

# Normativa

Ing. P. Castro Borges, Dr.



CINEVESTAV del IPN  
Unidad Mérida





# ¿Cómo ha evolucionado la normativa de DURABILIDAD?



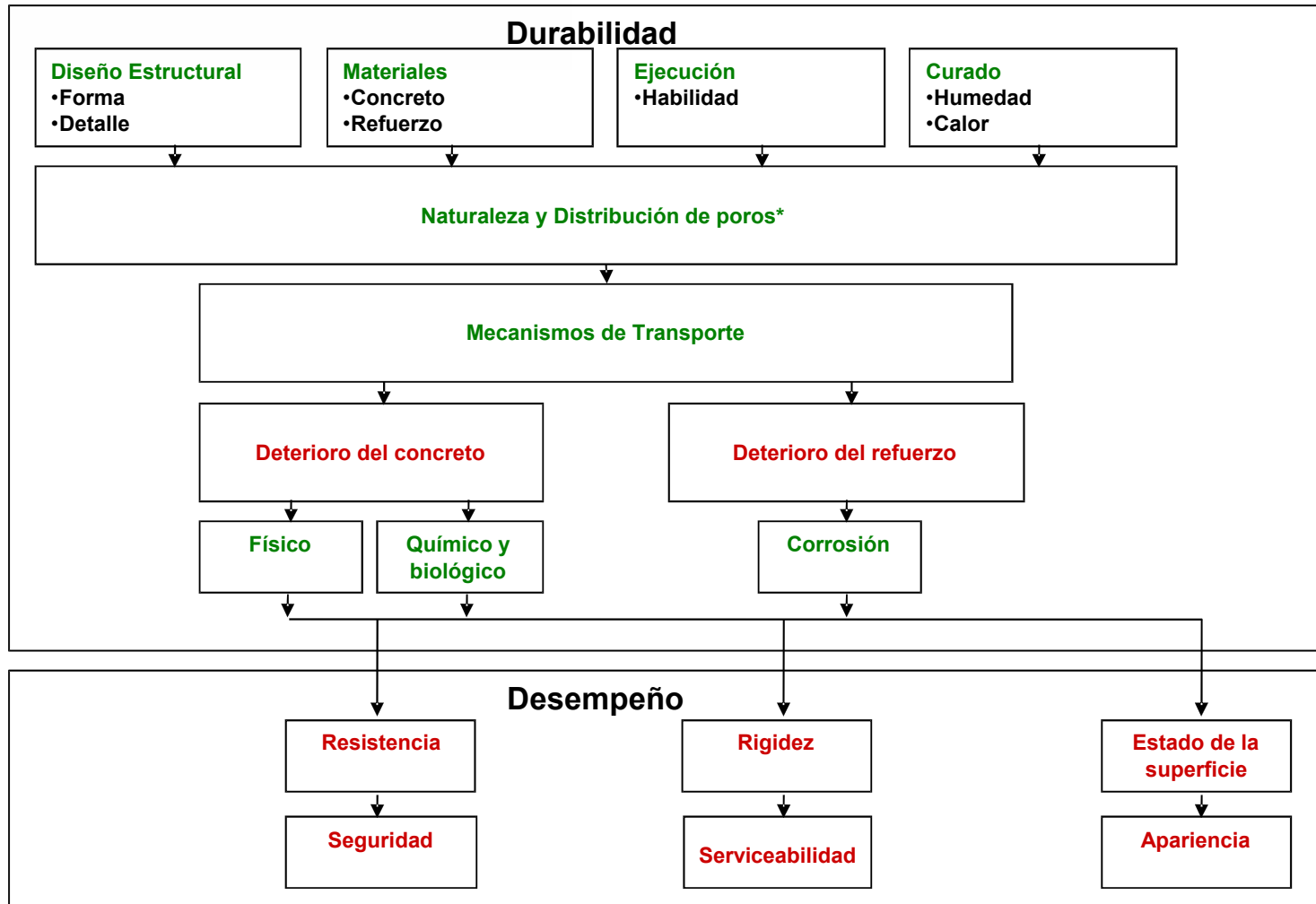
## Caso Americano

- **ACI 365.1R-00**

### Service life prediction



## Relaciones entre durabilidad y el desempeño.



# ¿El efecto del ambiente influye en la Durabilidad ?



## Consideraciones ambientales

### ➤ Ataque químico

- Lixiviado
- Retraso en la formación de etringita.
- Ataque por sulfatos
- Ataque por ácidos y bases (álcalis)
- Reacción álcali-agregado
- Corrosión del refuerzo
- Corrosión del acero pre-tensado

## **Consideraciones ambientales**

### **➤ Ataque Físico**

- Cristalización de sales
- Ataque por congelamiento y deshielo.
- Abrasión, erosión y cavitación.
- Daño térmico

### **➤ Efectos combinados.**



# **Consideraciones de diseño y carga estructural**

- **Antecedentes de los códigos.**
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- **Factores de carga y resistencia.**



# **Interacción entre efectos ambientales y carga estructural.**

## **➤ Cambios en la integridad del concreto**

- Físicos y mecánicos
- Presencia de humedad y mecanismos de transporte
- Poros, grietas.
- Permeabilidad (microestructura)
- Carbonatación, etc...

## **Consideraciones relacionadas con la construcción**

### **➤ Fabricación inicial**

- Preparación del suelo/subrasante y forma de colocación.
- Colocación del acero de refuerzo
- Colado del concreto, mezclado y distribución
- Colocación del concreto

### **➤ Acabado y curado**

## **Consideraciones relacionadas con la construcción**

### **➤ Construcción secuencial**

- Apuntalamiento y desapuntalamiento
- Juntas

## **Inspección en servicio, vida de servicio residual**

### **➤ Sistemas de materiales de concreto**

- Métodos no destructivos
- Métodos destructivos
- Composición de la mezcla

### **➤ Sistemas de materiales de acero de refuerzo**

- Anclajes embebidos

## **Ejemplo de tipos de información necesaria para la evaluación de vida de servicio**

### **Conformidad de la estructura con el diseño original**

Revisión de documentación

Visita preliminar al sitio

- Inspección visual para el cumplimiento con la documentación de la construcción
- Revisión con Pacómetro para localizar y caracterizar el acero de refuerzo (por ejemplo, tamaño y espacio)

Análisis preliminar

### **Inspección para presencia de degradación**

Inspección visual

Revisión de grietas

Revisión de Delaminación/Desprendimiento

Revisión de Cloruros

Revisión de Carbonatación

Eliminación de la muestra



### **Pruebas de laboratorio**

Estudios petrográficos (por ejemplo, contenido de aire, distribución aire-vacio, agregados inestables, tipos de peligros, y estimación de  $a/cm$ )

Estudios químicos (por ejemplo, constituyentes químicos de materiales cementicios, pH, presencia de componentes químicos, y características de pasta y agregados)

Propiedades materiales del concreto y el acero de refuerzo (por ejemplo, esfuerzo y modulo de elasticidad)

### **Evaluación de degradación**

Propiedades materiales especificadas contra actuales

Absorción y permeabilidad del concreto (relativa)

Recubrimiento del concreto (por ejemplo, corazones, o mediciones con Pacómetro)

