

***DURABILIDAD DE LAS  
ESTRUCTURAS MEDIANTE  
IMPERMEABILIZACIÓN POR  
CRISTALIZACIÓN E INTEGRACIÓN  
ESTRUCTURAL AL CONCRETO***

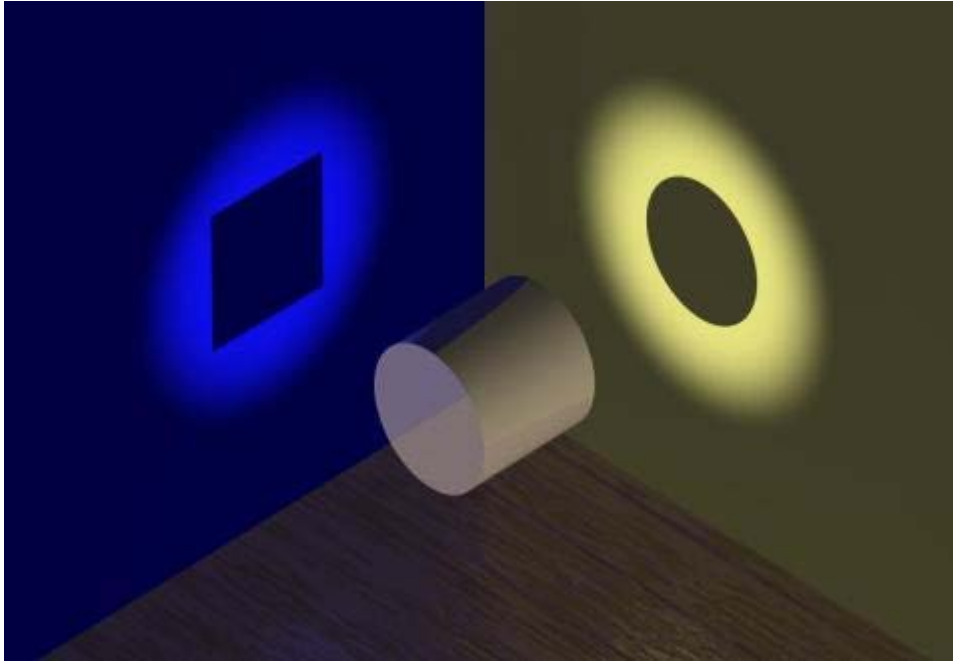


# Agenda

- Contexto.
- Durabilidad y problemática.
- Objetivo.
- Propiedades para concreto de alto desempeño en durabilidad.
- Propuesta de valor.
- Mediciones y resultados obtenidos.
- Conclusiones.

# CONTEXTO

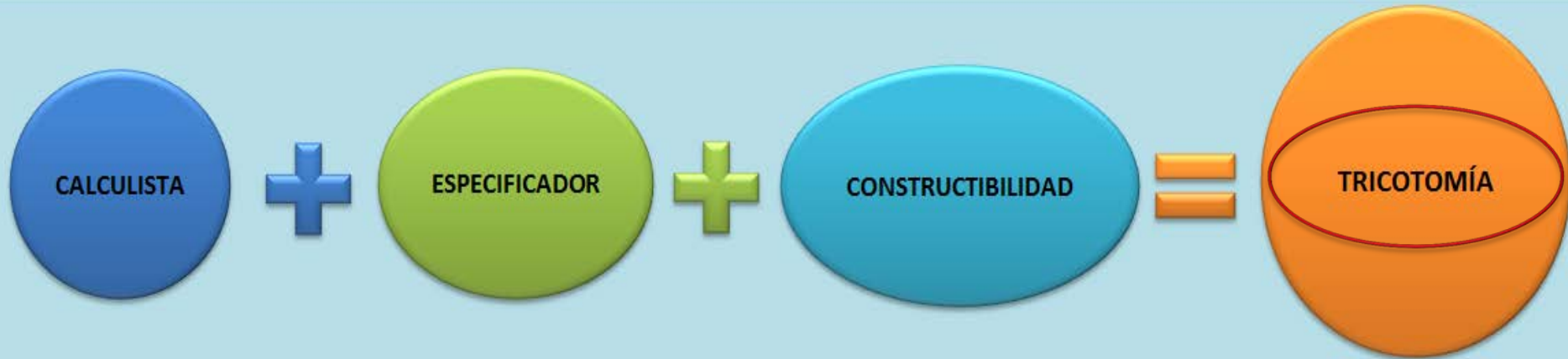
## DICOTOMÍA



Se define como “División de un concepto o una materia teórica en dos aspectos, especialmente cuando son opuestos o están muy diferenciados entre sí”.

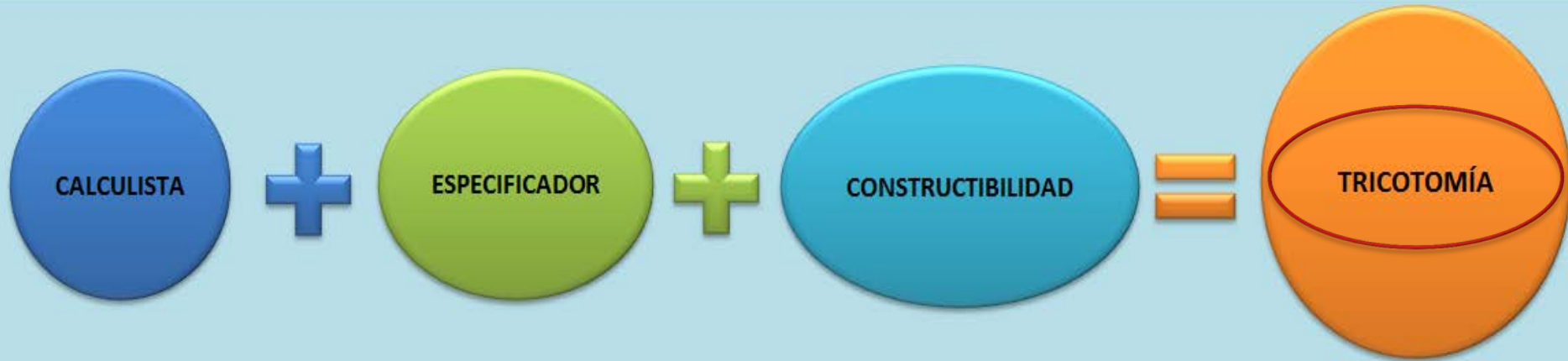
***Hasta el siglo 18, la ingeniería es una sola pero luego comienza la división en ingeniería de diseño e ingeniería de construcción.***

## CONTEXTO DEL DISEÑO DEL CONCRETO HASTA LA COLOCACIÓN



- ◆ DISEÑO POR RESISTENCIA.
- ◆ DISEÑO POR DESEMPEÑO (DURABILIDAD).
- ◆ 3C: COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN Y CURADO.
- ◆ CONDICIONES TEÓRICAS.
- ◆ CONDICIONES TEÓRICO-PRÁCTICAS.
- ◆ FLUIDEZ(AUTOCOMPACTANTE), RETRADO / ACELERACIÓN DE FRAGUADO.
- ◆ DISEÑO TRABAJO FISURADO.
- ◆ BAJA RELACIÓN A / C = PATOLOGÍAS
- ◆ PATOLOGÍAS (FISURACIÓN).

# Consecuencias de la Tricotomía



◆ DISEÑO POR RESISTENCIA:  
G30 MPa

◆ VIDA ÚTIL TOTAL DEL PROYECTO

◆ DISEÑO POR DESEMPEÑO (DURABILIDAD):  
G50 MPa

◆ VIDA ÚTIL DEPENDE CONSIDERACIONES DE DISEÑO (DESEMPEÑO)

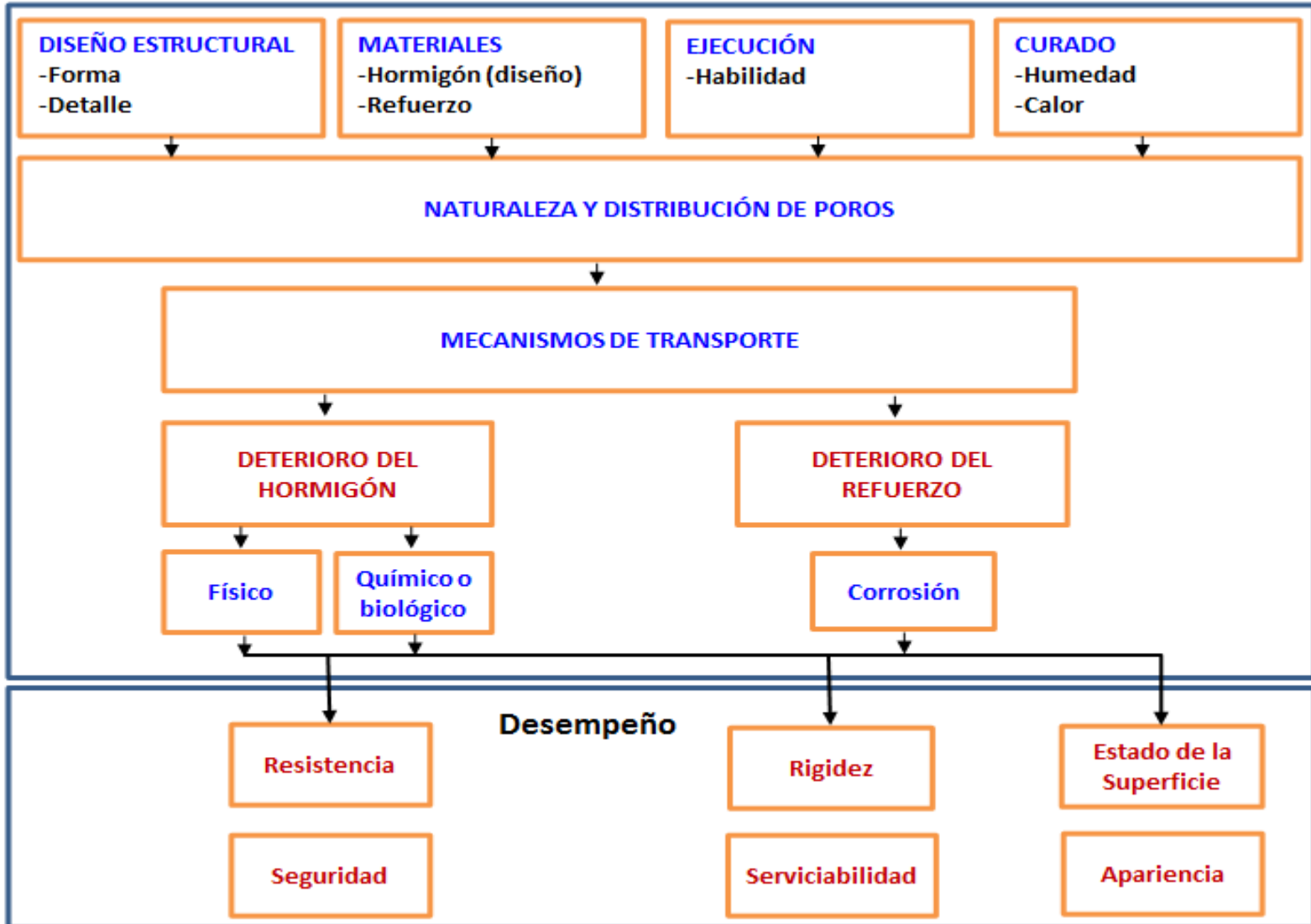
◆ RESULTADO DISEÑO POR COLOCACIÓN:  
G45 MPa  
Pot life bajo de la mezcla (docilidad)  
Altura de caída  
Ambientes extremos

◆ VIDA ÚTIL... UN PAR DE AÑOS

DISEÑO POR DESEMPEÑO IMPLICA «**DURABILIDAD**»



