280-12-70	SMO 240-12-70	SMO 320-12-70	SMO 360-12-70	SMO 480-12-70
	65	SMO 175-12-65	SMO 210-12-65	SMO 280-12-65	SMO 240-12-65	SMO 320-12-65	SMO 360-12-65	SMO 480-12-65
	55	SMO 175-12-55	SMO 210-12-55	SMO 280-12-55	SMO 240-12-55	SMO 320-12-55	SMO 360-12-55	SMO 480-12-55
10h	70	SMO 175-10-70	SMO 210-10-70	SMO 280-10-70	SMO 240-10-70	SMO 320-10-70	SMO 360-10-70	
	65	SMO 175-10-65	SMO 210-10-65	SMO 280-10-65	SMO 240-10-65	SMO 320-10-65	SMO 360-10-65	
	55	SMO 175-10-55	SMO 210-10-55	SMO 280-10-55	SMO 240-10-55	SMO 320-10-55	SMO 360-10-55	
8h	70	SMO 175-8-70	SMO 210-8-70	SMO 280-8-70	SMO 240-8-70	SMO 320-8-70		
	65	SMO 175-8-65	SMO 210-8-65	SMO 280-8-65	SMO 240-8-65	SMO 320-8-65		
	55	SMO 175-8-55	SMO 210-8-55	SMO 280-8-55	SMO 240-8-55	SMO 320-8-55		
$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )		350 * 50% = 175	350 * 60% = 210	350 * 80% = 280	400 * 60% = 240	400 * 80% = 320	450 * 80% = 360	600 * 80% = 480

SMO Resistencia a 10 h: 240 kg/cm<sup>2</sup>, con Flujo de Revenimiento de 65 cm

# TECNOLOGÍA DE CONCRETO EN PREFABRICADOS



## Familias con Desempeño por Durabilidad- RCPT<sup>1</sup>



Ref<sup>1</sup> ASTM 1202/97 "Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration"

## Métodos de Prueba – Alineados a los estándares internacionales

Prueba	Flujo de Revenimiento (FR)
Parámetro de Medición	Consistencia de concreto fresco, Habilidad de Flujo y Habilidad de Llenado
Descripción	Esta prueba se utiliza para asegurar el flujo libre horizontal del concreto autocompactable en ausencia de obstrucciones y proporciona una buena información de la habilidad de llenado.
Restricción	Es aplicable para concreto autocompactable con TMA hasta de 1”
Normatividad Aplicable	ASTM C 1611/C1611M-05 PCI TR-6-03 Self-Consolidating Concrete Guidelines

Categoría	A	B	C
Flujo de revenimiento, cm	50 a 59	60 a 69	69 a 80



## Productividad y Rendimiento

### Tiempo de Colado\*, min

Concreto Convencional

100%  
20 min

Concreto SMO

12%

2.5  
min

Disminuye 88%  
del tiempo de  
colocación

### Rendimiento\*, m<sup>3</sup>/h

Concreto Convencional

1

14 m<sup>3</sup>/h

Aumenta en 8  
veces la  
productividad

Concreto SMO

4X

60 m<sup>3</sup>/h

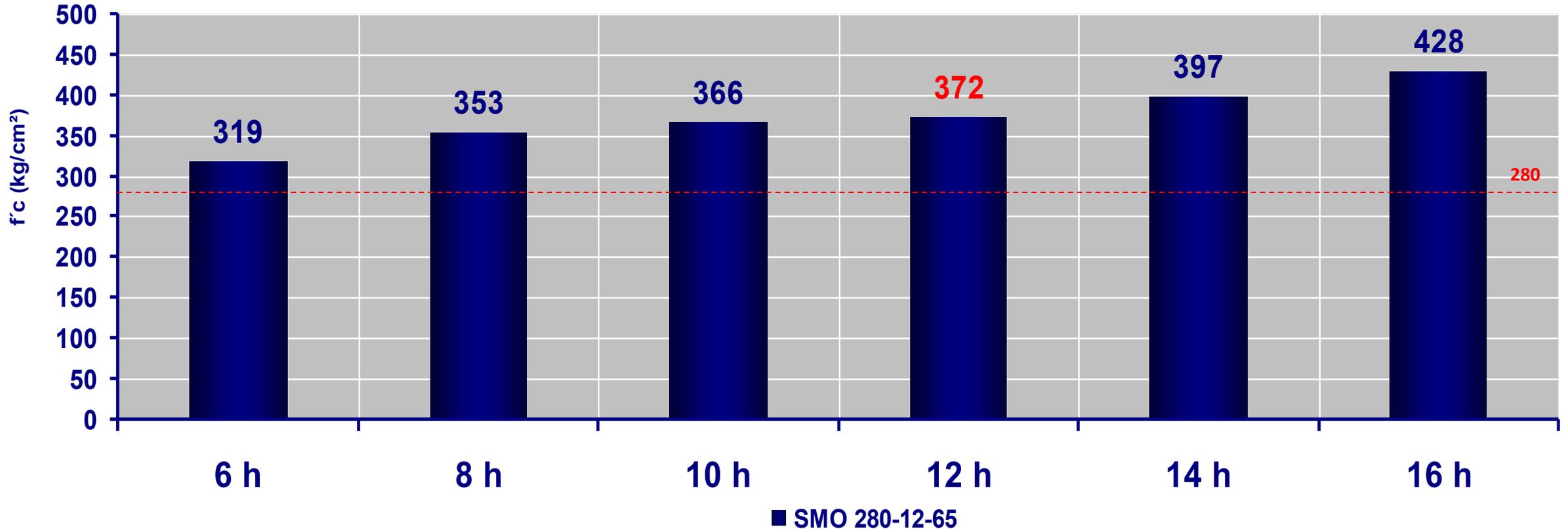
\* Para el análisis se considera un elemento tipo RB



## Producto – Cliente - Texcoco

Concreto Endurecido

**Resistencia a la Compresión**  
Resistencia a Compresión sin curado a vapor



## Propuesta Cliente Texcoco Comparativo

Concreto SMO 280-12-65

### Mano de Obra:

- 1 ayudante de canalón

### Equipo:

- No se requiere

Tiempo llenado por trabe: **5 min**

Rendimiento: **45.30 m<sup>3</sup>/h**



CONCRETO SMO

Elementos

Prefabricados

Estructurales

IMPRESA  
Prueba Día 2  
Noviembre 2008

## Concreto Tradicional

### Mano de Obra:

- 1 oficial
- 1 ayudante canalón
- 1 ayudante vibrador
- 1 nivelador
- 1-2 vibrado concreto
- 1 cabo
- 1 operador CR

### Equipo:

- Vibradores
- Caldera curado a vapor

Tiempo llenado por ele.: **30 min**

Rendimiento: **3.02 m<sup>3</sup>/h**



## Prueba Industrial Cliente Prefamóvil

Requerimientos técnicos:

**70% de resistencia a 18 h**

**Diseño evaluado:** Prueba Industrial  
AASHTO IV (350 kgf/cm<sup>3</sup>)

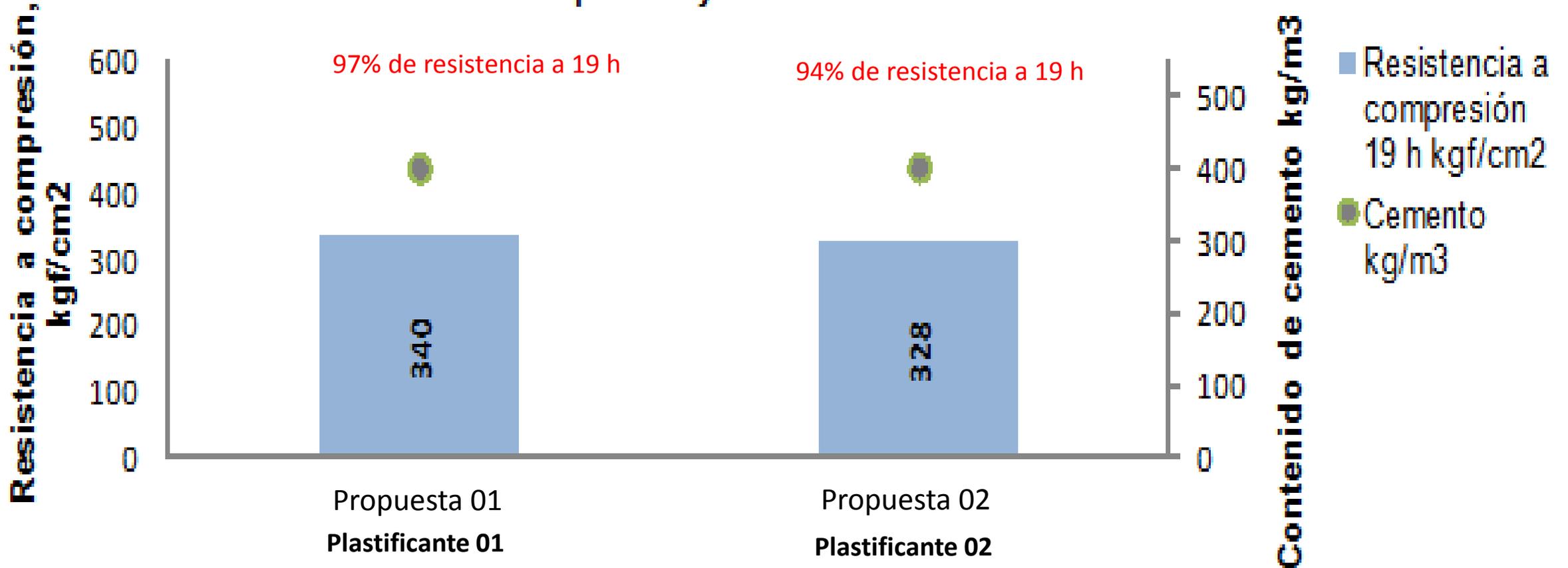
Consumo de cemento	> 400 kg/m <sup>3</sup>
Tipo de cemento	CPC40
Grava	Caliza 20 mm
Arena	Caliza 4mm

Para la realización de la prueba industrial se elaboran 2 elementos tipo AASHTO IV .

- La prueba consistió en la producción de 15 m<sup>3</sup> de concreto para la fabricación del elemento con el aditivo actualmente utilizado y 15 m<sup>3</sup> de concreto con el prototipo (PR/15-037-SRA).
- La preparación de 15 m<sup>3</sup> de concreto se distribuyó en 3 ollas con 5 m<sup>3</sup> cada una, para cada elemento.
- El muestreo de los especímenes para obtener la resistencia a compresión se realizó a 18 horas



## Resistencia a compresión y contenido de cemento



## Prueba Industrial Cliente Prefamóvil

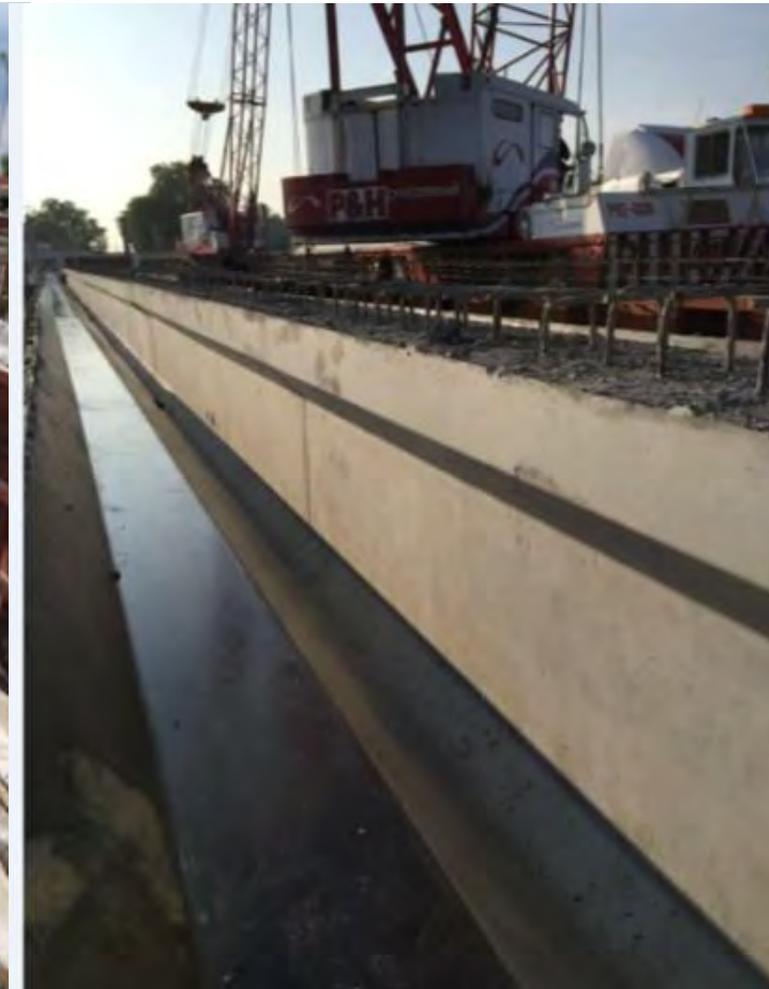
### OBSERVACIONES

❑ El prototipo más que el aditivo TESTIGO, para tener una trabajabilidad “adecuada” de acuerdo, a la percepción visual de los encargados de calidad y producción.