Presencia de grietas en el concreto, desprendimiento, o delaminación

Profundidad de penetración de cloruros y carbonatación

Actividad de la corrosión en el acero de refuerzo (por ejemplo, mediciones de potencial con media-celda, y pulso galvanostático, cuatro-electrodos, y pruebas de corrosión)

Agresividad del medioambiente (por ejemplo presencia de humedad, cloruros, y sulfatos)

### **Reanálisis estructural para condiciones actuales**

Reanálisis para las típicas cargas muertas y vivas

Examinación de daños por otras cargas (por ejemplo, sísmica y viento)

**Métodos de pruebas no destructivas para determinar las propiedades materiales del concreto endurecido en construcciones existentes (ACI 228.2)**

Propiedad	Posibles métodos		Comentario
	Primario	Secundario	
<b>Esfuerzo de compresión</b>	Corazones para pruebas de compresión (ASTM C 42 y C 39)	Resistencia a la penetración (ASTM C 803; en pruebas de retirado de perforado)	Esfuerzo del concreto en sitio, comparación de esfuerzos en diferentes lugares, y pruebas no estandarizada de retirado de perforado
<b>Esfuerzo relativo de compresión</b>	Número de rebote (ASTM C 805); Velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597)	-	Número de rebote influenciado por las propiedades cercanas a la superficie; la velocidad de pulso ultrasónico da como resultado el promedio de espesor
<b>Esfuerzo de tensión</b>	Esfuerzo de tensión de corazones (ASTM C 496)	Pruebas de tensión en sitio (ACI 503R; BS 1881; parte 207)	Evaluar la resistencia a la tracción del concreto
<b>Densidad</b>	Peso específico de muestras	Calibrador nuclear	-
<b>Contenido de humedad</b>	Medidores de humedad	Calibrador nuclear	-
<b>Módulos estáticos de elasticidad</b>	Pruebas de compresión de corazones	-	-
<b>Módulos dinámicos de elasticidad</b>	Pruebas de frecuencia de resonancia para especímenes aserrados	Velocidad de pulso ultrasónico (ASTM C 597); eco de impacto; análisis espectral de ondas de superficie (SASW)	requiere el conocimiento de la densidad y el coeficiente de Poisson (excepto ASTM C 215); el módulo de elasticidad dinámico suele ser mayor que el módulo de elasticidad estática

**Métodos de pruebas no destructivas para determinar las propiedades materiales del concreto endurecido en construcciones existentes (ACI 228.2)**

Propiedad	Posibles métodos		Comentario
	Primario	Secundario	
<b>Contenido de aire; contenido de cemento; y propiedades del agregado (escala. reactividad álcali-agregado, susceptibilidad a la congelación y descongelación)</b>	Exanimación petrográfica de muestras de concreto removidas de la estructura (ASTM C 856, ASTM C 457); contenido de cemento (ASTM C 1084)	Exanimación petrográfica de los agregados (ASTM C 294, ASTM C 295)	Ayudar en la determinación de la causa(s) de daño; grado de daño; calidad del concreto originalmente y actual
<b>Reactividad álcali-sílice</b>	Pruebas rápidas Cornell/SHRP (SHRP-C-315)	-	Establecer en el campo si el deterioro observado se debe a la reactividad álcali-sílice
<b>Carbonatación, pH</b>	Fenolftaleína (indicador cualitativo), medidor de pH	Otros indicadores de pH (por ejemplo, papeles litmus)	Evaluación de los valores de la corrosión del concreto con la profundidad y susceptibilidad del acero a corroerse; profundidad de carbonatación
<b>Daño por fuego</b>	Petrografía; numero de rebote (ASTM C 805)	SASW; velocidad de pulso ultrasónico; eco impacto; respuesta al impulso	Número de rebote que permite la demarcación de un concreto dañado
<b>Daño por congelación y descongelación</b>	Petrografía	SASW; respuesta al impulso	-



**Métodos de pruebas no destructivas para determinar las propiedades materiales del concreto endurecido en construcciones existentes (ACI 228.2)**

Propiedad	Posibles métodos		Comentario
	Primario	Secundario	
<b>Contenido de iones cloruro</b>	Acido soluble (ASTM C 1152) y agua soluble (ASTM C 1218)	Exanimación de iones específicos	El ingreso de cloruros aumenta la susceptibilidad del acero de refuerzo a la corrosión
<b>Permeabilidad al aire</b>	SHRP Método de flujo de aire de superficie (SHRP-S-329)	-	Medidas en sitio en el índice de permeabilidad cerca de la superficie del concreto(15 mm)
<b>Resistencia eléctrica del concreto</b>	Resistencia de AC usando un resistómetro	SHRP prueba de resistencia de la superficie (SHRP-S-327)	La resistencia de CA es útil para evaluar la eficacia de los aditivos y las adiciones de cemento: SHRP método útil para evaluar la eficacia de los selladores
<b>Contracción / expansión</b>	Cambio de la longitud de perforación o especímenes aserrados (ASTM C 341)	-	Mediciones del incremento de potencial del cambio de longitud
<b>Resistencia para penetración de cloruros</b>	Prueba de 90-días de encharcamiento (AASHTO-T-259)	Indicación de la capacidad eléctrica del concreto para resistir la penetración de iones de cloruro (ASTM C 1202)	Establece la susceptibilidad relativa del concreto a la intrusión de ion cloruro: evaluar la eficacia de los selladores químicos, membranas, y recubrimientos

## **Métodos para predecir vida de servicio**

### **➤ Predicciones basadas en la experiencia**

- Basadas en el conocimiento acumulado en el campo y en el laboratorio.
- Conocimiento empírico y heurístico.
- Colectivamente proveen una gran contribución a las bases de los estándares para el concreto

## **Métodos para predecir vida de servicio**

### ➤ **Predicciones basadas en comparaciones de desempeño**

- No es usado comúnmente para el concreto,
- Aumento de estructuras envejecidas permitirán su uso, así como:
  - Cambios en los componentes del concreto
  - Cambios en los microclimas
  - Avances en el uso de las adiciones químicas y minerales

# Métodos para predecir vida de servicio

## ➤ Pruebas aceleradas

- Enfoque:
  - Si es adecuadamente diseñada, desarrollada e interpretada puede ayudar a predecir el desempeño y la vida de servicio de una estructura.
  - Puede proveer información sobre la degradación del concreto que fuera necesaria para resolver modelos matemáticos
- Aplicación:
  - Pruebas de congelación y deshielo.
  - Ataque por sulfatos.