# Contexto de Relación entre Durabilidad y Desempeño



# **¿CÓMO SE MANIFIESTA LA PROBLEMÁTICA DE DURABILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS?**

## CONTEXTO – PROBLEMÁTICA EN OBRA

REPARACIÓN DE SECAO



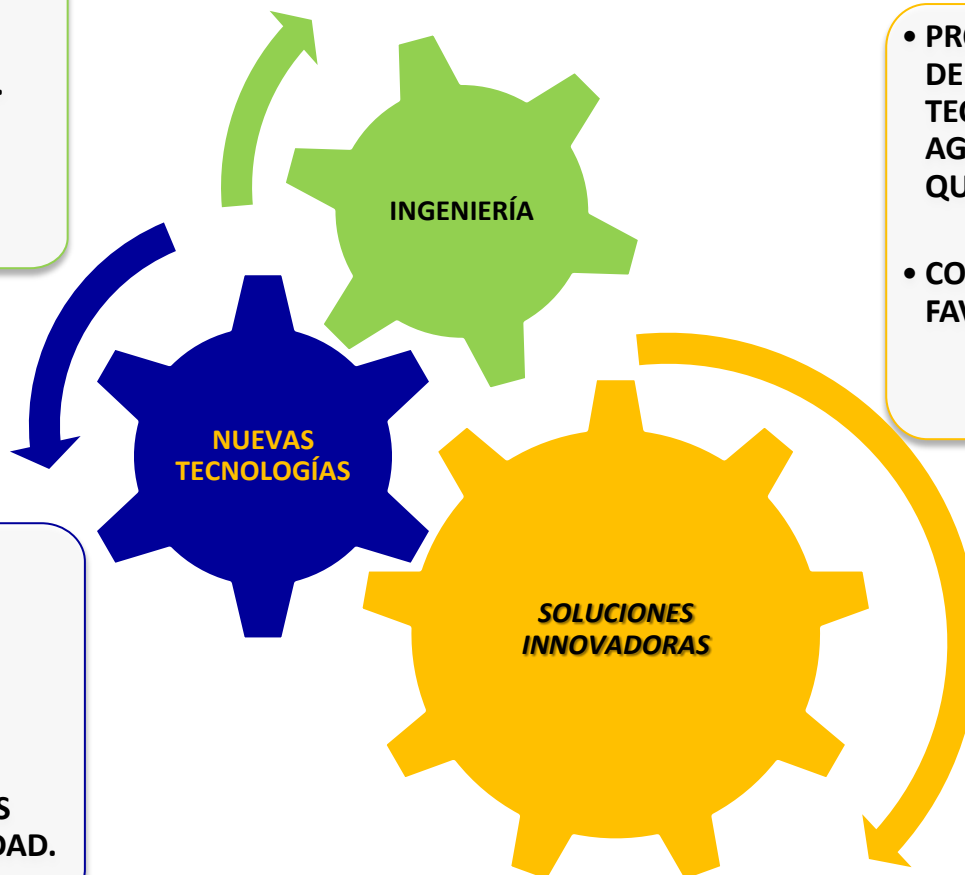
DESINTEGRACIÓN EN LOS ALMOCANOS DE ELEMENTOS MASIVOS





## SINERGIA PARA LA BUSQUEDA DE INNOVACIÓN EN DURABILIDAD DEL CONCRETO

- DISEÑO ESTRUCTURAL.
- VIDA ÚTIL ESTRUCTURA.
- DURABILIDAD DE LA ESTRUCTURA.



- PROPORCIONAR MATERIALES DE ÚLTIMA GENERACIÓN O TECNOLOGÍAS QUE AGREGUEN PROPIEDADES QUE EL CONCRETO NO POSEE.
- COSTO VERSUS BENEFICIO FAVORABLE PARA EL CLIENTE.

- DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES Y DISEÑOS DE CONCRETO.
- MAXIMIZAR LA VIDA ÚTIL.
- MINIMIZAR LAS PATOLOGÍAS QUE AFECTAN LA DURABILIDAD.

## OBJETIVO

- ❖ Obtener un mecanismo para alcanzar alta durabilidad de las estructuras de concreto mediante la utilización de nuevas tecnologías.

***¡¡SI BUSCAS RESULTADOS DISTINTOS  
NO HAGAS SIEMPRE LO MISMO!!*** A. Einstein

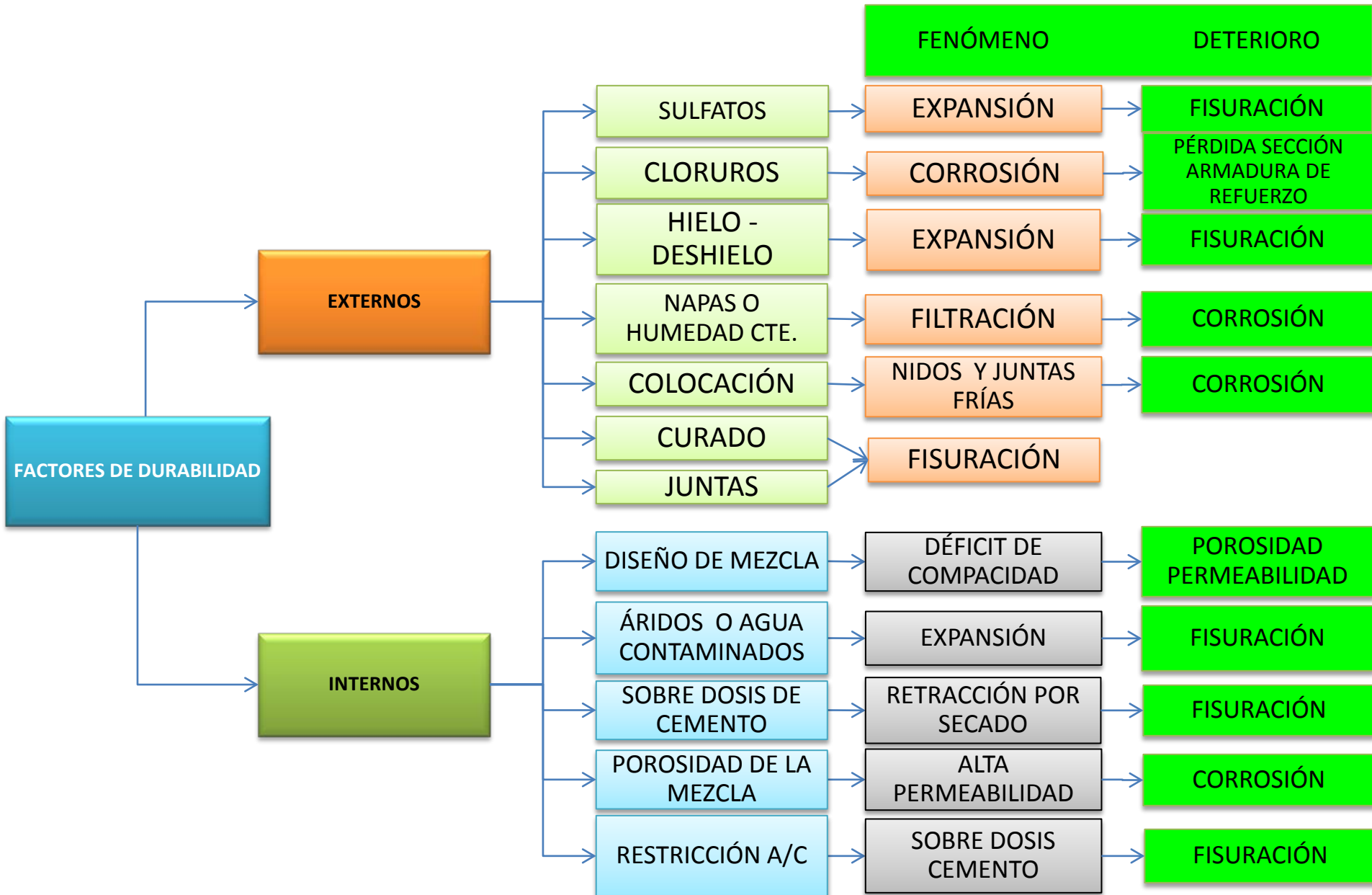
# **DURABILIDAD, PROBLEMÁTICA Y SU RELACIÓN CON EL DESEMPEÑO DEL CONCRETO**

### DEFINICIÓN DE DURABILIDAD

El ACI 2011 define la durabilidad del concreto hecho con cemento hidráulico como:

*““La habilidad para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro y determina que, el concreto durable, debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto a este ambiente””.*

# DURABILIDAD Y PROBLEMÁTICA



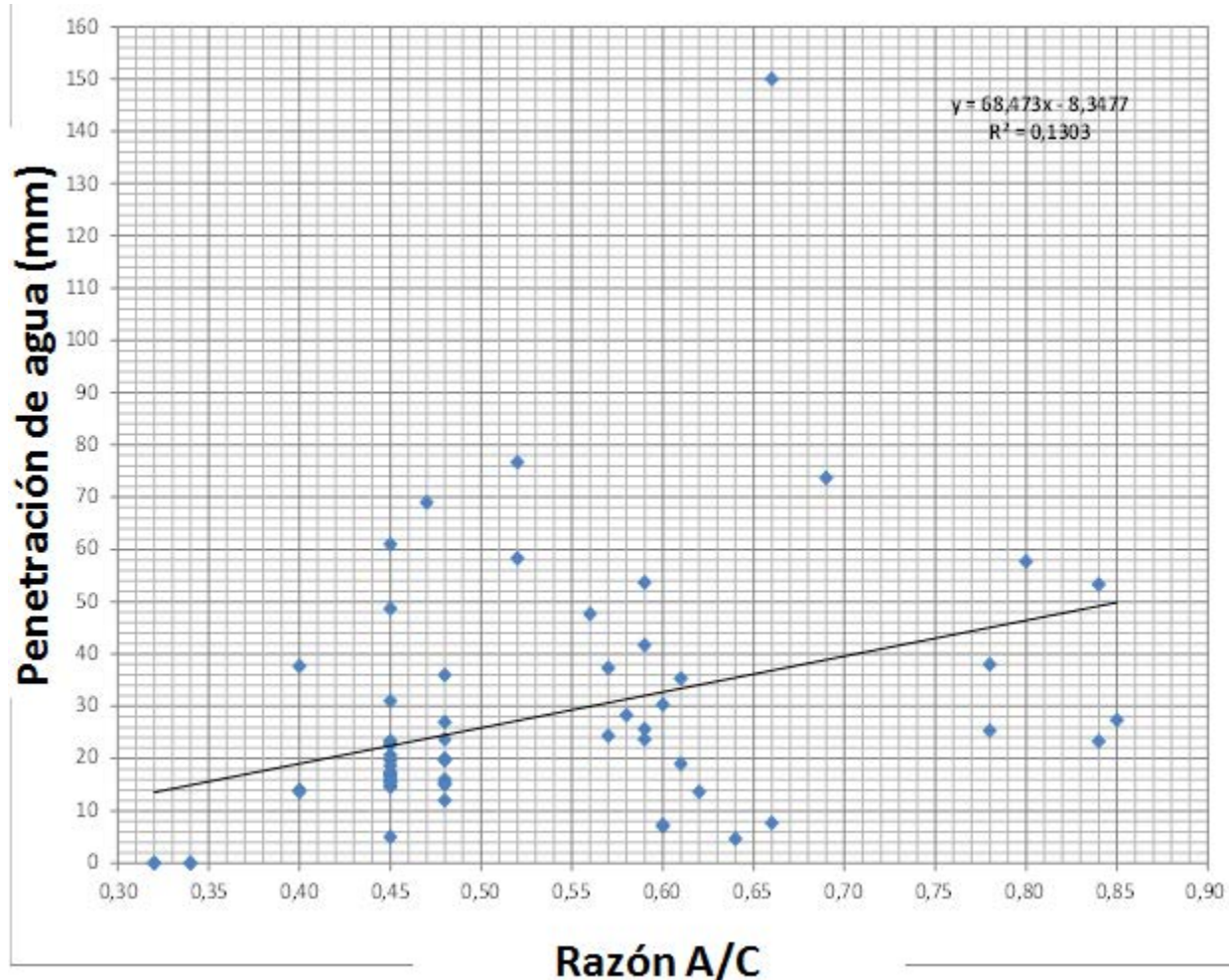
¿COMO SE ESPECIFICA DURABILIDAD ACTUALMENTE?

¿Y que hacemos si hay fisuras?  
¿Cómo protegemos la estructura si está en servicio?  
¿Cómo influye esto en el costo final?

**LA CLAVE,** DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO, IMPERMEABILIZAR LA MASA Y LA SUPERFICIE POR CRISTALIZACIÓN PARA RELLENAR POROS, CAPILARES Y FISURAS CON UN PROCESO DE AUTOSELLADO PERMANENTE.