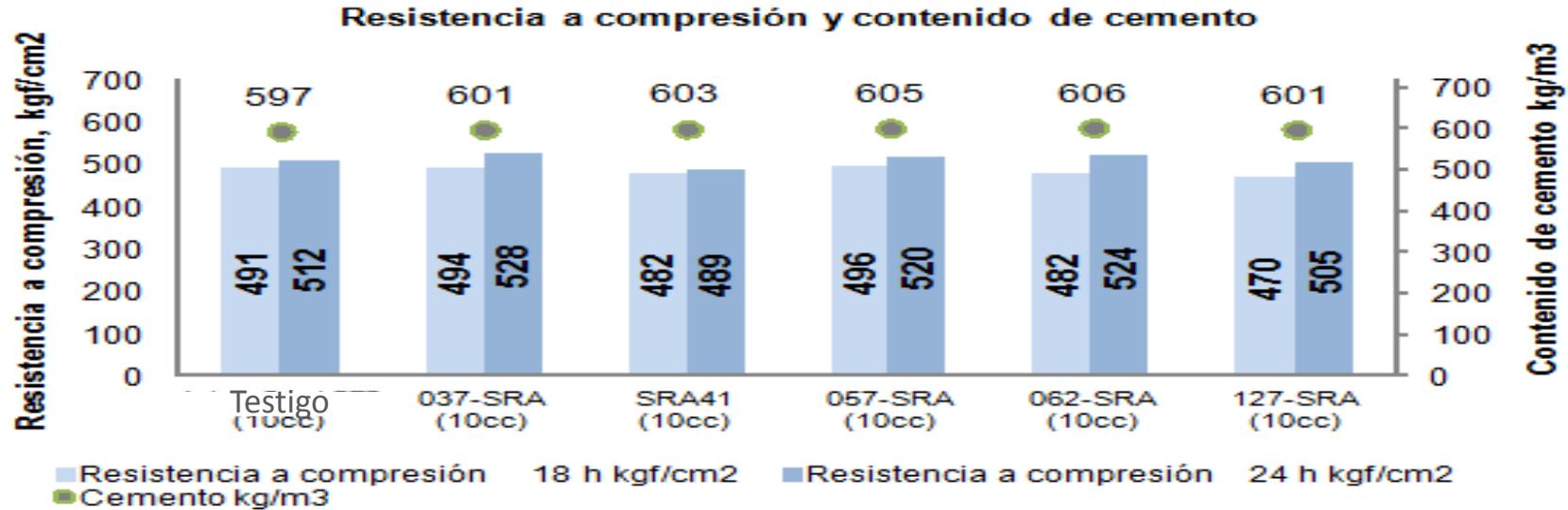
❑ Se registra **una resistencia a compresión** ligeramente superior a 19 h con el Aditivo Propuesta, sin embargo, debemos considerar que tenemos una hora de diferencia entre la producción de la olla 3.

### Próximos pasos:

✓ Corroborar resultados de la prueba industrial, pero invirtiendo el orden de la prueba, es decir, se comenzará la prueba con el prototipo.

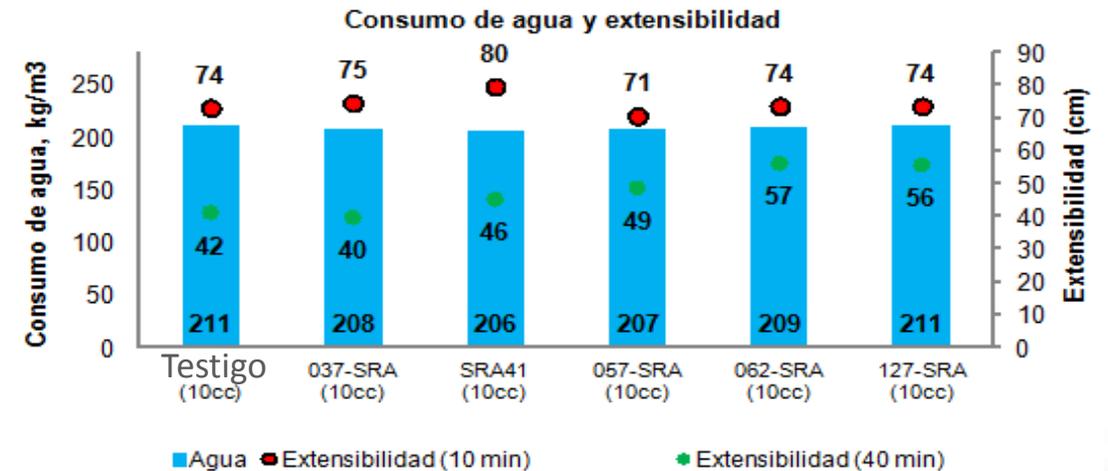
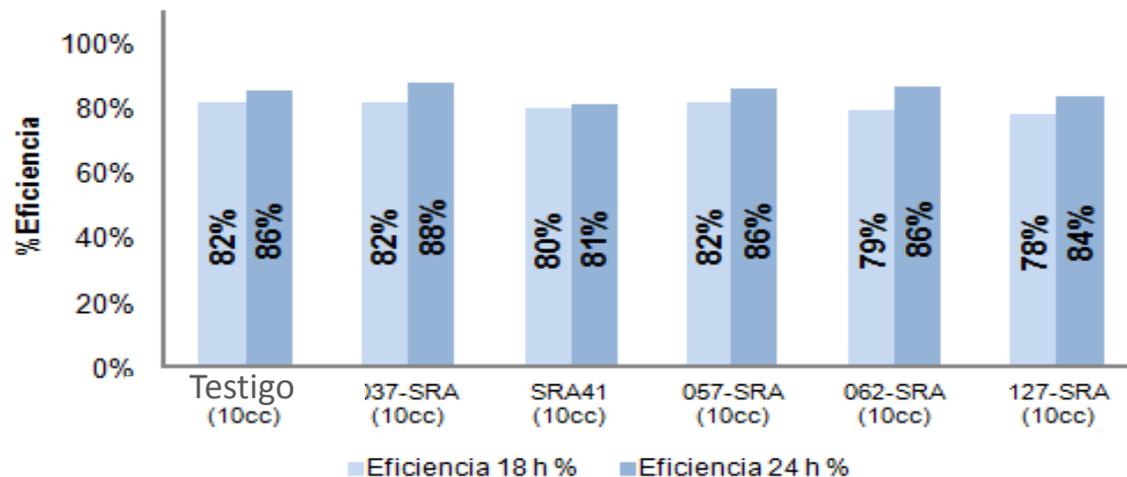


## Aditivos para prefabricadores



Diseño evaluado: **Sistema Prefabricado**  
 f'c 500 kg/cm<sup>3</sup>

Consumo de cemento > 600 kg/m<sup>3</sup>  
 Tipo de cemento CPC 40 Huichapan  
 Grava Caliza 13 mm  
 Arena Andesita



## Cono de fluidez: Curvas de saturación

### Relevantes:

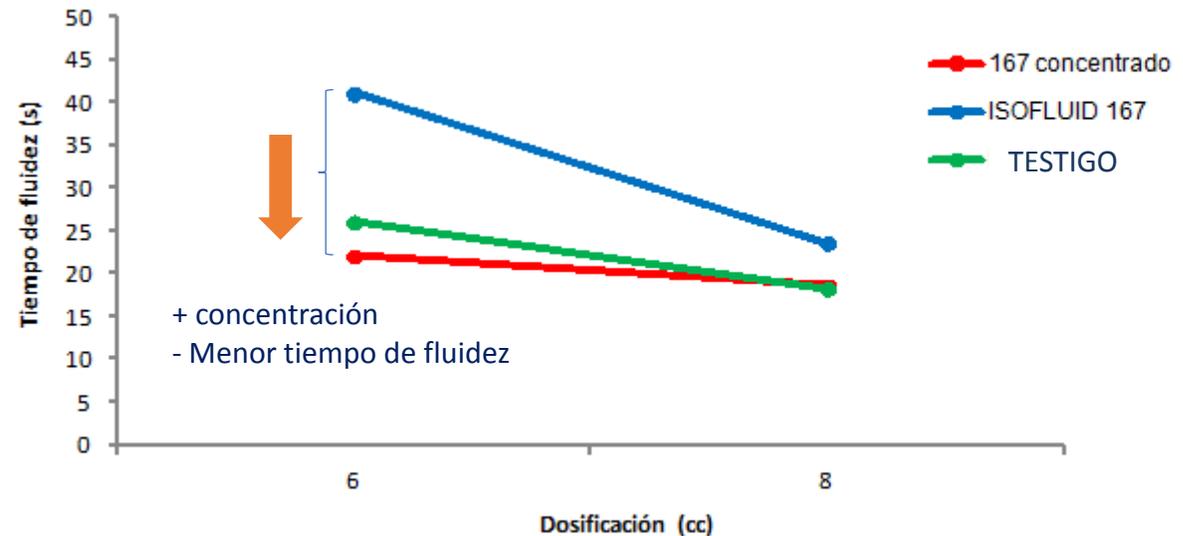
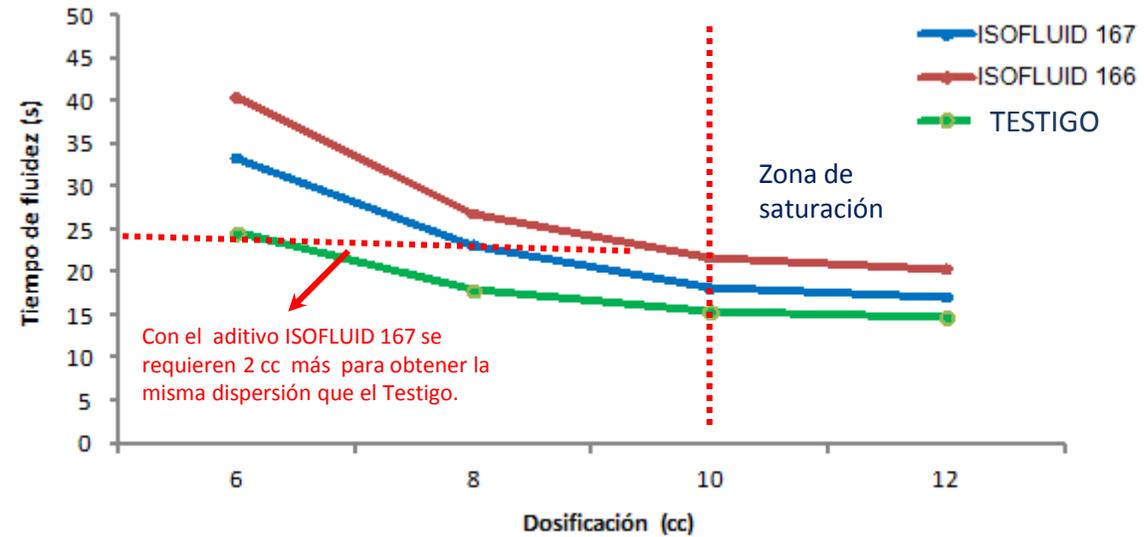
Se determinó la curva de saturación del aditivo ISOFLUID 167, ISOFLUID 166 y el TESTIGO con CPC 40 Huichapan.

Cemento: CPC 40 Huichapan  
 Consumo de cemento: 285 Kg  
 Relación a/c 0.40

Se concentró el ISOFLUID 167 para evaluar el efecto de la concentración en la dispersión.

### Recomendaciones:

- Revisar estabilidad del aditivo concentrado.
- Formulación de ISOFLUID 167 concentrado.



## DOCUMENTAR LOS CASOS DE ÉXITO

# PUENTE PURUCHÚCUARO, MICH.

### Producto:

Concreto Profesional<sup>MR</sup> Sin Mano de Obra (SMO)<sup>MR</sup>

### Datos de la obra:

Ciudad: Toluca, Estado de México

Cliente: MEXPRESA

Obra: Puente Vehicular puente Puruchúcuaro, Mich.

Tipo de elemento: Preesforzado Trabe Cajón

Volumen por elemento: 18 m<sup>3</sup>

Longitud: 25 m

f'c= 350 kg/cm<sup>2</sup>

f'c a edad temprana: f'c 80% a 16 horas (280 kg/cm<sup>2</sup>)

Flujo de revenimiento: 65 cm, TMA: 3/8"

Familia: **Concreto SMO 280-16-65**

### Reto:

Obtener a edad temprana la resistencia requerida (80%)  
sin curar a vapor para aplicar el preesfuerzo a los  
elementos

Incrementar la velocidad de colado

Lograr un buen acabado sin necesidad de *chulear*



## DOCUMENTAR LOS CASOS DE ÉXITO

# PUENTE PURUCHÚCUARO, MICH.

### Solución:

CEMEX Concretos recomendó el uso del Concreto Profesional<sup>MR</sup> Sin Mano de Obra (SMO)<sup>MR</sup>, con el cual se garantizó la resistencia temprana requerida y una total consolidación del concreto sin necesidad de vibrarlo

### Beneficios para el Cliente:

- Resistencia a edad temprana requerida para aplicar el preesfuerzo a 16 horas
- Eliminación del curado a vapor
- Reducción de costos de mano de obra
- Reducción del tiempo de colado con incremento en el rendimiento
- Eliminación del *chuleado*
- Incremento de la eficiencia en la producción de los elementos



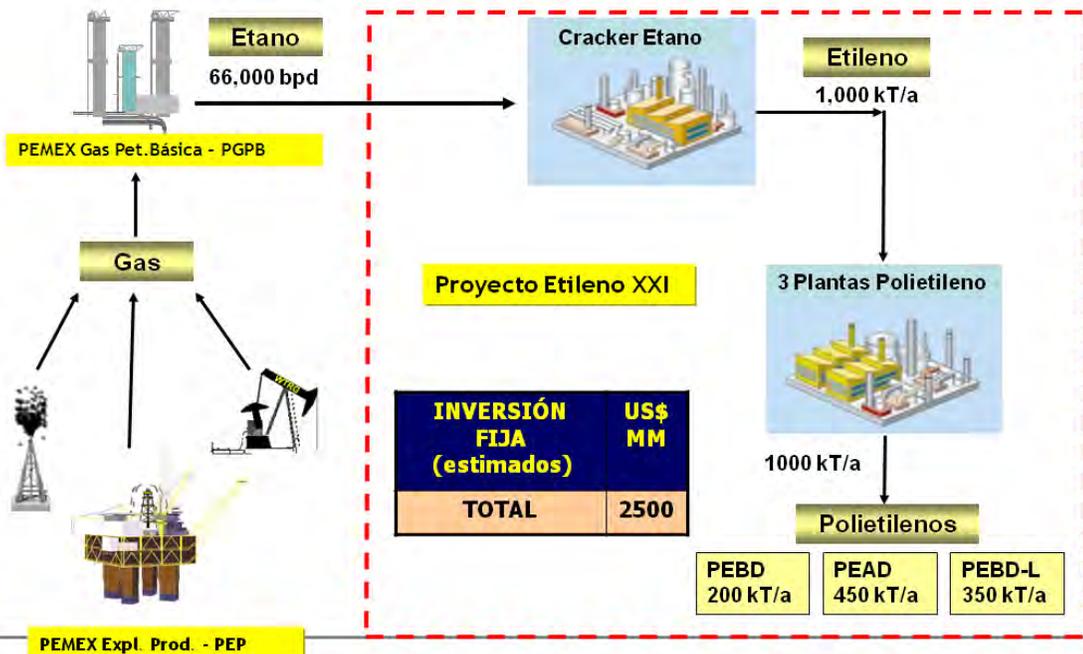
*Nanchital, Veracruz*





- Complejo petroquímico productor de 1.05 millones de toneladas anuales de polietileno y su equivalente de Etileno
- Comprende la fabricación de 750,000 t de polietileno de alta densidad y 300,000 t de polietileno de baja densidad