## **Métodos para predecir vida de servicio**

### ➤ **Modelos determinísticos**

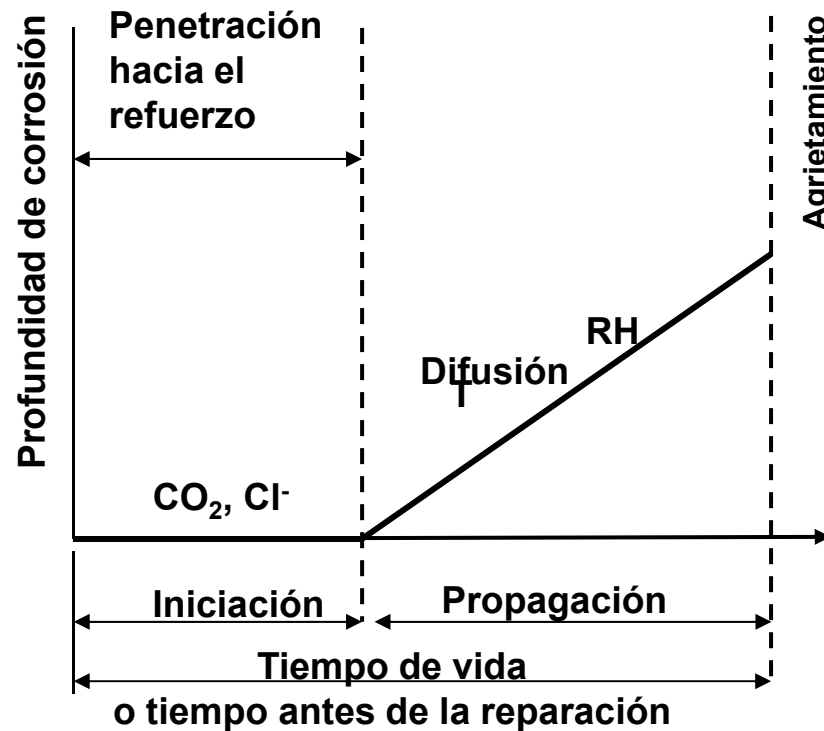
Los **determinísticos** de durabilidad son utilizados en diseños donde la dispersión de la **degradación** (o **desempeño** o **vida de servicio**) no es tomada en cuenta. Generalmente se usa información generada por **datos experimentales puntuales**. Con valores de parámetros conocidos el modelo alcanza solamente un valor (de degradación, desempeño o vida de servicio) el cual es llamado el **valor principal**<sup>9</sup>.

9.- A. Sarja, and E. Vesikari: "Durability Design of Concrete Structures", Manuscript of RILEM Report of TC 130-CSL, RILEM Report Series 14, Chapter 7 Durability models. pp: 97-111, E & FN Spon, Chapman and Hall, 165 p., (1996).

## Métodos para predecir vida de servicio

### ➤ Modelos determinísticos

- Modelo de la corrosión del acero de refuerzo<sup>10</sup>.



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

Donde

D = Coeficiente de difusión

x = recubrimiento

t = tiempo

C<sub>f</sub> = Concentración de iones libres

Tiempo

10.- Tuutti, K. (1982), Corrosion of steel in concrete, CBI, Research report 4, 1982, Stockholm.

## Métodos para predecir vida de servicio

### ➤ Modelos matemáticos

- Ataque de Sulfatos.

$$R = \frac{X_{spall}}{T_{spall}} = \frac{(EB^2 c_s C_0 D_i)}{[\alpha_0 \tau (1 - \nu)]}$$

Donde

$X_{spall}$  = espesor de la zona de reacción causante del desconchamiento

$T_{spall}$  = Tiempo en el que ocurre el desconchamiento

$E$  = Módulo de Young

$B$  = Deformación lineal causada por la concentración de sulfatos

$c_s$  = concentración de sulfatos.

$C_0$  = concentración de la reacción de sulfatos en forma de etringita

$D_i$  = Coeficiente de difusión intrínseca de iones sulfato

$\alpha_0$  = factor de rugosidad de la trayectoria de ruptura

$\nu$  = Relación de Poisson

# Métodos para predecir vida de servicio

## ➤ Modelos matemáticos

- Lixiviado.

$$\frac{dM}{dt} = 2.6KA(C_s - C)^\theta$$

Donde

$M_{\text{spall}}$  = Pérdida de masa en el tiempo  $t$  en un área  $A$

$K$  = Constante de disolución obtenida experimentalmente

$C_s$  = Potencial de la solución de agua

$C$  = concentración del material disuelto en el tiempo  $t$

$\theta$  = Orden cinético del proceso de disolución



## **Métodos para predecir vida de servicio**

### ➤ **Métodos estocásticos**

El planteamiento **probabilístico (métodos estocásticos)**, es un método donde la estructura está diseñada por seguridad con un cierto **mínimo de fiabilidad** con respecto al objetivo de la vida servicio. También proporciona un diseño con la posibilidad de **evaluar la sensibilidad** de los diferentes parámetros que afectan la vida de servicio.

11.- Sarja, A. and Vesikari, E. (1996): Durability Design of Concrete Structures. RILEM Report 14, E & FN Spon, London, UK.

## **Métodos para predecir vida de servicio**

### ➤ **Métodos estocásticos**

- Método de la fiabilidad: combina las pruebas de degradación acelerada con los conceptos probabilísticos.
- Combinación de los métodos estadístico y determinístico.

## Métodos para predecir vida de servicio remanente

### ➤ Falla por corrosión

$$C(x,t) = C_0 \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2(D_{cl}t)^{1/2}} \right) \right]$$

Donde:

$C(x,t)$  = concentración de cloruros a la profundidad  $x$  después de un tiempo  $t$

$D_{cl}$  = coeficiente de difusión del ión cloruro.

$\operatorname{erf}$  = es la función de error

$$\theta(t) = \theta_i - 0.023 * i_{corr} * t$$

Donde:

$\theta(t)$  = diámetro del acero de refuerzo a un tiempo  $t$ , en mm

$\theta_i$  = diámetro inicial del acero de refuerzo, en mm

$i_{corr}$  = velocidad de corrosión, en  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

$t$  = tiempo después de haber iniciado el periodo de propagación, en años

0.023 = factor de conversión de  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  a mm/año

## Predicciones basadas en extrapolaciones

$$A_d = k_d t_y^n$$

Donde:

$A_d$  = cantidad de deterioro acumulativa al tiempo  $t_y$ , en años y  
 $n$  = orden de tiempo

$$R_d = n k_d t_y^{n-1}$$

Donde:

$R_d$  = velocidad total de degradación



## **Lo que no incluye el ACI 365.1R**

- × Definiciones actualizadas de Durabilidad y Vida de servicio.
- × Consideraciones que tomen en cuenta las zonas climáticas y el cambio climático.
- × Visión holística del problema de la vida de servicio.

## Tendencias

➤ Varias organizaciones están promoviendo Normas y especificaciones basadas en el **desempeño del concreto** o aún de las estructuras mismas, especialmente en lo referido a su **durabilidad**, ejemplos:

➤ **NRMCA**: Enfoque P2P,  
“Prescription to Performance”.