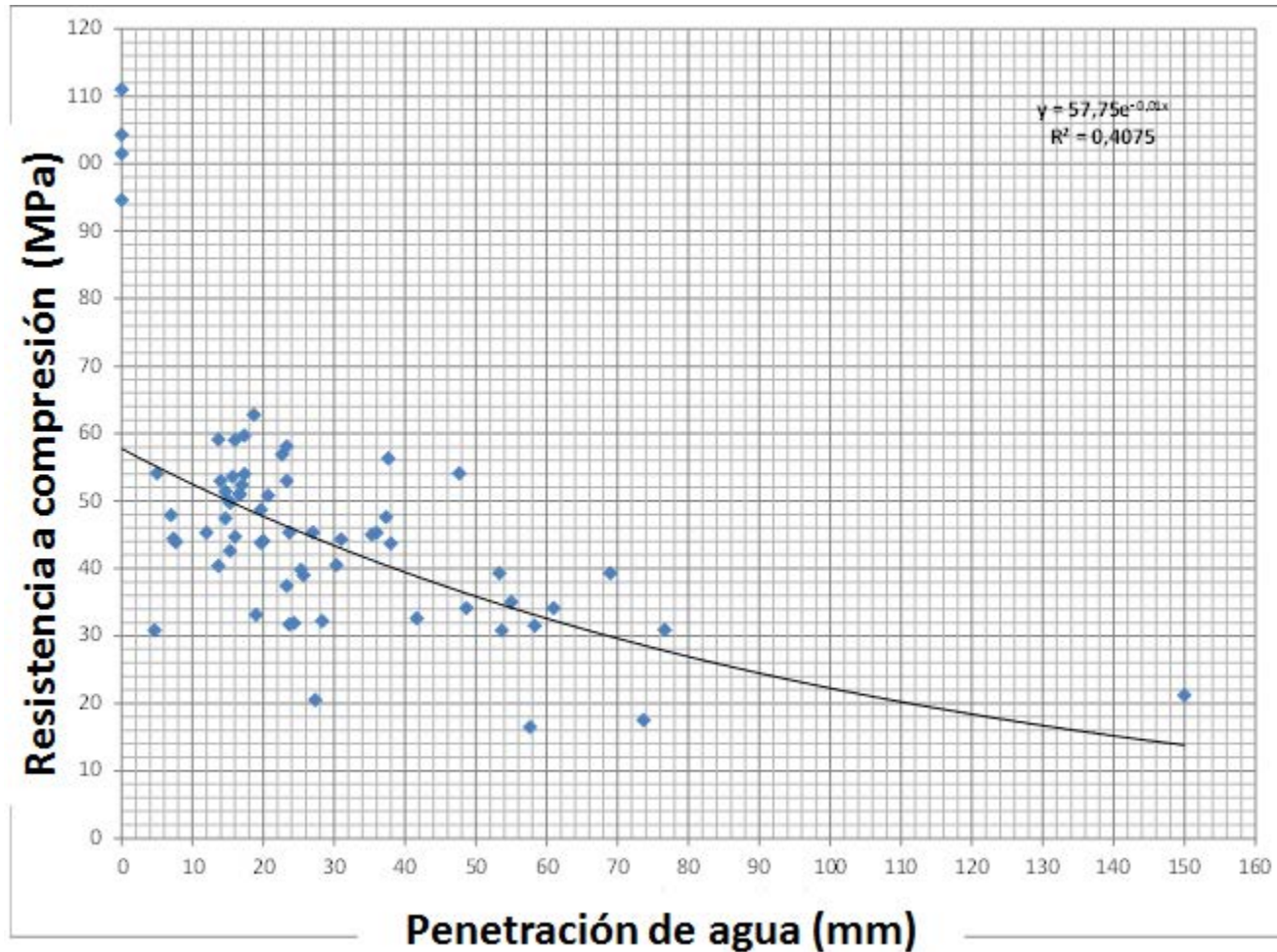


# Realidad en las obras



Relación entre la razón A/C y la penetración de agua NCh2262 (DIN 1048).  
Datos Laboratorio Dictuc año 2012-2013.

# Realidad en las obras



Relación entre la resistencia a compresión y la penetración de agua NCh2262 (DIN 1048).  
Datos Laboratorio Dictuc año 2012-2013.

# Análisis crítico normas o códigos prescriptivos

## REQUISITOS PRESCRIPTIVOS PARA AMBIENTE MARINO

EN 206-1, ACI 318

Norma o Código	A/C máxima	Cemento mínimo kg/m <sup>3</sup>	Resistencia mínima Mpa	
EN	0,50	300	300	Costa
EN	0,45	320	350	Mareas
ACI	0,40	----	350	

- Suponen, erróneamente, que distintos materiales (ej. tipos de cemento), en las mismas proporciones, confieren idéntico desempeño al CONCRETO.
- Dan pocas oportunidades para innovar y agregar valor.
- Tratan al concreto y a los materiales componentes como productos básicos.
- ¿Cómo se controla la a/c máx?; ¿se cumple en la realidad?.

# **PROPIEDADES A EVALUAR DEL CONCRETO PARA OBTENER ALTA DURABILIDAD**

## PROPIEDADES DEL CONCRETO PARA OBTENER ALTA DURABILIDAD

### RESISTENCIA A CICLOS HIELO DESHIELO

- Ensayo NCh 2185.
- Expansión límite en 50 ciclos 0,05% para mezclas con 5% de aire incorporado.

### RESISTENCIA A LOS SULFATOS

- ASTM C1012-12 y ASTM C1157.
- $\leq 0,05\%$  de cambio longitud por expansión a 6 meses y  $< 0,10\%$  a 12 meses.

### RESISTENCIA A DIFUSIÓN DE CLORUROS

- Ensayo acelerado ASTM C1556, utiliza concentración de cloruros 4,7 veces mayor al ambiente marino real.
- Modelo de predicción vida útil, 2da Ley de Fick.

### IMPERMEABILIDAD

- Ensayo NCh 2262.
- Límite penetración de agua 20 mm.
- Evaluar a mayor edad de aplicación de carga.

### ABSORCIÓN CAPILAR

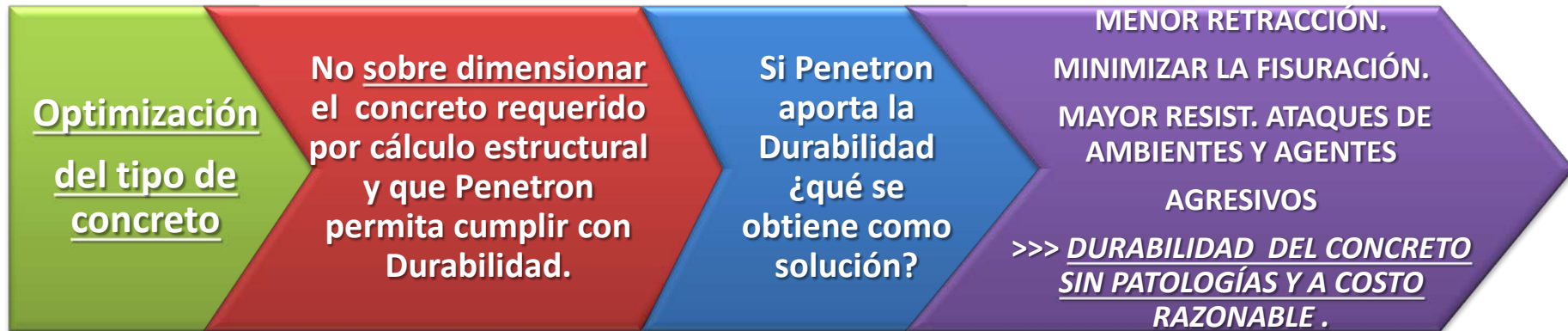
- Ensayo ASTM C1585.
- Límites, Ambiente Severo  $\leq 5 \times 10^{-5}$  (m/s<sup>1/2</sup>)
- Límite Ambiente Menos Severo  $\leq 10 \times 10^{-4}$  (m/s<sup>1/2</sup>)

### RETRACCIÓN POR SECADO

- Ensayo NCh2221
- Límite cambio de longitud menor a 1 mm/m al año.

## ¿Qué podemos ofrecer en Durabilidad?

- ¿Cuál es nuestra propuesta de valor?
- ¿Para qué generar un cambio de paradigma?