- **Proyecto:** Complejo Petroquímico Etileno XXI
- **Producción :** 1.5 MMTon Etileno /año
- **Inversión :** 2,500 MMUSD
- **Asociación :** Braskem 65% (Brasil)– Idesa 35%(México)
- Contrato por **20 años**
- Sustitución de importación de Polietilenos por **2,000 MMUSD / Año**
- Generará de **6,000 a 8,000 empleos** durante la construcción
- **Inicio de operaciones:** 2015



**Braskem**


 GRUPO  
**IDESA**


**PEMEX**

*Representa la mayor inversión brasileña directa que se haya hecho en México y la mayor inversión en el sector petroquímico del país en los últimos 20 años.*

### La construcción del proyecto incluye:

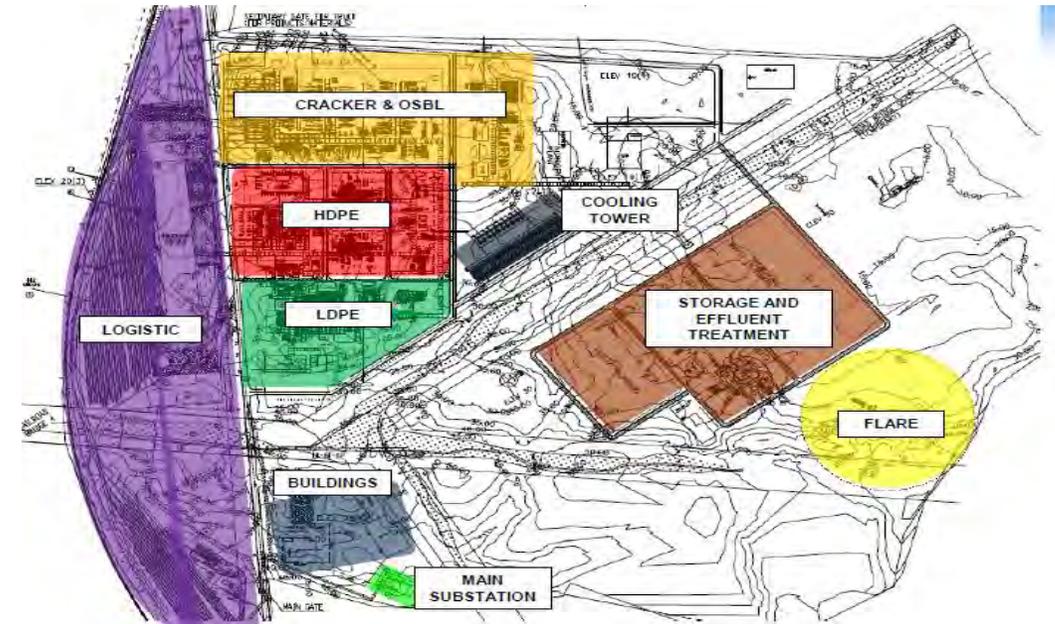
- Planta de Craker de Etano
- Planta de producción de PEAD
- Planta de producción de PEBD
- Planta de producción de polipropileno

### Las empresas constructoras:

- Odebrecht (Brasil)
- Ica Fluor (México)
- Technip (Italia)

La construcción comenzó en julio 2012 y terminó en diciembre 2015.

CEMEX participó en el proyecto con un volumen aproximado de **280,000 m<sup>3</sup>** que incluye concreto para pilas de cimentaciones (DURAMAX), dados (DURAMAX), traveses prefabricados para superestructura (SMO) y concretos con TRABAJABILIDAD EXTENDIDA, dado que la temperatura ambiente esta aprox. 40°C.



Se realizó el suministro para las trabes prefabricados con **Concreto UltraAcelerado + Autocompactable** optimizado con la **Tecnología de Maduración de Resistencia**.

Las trabes prefabricadas de **15 m<sup>3</sup>** requieren **240 kg/cm<sup>2</sup> a 24 horas** y **300 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días**, con un flujo de revenimiento de **60 cm**.

→ El reto es mantener la trabajabilidad de la mezcla aceptable por **1.5 horas**, a una temperatura de **40°C** y sin ocasionar un retardo de fraguado.

Se ha logrado que los técnicos de Odebrecht acepten la especificación de resistencia, ya que se ha comprobado que los elementos generan una temperatura de **60°C**.



Método	F'c a 24 horas
<i>Cilindro conv. 15x30 cm</i>	<b>192</b>
<i>Cilindro termoseguidor</i>	<b>250</b>







# CONCRETOS CON REVENIMIENTOS 18 CM



2 13 14

# CONCRETOS CON REVENIMIENTOS 18 CM



# CONCRETOS CON EXTENSIBILIDAD 65 CM



# CONCRETOS CON EXTENSIBILIDAD 65 CM



## Trabajabilidad y Fluidez





**CONCRETOS  
CON PERMANENCIA  
DESPUÉS DE 180 MIN.**

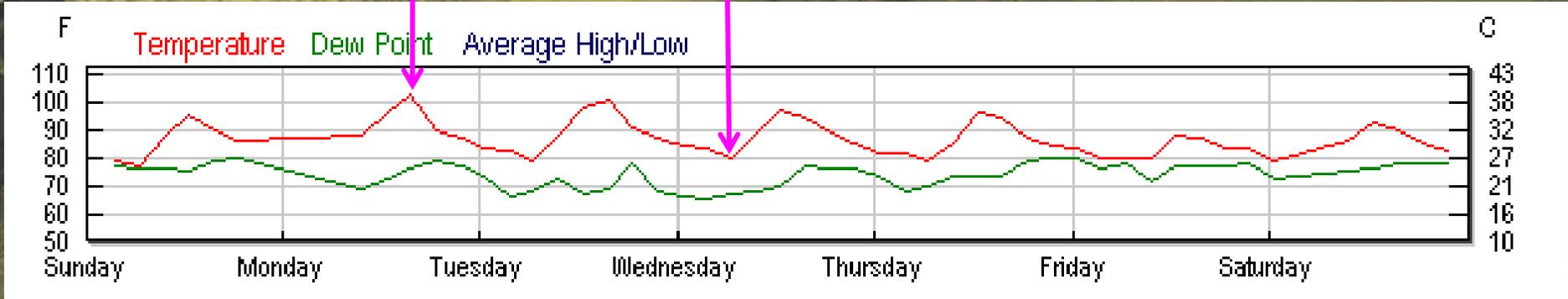


**PREVENIR JUNTAS FRÍAS**



**PREVENIR JUNTAS FRÍAS**

# Rangos de Temperatura







**PREVENIR  
CONTRACCIÓN TÉRMICA**

**PREVENIR  
CONTRACCIÓN TÉRMICA**



**PREVENIR  
CONTRACCIÓN  
TÉRMICA**

**REDUCIENDO LA  
TEMPERATURA**



06/05/

**ELEMENTOS SANOS  
Y CUMPLIENDO  
ESPECIFICACIÓN**

















¿Cual es la resistencia real del concreto en este elemento?



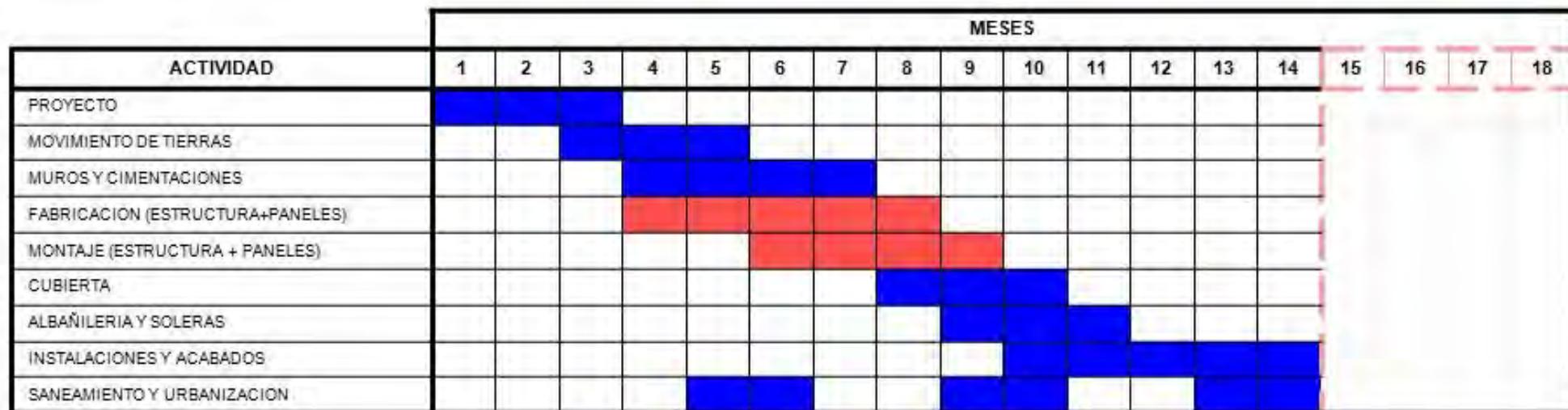
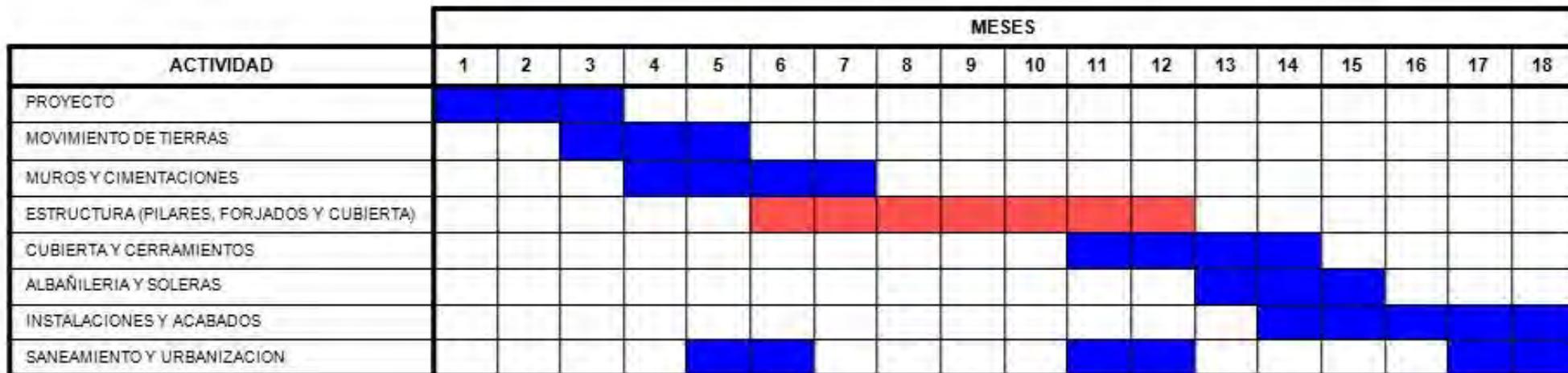
## Altas especificaciones ¿A menor costo?

En la actualidad, la industria del concreto premezclado requiere de una **constante optimización** en su costo de producción, esto con el fin de ser **competitivo** e **incrementar** su participación en los mercados de prefabricados y construcción en serie.



# AHORRO DE MESES CON EL SISTEMA PREFABRICADO Vs INSITU

**Diagrama de Gantt: Construcción de un centro comercial de 120.000 m<sup>2</sup>**



## EN SU REGIÓN GEOGRÁFICA YA LO ESTÁN APROVECHANDO



# EN SU REGIÓN GEOGRÁFICA YA LO ESTÁN APROVECHANDO



# EN SU REGIÓN GEOGRÁFICA YA LO ESTÁN APROVECHANDO



# EN SU REGIÓN GEOGRÁFICA YA LO ESTÁN APROVECHANDO



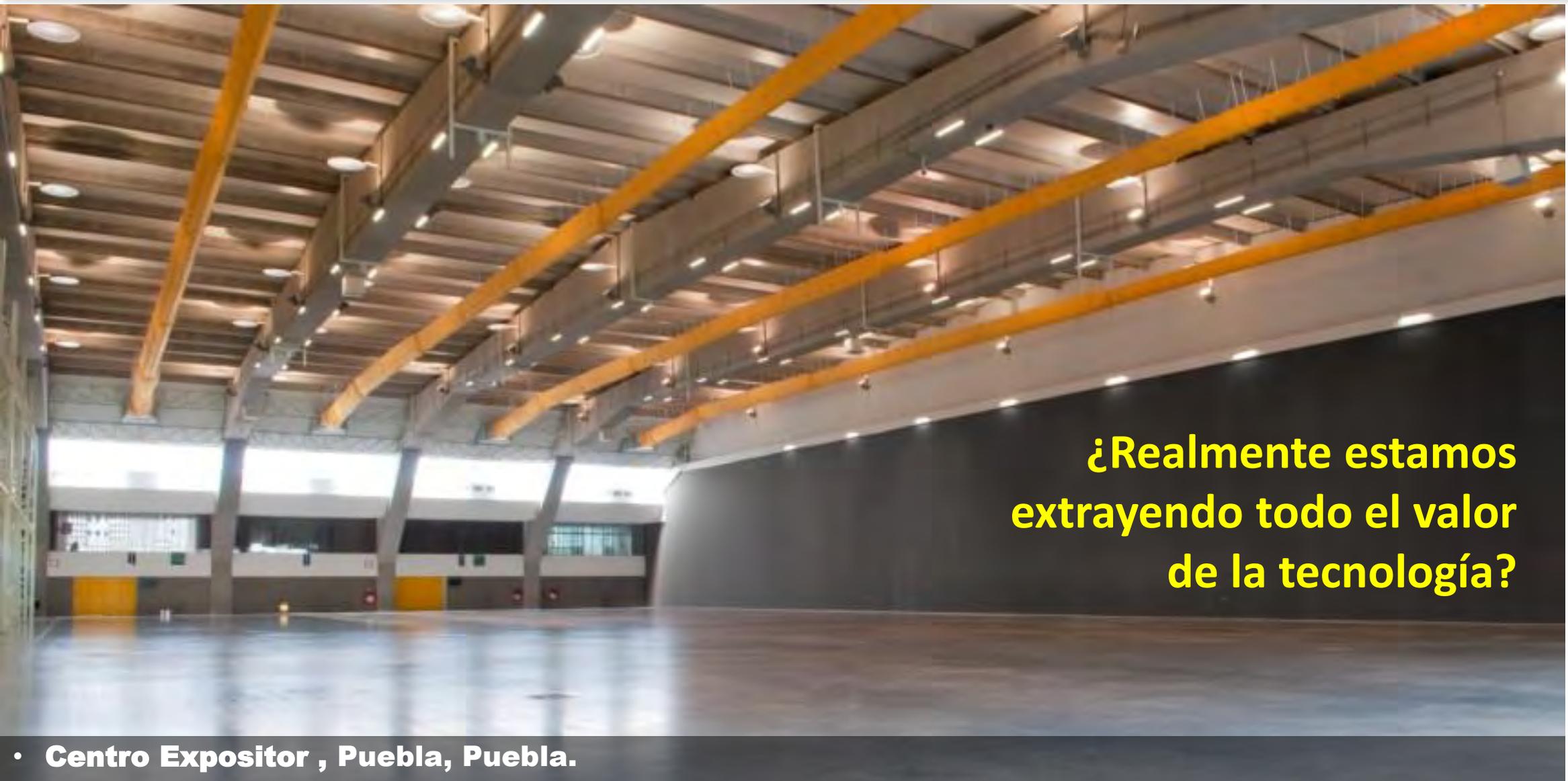
# EN SU REGIÓN GEOGRÁFICA YA LO ESTÁN APROVECHANDO



¿Realmente estamos  
extrayendo todo el valor  
de la tecnología?