➤ **RILEM**: Comité Técnico PSC,  
“Performance-based Specification  
and Control of Durability”



## **Norma Europea**

- **EN 206-1:2000**

### **Clases de Exposición.**



**European Concrete  
Society Network**

## ACI 318-2008. Clases de Exposición

Nomenclatura	Tipo de exposición	Sub-classes
<b>F</b>	Exposición a la congelación y descongelación	<b>F0,F1,F2,F3</b>
<b>S</b>	Exposición a sulfatos	<b>S0,S1,S2,S3</b>
<b>C</b>	Protección contra la corrosión del acero de refuerzo	<b>C0,C1,C2</b>
<b>P</b>	Concreto de baja permeabilidad	<b>P0,P1</b>



## **ACI 318-2008. Clases de Exposición**

<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
<b>1. Sin riesgo de corrosión o ataque</b>	
X0	Concreto simple bajo cualquier exposición excepto congelación. Concreto armado muy Seco.
<b>2. Corrosión inducida por carbonatación</b>	
Cuando concreto armado está expuesto a aire y humedad	
<b>XC1, XC2, XC3, XC4</b>	Mayor riesgo para humedades intermedias o intermitentes
<b>3. Corrosión inducida por cloruros que no sean del mar</b>	
Cuando concreto armado está sujeto a contacto con agua conteniendo cloruros (incluyendo sales descongelantes) de fuentes que no sean agua de mar	
<b>XD1, XD2, XD3</b>	Mayor riesgo para humedades intermedias o intermitentes

## **ACI 318-2008. Clases de Exposición**

<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
<b>4. Corrosión inducida por cloruros del agua de mar</b>	
Cuando el concreto armado está sometido a contacto con cloruros del mar o aire marino	
<b>XS1, XS2, XS3</b>	Mayor riesgo para humedades intermedias o intermitentes
<b>5. Ataque por Congelación/Deshielo con o sin sales descongelantes</b>	
Cuando el concreto húmedo está expuesto a un ataque por ciclos de congelación y deshielo	
<b>XF1, XF2, XF3, XF4</b>	Mayor riesgo para alta saturación y sales
<b>6. Ataque Químico</b>	
Cuando el concreto está expuesto al ataque químico por suelos o líquidos en contacto	
<b>XA1, XA2, XA3</b>	Mayor riesgo para mayores concentraciones de sustancias agresivas

## Algunas Clases de exposición para Corrosión de acero en concreto armado

1. Sin riesgo de corrosión o ataque		
<b>X0</b>	Clima muy seco	Elementos interiores con muy baja humedad
2. Corrosión inducida por carbonatación		
<b>XC1</b>	Seco o permanentemente húmedo	Elementos interiores con baja humedad. Concreto permanentemente sumergido en agua
<b>XC2</b>	Húmedo, raramente seco	Superficies sometidas a largos períodos de contacto con agua. Muchas fundaciones
<b>XC3</b>	Humedad moderada	Elementos interiores con humedad moderada a alta. Concreto externo protegido de la lluvia
4. Corrosión inducida por cloruros de agua de mar		
<b>XS1</b>	Expuesta a aire salino sin contacto directo con el mar	Estructuras cerca o en la costa
<b>XS2</b>	Permanentemente sumergido	Partes de estructuras marinas
<b>XS3</b>	Zona mareas o salpicaduras	Partes de estructuras marinas

## Límites recomendados a la composición y resistencia del concreto

Clase	a/c Max Kg/kg	Cemento Min. Kg/M <sup>3</sup>	Clase Resistencia Min. (MPa)
<b>1. Sin riesgo de corrosión o ataque</b>			<b>Opcional</b>
X0	---	---	C12
<b>2. Corrosión inducida por carbonatación</b>			
XC1	0.65	260	C20
XC2	0.60	280	C25
XC3	0.55	280	C30
XC4	0.50	300	C30
<b>4. Corrosión inducida por cloruros de agua de mar</b>			
XS1	0.50	300	C30
XS2	0.45	320	C35
XS3	0.45	340	C35

## Requisitos Prescriptivos para Ambiente Marino: EN206-1, ACI 318, NMX C403

Norma	a/c Max Kg/kg	Cemento Min. Kg/M <sup>3</sup>	Resistencia Min. (kgf/cm <sup>2</sup> )	
EN	0.50	300	300	Costa
EN	0.45	320	350	Mareas
ACI	0.40	---	350	
NMX	0.55	300	300	

## Normas Prescriptivas: Análisis Crítico

Norma	a/c Max Kg/kg	Cemento Min. Kg/M <sup>3</sup>	Resistencia Min. (kgf/cm <sup>2</sup> )	
EN	0.50	300	300	Costa
EN	0.45	320	350	Mareas
ACI	0.40	---	350	
NMX	0.55	300	300	

- 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/cmáx?; ¿se cumple en la realidad?.

## Enfoque reglamentario clásico (EN, ACI)

Estas normas se basan mayoritariamente en especificaciones prescriptivas: a/c máxima, contenido de cemento mínimo

¿CUAL ES EL PROBLEMA?



# ¿CUAL ES EL PROBLEMA?


- Calidad del Hormigón en la Estructura
- Importancia del “Recubrimiento”
- Factores Vitales: Tratamiento Reglamentario
- Sensibilización sobre la sustentabilidad





ES NECESARIO UN CAMBIO





¿Existen normas en la actualidad que consideren explícita ó completamente los parámetros ideales de desempeño y de durabilidad?



## • Ejemplo de especificación por desempeño ACI 318

Propuesta CSA Clase C-1

	Límite de pre-calificación	PoD o In situ Limite de la media	PoD o In situ límite de valor único
<b>Esfuerzo (MPa)</b>	$>35 + 1.4S$	$>35.0$	$>31.5$
<b>Contenido de aire (%)</b>	5-8%	$>5$ (Concreto fresco)	$>5$ (Concreto endurecido)
<b>Espacio de los factores</b>	170	$<230$	$<260$
<b>Permeabilidad (Coulombs)</b>	$<1150$ (Sugerido)	$<1500$	$<1750$ (Sugerido)
<b>Contracción a los 28 días (%)</b>	$<0.040$	$<0.040$ (Sugerido)	$<0.050$ (Sugerido)

## • Situación Ideal

Recubrimiento	DISEÑO	PRACTICA	CONTROL
Espesor	<b>Recubrimiento max/min = f(K)</b>	Ubicación y fijación cuidadosa de las barras	Conformidad medida "in situ" (pacómetro)
Calidad= K-1  K = penetrabilidad	Especificación por desempeño Kmax (ejemplo ASTM C1202)	Producción de concreto  Ejecución: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colado</li> <li>• Compactado</li> <li>• Acabado</li> <li>• Desmolde</li> <li>• Curado</li> </ul>	Control de K en laboratorio  Conformidad medida "in situ"

## Caso Suizo

- **SIA 262:2003**

**Concrete Construction.**



## 2.4 DURABILITY

### 2.4.1 General

- Respecto a la durabilidad, la calidad del hormigón de recubrimiento es de particular importancia

### 6.4.2 Production of on impermeable cover concrete

#### 6.4.2.1 The quality of the cover concrete is influenced, among others, by the:

- Composition of the concrete
- Shape and dimensions of the structural member
- Reinforcement content and the arrangement of the reinforcement
- Type and pretreatment of the form work

- Se verificará la impermeabilidad del hormigón de recubrimiento, mediante ensayos de permeabilidad **in situ** (p.ej. mediciones de permeabilidad al aire) o
- sobre núcleos extraídos de **la estructura**

## Normas prescriptivas

➤ Normas prescriptivas:

- Especifican indicadores de durabilidad (a/c) que:
  - ❑ tienen una relación indirecta con los parámetros de desempeño
  - ❑ son difíciles o imposibles de medir en la práctica
- Desalientan la innovación
- El punto de control es la planta de concreto, ignorando lo que sucede después
- No incorporan la calidad de la ejecución
- Por lo tanto, no garantizan la durabilidad, como lo atestiguan abundantes malos ejemplos

## **Norma SIA 262 (por Desempeño)**

- El enfoque de la Norma Suiza **SIA 262** de establecer como indicador de **durabilidad** la **permeabilidad del recubrimiento** medida en la estructura , apunta a controlar el producto terminado.
- Así, mide el resultado de la contribución de todos los que intervienen en la cadena de la construcción (especificadores, proveedores de concreto y de materiales, contratistas, etc.)