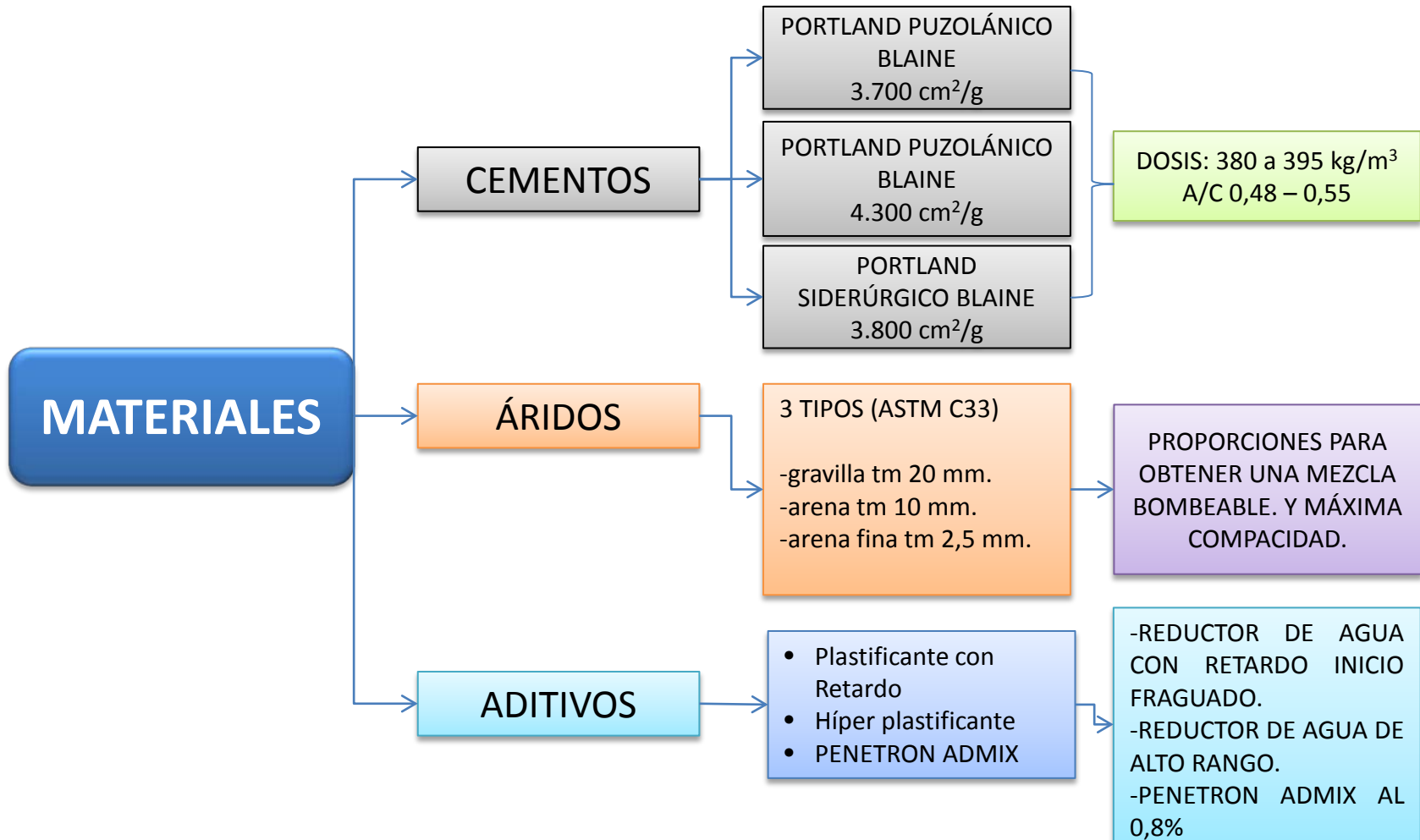
**DISEÑO OPTIMIZADO DEL CONCRETO + PENETRON → GENERA EL CAMBIO**

**QUE NO OCURRA QUE UN CONCRETO GRADO H25, POR EXIGENCIAS DURABILIDAD, TERMINE SIENDO UN H50 CON PATOLOGÍAS ASOCIADAS.**

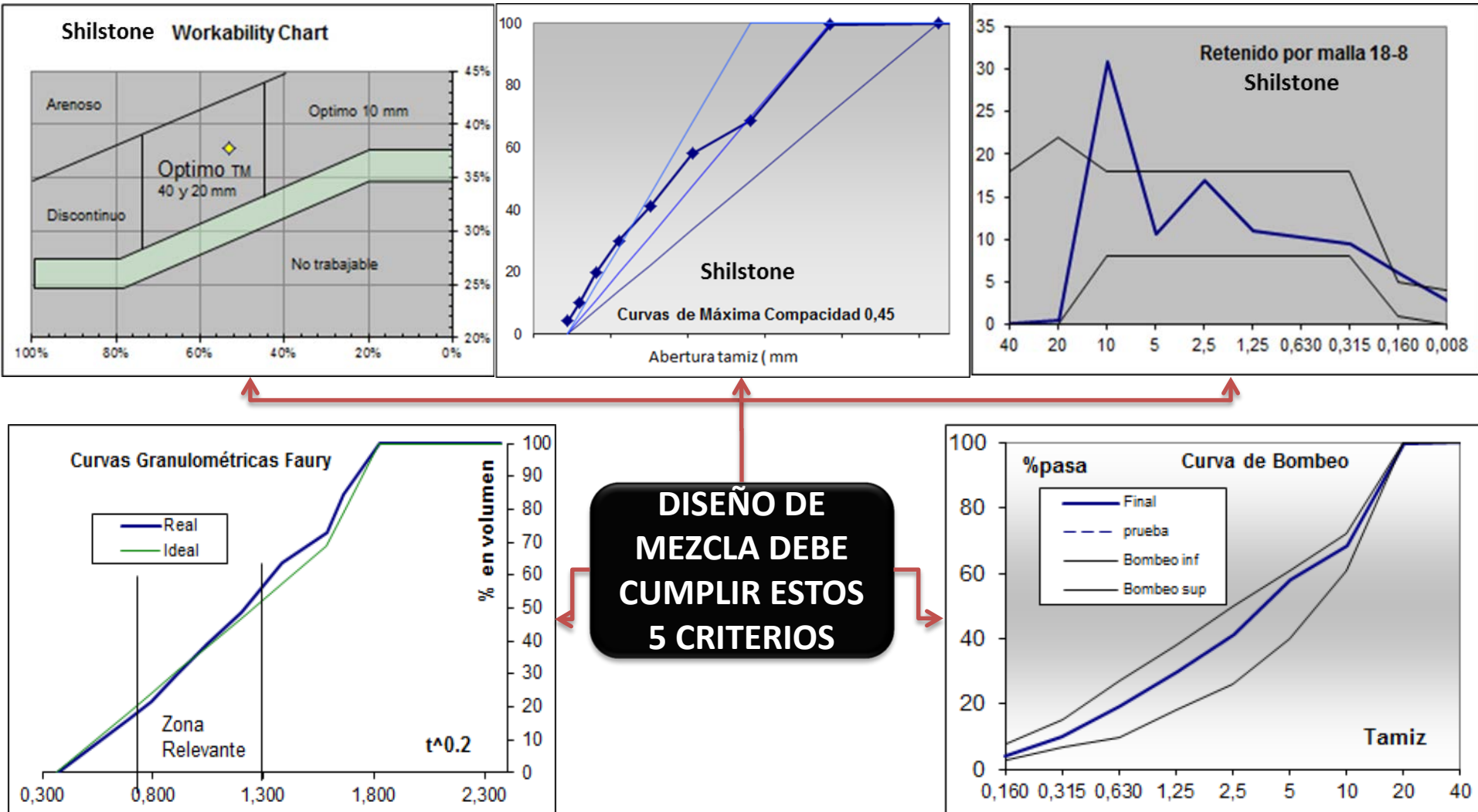


# **CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA OBTENER ALTA DURABILIDAD DEL CONCRETO**

## Consideraciones para el diseño del concreto



# Crterios de diseo del concreto



# Certificaciones técnicas obtenidas

**DICTUC S.A.**  
LABORATORIO  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE

**CONCREMAT  
ENGENHARIA E  
TECNOLOGIA S/A**

Resistencia a compresión

Retracción por secado

Impermeabilidad Extendida

Absorción Capilar

Resistencia a los sulfatos

Resistencia a Difusión de cloruros

Resistencia a ciclos hielo deshielo

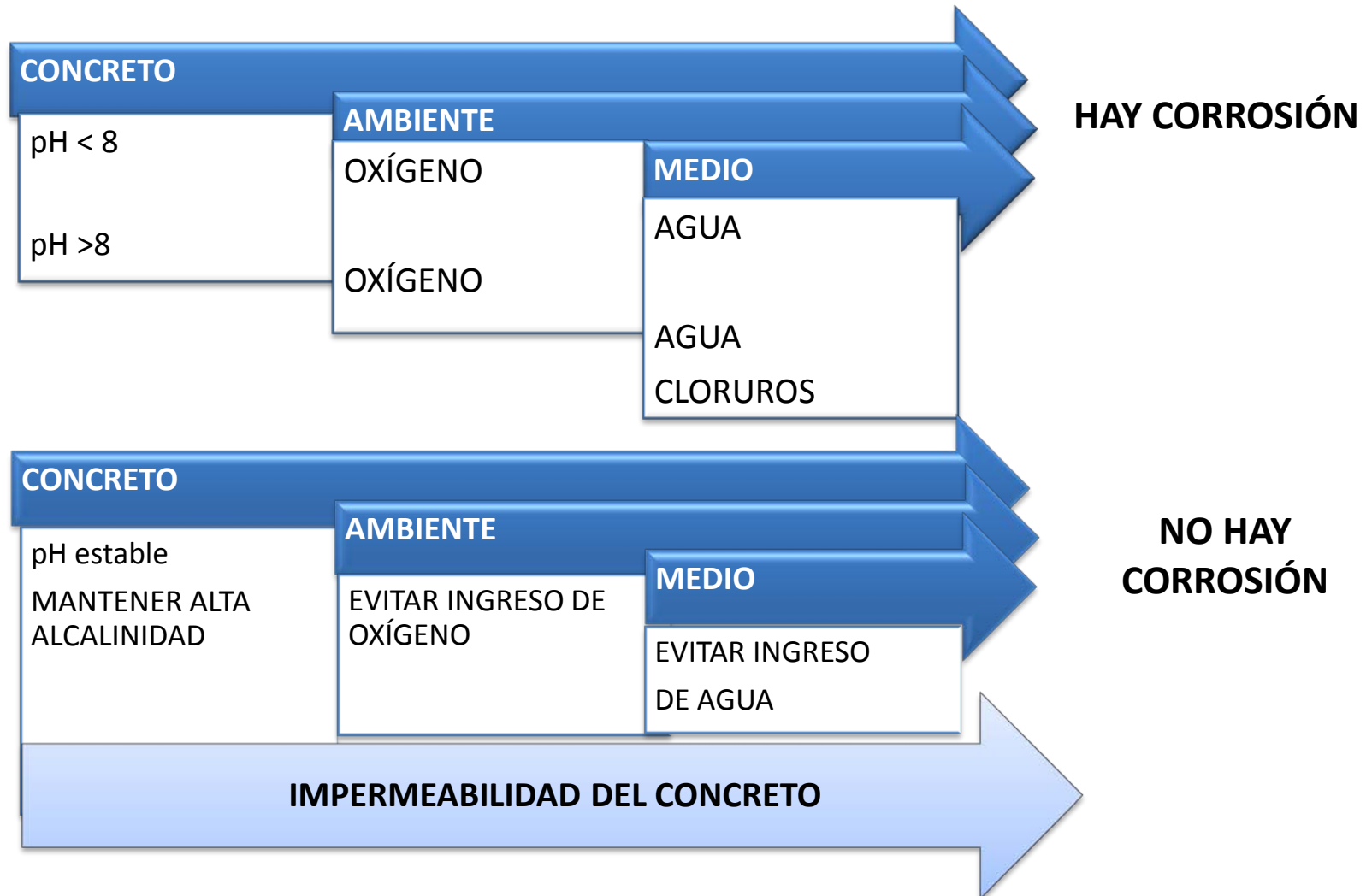
Predicción de vida útil

Determinación de Autosellado

Microscopía formación de cristales

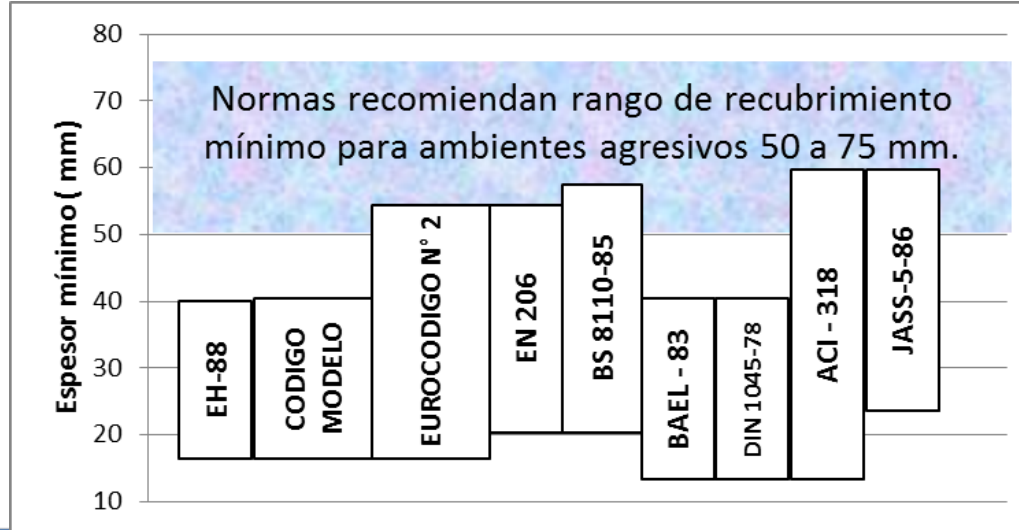
**CONTEXTO DEL FENÓMENO DE CORROSIÓN,  
DURABILIDAD Y PREDICCIÓN DE  
VIDA ÚTIL DEL CONCRETO**