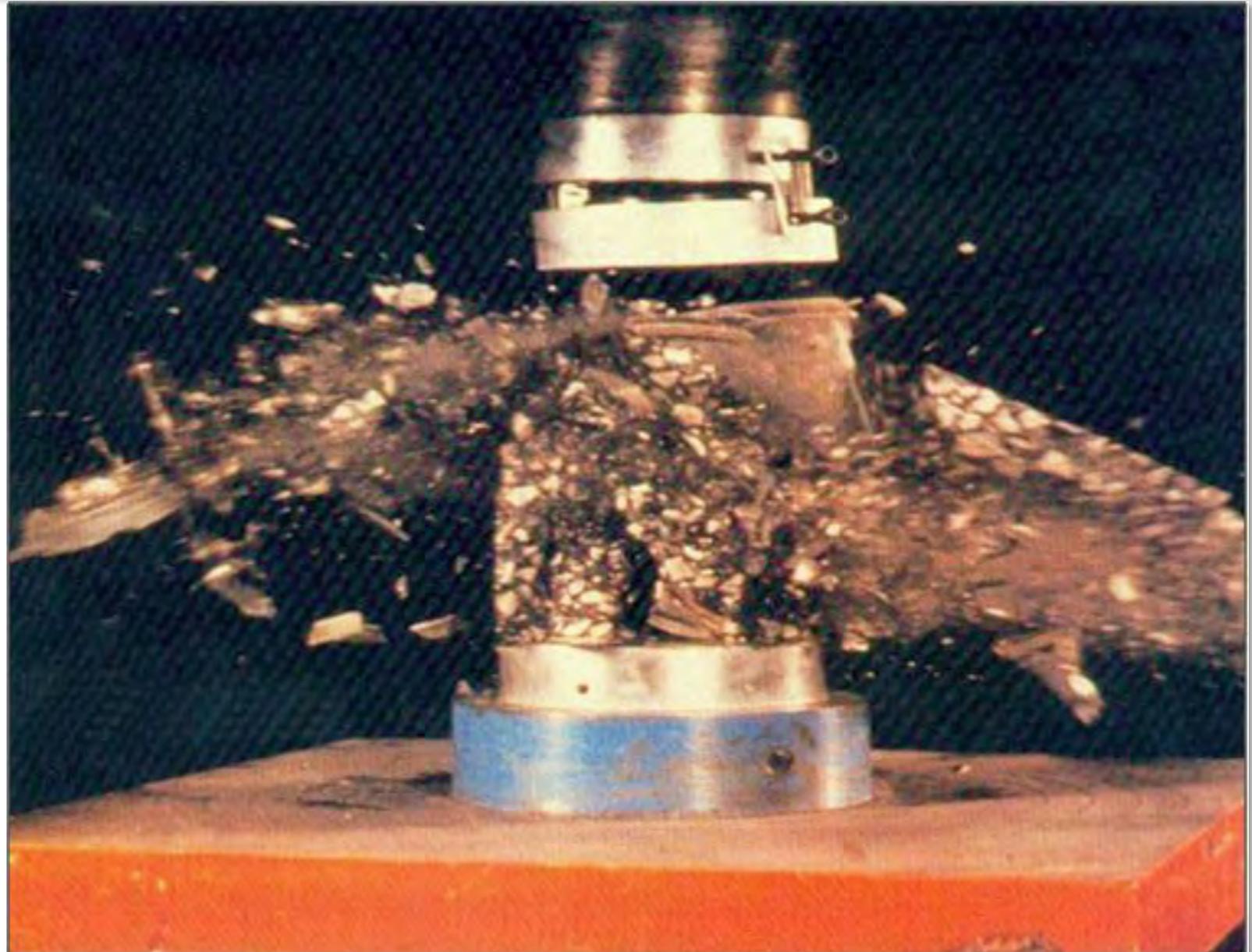
• Centro Expositor , Puebla, Puebla.



**¿Realmente estamos  
extrayendo todo el valor  
de la tecnología?**

- **Centro Expositor , Puebla, Puebla.**

**¡Necesidad de  
conocer en tiempo  
real la resistencia  
del concreto!**



**¿Qué tanto representan estas probetas el material  
que queda en la estructura?**



## ACI 228.1 R-3

### Metodos para Estimar la resistencia del Concreto en Obra

*"...cuando se llevan a cabo los procedimientos normalizados, los ensayos en cilindros solo representan la **posible resistencia** del concreto que es utilizado en el sitio..."*

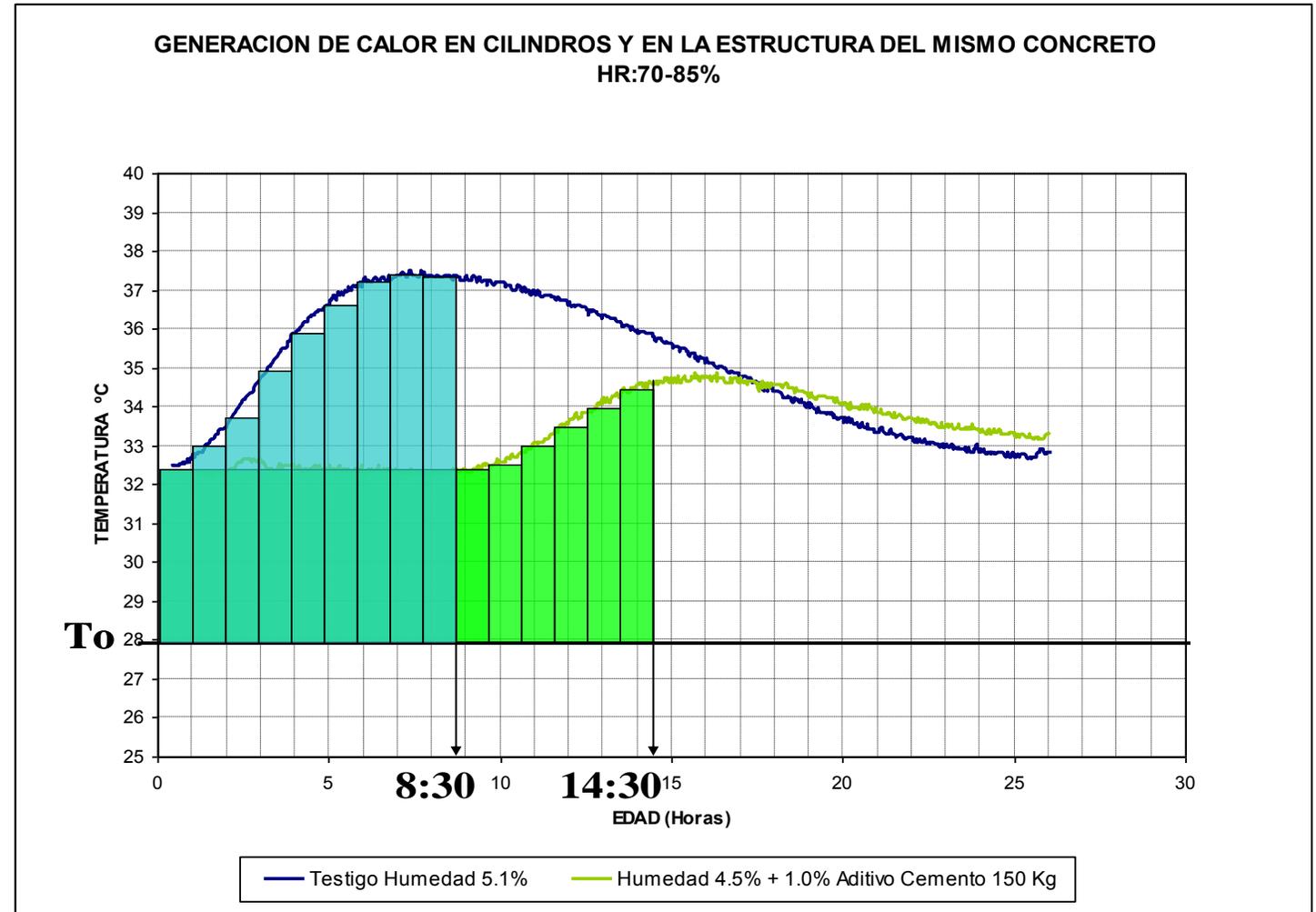
*"... resulta inusual que el concreto de la estructura tenga las **mismas propiedades** que los cilindros normalizados a la misma edad..."*

## 2. Monitoreo Térmico Automatizado

### Método de madurez (ASTM C1074)

Técnica que relaciona los efectos combinados de la temperatura y del tiempo en el desarrollo de resistencia de un concreto.

El alcance de la hidratación del cemento depende del tiempo que el concreto ha estado fraguando y de la temperatura del mismo.



## ¿Qué es la Tecnología para Medir Madurez?

**Solución integral** para proyectos que requieren descimbre a edad temprana (menor a 24 horas) para **incrementar su ciclo productivo** o garantizar la resistencia de la estructura de especificación del proyecto.



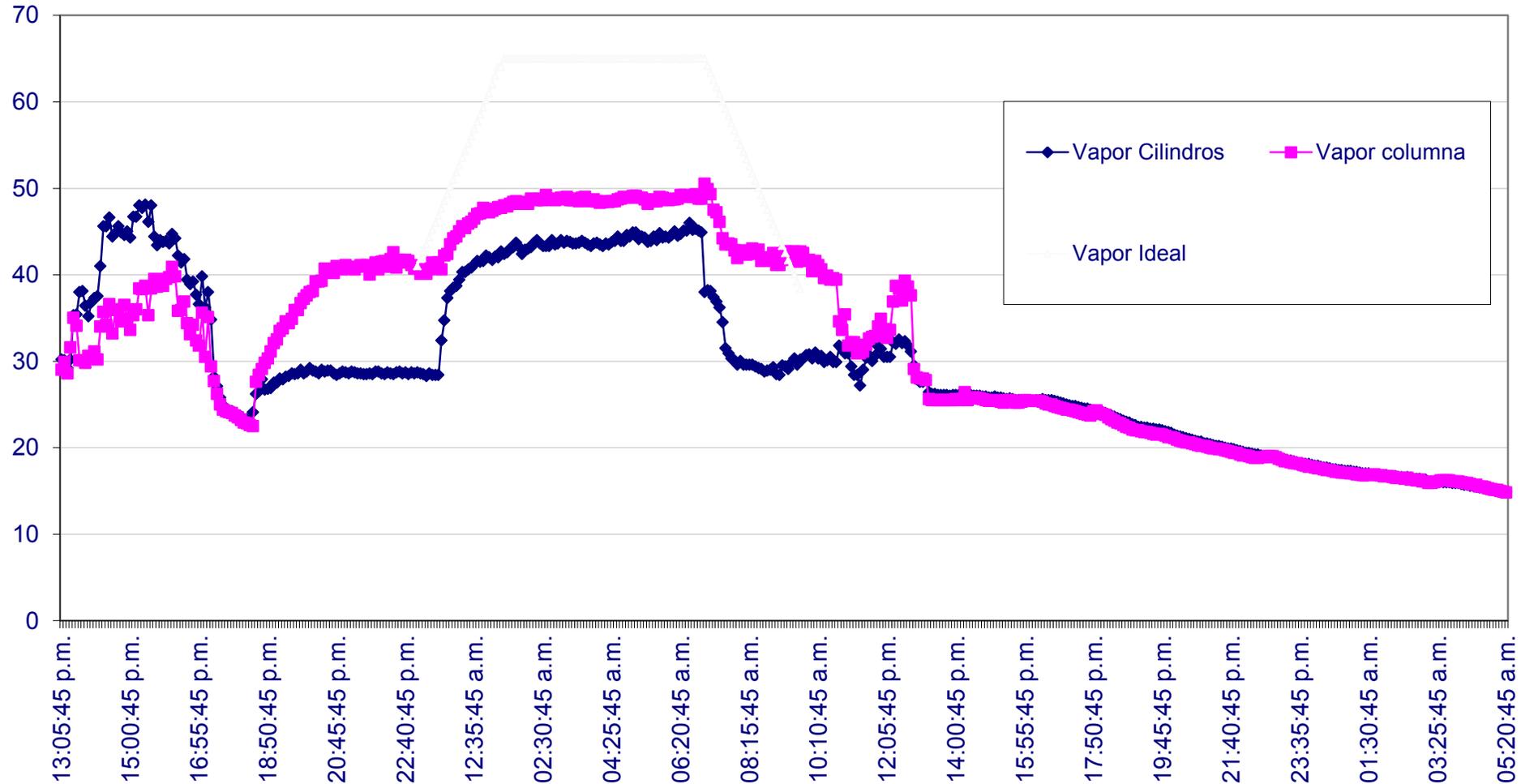
**Aplicaciones más RELEVANTES son:**

- **Vivienda industrializada**
- **Infraestructura (prefabricados)**

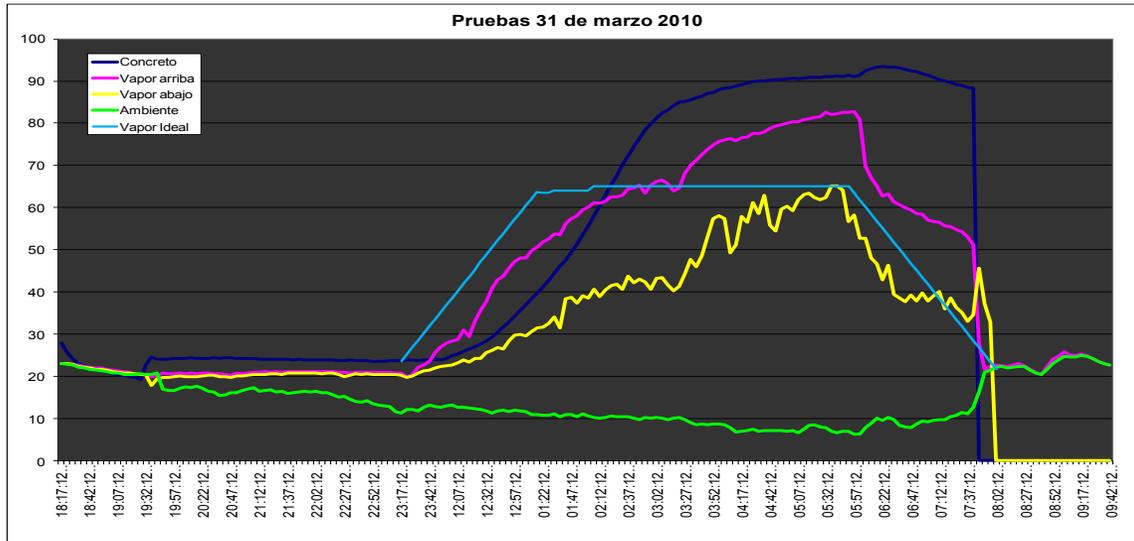
- Aprovechar el **Rápido** desarrollo de resistencia
- **Garantía** de **curado** eficiente (minimizar grietas)
- **Adaptación** del producto al **proceso del cliente**
- Incremento en **ciclo productivo**