## **Norma SIA 262 (por Desempeño)**

- Al controlar el producto terminado, impone una mentalidad orientada al desempeño en todos los actores, asegurando una competencia leal:
  - en los Contratistas , que entregan el producto a ser controlado, donde quienes no apliquen buenas prácticas serán penalizados al deber usar mezclas más caras o aplicar medidas curativas
  - en los Productores de concreto, que deberán diseñar, producir y entregar, eficientemente, concretos que alcancen el desempeño requerido
  - en los Proveedores de Materiales (cementos, aditivos, áridos) que deben diseñar sus **productos hacia un desempeño óptimo en el concreto**

## **Norma SIA 262 (por Desempeño)**

- **Incentiva la innovación fomentando el uso de:**
  - Concreto autocompactante, que crea un recubrimiento más compacto y uniforme que el concreto vibrado
  - Membranas permeables en las formas
  - Compuestos de curado más eficientes y/o de concretos “autocurantes”
  - Concretos de Alto Desempeño
  - Compuestos de Ultra Alto Desempeño (selectivamente)
  - Concretos de baja retracción y de retracción compensada
  
- **Facilita la tarea de la D. O., que no necesita controlar todas las etapas de la ejecución sino solamente el producto final (+ rol preventivo)**



## **Caso Latinoamericano**

- **Normas de durabilidad**

**Requerimientos de durabilidad.**



## **Requerimientos de Durabilidad**

- Generalidades
- Concepto Estructural
- Calidad de los Materiales
- Construcción
- Inspección
- Verificaciones
- Medidas Especiales de Protección

## ACCIONES DEL MEDIO

<i>Clase General de Exposición</i>				<i>DESCRIPCION</i>
<i>Tipo</i>	<i>Subtipo</i>	<i>Clase de Proceso</i>	<i>Designación</i>	
No agresivo	Seco	Ninguno	<b>C0</b> (equivalente a I y <b>XC0</b> y <b>XC1</b> )	Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. Elementos de hormigón en masa.
Rural/ Urbano	Humedad Media a alta y protegido de las lluvias	Corrosión por carbonatación	<b>C1</b> (equivalente a IIa y <b>XC4</b> )	Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>70%/promedio anual) o a condensaciones frecuentes. Hormigones en el exterior, protegidos de la lluvia en zonas de HR media anual superior al 70%
	Humedad Media a alta y expuesto a las lluvias		<b>C2</b> (equivalente a IIb y <b>XC3</b> )	Exteriores sometidos a la acción del ambiente (alta temperatura y agua de la lluvia), en zonas con HR media anual inferior al 70%
	Humedad alta y expuesto a las lluvias		<b>C3</b> (equivalente a IIc y <b>XC2</b> y <b>XC4</b> )	Exteriores sometidos a la acción del ambiente (alta temperatura y agua de la lluvia), en zonas con HR media anual superior al 70%

## ACCIONES DEL MEDIO

<i>Clase General de Exposición</i>				<i>DESCRIPCION</i>
<i>Tipo</i>	<i>Subtipo</i>	<i>Clase de Proceso</i>	<i>Designación</i>	
<b>Marino</b>	Sumergido	<b>Corrosión por Cloruros</b>	<b>M1</b> (equivalente a IIIb y XS2)	Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.
	Zonas de mareas		<b>M3</b> (equivalente a IIIc y XS3)	Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de mareas
	Zonas aéreas con distancias de 5/500m a la línea de costa		<b>M4</b> (equivalente a IIIab y XS1)	Elementos exteriores de estructuras en las proximidades de la línea de costa (de 5 a 500 m)
	Zonas aéreas con distancias de 0/5m		<b>M5</b> (equivalente a IIIaa y XS1)	Elementos de estructuras marinas por encima del nivel de pleamar (salpique) a menos de 5m de la superficie del agua.

1 (muy baja), 2 (baja), 3 (media), 4 (alta), 5 (muy alta): Categorías de Corrosividad de acuerdo a ISO 9223.

C: Ataque por Carbonatación

M: Ataque por Medios Marinos

## Caso Latinoamericano: Requerimientos de durabilidad

Valores límites de concentraciones para distintas clases de exposición de ataque químico proveniente del suelo y aguas subterráneas.				
Características químicas	Método para determinar la concentración	Clasificación de Ataque Químico		
		Q2	Q3	Q4
<b>Aguas subterráneas</b>				
Ion sulfato SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (mg/l)	En 196-2	200-600	600-3000	3000-6000
Valor del pH	ISO 4316	6.5-5.5	5.5-4.5	4.5-4
CO <sub>2</sub> agresivo (mg/l)	Pr En 13577:1999	15-40	40-100	100-Saturacion
Ion amonio NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> (mg/l)	ISO 7150-1 ISO 7150-2	15-30	30-60	60-100
Ion magnesio Mg <sup>2-</sup> (mg/l)	ISO 7980	300-1000	1000-3000	3000-Saturacion
<b>Suelos</b>				
Ion sulfato SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub> (mg/kg total) <sup>a</sup>	En 196-2 <sup>b</sup>	2000-3000	3000 <sup>c</sup> -12000	12000-24000
Grado de acidez Baumann-Gully	DIN 4030-2	>200	Estas condiciones no se dan en la practica	

a. Suelos arcillosos con permeabilidad menor a 10<sup>-5</sup> m/s serán ubicados en la clase inferior.

b. Puede usarse un método alternativo en base a extracción de agua.

c. El valor límite de 3000 mg/kg debería ser disminuido a 2000 mg/kg cuando hay riesgo de acumulación de iones sulfatos en el concreto debido a ciclos de humedecimiento y secado o a succión capilar.



Cinvestav

## **Generalidades**

- Adecuada concepción estructural
- Buena selección de la calidad de los materiales
- Detallado correcto del acero de refuerzo
- Diseño adecuado de la mezcla de concreto, acorde a las condiciones medio ambientales y de servicio.
- Adecuada ejecución tomando en cuenta el transporte y colocación de la mezcla de concreto
- Control de calidad
- Adecuada inspección
- Verificación por medio de ensayos de campo y de laboratorio del concreto a utilizar
- Identificar la agresividad del medio ambiente mediante actividades de visita al lugar y, de ser posible, ensayos de campo y/o laboratorio de los agresivos ambientales.
- Otras medidas especiales en lo que a durabilidad se refiere



## **Concepción estructural**

- La estructura debe ser tolerable a daños, por lo cual la falla de elementos individuales no debe causar el colapso de ésta.
- La selección de una forma estructural apropiada que minimice la absorción de agua o el tiempo de exposición a la humedad.
- Las dimensiones, formas y el detallado de aquellos elementos expuestos deberán permitir suficiente drenaje y evitar la acumulación de agua.

## **Concepción estructural**

- Se deberá tener especial cuidado en minimizar el agrietamiento por contracción de secado del concreto, o por las cargas en tensión durante la colocación.
- Los elementos estructurales deben ser accesibles a ser inspeccionados y reparados. Para lograr esto, se debe prever un acceso adecuado a todos los elementos estructurales.