## CONTEXTO SOBRE CORROSIÓN





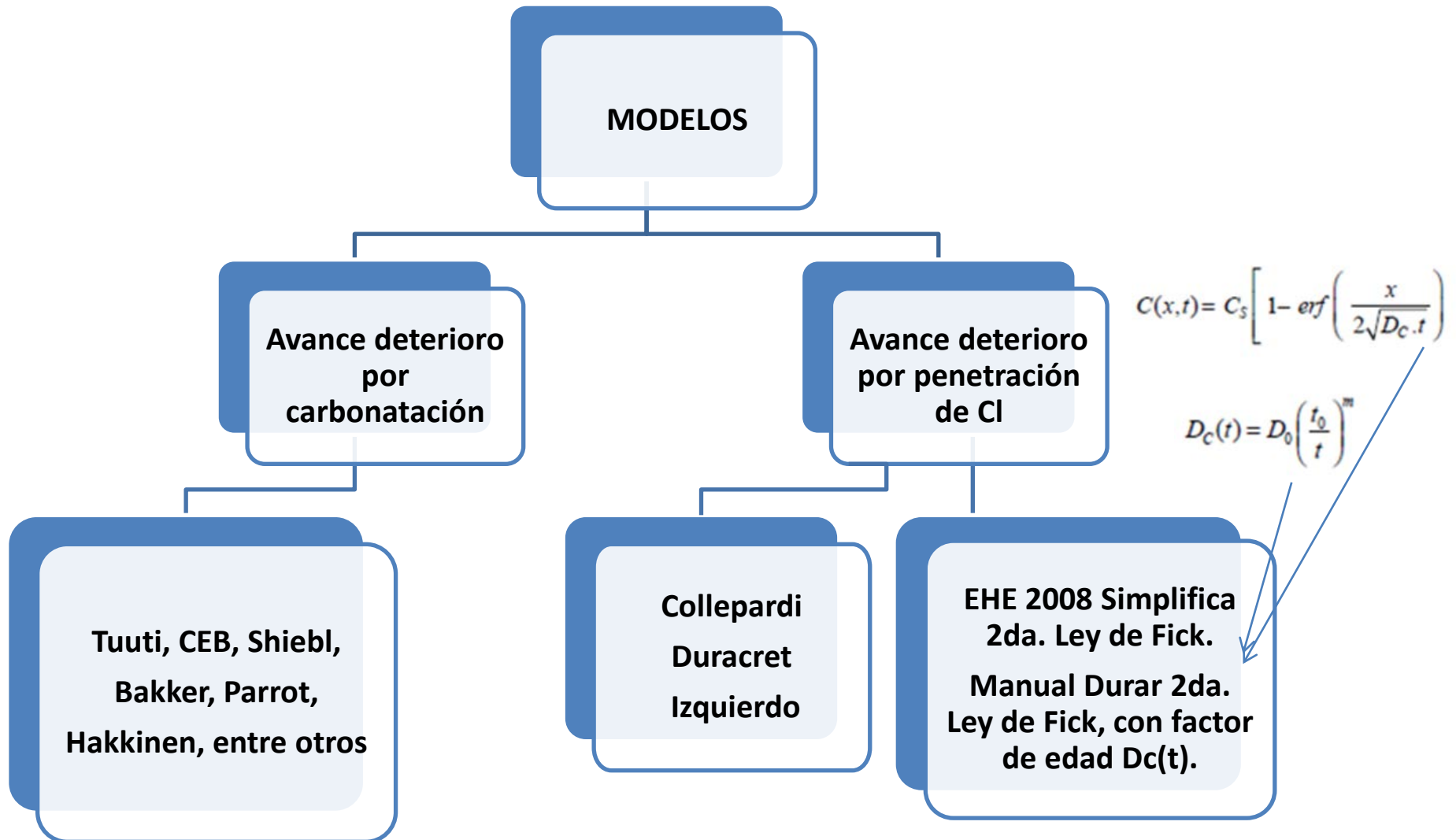
# CONTEXTO SOBRE CORROSIÓN



DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO	COMPACIDAD Y HOMGENEIDAD	HUMEDAD AMBIENTAL	EFEECTO DE LA TEMPERATURA	EFEECTO DEL OXÍGENO	ESPESOR DE RECUBRIMIENTO
<p><b>DISEÑO DE MEZCLA CON MÁXIMA COMPACIDAD</b></p> <p><b>MÍNIMA ESTRUCTURA DE POROS Y CAPILARES</b></p> <p><b>UTILIZAR TECNOLOGÍA DE FORMACIÓN DE CRISTALES INSOLUBLES EN POROS Y CAPILARES.</b></p>	<p><b>LOGRAR RELACIÓN MUY BAJA ENTRE VOLUMEN SÓLIDO Y VOLUMEN APARENTE TOTAL.</b></p> <p><b>BUEN MEZCLADO Y BUENA COLOCACIÓN</b></p>	<p><b>MÍNIMA ESTRUCTURA DE POROS PARA EVITAR INGRESO CUANDO EL CONCRETO ESTÁ RELATIVAMENTE SECO .</b></p> <p><b>DEPENDE DE LA TEMPERATURA. &gt; T° &gt; EVAPORACIÓN.</b></p>	<p><b>-INCREMENTO FACILITA MOVILIDAD DE MOLÉCULAS.</b></p> <p><b>-UNA REDUCCIÓN PRODUCE CONDENSACION.</b></p> <p><b>-VAPOR DE AGUA EN LA ATMÓSFERA VARÍA CON LA TEMP. &gt; T° HAY EVAPORACIÓN Y &lt; T° CONDENSA AGUA LÍQUIDA EN CAPILARES.</b></p>	<p><b>BAJA POROSIDAD O BAJO ÍNDICE DE VACÍOS ACCESIBLES PARA EVITAR PERMEABILIDAD AL OXÍGENO. DEPENDE DE LA HUMEDAD.</b></p> <p><b>&gt; HUMEDAD &lt; ACCESO DE OXIGENO.</b></p>	<p><b>EN AMBIENTES AGRESIVOS LAS NORMAS RECOMIENDAN UN CONCRETO DE CALIDAD CON ESPEORES DE RECUBRIMIENTO ENTRE 5 A 7,5 cm.</b></p>



# Modelos de predicción de vida útil



$$C(x,t) = C_s \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right) \right]$$

$$D_c(t) = D_0 \left( \frac{t_0}{t} \right)^m$$

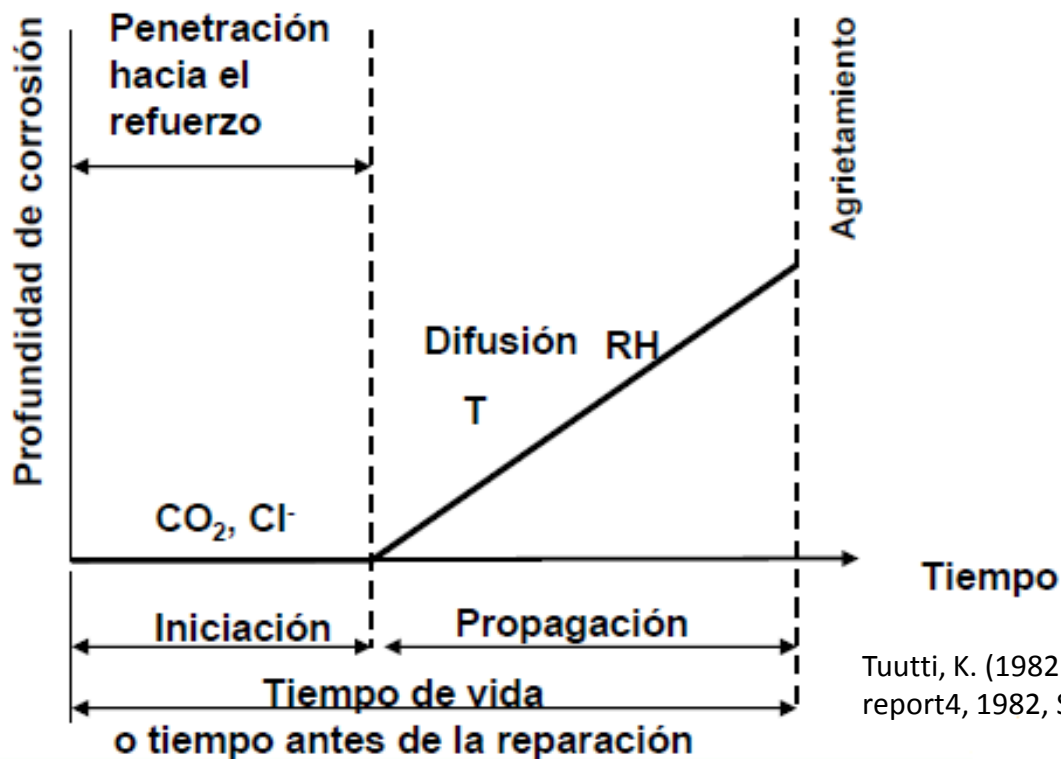
Autores que están trabajando en modelos de predicción de vida útil de las estructuras frente a solicitaciones de ambientes y agentes agresivos

<b>Autor</b>	<b>Modelos semi-probabilísticos</b>	<b>Modelos Probabilísticos</b>	<b>Enfoques esquemáticos</b>	<b>Año</b>
<b>Tuutti (1982)</b>			X	1982
<b>Masters (1987)</b>	X			1987
<b>British Standard Institution (1992)</b>	X			1992
<b>C. Andrade (1994)</b>			X	1994
<b>Canadian Standard Association (CSA, 1995)</b>	X			1995
<b>Sarja and Vesikari (1996)</b>	X	X		1996
<b>K. Pettersson (1998)</b>			X	1998
<b>R. de Coss, G. Murrieta, P. Castro (1998)</b>		X		1998
<b>Paulo Helene (1998)</b>			X	1998
<b>Siemes, T., Edvarsen, C. (1999)</b>		X		1999
<b>S. Caré and E. Hervé (2000)</b>	X			2000
<b>Siemes, T., de Vries, H. (2002)</b>		X		2002
<b>Steen Rostam (2003)</b>		X	X	2003
<b>CIB W80/RILEM 175 SLM (2004)</b>				2004
<b>A. Lindvall (2005)</b>		X		2005
<b>Jieying Zhang, Zoubir Lounis (2006)</b>		X	X	2006
<b>P. Castro-Borges and P. Helene (2007)</b>			X	2007

# Métodos para predecir la vida útil

➤ Modelos determinísticos.

Modelo de la corrosión del acero de refuerzo.



$$\frac{\partial c_f}{\partial t} = \frac{D \partial^2 c_f}{\partial x^2}$$

Donde

D = Coeficiente de difusión

x = recubrimiento

t = tiempo

$C_f$  = Concentración de iones libres

Tuutti, K. (1982), Corrosion of steel in concrete, CBI, Research report4, 1982, Stockholm.

# Métodos para predecir la vida útil

- **Falla por corrosión**

Determinación de la concentración de cloruros a una distancia “x” .

$$C(x,t) = C_s \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{D_c \cdot t}} \right) \right] \quad D_c(t) = D_0 \left( \frac{t_0}{t} \right)^m$$

Donde,

**C(x,t)** Concentración de ión cloruro a una distancia x de la superficie del hormigón por un período de exposición t (%de masa de material).

**C<sub>s</sub>** Concentración de ión cloruro en la superficie del concreto (%de masa de material)

**x** Espesor de recubrimiento (m)

**t** Tiempo de exposición al ión cloruro (años)

**D<sub>c</sub>** Coeficiente de difusión de cloruros (m<sup>2</sup>/s)

**erf** Función error.

**D<sub>c</sub>(t)** Coeficiente de difusión de cloruros en el tiempo t (m<sup>2</sup>/s)

**D<sub>0</sub>** Coeficiente de difusión de cloruros en el tiempo t<sub>0</sub> (m<sup>2</sup>/s)

**t<sub>0</sub>** Tiempo inicial de difusión de cloruros (años)

**t** Tiempo de control de difusión de cloruros (años)

**m** se emplea 0,5

# RESULTADOS OBTENIDOS CON MÉTODOS ACELERADOS DE PENETRACIÓN DE CLORUROS EN EL CONCRETO (ASTM C 1556)

---

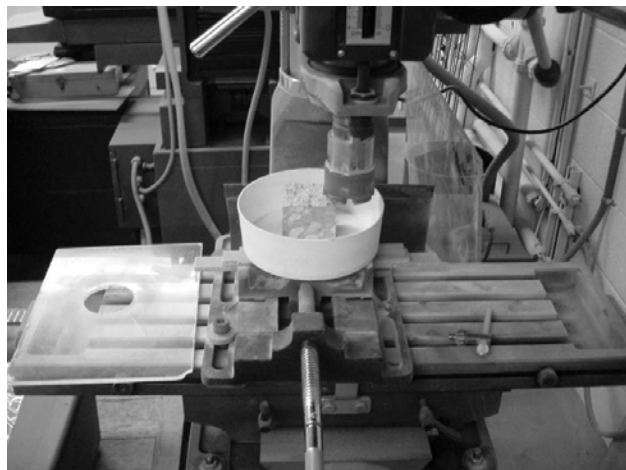
PROYECTO I+D CORFO-CHILE PI 154  
“DESARROLLO DE CONCRETO DE ALTA DURABILIDAD”  
REALIZADO POR EMPRESAS CEMENTOS BÍO BÍO Y PENETRON CHILE



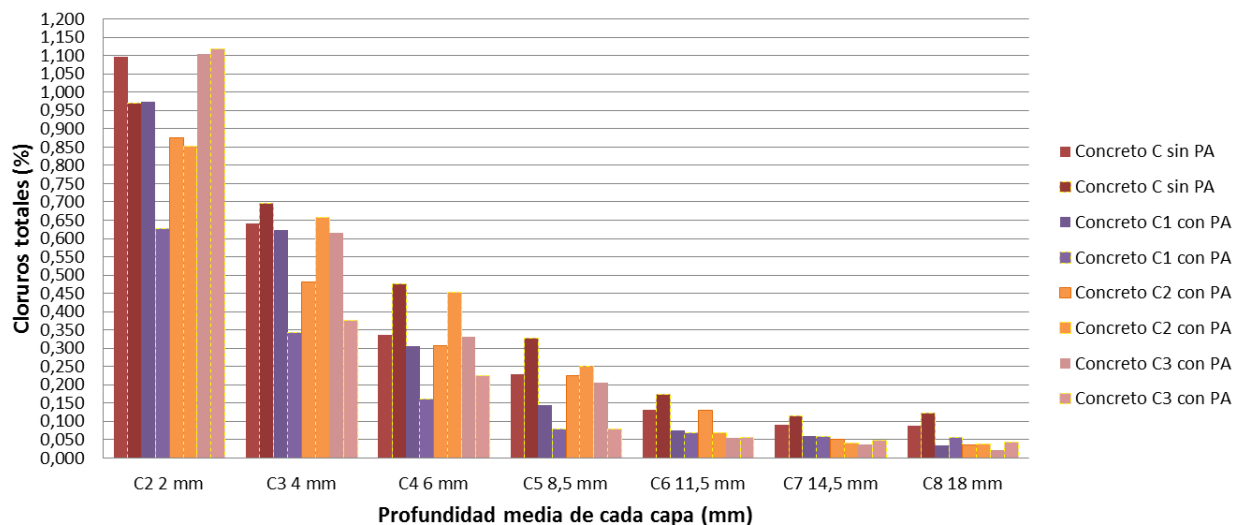
## Resultados obtenidos en concreto diseñado con Penetron

### CONTENIDO DE CLORUROS POR CAPAS

Mezcla	Contenido de ion cloruro (%)								
	$C_i$ Reference	$C_{1\,0,5\text{ mm}}$	$C_{2\,2\text{ mm}}$	$C_{3\,4\text{ mm}}$	$C_{4\,6\text{ mm}}$	$C_{5\,8,5\text{ mm}}$	$C_{6\,11,5\text{ mm}}$	$C_{7\,14,5\text{ mm}}$	$C_{8\,18\text{ mm}}$
	Reference	0-1 mm	1-3 mm	3-5 mm	5-7 mm	7-10 mm	10-13 mm	13-16 mm	16-20 mm
Concreto C sin PA	0,030	0,932	1,098	0,642	0,336	0,229	0,131	0,090	0,089
Concreto C sin PA	0,041	1,161	0,970	0,696	0,477	0,327	0,175	0,116	0,122
Concreto C1 con PA	0,029	1,198	0,973	0,624	0,306	0,143	0,076	0,059	0,034
Concreto C1 con PA	0,014	0,850	0,628	0,343	0,162	0,079	0,068	0,058	0,056
Concreto C2 con PA	0,015	0,924	0,874	0,481	0,306	0,224	0,129	0,050	0,035
Concreto C2 con PA	0,014	1,141	0,851	0,657	0,454	0,250	0,070	0,040	0,037
Concreto C3 con PA	0,007	1,120	1,104	0,615	0,331	0,206	0,055	0,036	0,021
Concreto C3 con PA	0,008	1,136	1,119	0,375	0,226	0,080	0,055	0,047	0,044