## Problemáticas detectadas en el curado a vapor



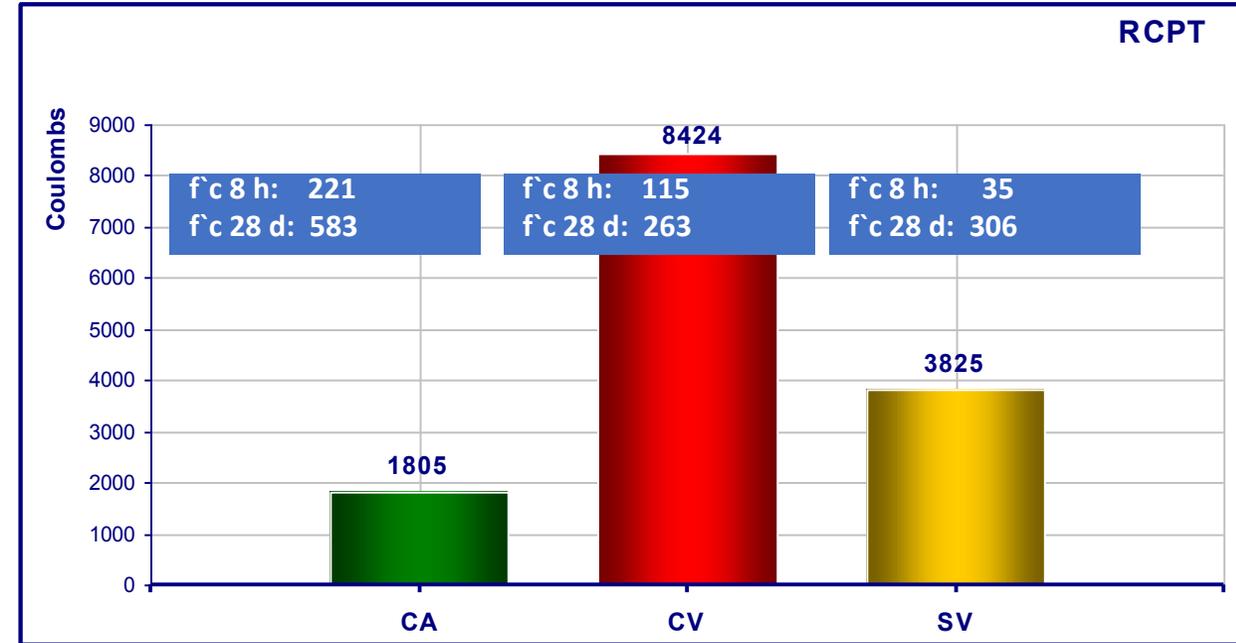
## Problemáticas detectadas en el curado a vapor



Ciclo de curado a vapor real vs. ideal



PC\_TH\_MX\_V1.0

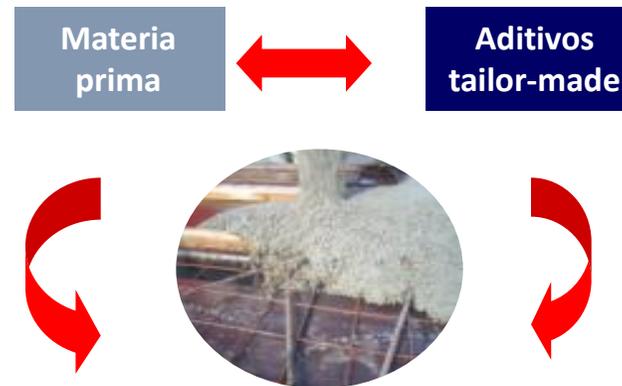


Pruebas permeabilidad a cloruros con curado Autógeno (CA), Diseño Tailor-Made Con vapor (CV) y sin vapor (SV), Diseño Base



## 1. Diseño de Concreto Tailor-made

- Estandarización de criterios para la evaluación de **concretos tailor-made**.
- Estudios de **compatibilidad** cemento-aditivo
- Desarrollo de herramienta para **diseños de mezcla optimizados**.
- Impulsar el uso de concretos tailor-made en la industria de la prefabricación con el objeto de **optimizar los procesos de producción** y proporcionar un mejor costo-beneficio.



## 2. Monitoreo Térmico Automatizado

### Ventajas del Método de Madurez:

- Nos permite hacer **predicciones** de resistencia inmediatas en sitio.
- Nos da **lecturas continuas** para monitorear cada momento la resistencia pronosticada.



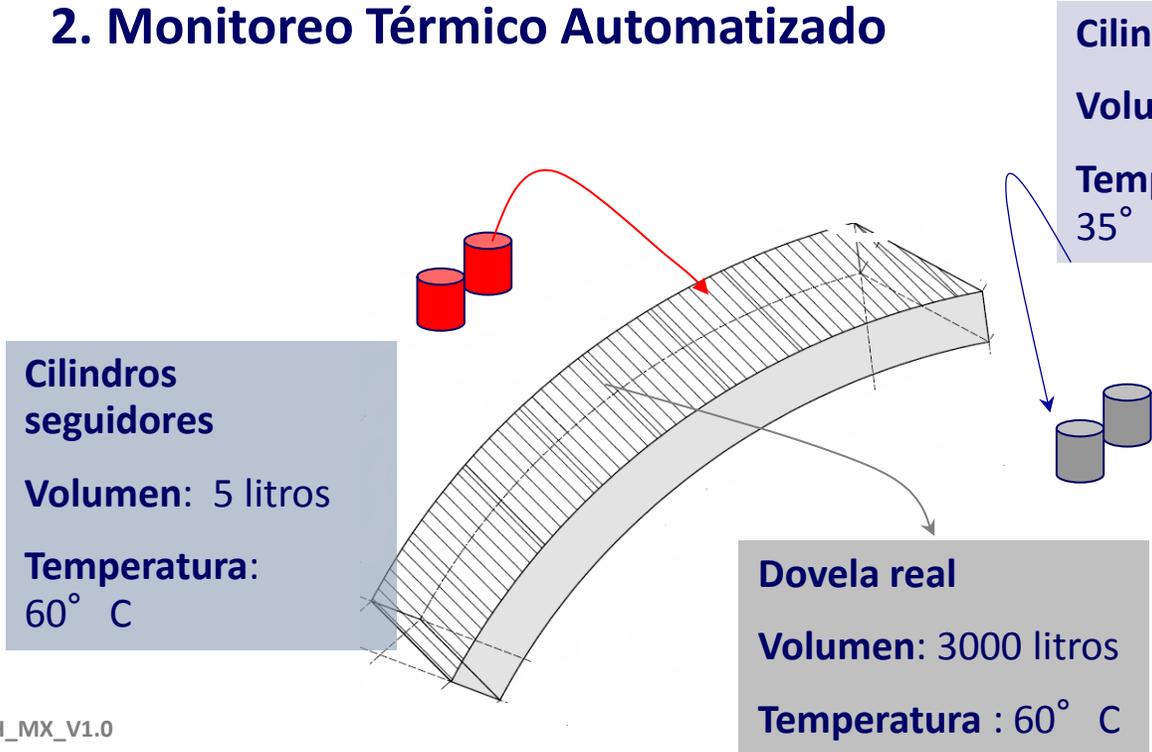
PC\_TH\_MX\_V1.0



### Limitaciones del Método de Madurez:

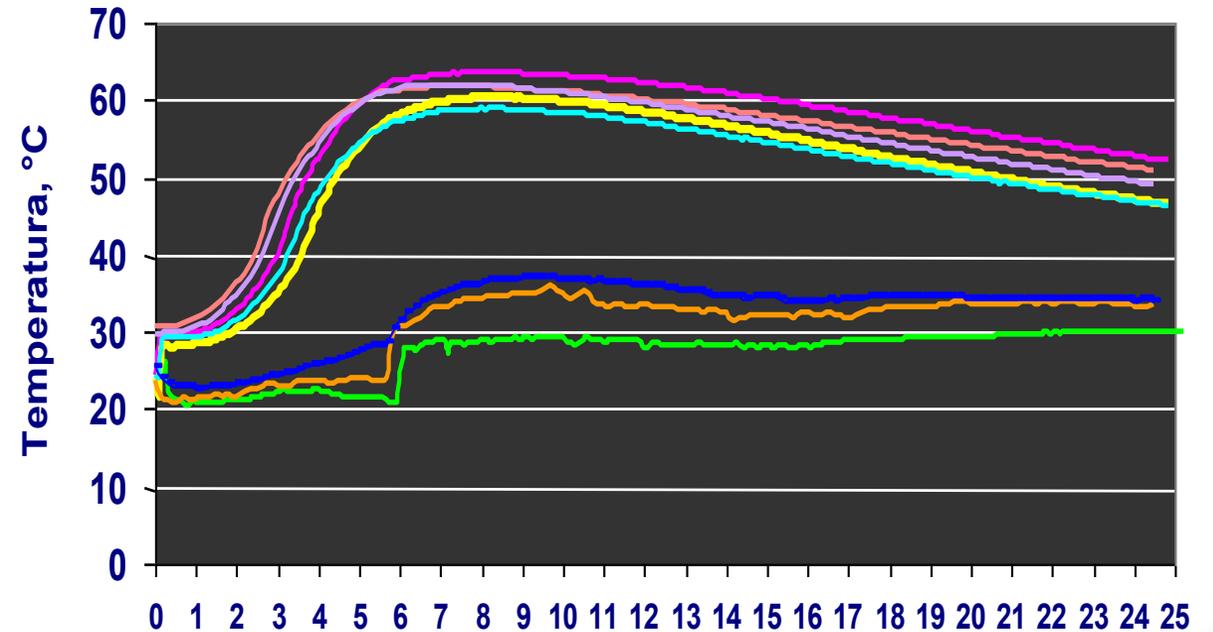
- El método de madurez asume un **correcto curado**.
- **No toma en cuenta** prácticas inadecuadas en sitio
- **No** representa la **calorimetría real** de la estructura

## 2. Monitoreo Térmico Automatizado



### Calorimetría Dovela

Calorimetría dovela vs. temperatura ambiente



PC\_TH\_MX\_V1.0

Horas

## Research Group AG – FY 2013: R&D Projects with Potential IP

### PROJECT NAME, PROJECT INITIATOR DETAILS and EXPECTED BENEFITS

#### Project Name: **TH Improvement- Freyssinet Oaxaca**

TH Technology uses the thermal monitoring in real-time to determine the real strength depending of the thermal evolution of concrete. TH Technology is the integral solution for projects that required demold or release reinforced steel at early ages (precast market).

#### Project Scope

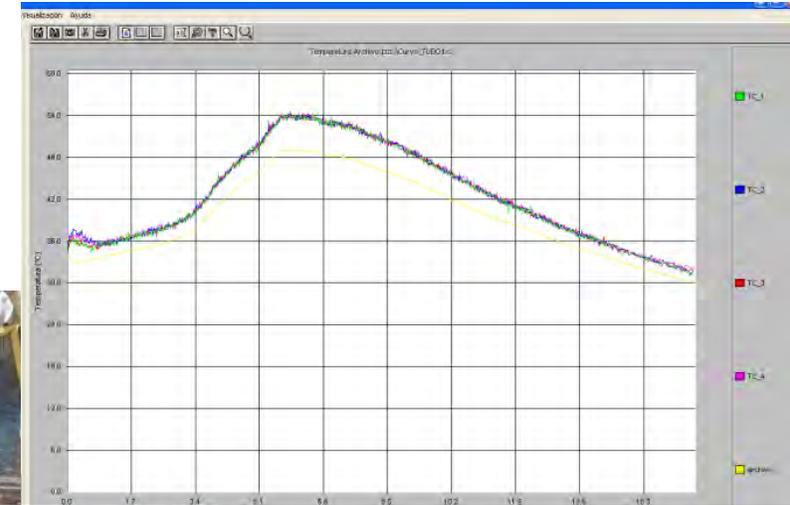
Increased margin profit for accelerated concretes by optimizing concrete cost.

#### Project Core Team

- **Juan Miguel Gutiérrez, Technology Transfer Manager Mexico, CentralAmerica & Caribbean Region.** *Role:* Scope definition and communication of technical offer for customer, training to commercial team, customer follow-up.
- **Grethel Martínez, Technology Transfer Specialist.** *Role:* Technical Implementation on site, training to technical and sales reps, develop tools to support sales. Customer training.
- **Elizabeth Erazo, Operation Support.** Manage all the economic resources to get the implementation done.