## Calidad de materiales

Valores limites recomendados para la composición y propiedades del concreto														
	Sin riesgo	Corrosión inducida por Carbonatación				Corrosión inducida por Cloruros						Medios Químicamente Agresivos		
						De Agua de Mar				Otros orígenes				
	C0	C0	C1	C2	C3	M1	M3	M4	M5	CI4	CI5	Q1	Q2	Q3
<b>Máxima relación a/c</b>	-	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45	0.40	0.45	0.40	0.55	0.50	0.45
<b>Mínimo contenido de Cemento (kg/m3)</b>	-	260	280	280	300	300	340	380	420	380	420	300	340	380
<b>Mínimo espesor de recubrimiento</b>	-	20	20	30	40	50	50	50	70	50	70	50	50	70
<b>Otros requerimientos</b>												Use(1) cemento resistente a sulfato		

(1) Debe utilizarse un Tipo de Cemento Portland II o V si ocurre exposición en los medios Q3 y Q4. Existen algunos países donde el cemento Portland I presenta un bajo contenido de C3A (< 5 %), por lo cual también podría utilizarse.

## **Medidas Especiales de Protección**

- Incrementar el espesor de cubrimiento del concreto sobre la armadura.
- Refuerzo Galvanizado.
- Protección Catódica.
- Inhibidores de Corrosión.
- Recubrir el concreto con pinturas, especialmente las de carácter hidrofóbico.

## Verificaciones

- Criterios de porosidad efectiva para efectos de durabilidad

### Porosidad Efectiva

Porosidad Efectiva (%)	Criterio de Aceptación
$\leq 10$	Concreto de buena calidad y compacidad
10 - 15	Concreto de moderada calidad
$\geq 15$	Concreto de calidad inadecuada

Carga (Coulombs)	Clase de Permeabilidad
100-1000	Muy baja
1000 - 2000	Baja
2000 – 4000	Moderada
> 4.000	Alta

### Permeabilidad a Cloruros

## Norma Mexicana

- **NMX-C-403-ONNCCE-1999**

**Industria de la construcción-  
concreto hidráulico para uso  
estructural**



## Especificaciones

- Materiales componentes
  - Cemento hidráulico
  - Agregados
  - Agua de mezclado
  - Aditivos
  
- Requisitos del concreto en estado fresco
  - Revenimiento
  - Masa unitaria
  - Temperatura del concreto fresco en climas extremos

# Especificaciones

- **Requisitos del concreto en estado endurecido**
  - **Resistencia a compresión**
  - **Modulo de elasticidad**
  - **Comprobación de la calidad del concreto mediante el ensaye de núcleos**
  
- **Durabilidad**



**Tabla A.1.- Clasificación de exposición ambiental**

<b>Clase de exposición</b>	<b>Condiciones ambientales</b>
1	<p><b>Ambiente seco:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Interior de edificaciones habitables.</li> <li>•Componentes interiores que no se encuentran expuestos en forma directa al viento ni a suelos o agua.</li> <li>•Regiones con humedad relativa mayor al 60% por un lapso no mayor a tres meses al año.</li> </ul>
2a	<p><b>Ambiente húmedo sin congelamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Interior de edificaciones con humedad relativa mayor al 60% por más de tres meses al año.</li> <li>•Elementos exteriores expuestos al viento pero no al congelamiento.</li> <li>•Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua sin posibilidad de congelamiento.</li> </ul>
2b	<p><b>Ambiente húmedo con congelamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Elementos exteriores expuestos al viento y al congelamiento.</li> <li>•Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua con posibilidad de congelamiento.</li> </ul>
3	<p><b>Ambiente húmedo con congelamiento y agentes descongelantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Elementos exteriores expuestos al viento, con posibilidad de congelamiento y/o exposición a agentes descongelantes.</li> <li>•Elementos en suelos no reactivos o no agresivos y/o en agua con posibilidad de congelamiento y agentes químicos descongelantes.</li> </ul>
4	<p><b>Ambiente marino:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Elementos en zonas de humedad o sumergidas en el mar con una cara expuesta al aire.</li> <li>•Elementos en aire saturado de sales (zona costera).</li> </ul>

**Tabla A.1.- Clasificación de exposición ambiental (continuación)**

Clase de exposición	Condiciones ambientales
5a	<p><b>Ambiente de agresividad química ligera (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•En contacto con agua</li> <li>PH <span style="float: right;">6.5 – 5.5</span></li> <li>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>) <span style="float: right;">15 - 30</span></li> <li>Amonio (en mg/l como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) <span style="float: right;">15 - 30</span></li> <li>Magnesio (en mg/l como Mg<sup>2+</sup>) <span style="float: right;">100 - 300</span></li> <li>Sulfato (en mg/l como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) <span style="float: right;">200 - 600</span></li> <li>•En contacto con suelo</li> <li>Grado de acidez según Baumann – Gully <span style="float: right;">Mayor a 20</span></li> <li>Sulfatos (en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire) <span style="float: right;">2000 – 6000</span></li> </ul>
5b	<p><b>Ambiente de agresividad química moderada (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•En contacto con agua</li> <li>PH <span style="float: right;">5.5 – 4.5</span></li> <li>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>/l) <span style="float: right;">31 - 60</span></li> <li>Amonio (en mg/l como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l) <span style="float: right;">31 - 60</span></li> <li>Magnesio (en mg/l como Mg<sup>2+</sup>/l) <span style="float: right;">301 - 1500</span></li> <li>Sulfato (en mg/l como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l) <span style="float: right;">601 - 3000</span></li> <li>•En contacto con suelo</li> <li>Sulfatos (en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire) <span style="float: right;">6000 - 12000</span></li> </ul>

**Tabla A.1.- Clasificación de exposición ambiental (continuación)**

Clase de exposición	Clase de exposición
5c	<p>Ambiente de agresividad química alta (por gases, líquidos o sólidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•En contacto con agua</li> <li>PH <span style="float: right;">4.5 – 4.0</span></li> <li>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>/l) <span style="float: right;">61 - 100</span></li> <li>Amonio (en mg/l como NH<sup>4+</sup>/l) <span style="float: right;">61 - 100</span></li> <li>Magnesio (en mg/l como Mg<sup>2+</sup>/l) <span style="float: right;">1501 - 3000</span></li> <li>Sulfato (en mg/l como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l) <span style="float: right;">3001 - 6000</span></li> <li>•En contacto con suelo</li> <li>Sulfatos (en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire) <span style="float: right;">&gt;12000</span></li> </ul>
5d	<p>Ambiente de agresividad química muy alta (por gases, líquidos o sólidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•En contacto con agua</li> <li>PH <span style="float: right;">&lt;4.0</span></li> <li>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>/l) <span style="float: right;">&gt;100</span></li> <li>Amonio (en mg/l como NH<sup>4+</sup>/l) <span style="float: right;">&gt;100</span></li> <li>Magnesio (en mg/l como Mg<sup>2+</sup>/l) <span style="float: right;">&gt;3000</span></li> <li>Sulfato (en mg/l como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l) <span style="float: right;">&gt;6000</span></li> </ul>