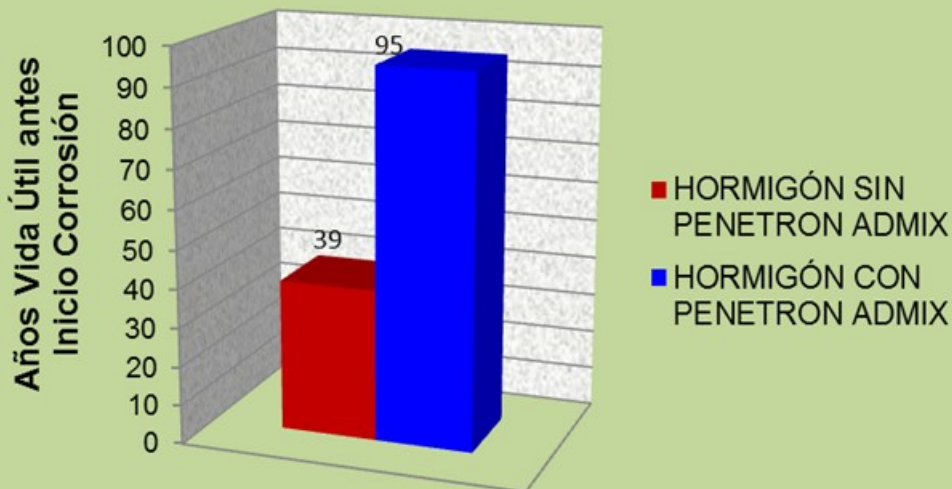
### Contenido de cloruros por capa



*Resultados obtenidos en concreto  
diseñado con Penetron*

## DIFUSIÓN DE CLORUROS

Proyección de Vida Útil Según Ley de Fick



**ENSAYO ACELERADO ASTM C 1556, UTILIZA UNA SOLUCIÓN DE 16% DE CLORURO DE SODIO, 4 VECES MAYOR AL AMBIENTE REAL A QUE ESTÁN EXPUESTAS LAS ESTRUCTURAS.**

**LA ACCIÓN DE PENETRON ADMIX EN EL CONCRETO, TRIPLICA LA VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS (APLICANDO MODELO DE PROYECCIÓN DE 2da. LEY DE FICK). ÁDEMÁS ELIMINA EL USO DE ADITIVOS INHIBIDORES DE CORROSIÓN.**

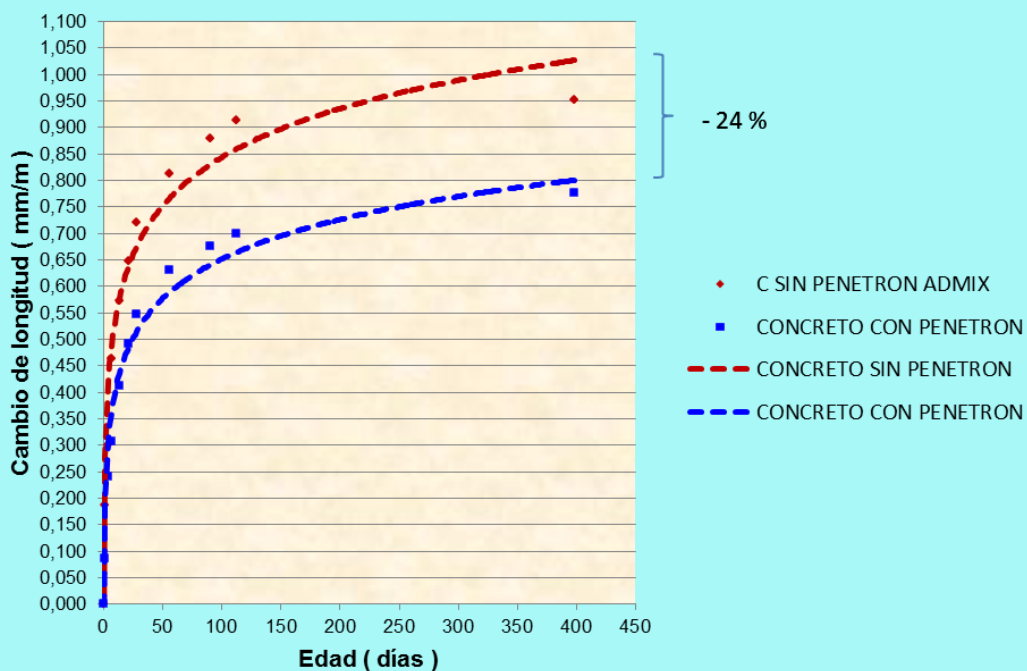
# RESULTADOS OBTENIDOS DE OTROS PARÁMETROS DE DURABILIDAD

---

**PROYECTO I+D CORFO-CHILE PI 154**  
**“DESARROLLO DE CONCRETO DE ALTA DURABILIDAD”**  
REALIZADO POR EMPRESAS CEMENTOS BÍO BÍO Y PENETRON CHILE

## RETRACCIÓN POR SECADO

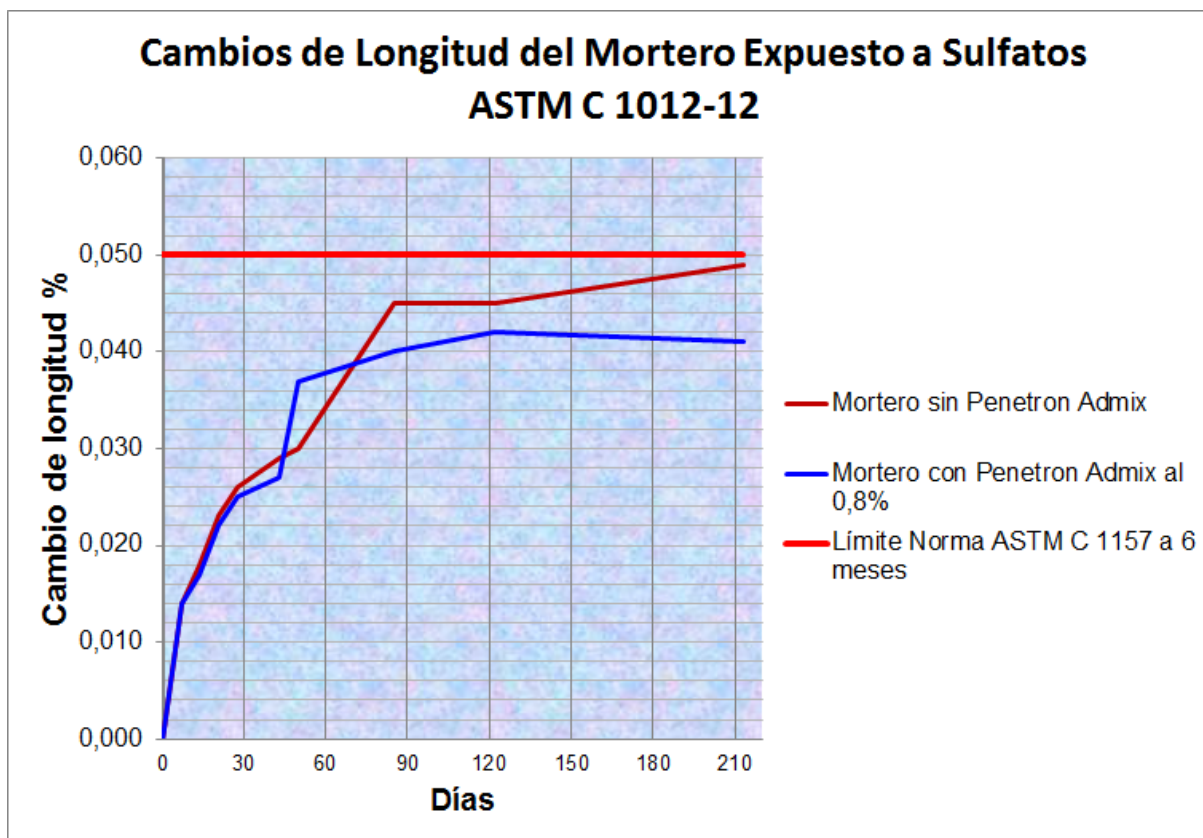
Retracción por Secado



**CONCRETO CON PENETRON, DISMINUYE 24% LA MAGNITUD DE LA RETRACCIÓN POR SECADO,**



EXPOSICIÓN DE MORTERO A SULFATOS

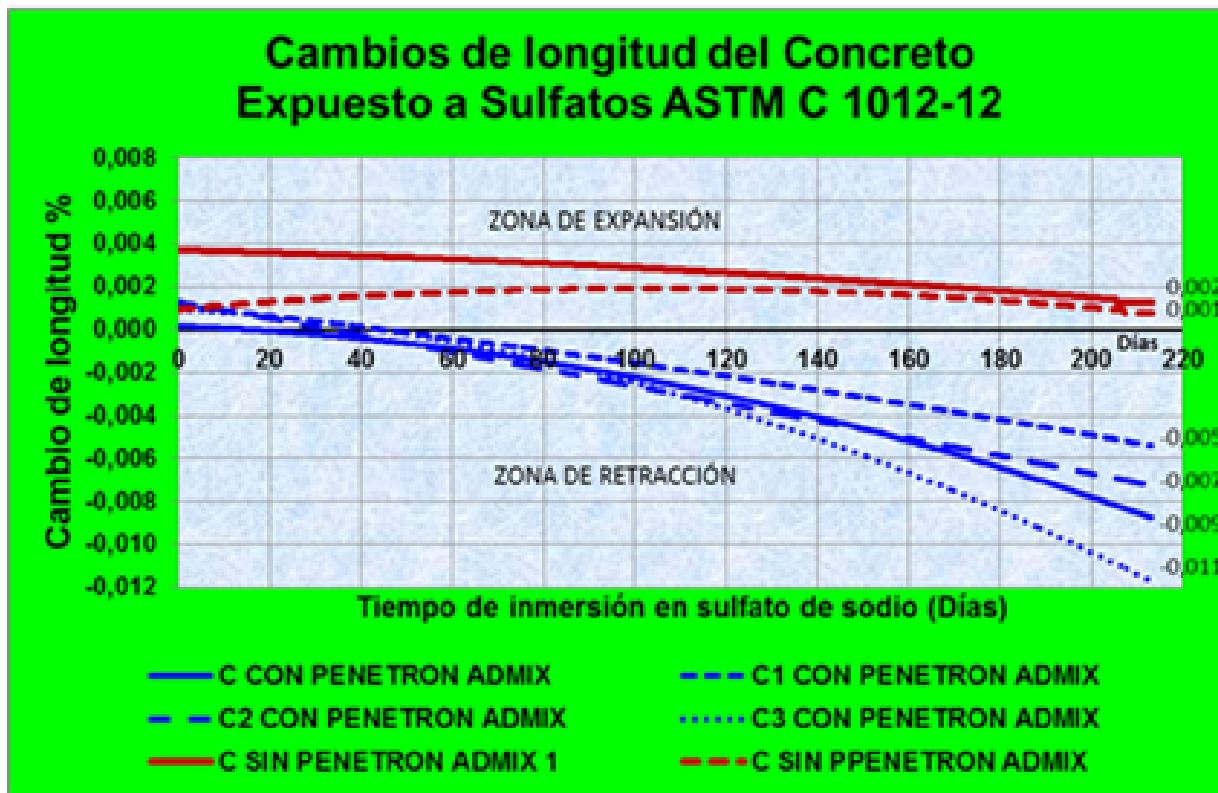


MORTERO **CON PENETRON**, ES **ALTAMENTE RESISTENTE A LOS SULFATOS** a 6 meses y en su proyección a 12 meses.

ASTM C 1175: "Altamente resistente a Sulfatos" : máximo 0,05% a 180 días y 0,10% a 365 días.