#### Expected Benefits due to Project Implementation

- **Estimate of Savings:** : Increase margin profit 5%
- **Additional Benefits:** Create a technological differentiator in the market, versus the products offered by competitors, including a tailor-made solution for our customers.  
Develop an strategic alliance with a potential precast customer (Freyssinet)



# TECNOLOGÍA DE CONCRETO EN PREFABRICADOS

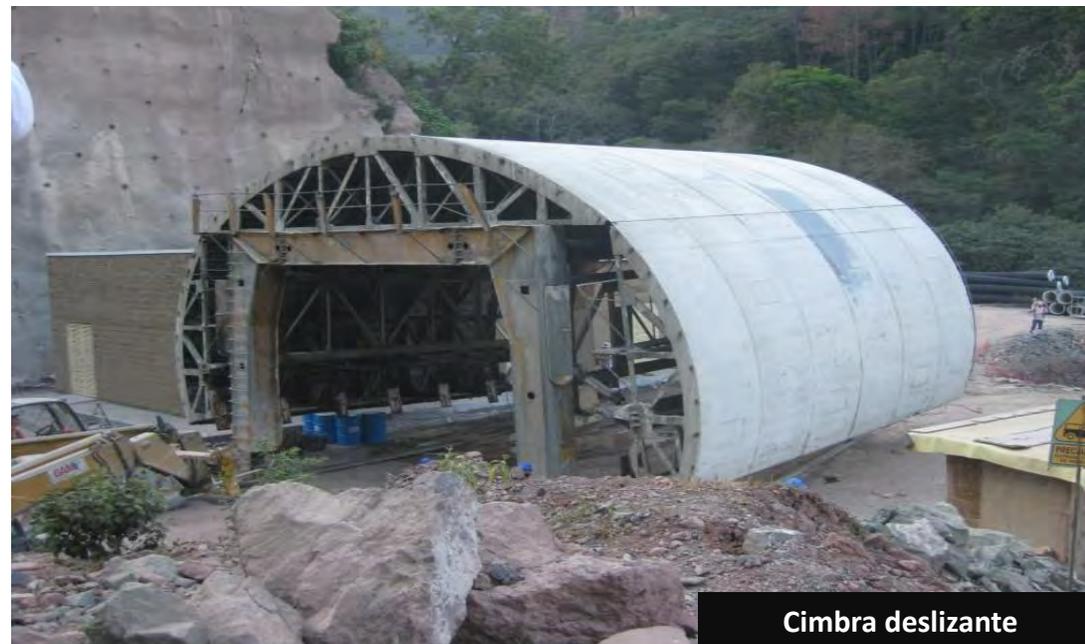


### Antecedentes:

El proyecto del Baluarte se encuentra en la fase de construcción de túneles y pavimentos

Los túneles se realizan con cimbras deslizantes, concreto lanzado o bóvedas prefabricadas.

Bóvedas prefabricadas



Cimbra deslizante

**Freyssinet** está encargado de la construcción de bóvedas prefabricadas. El cliente final es TRADECO.

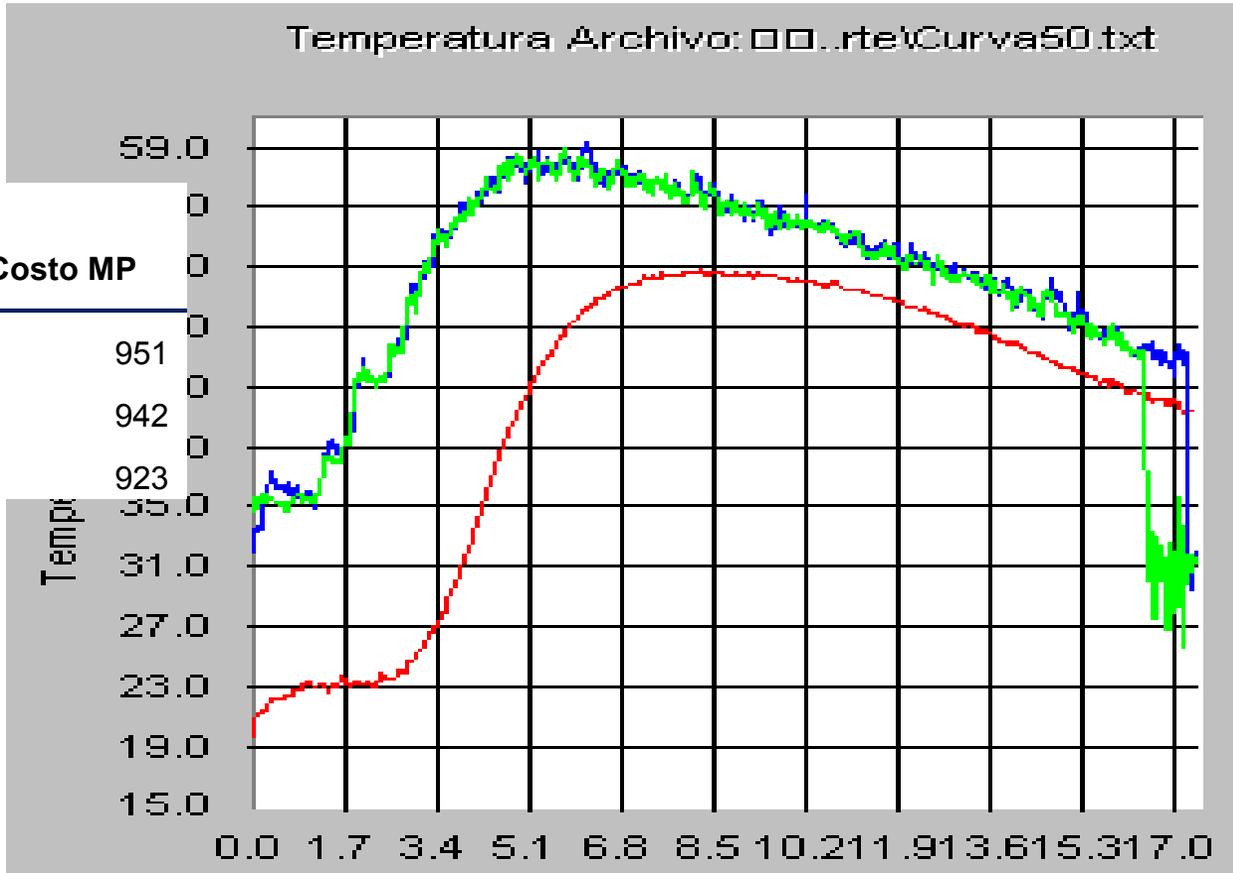
Las bóvedas requieren una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  a 18 horas para descimbre e izaje y un revenimiento de 11 cm.

El cliente requiere un mejor producto.

Al implementar la **Tecnología TH**, obtenemos beneficios como:

- a) **Garantizar la resistencia del elemento** aún en temporada de baja temperatura, sin incrementar el precio del producto.

Cemento (CC), kg/m <sup>3</sup>	Aditivo	<i>f'c a 18 horas, kg/cm<sup>2</sup></i>		Costo MP
		Convencional	TH-60°C	
460	Plastificante 01	308	-	\$ 951
460	Plastificante 02	392	503	\$ 942
445	Plastificante 03	374	478	\$ 923



## Proyecto Carretero – Mazatlán Durango Aprovechamiento de Maduración de Concreto





Proyecto:

Bóvedas  
Prefabricadas

Manzanillo, Colima

Pacífico México

**Proyecto:**

Bóvedas Prefabricadas Manzanillo para Túnel del Desvío Ferroviario.

**Cliente:**

Freyssinet

**Requerimientos:**

f'c 150 kg/cm<sup>2</sup> a 18 horas

f'c 350 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días

Revenimiento: 12 cm

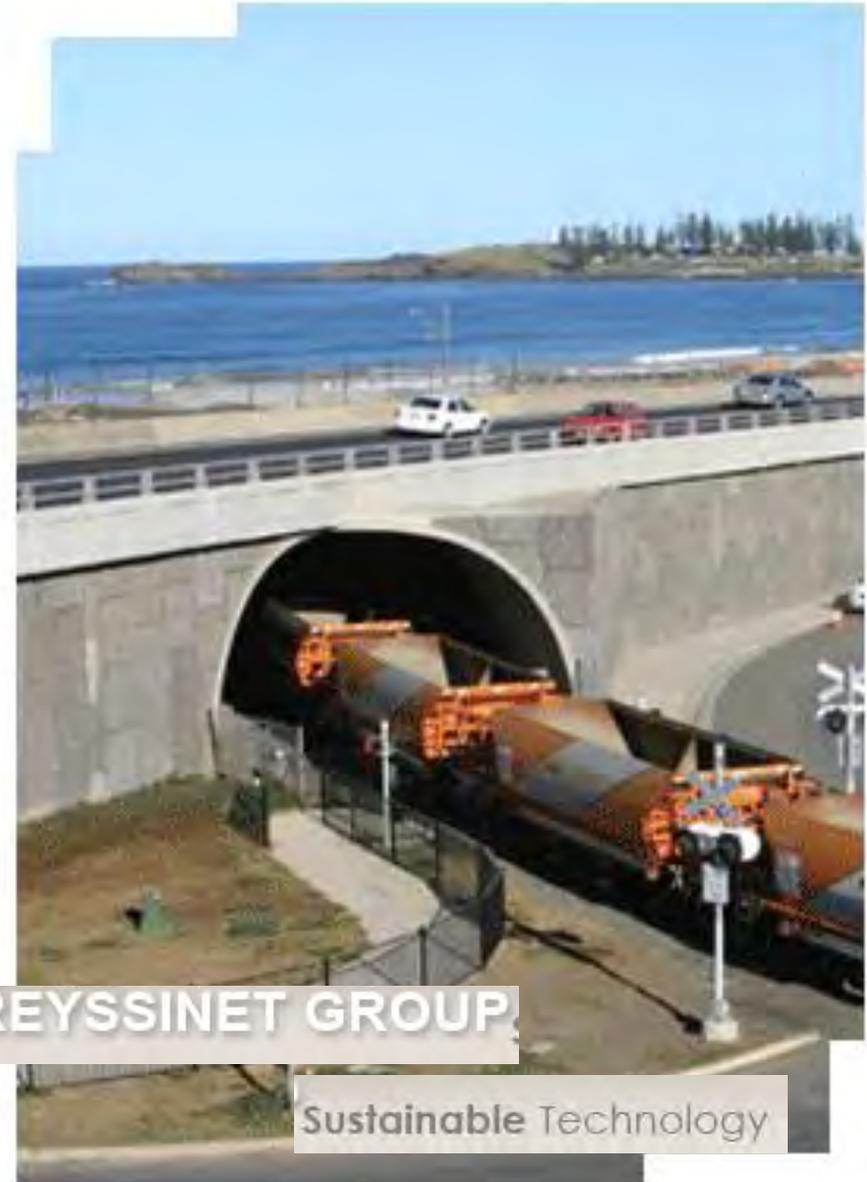
**Características Proyecto:**

Espesor bóvedas: 40 cm

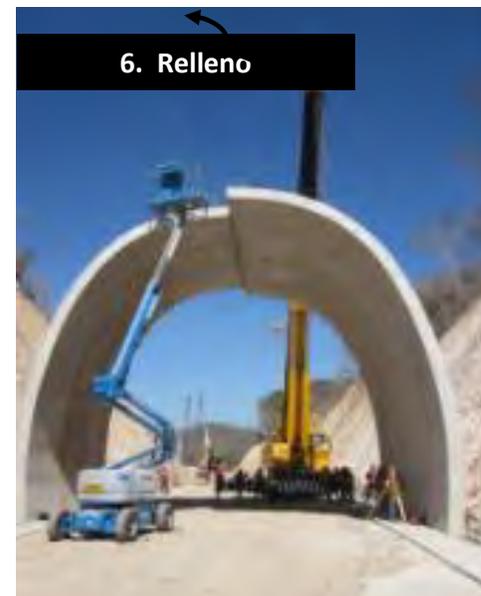
Volumen por bóveda: 15 m<sup>3</sup>

Volumen aprox: 3,000 m<sup>3</sup>

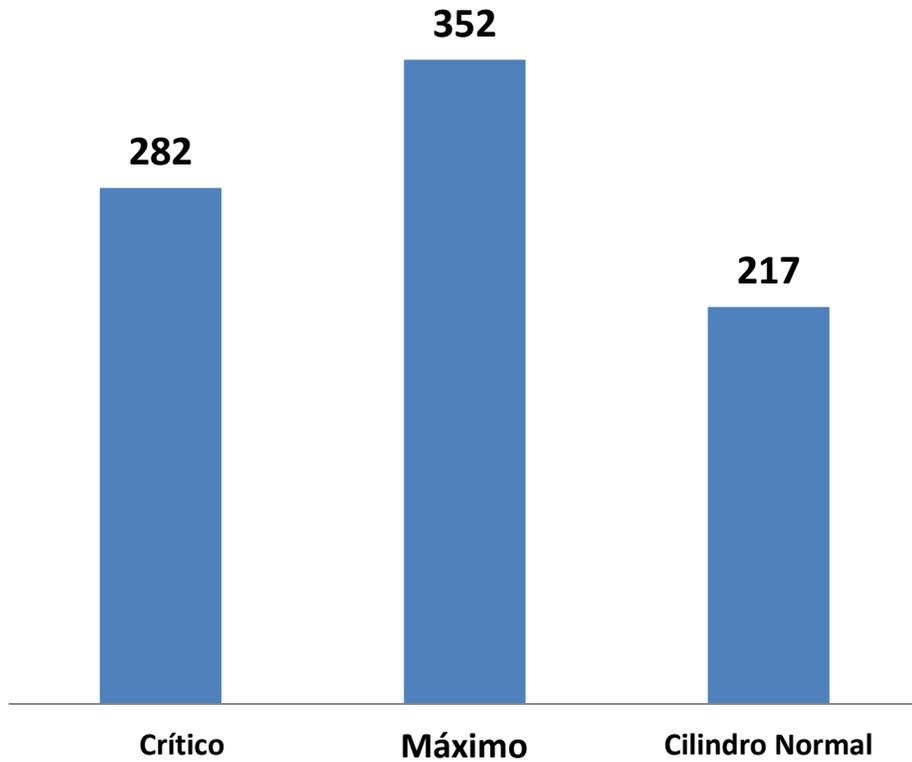
- Son las bóvedas prefabricadas de mayor volumen construidas en México sin curado a vapor.
- Diferenciamos el producto con el uso del Maduración de Concreto, que significaron ahorros en el diseño de mezcla y beneficios al cliente por un concreto de resistencia acelerada, durable y con un impacto ecológico.