**Nota A.1.-** En todos los casos registrará la condición o combinación de exposición más agresiva.

**Tabla A.2.a.- Requisitos de durabilidad según la clase de exposición**

Requisito		Clase de exposición según la tabla A.1.								
		1	2a	2b	3	4	5a	5b	5c	5d
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ).	Concreto reforzado. Concreto presforzado o postensado.	≥ 200 ≥ 250	≥ 250	≥ 250	≥ 250	≥ 300	≥ 250	≥ 300	≥ 350	≥ 350
Relación agua/cementante.	Concreto reforzado. Concreto presforzado o postensado.	≥ 0.60 ≥ 0.60	≥ 0.60 ≥ 0.60	≥ 0.55	≥ 0.55	≥ 0.55	≥ 0.55	≥ 0.50	≥ 0.45	≥ 0.45
Contenido de cemento para agregados gruesos entre 20 y 40 mm (kg/cm <sup>3</sup> ).	Concreto reforzado. Concreto presforzado o postensado.	≥ 270 ≥ 300	≥ 300 ≥ 300	≥ 300 ≥ 300	≥ 300 ≥ 300	≥ 300	≥ 300	≥ 300	≥ 300	≥ 300
Contenido de aire por tamaño máximo de agregado %. Se permite una tolerancia de ± 1.5 %.	≤ 40 mm ≤ 20 mm ≤ 10 mm			Si el concret o se puede saturar ver clase 3	≥ 4 ≥ 5 ≥ 6					
Requisitos adicionales para agregado.				Resistente al congelamiento	Resistente al congelamiento					
Requisitos adicionales para cemento.							Véase Tablas A.2.b. y A.2.c.			

Para protección contra ataques por agentes agresivos en aguas o suelos, véase tablas A.2.b. y A.2.c.

**Tabla A.2.b.- Especificaciones contra el ataque químico de agentes agresivos cuando existen sulfatos**

Parámetros	Clase de exposición 5a		Clase de exposición 5a	Clase de exposición 5a	Clase de exposición 5a
	Ligera		Moderada	Alto	Muy alto
Tipo de cemento	CPO	RS	RS	RS	RS
Máxima relación agua/cementante	0.50	0.55	0.50	0.45	0.45
Mínimo contenido de cementante (kg/cm <sup>3</sup> )	330	300	330	370	370
Protección adicional	No necesaria		No necesaria	No necesaria	No necesaria

CPO - Cemento Portland Ordinario.

RS – Cemento con características especiales de resistencia a los sulfatos según NMX-C-414-ONNCCE.

**Tabla A.2.c.- Especificaciones contra el ataque químico de agentes agresivos cuando no existen sulfatos**

Parámetros	Clase de exposición 5a	Clase de exposición 5a	Clase de exposición 5a	Clase de exposición 5a
	Ligera	Moderada	Alto	Muy alto
Tipo de cemento	CPO	RS	RS	RS
Máxima relación agua/cementante	0.55	0.50	0.45	0.45
Mínimo contenido de cementante (kg/cm <sup>3</sup> )	300	330	370	370
Protección adicional	No necesaria	No necesaria	No necesaria	No necesaria

CPO - Cemento Portland Ordinario.

RS – Cemento con características especiales de resistencia a los sulfatos según NMX-C-414-ONNCCE (véase Capítulo 3).



<b>Tabla A.2.a.- Requisitos de durabilidad según la clase de exposición</b>	
<b>Tipo de construcción</b>	<b>Contenido de iones cloruro (Cl<sup>-</sup>) solubles en agua. % en peso de cemento</b>
Concreto presforzado	0.06
Concreto reforzado expuesto al cloro en condiciones húmedas	0.08
Concreto reforzado expuesto al cloro en condiciones secas	0.15
Otras construcciones	0.30



<b>Tabla A.4.1.- Métodos de prueba para la durabilidad según la clase de exposición</b>		
<b>Requisito</b>		<b>Se debe utilizar el método de prueba indicado en:</b>
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o concreto postensado	NMX-C-083-ONNCCE NMX-C-169-ONNCCE (véase Capítulo 3)
Relación agua-cemento	Concreto reforzado Concreto presforzado o concreto postensado	NMX-C-159 (véase Capítulo 3)
Contenido de cemento para agregados gruesos entre 20 y 40 mm (kg/cm <sup>3</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o concreto postensado	Véase 9.4.
Contenido de aire por tamaño máximo de agregado %. Se permite una tolerancia de $\pm 1.5$ %.	$\leq 40$ mm $\leq 20$ mm $\leq 10$ mm	NMX-C-157, NMX-C-162 (véase Capítulo 3)
Requisitos adicionales para agregados		Véase 9.5.
Requisitos adicionales para cemento		Véase Tablas A.2.b. y A.2.c.





**Tabla A.4.1.- Métodos de prueba para la durabilidad según la clase de exposición (continuación)**

<b>Requisito</b>	<b>Se debe utilizar el método de prueba indicado en:</b>
<b>Ataque por exposición ambiental</b>	
Humedad relativa	Véase 9.10.
pH en agua	NMX-AA-088-89
CO2 en agua	NMX-C-283
Amonio en el agua	NMX-C-283
Sulfato en el agua	NMX-C-283
Sulfato en el suelo	A.4.3. y NMX-C-283
Ácidos en el suelo	A.4.4.
Contenido de cemento	Véase 9.7.
Resistencia al congelamiento de agregados	Véase 9.5.




<b>Tabla A.4.1.- Métodos de prueba para la durabilidad según la clase de exposición (continuación)</b>	
<b>Requisito</b>	<b>Se debe utilizar el método de prueba indicado en:</b>
<b>Ataque químico de agentes agresivos cuando existen sulfatos</b>	
Tipo de cemento	
Máxima relación agua/cementante	Véase 9.4. y 9.5.
Mínimo contenido de cementante (kg/cm <sup>3</sup> )	Véase 9.4.
Protección adicional	
<b>Ataque químico de agentes agresivos cuando no existen sulfatos</b>	
Tipo de cemento	
Máxima relación agua/cementante	Véase 9.4. y 9.5.
Mínimo contenido de cementante (kg/cm <sup>3</sup> )	Véase 9.4.
Protección adicional	



## **Lo que no incluye la Norma Mexicana**

- × Definiciones actualizadas de Durabilidad y Vida de servicio.
- × Consideraciones que tomen en cuenta las zonas climáticas y el cambio climático.
- × Visión holística del problema de la vida de servicio.
- × Inspección y ensayos de durabilidad.
- × Modelos de predicción de vida de servicio, etc.



# **Incorporación de la sostenibilidad en la normativa por durabilidad**



Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

# Proyecto de Norma General Mexicana de Durabilidad

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la  
Construcción y la Edificación

PROY-NMX-C-000-ONNCCE-2012



▶ **Introducción**

- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
  - ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3. Referencias
- ▶ 4. Términos y Definiciones
- ▶ 5. Especificaciones
  - ▶ 5.1. Generalidades
  - ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
    - ▶ 5.2.1. Generalidades
      - ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
      - ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
      - ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
      - ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
    - ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
      - ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
        - ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
        - ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
      - ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
        - ▶ 5.3.1. Generalidades
        - ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
          - ▶ 5.3.2.1. Transporte
          - ▶ 5.3.2.2. Colocación
          - ▶ 5.3.2.3. Consolidación
          - ▶ 5.3.2.4. Curado

# Introducción

En la actualidad, las estructuras de concreto demandan un mejor desempeño debido al cambio climático global que se está generando, por lo que cada proyecto debe considerar no sólo el criterio estructural, arquitectónico, de instalaciones, etc., sino también criterios por durabilidad.