## Resultados obtenidos en concreto diseñado con Penetron

### EXPOSICIÓN DE CONCRETO A SULFATOS



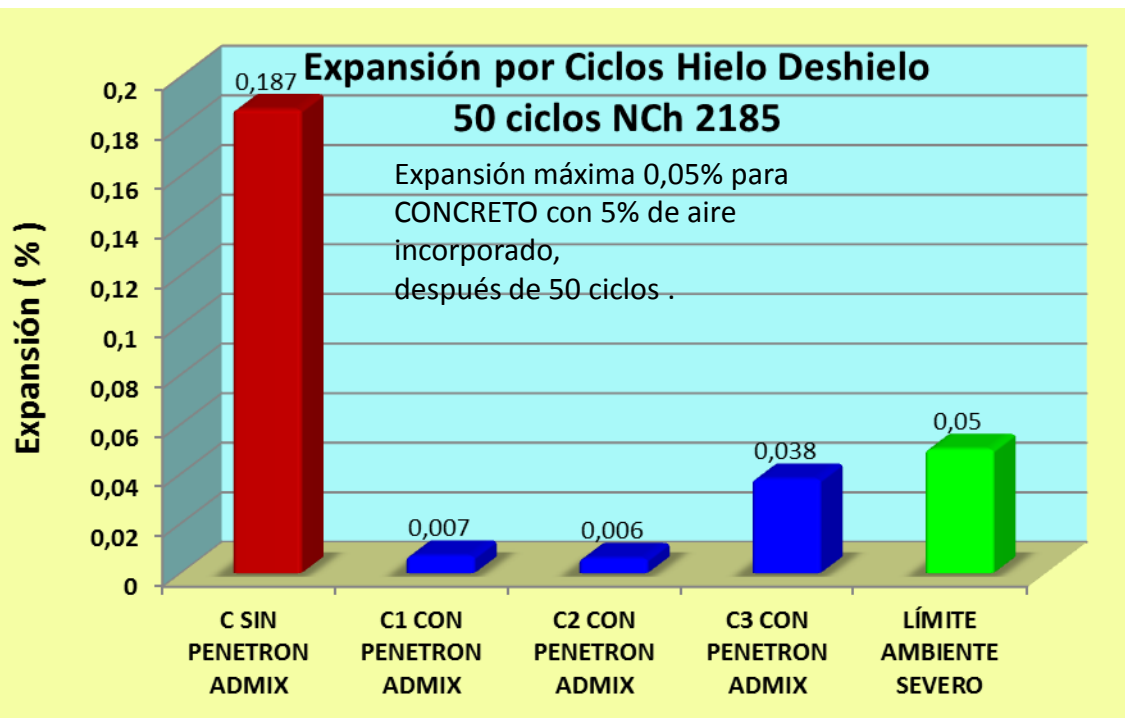
- Método se basa en la resistencia a los sulfatos según los cambios de longitud de prismas sumergidos en solución de sulfato de sodio.
- Solución 50 g/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Tiempo de inmersión mínimo 15 semanas (105 días).

**EL CONCRETO CON PENETRON NO EXPERIMENTA EXPANSIÓN INTERNA DEBIDO A QUE LOS SULFATOS NO PUEDEN INGRESAR A LA MASA.**

**EL CONCRETO SIN PENETRON, EXPERIMENTA EXPANSIÓN INTERNA CONSTANTE, POR LO TANTO SE AGRIETA Y DETERIORA PROGRESIVAMENTE.**

## Resultados obtenidos en concreto diseñado con Penetron Admix

### CICLOS HIELO DESHIELO

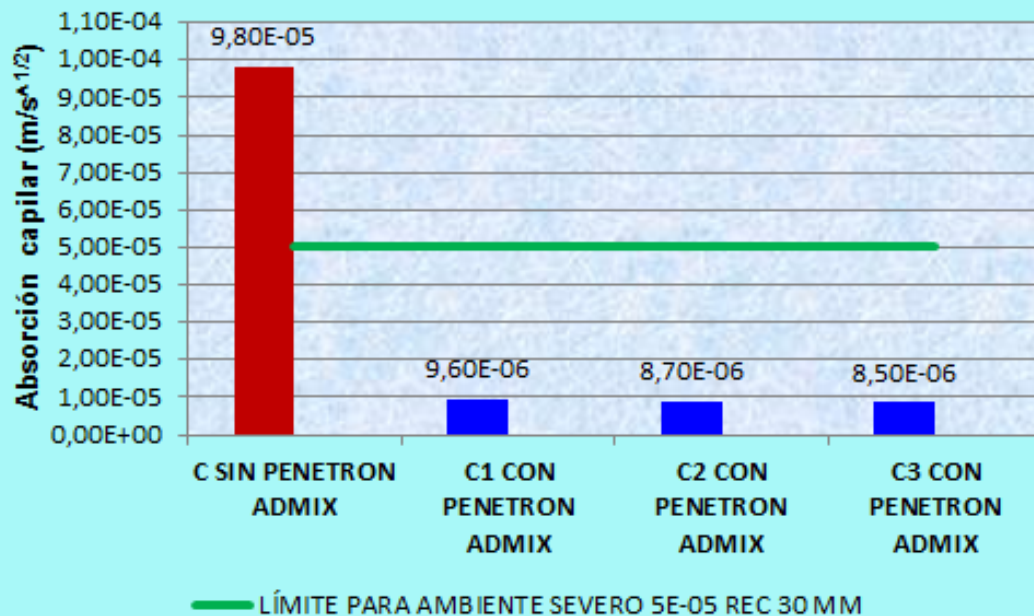


**CONCRETO CON PENETRON, POSEE MUY ALTA RESISTENCIA A CICLOS HIELO – DESHIELO.**  
**PENETRON PERMITE EIMINAR EL USO DE AIRE INCORPORADO Y LAS DOSIS ADICIONALES DE CEMENTO.**

*Resultados obtenidos en concreto  
diseñado con Penetron Admix*

## ABSORCIÓN CAPILAR

### ABSORCIÓN CAPILAR A 90 DÍAS ASTM C 1585



**Absorción Capilar máxima según  
ambiente exposición:**

Recubrimiento de armaduras 30 mm.

-Ambiente Severo  $\leq 5 \times 10^{-5}$  (m/s<sup>1/2</sup>)

-Ambiente Menos Severo  $\leq 10 \times 10^{-4}$  (m/s<sup>1/2</sup>)

(MANUAL DURAR CYTED)

***CONCRETO CON PENETRON, PERMITE OBTENER 10 VECES MENOS DE  
Absorción Capilar, respecto al límite para Ambiente Severo de Exposición.***

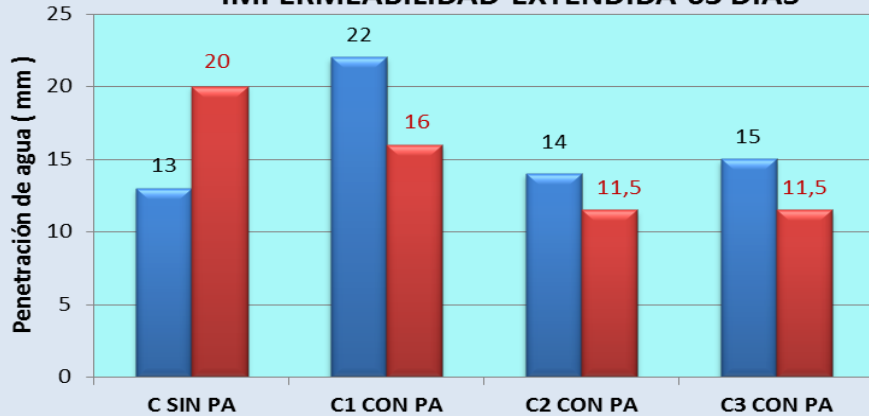




*Resultados obtenidos en concreto diseñado con Penetron*

## IMPERMEABILIDAD

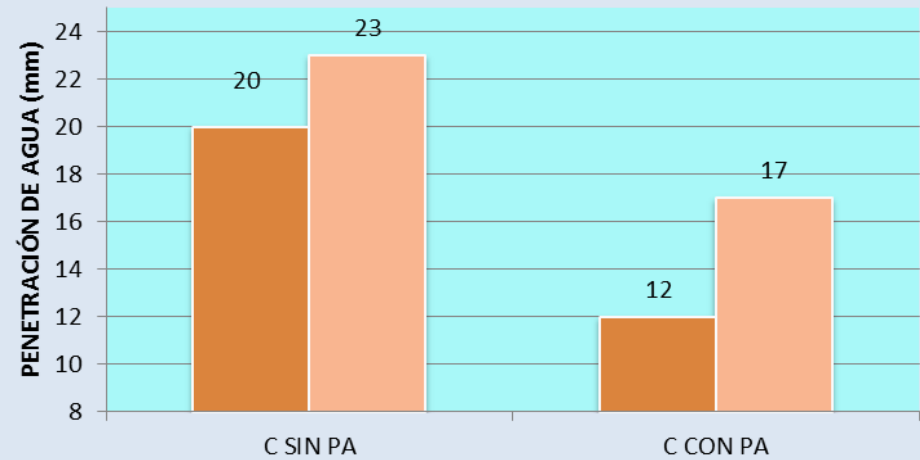
**IMPERMEABILIDAD EXTENDIDA 63 DÍAS**



■ ENSAYO A 34 DÍAS, SEGÚN NCh2262   
 ■ ENSAYO A 63 DÍAS.  
 (7 Bar 3 ds, secado 12 ds, carga 7 Bar 14 ds.)

**IMPERMEABILIDAD EXTENDIDA**

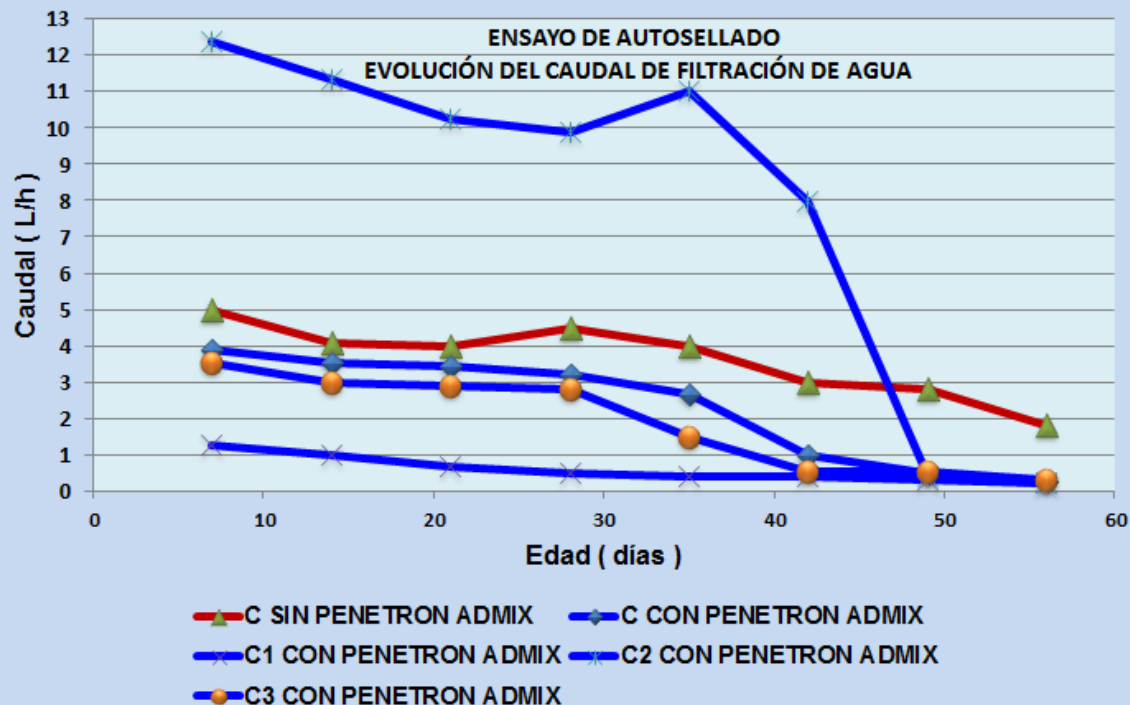
Ensayo NCh2262 a 92 días, carga 5 bar, 8 semanas