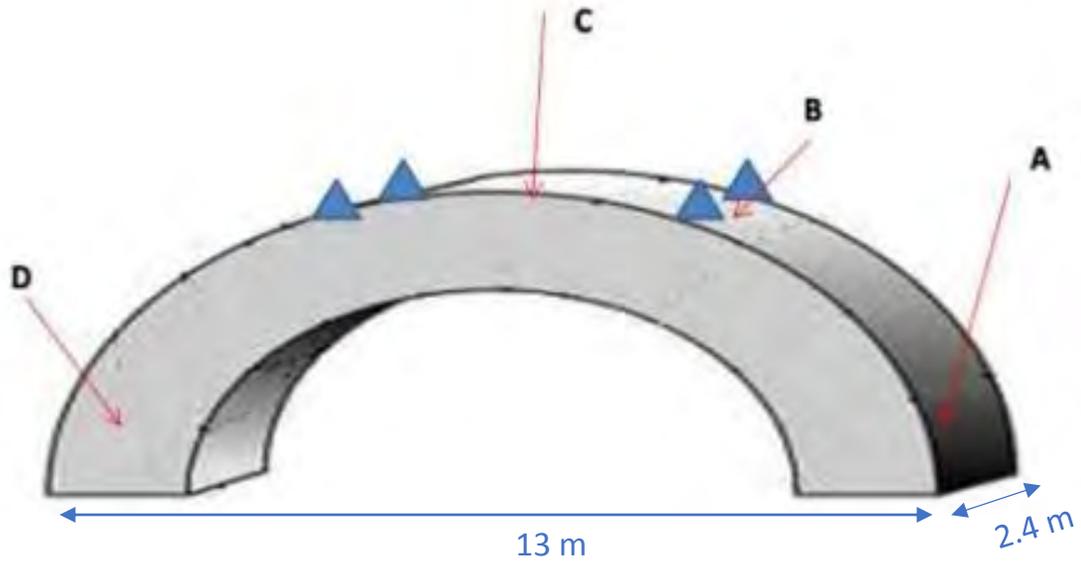


**Objetivo:** Conocimiento de la resistencia real de los elementos prefabricados (dovelas) en las diferentes fases del ciclo de las dovelas, para acelerar ciclos de producción.



### Resistencias a edad temprana (18 hrs promedio)



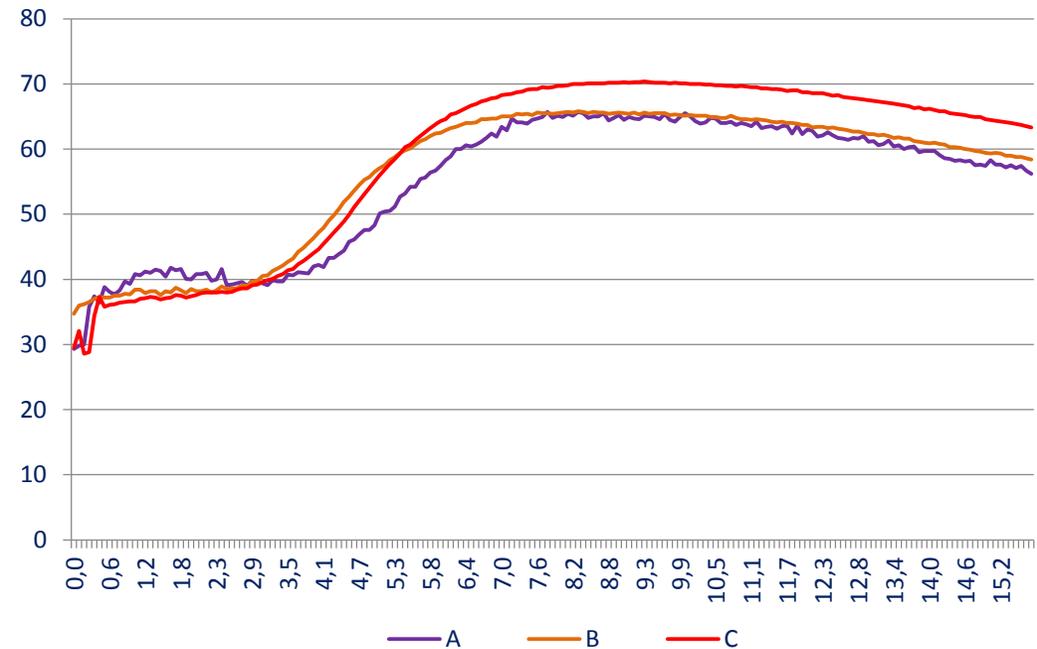


Puntos de Monitoreo Térmico y de Esfuerzos en Dovela

- Punto A:** Punto Crítico de Temperatura
- Punto B:** Punto Crítico de Esfuerzo de izaje
- Punto C:** Punto Crítico de Momento máximo

Temp. Máx	70°C
Tiempo T Máx	9.3 h
Temp. 14 horas	66 °C
Temp. 16 horas	63 °C

Temperatura Dovela



## Concreto con Tecnología





## BENEFICIOS DIRECTOS AL PROYECTO

- Empleo de todos los moldes todos los días
- Ningún elemento presentó fisuras por retracción
- Elementos con fisuras por esfuerzos al descimbrar=0%
- Se montaron los elementos el mismo día del descimbre lo cual se traduce en:
  - ✓ Reducción de 200% el área necesaria para almacenar
  - ✓ Reducción de 50% en horas máquina (grúas y plataformas)
  - ✓ Proceso más seguro ya que se evita una maniobra con peso muerto suspendido.
- La productividad del ciclo constructivo de la prefabricación impactó directamente en la reducción de costos directos variables en 36%

Este proyecto de gran magnitud utilizó tecnología de punta que permitió optimizar el ciclo productivo, cumpliendo y superando los estándares de calidad requeridos

## Siguiente **NIVEL** de Tecnología para medir madurez del concreto



Our hardware + software allow GCs to quickly & easily monitor concrete performance during construction –  
Saving time & money while improving quality & reducing risk



### Bluetooth Sensors

Proprietary design for optimal sensor-to-concrete interface.



### Software Platform

Proactive monitoring of strength, temperature and relative humidity



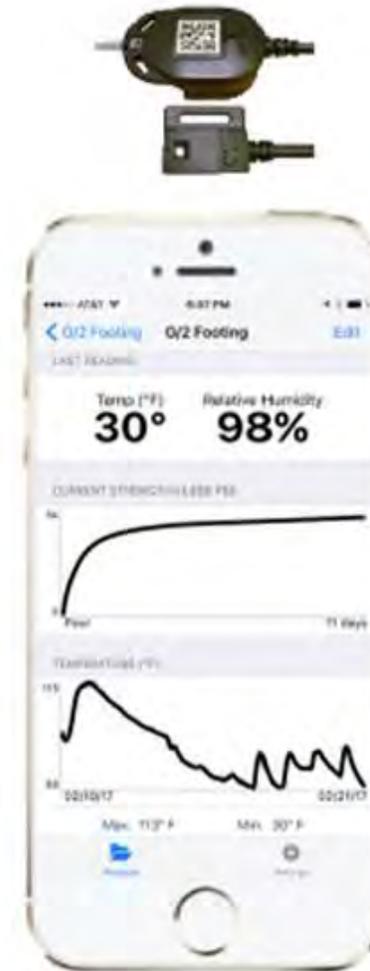
### Mix Design Database

Concrete performance developed through in-house testing and sensor reporting

## Sensores Inalámbricos



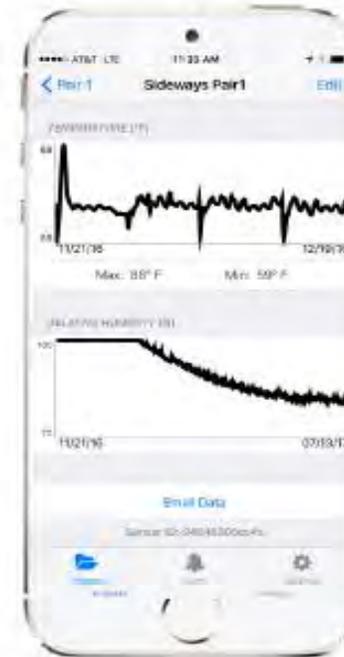
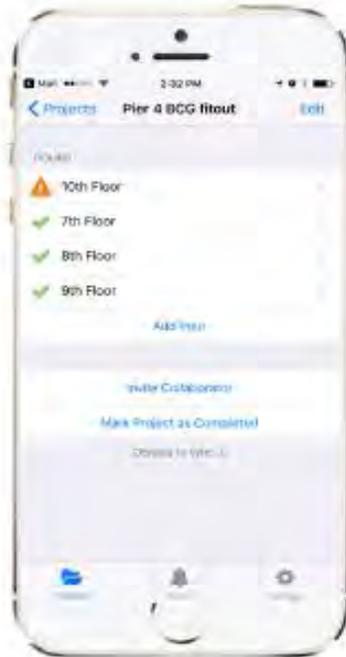
Simple installation:  
Zip tie to rebar



## Real-time data in your hands



Organize data by location / floor  
Easy to read, real-time data



## Success Stories – Mass Concrete

Real-time visibility into strength and temperature data



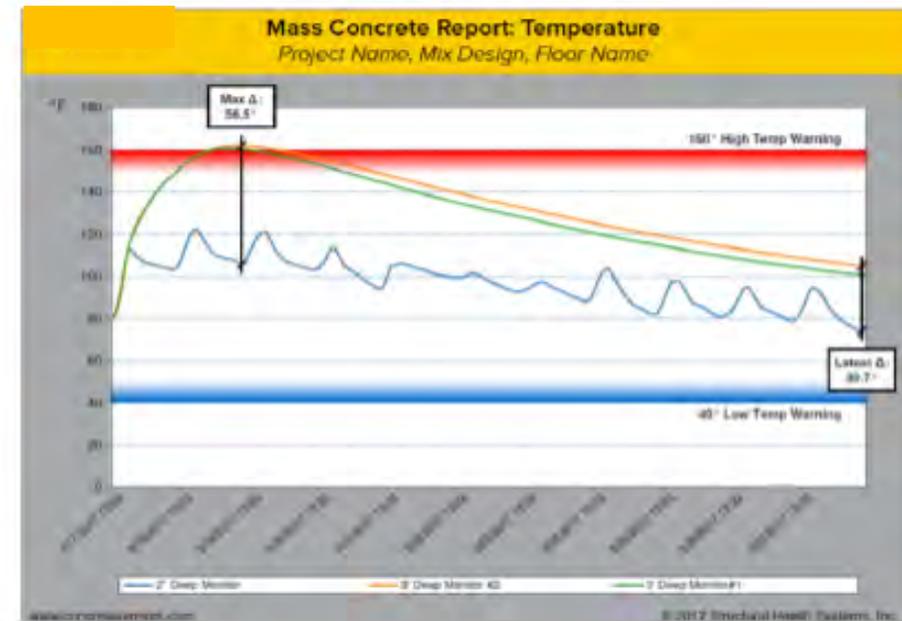
### Monitor gradient between surface and core temperatures

- Meet ACI Standards 116 & 207
- Optimize Thermal Control Plan requirements



### Monitor strength to predict when required PSI is achieved

- Conduct cylinder breaks earlier
- Reduce number of cylinders needed
- Efficiently schedule manpower and workflow





**¿Hacia que mercados están evolucionando los prefabricados en México?**



# **Parque Eólico Ventika**

**Energía Renovable más allá de la Frontera**

# Parques Eólicos Istmo de Tehuantepec Oaxaca

Actualmente, México tiene una capacidad instalada de 1,400 MW producidos a través de energía eólica, lo que equivale a **2% de la energía eléctrica total** del país, y a lo que consume en un año una ciudad como Puebla, que tiene 1, 529,819 habitantes ó casi Tijuana con 1,559,683 habitantes (INEGI 2010)

*Asociación Mexicana de Energía Eólica*

# ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGÍA

RECUADRO 41

## RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES



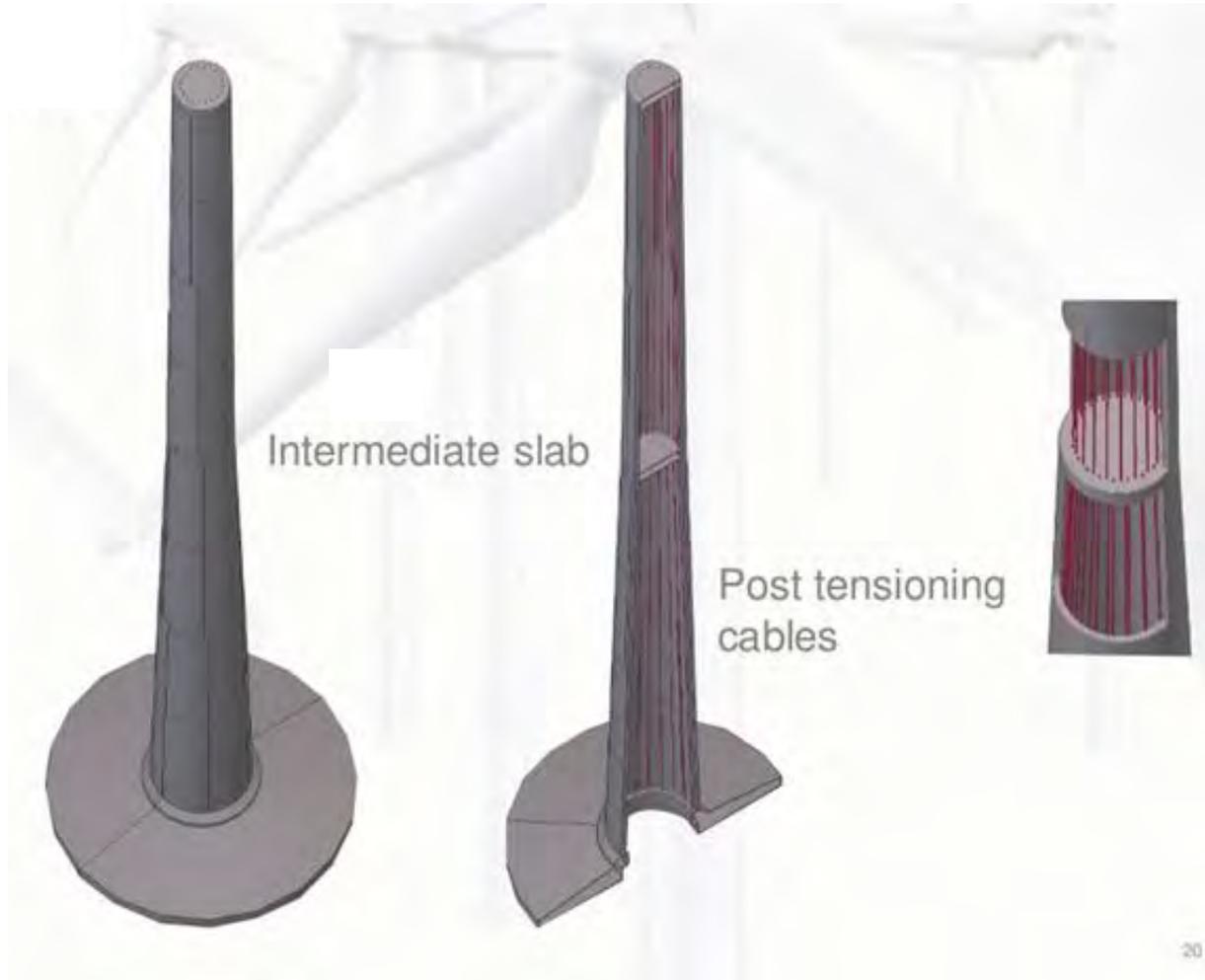
## POTENCIAL RENOVABLE Megawatts



Fuente: Sener, PwC

Actualmente existen 16 parques en la región con una capacidad ya instalada aprox. de 900 aerogeneradores





Escobedo  
Nuevo León

- **Parque Eólico Ventika – Energía Renovable más allá de la Frontera de CE** .....
- Como pioneros en la industria en el uso de energías limpias y combustibles alternos en México, estamos aprovechando nuestra experiencia y habilidades técnicas para desarrollar proyectos para otros inversionistas.
- En el 2014, se completo el financiamiento de Ventika, uno de los mayores proyectos de energía eólica en America Latina.
- Ubicado en el estado noreste de Nuevo Leon, México, el parque eólico contara con la construcción de **dos plantas desde 126 MW** cada una para una capacidad nominal total de 252 MW.
- La inversión en el proyecto será de **aproximadamente USD\$650 millones**, ayudando al gobierno mexicano a reducir las emisiones de CO2 y cumplir con su meta de **35 por ciento de energía renovable para el año 2025**.
- También se espera que Ventika genere aproximadamente 1,000 puestos de trabajo directos y mas de 2,000 puestos de trabajo adicionales en industrias relacionadas.