CONCRETO CON PENETRON, SIN UTILIZAR  
MICROSÍLICE, ES IMPERMEABLE EN  
CONDICIONES EXTREMAS DE PRESIÓN DE AGUA



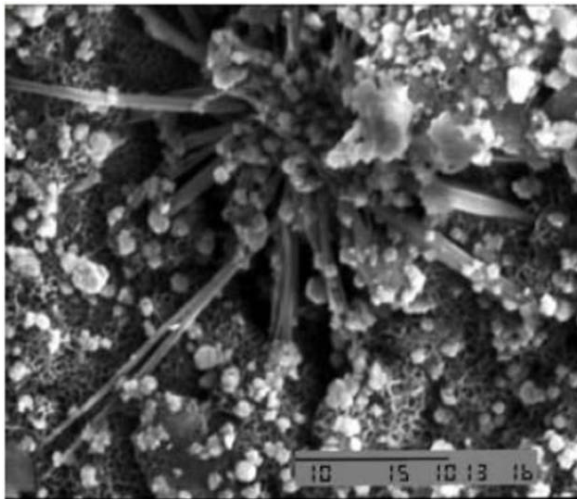
## ENSAYO DE AUTOSELLADO EN ESPECÍMENES FISURADOS



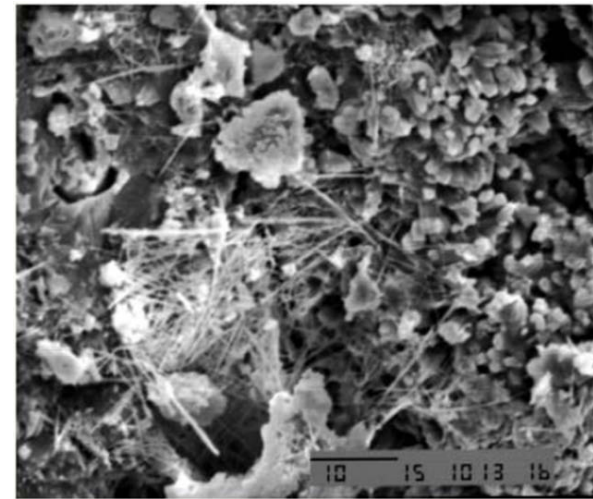
**CON LA FORMACIÓN DE CRISTALES QUE PROVEE PENETRON ADMIX AL CONCRETO, SE RECUPERA LA IMPERMEABILIDAD SOBRE UN 90%, EN ESPECÍMENES FISURADOS CON APLICACIÓN DE PRESIÓN DE AGUA DE 1,5 MPa.**

## MICROSCOPIA DE ESPECIMENES FISURADOS

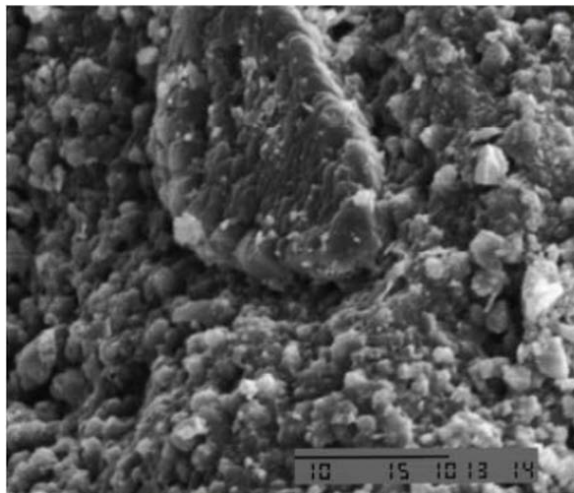
Cristales aciculares tipo fibro radiado.  
Barrido 2500x. Concreto C1 con PA.



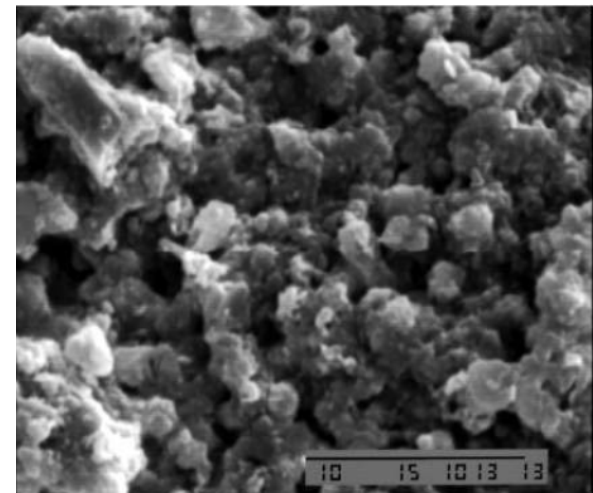
Cristales aciculares tipo fibro radiado.  
Barrido 2500x. Concreto C2 con PA.



Sin elementos neo formados. Barrido  
1500x. Concreto C sin PA.

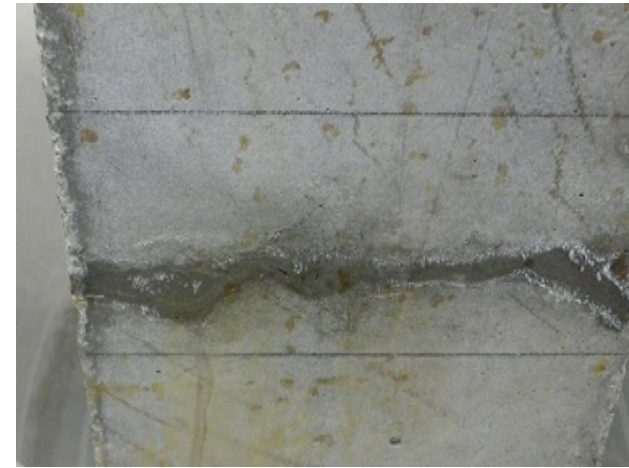


Sin elementos neo formados. Barrido  
3500x. Concreto C sin PA.





# Aspecto de las fisuras ensayo autosellado



# Ensayos relevantes

En CONCRETO sin fisuras y agua a presión En CONCRETO con fisuras y presión de 150 m columna de agua. (*Autosellado*)



Probeta con 1% de adición de Penetron Admix; una semana de inducción



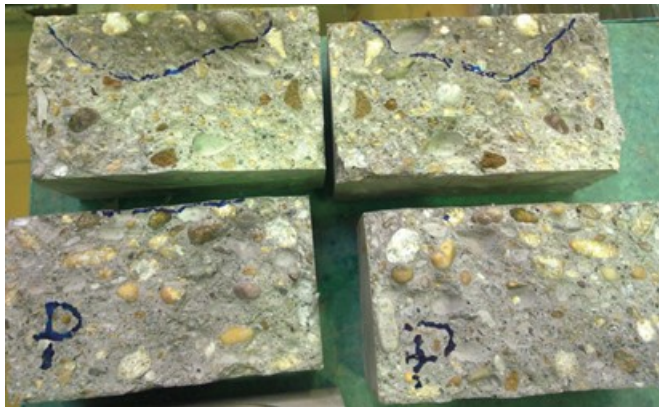
Probeta con 1% de adición de Penetron Admix; dos semanas de inducción



Probeta con 1% de adición de Penetron Admix; tres semanas de inducción

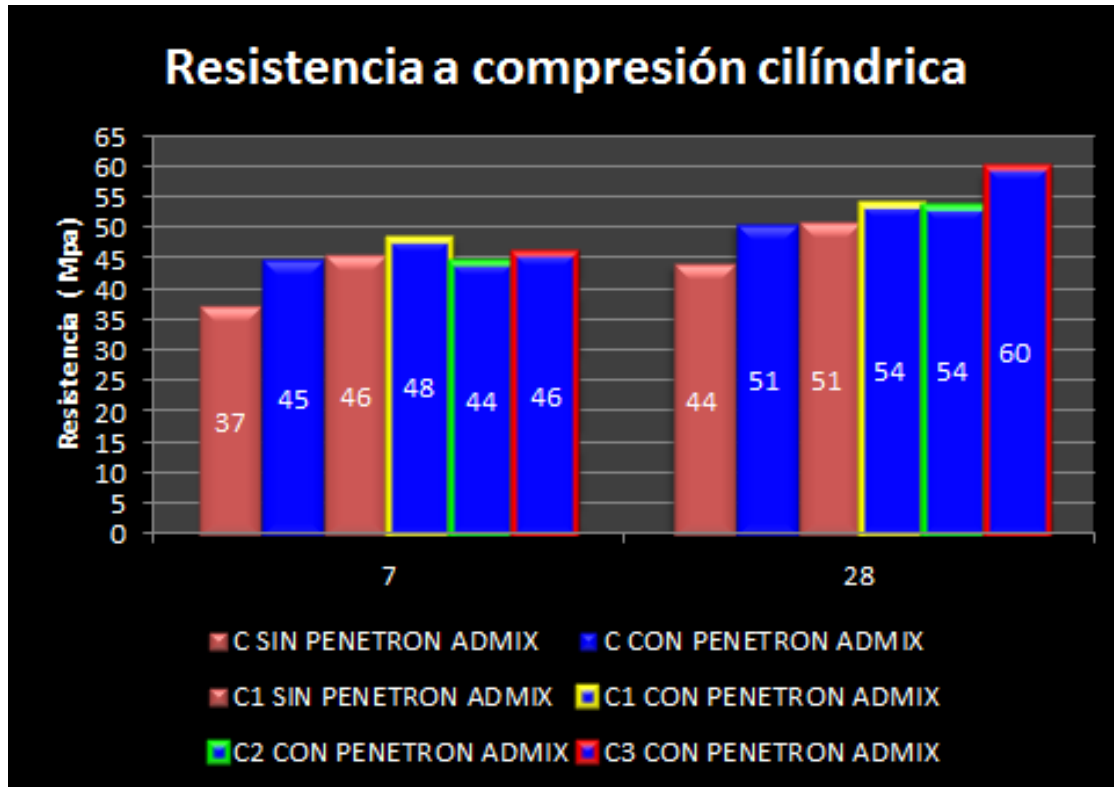


Probeta con 1% de adición de Penetron Admix; cuatro semanas de inducción





RESISTENCIA MECÁNICA



**DEPENDIENDO DEL DISEÑO, CONCRETO CON PENETRON, INCREMENTA 13% LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS,**

✓ Los resultados obtenidos demuestran que:

TIPO HORMIGÓN	RETRACCIÓN POR SECADO A 1 AÑO CAMBIOS DE LONGITUD (mm/m)	RESISTENCIA A SULFATOS CAMBIOS LONGITUD (mm/m)	COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DE CLORUROS (m <sup>2</sup> /s)	PROYECCIÓN VIDA ÚTIL (AÑOS)	CICLOS HIELO-DESHIELO CAMBIOS DE LONGITUD (%)	ABSORCIÓN CAPILAR AMBIENTE SEVERO EXPOSICIÓN (m/s <sup>1/2</sup> )	IMPERMEABILIDAD 28 DÍAS (mm)	IMPERMEABILIDAD 63 DÍAS (mm)	IMPERMEABILIDAD 92 DÍAS (mm)	AUTOSELLA-DO FISURAS REDUCCIÓN DE CAUDAL FILTRACIÓN (%)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (MPa)
SIN PENETRON	-0,95	0,001 a 0,011	7,20E-12	39	0,19	9,80E-05	13	20	20 - 23	60%	40 A 50
CON PENETRON ADMIX	-0,77	-0,005 a -0,01	4,17E-12	95	0,02	8,5E-06 A 9,5E-06	20	16	17 - 12	95%	50 a 60
LÍMITE EXIGIDO	< 0,8	0,05% A 180 DÍAS	< 10E-11		< 0,05 % EN 50 CICLOS	< 5E-05 PARA RECUB. 30 MM	< 20 mm	< 20 mm	< 20 mm		> 35 MPa
BENEFICIOS CONCRETO CON PA VS SIN PA	< 24%	NO HAY EXPANSIÓN INTERNA	< 45%	3 VECES MÁS, CON 4 VECES MÁS DE CONCENTRACIÓN DE Cl (16%) QUE LO REAL.	10 VECES MENOS	10 VECES MENOS		< 20%	< 30 a 40%	RESTITUYE 95% DE PERMEABILIDAD	> 13%
BENEFICIOS ADICIONALES CONCRETO CON PENETRON ADMIX	MENOR FISURACIÓN POR SECADO	SIN FISURACIÓN POR ATAQUE SULFATOS	IMPERMEABILIDAD POR CRISTALES DESPLAZA EL INICIO DE CORROSIÓN	ELIMINA INHIBIDORES DE CORROSIÓN PARA ACERO DE REFUERZO	ELIMINA INCORPORADORES DE AIRE OPTIMIZACIÓN DOSIS CEMENTO	ALTA PROTECCIÓN ACERO DE REFUERZO	FORMACIÓN ACTIVA DE CRISTALES EN EL TIEMPO REDUCE LA PERMEABILIDAD. EL VALOR DEL ENSAYO NORMAL A 28 DÍAS DIN 1048 NO REFLEJA LA REALIDAD			AUTOSELLA OTRAS FISURAS	OPTIMIZACIÓN DOSIS CEMENTO

**¡¡ EXISTE UN CAMBIO REAL !!**

**¡¡ PENETRON ADMIX AUMENTA LA DURABILIDAD !!**

**¡¡ ES POSIBLE OPTIMIZAR EL CONCRETO !!**

**¡¡ SE PUEDE RECUCIR EL COSTO !!**





GRACIAS POR SU ATENCIÓN