## Product:

Value Added Product PROMPTIS SMO

(SMO – “Sin Mano de Obra” - for its acronym in Spanish “Without Labor”)

## Project Info:

City: General Escobedo, Nuevo León, México

Client: DPH - Acciona

Project: Ventika Eolic Park.

## Structure Type:

- Precast Ring Units

## Concrete Specifications:

- $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$  (60 MPa) at 28 days
- Early strength =  $300 \text{ kg/cm}^2$  at 72 hours
- Field requirements 35 % of CS at 6 hrs
- Slump Flow: 70 cm, Size aggregate 3/8”
- V Funnel: 6 – 10 sec.
- Slump flow with J ring > 50 cm
- Temperature Control < 32 °C



P.E.	n <sup>o</sup> ref.	SULFATOS SO <sub>4</sub> = (mg/kg)	Tipo de Agresividad del Suelo - NMX 403
VII	7043	23,771.43	5c =Agresividad Química Alta
VII	7044	22,538.49	5c =Agresividad Química Alta
VI	7030	21,798.31	5c =Agresividad Química Alta
VI	7081	16,450.35	5c =Agresividad Química Alta
VII	7042	15,142.63	5c =Agresividad Química Alta

número de ensayos

**5**

8%

P.E.	n <sup>o</sup> ref.	SULFATOS SO <sub>4</sub> = (mg/kg)	Tipo de Agresividad del Suelo - NMX 403
VI	7077	11,069.39	5b =Agresividad Química Moderada
VII	7054	9,275.81	5b =Agresividad Química Moderada
VI	7002	6,928.99	5b =Agresividad Química Moderada
VI	7102	5,966.92	5b =Agresividad Química Moderada

número de ensayos

**4**

6%

P.E.	n <sup>o</sup> ref.	SULFATOS SO <sub>4</sub> = (mg/kg)	Tipo de Agresividad del Suelo - NMX 403
VI	6996	5,246.21	5a =Agresividad Química Ligera
VI	7038	5,004.06	5a =Agresividad Química Ligera
VII	7037	4,371.97	5a =Agresividad Química Ligera
VII	7047	4,128.34	5a =Agresividad Química Ligera
VII	7001	2,716.73	5a =Agresividad Química Ligera
VI	7005	2,639.92	5a =Agresividad Química Ligera

número de ensayos

**6**

9%

P.E.	n <sup>o</sup> ref.	SULFATOS SO <sub>4</sub> = (mg/kg)	Tipo de Agresividad del Suelo - NMX 403
VII	7039	1,458.51	Sin Agresividad Química
VI	7080	842.41	Sin Agresividad Química
VI	6998	820.23	Sin Agresividad Química
VII	7000	643.73	Sin Agresividad Química
VII	7050	578.72	Sin Agresividad Química
VI	7084	567.58	Sin Agresividad Química
VI	7078	434.90	Sin Agresividad Química
VI	7006	340.05	Sin Agresividad Química
VI	7082	241.25	Sin Agresividad Química
VI	7041	183.32	Sin Agresividad Química
VII	7040	165.24	Sin Agresividad Química
VI	7083	164.97	Sin Agresividad Química
VII	7046	149.90	Sin Agresividad Química
VII	7052	137.86	Sin Agresividad Química
VII	7053	115.88	Sin Agresividad Química
VII	7048	100.00	Sin Agresividad Química
VI	7028	100.00	Sin Agresividad Química
VI	7079	100.00	Sin Agresividad Química

número de ensayos

**18**

28%

TABLA 2.- Componentes de los cementos

Tipo	Denominación	Componentes (% en masa)					
		Principales					Minoritarios <sup>(1)</sup>
		Clinker Pórtland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos <sup>(2)</sup>	Humo de silice	Caliza	
CPO	Cemento Pórtland Ordinario	95 - 100	---	---	---	---	0 - 5
CPP	Cemento Pórtland Puzolánico	50 - 94	---	6 - 50	---	---	0 - 5
CPEG	Cemento Pórtland con Escoria Granulada de Alto Horno	40 - 94	6 - 60	-	---	---	0 - 5
CPC	Cemento Pórtland Compuesto <sup>(3)</sup>	50 - 94	6 - 35	6 - 35	1 - 10	6 - 35	0 - 5
CPS	Cemento Pórtland con Humo de Silice	90 - 99	---	---	1 - 10	---	0 - 5
CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno	20 - 39	61 - 80	---	---	---	0 - 5

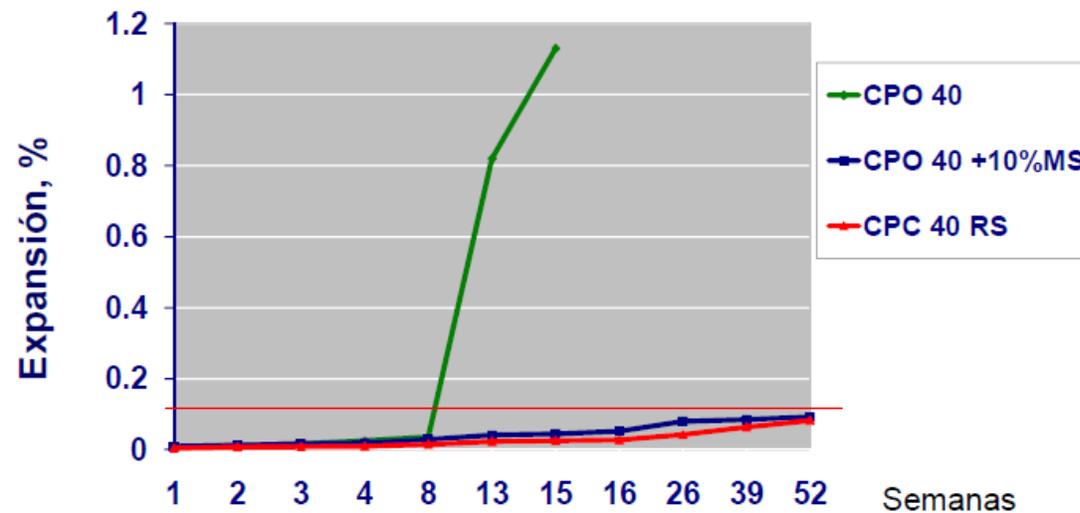
## Estudios Experimentales

### CEMENTOS

- Ataque por sulfatos en barras de mortero. ASTM C 1012 (Sol. 5% de sulfato de sodio)

### CONCRETO

- Inmersión de cilindros de concreto en solución de sulfato de sodio. (Sol. 5% de sulfato de sodio)



Comportamiento de los cementos portland expuestos a una solución de sulfato de sodio al 5%.



CPO 40  
28 Semanas



**CPO 40 + 10 MS**  
**52 semanas**

**CPC 40 RS**  
**52 semanas**



	Cemento					
	CPO 40		CPO 40 + 10%MS		CPC 40 RS	
<b>C C</b> <b>kg/m<sup>3</sup></b>	350	450	350	450	350	450
<b>a/c</b>	0.54	0.42	0.54	0.42	0.56	0.47
<b>Inicio</b>	ok	ok	ok	ok	ok	ok
<b>10 m</b>	Ataque severo	ok	ok	ok	ok	ok
<b>27 m</b>	Destrucción del especímen	Ataque muy severo	ok	ok	ok	ok

**Características de los concretos expuestos al ataque por sulfatos**

## Conclusiones

### Cemento

- ★ Los cementos puzolánicos **CPP 30 R RS** presentan una **alta resistencia al ataque por sulfatos** (expansiones menores a 0,044 % a 78 semanas).  
Estos cementos contienen **alúmina menor al 4%**.
- ★ Los cementos CPO 40 presentan un **menor grado de resistencia al ataque por sulfatos** (expansiones mayores 0,1% a 8 semanas).  
Los contenidos de **alúmina** en estos cementos son **mayores al 16%**.
- ★ Los cementos CPO 40 adicionados con 25% de ceniza volante presentan una **alta resistencia al ataque por sulfatos** (expansiones menores a 0,092 % a 52 semanas)

## Concreto

- ★ Se mejora en gran medida la **resistencia al ataque por sulfatos** al emplear un **cemento CPP 30 RS** o **adicionar 25% de ceniza volante** a la mezcla con **cemento CPO 40**, teniendo buenas características el concreto aún a 27 meses de exposición en un medio de sulfatos

## **Desafíos:**

- Obtener la  $f'c$  inicial requerida.
- Concreto capaz de llenar todos los espacios sin vibrar.
- Aumenta la velocidad de colado y movimiento.
- Logra un buen final sin detalles.
- Evitar las uniones en frío y minimice las líneas de fundición (apariencia uniforme).
- Sea eficiente en el tiempo en el lanzamiento de diferentes tipos de unidades de anillos con diferentes dimensiones.

## **Solución:**

**Diseño hecho a la medida que garantizaba:**

- 1.  $F'c$  inicial requerida**
- 2. Consolidación total de hormigón sin vibración**
- 3. Buenos elementos de llenado y acabado**



## BENEFICIOS PARA LOS PREFABRICADORES:

1. Resistencia temprana requerida para el proceso de construcción.
2. Reducir el costo laboral
3. Reducción del tiempo de lanzamiento, aumentando la eficiencia en la producción de las unidades de anillo.
4. Mejora la apariencia de las unidades de anillo.















## Pruebas al Concreto Fresco y Endurecido





**ESTRUCTURAS  
IMPECABLES!**









Puebla  
Capital





Arq. Toyo Ito  
Ganador del Premio Pritzker 2013  
(Nobel de Arquitectura)



**Proyecto: Museo del Barroco**

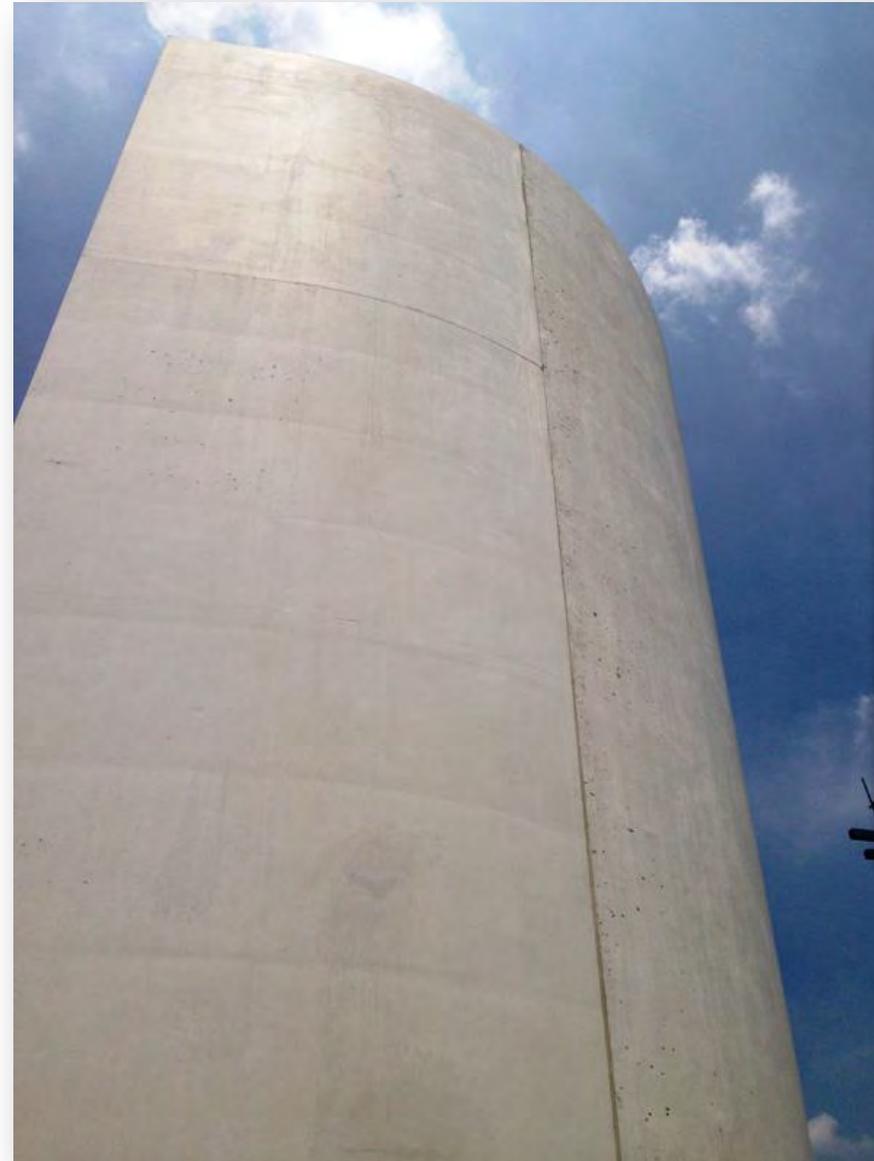
**Ubicación: Puebla**

**Cliente: FAPRESA**

**Volumen: 5,000 m<sup>3</sup>**

**Solución:**

- Diseñar y desarrollar un producto de  $f'c$  400 con auto-compactabilidad y permanencia deseados por el cliente.
- Tomando como base la optimización del diseño utilizando los materiales locales.



Concreto de Alta Resistencia  
Autocompactable















Internacional del Barrio







Museo Internacional del Barrio

## Dudas y Preguntas...



***GRACIAS POR SU ATENCIÓN.***

***Ing. Arq. Juan Miguel Gutiérrez Rodríguez***  
***CEMEX – Cementos Mexicanos***  
***México***