Índice

- ▶ Introducción
- ▶ **1. Objetivo**
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

# 1. Objetivo

Proporcionar reglas, procedimientos, métodos, criterios y recomendaciones para concebir, proyectar, ejecutar, inspeccionar, diagnosticar, reparar, rehabilitar o reforzar estructuras de concreto con criterios de durabilidad que se encuentren sometidas a distintos tipos de ambiente mexicanos y que eventualmente apliquen en otros países bajo condiciones ambientales similares.

Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ **2. Campo de Aplicación**
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 2. Campo de aplicación

Esta norma mexicana es aplicable a todo elemento y estructura de concreto reforzado desde su concepción pasando por su puesta en servicio hasta su colapso total o parcial, afectado o no por ambientes agresivos

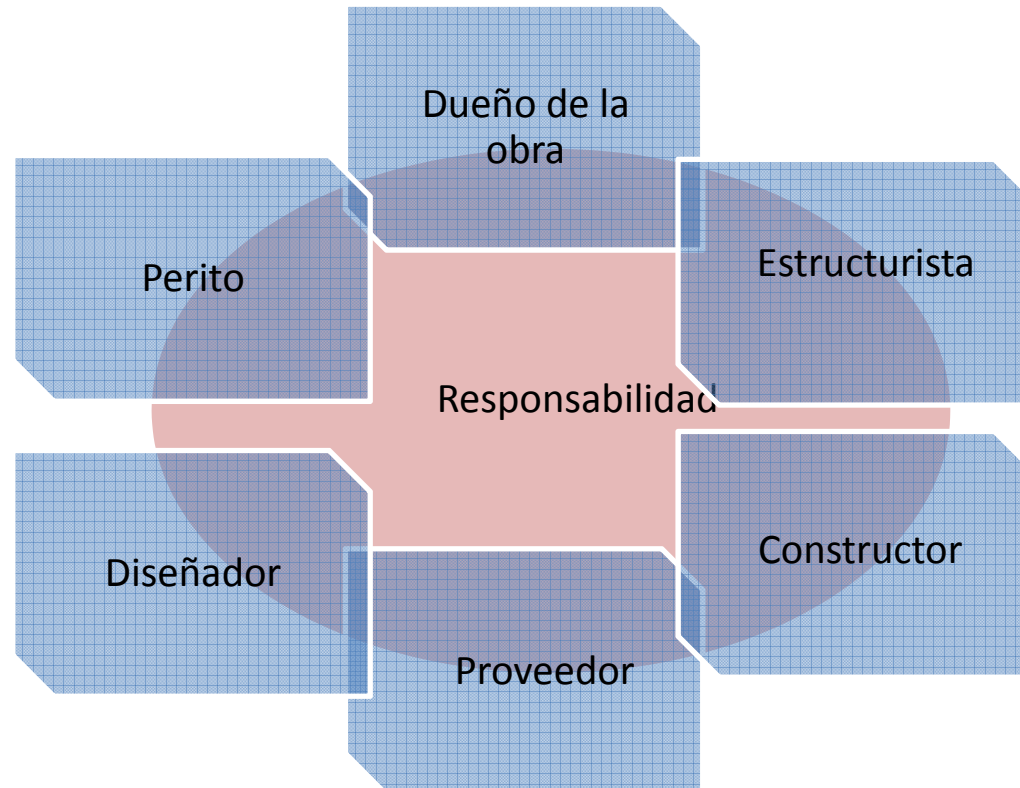




Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ **2.1 Responsabilidad**
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 2.1. Responsabilidad



Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ **3.Referencias**
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 3. Referencias

NMX-C-083-NCCE	Industria de la construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto-Método de prueba
NMX-C-111-NNCCE	Industria de la construcción-Agregados para concreto hidráulico-Especificaciones y métodos de prueba.

## 4. Términos y Definiciones

## 5. Especificaciones



Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3. Referencias
- ▶ [4. Términos y Definiciones](#)
- ▶ 5. Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 3. Referencias

## 4. Términos y Definiciones

- **Acero**

Aleaciones hierro-carbono, con un contenido máximo de carbono del 2%, aproximadamente. El carbono dota al hierro de destacadas propiedades mecánicas, necesarias para sus aplicaciones industriales.

- **Corrosión**

La transformación de un metal del estado elemental al combinado (estado iónico) por reacción con el medio ambiente.

## 5. Especificaciones



Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ **5.Especificaciones**
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 3. Referencias

## 4. Términos y Definiciones

## 5. Especificaciones

### 5.1. Generalidades



## Tabla 1.- Definiciones de durabilidad

- Índice
- ▶ Introducción
  - ▶ 1. Objetivo
  - ▶ 2. Campo de Aplicación
  - ▶ 2.1 Responsabilidad
  - ▶ 3.Referencias
  - ▶ 4.Términos y Definiciones
  - ▶ 5.Especificaciones
  - ▶ **5.1. Generalidades**
  - ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
  - ▶ 5.2.1. Generalidades
  - ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
  - ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
  - ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
  - ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
  - ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
  - ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
  - ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
  - ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
  - ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
  - ▶ 5.3.1. Generalidades
  - ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
  - ▶ 5.3.2.1. Transporte
  - ▶ 5.3.2.2. Colocación
  - ▶ 5.3.2.3. Consolidación
  - ▶ 5.3.2.4. Curado

Código o Institución	Definición de durabilidad	Año
Instituto de Arquitectos de Japón (AIJ)	No la define explícitamente.	1993
Guía para el uso en el Reino Unido de DD ENV 206: 1992 Concreto (PD 6534)	No la define explícitamente.	1993
Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles (JSCE 1995)	No la define explícitamente.	1995
Norma Canadiense (CSA 478-95)	No la define explícitamente.	1995
Norma Mexicana (NMX-C-403-ONNCCCE-1999)	Es la capacidad del concreto hidráulico para uso estructural de resistir durante un tiempo determinado (vida útil) la acción ambiental, ataque químico, abrasión, corrosión del acero de refuerzo o cualquier otro proceso de deterioro para mantener su forma original, condición de servicio y propiedades mecánicas.	1999
Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE)	La durabilidad de una estructura de concreto es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones.	1999
ACI 365.1R-00 (ASTM E 632)	La capacidad de mantener la serviciabilidad de un producto, componente, ensamble o construcción durante un tiempo especificado.	2000
Norma Brasileña (NBR 6118), Proyecto de estructuras de concreto-procedimiento	Consiste en la capacidad de la estructura de resistir las influencias ambientales previstas y definidas en conjunto por el autor del proyecto estructural y el contratista desde el inicio de los trabajos de elaboración del proyecto.	2002
Organización Europea para la Idoneidad Técnica (EOTA)	No la define explícitamente.	2006

Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ **5.1. Generalidades**
- ▶ 5.2. Planeación de la vida de servicio del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## Tabla 2- Definiciones de vida de servicio

Código o Institución	Definición	Año
	Vida de Servicio	
Red DURAR (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED)	Es el periodo de tiempo durante el cual la estructura conserva los requerimientos de proyecto en términos de seguridad, funcionalidad y estética, sin costos inesperados de mantenimiento	1997
Directiva para Productos de Construcción (CPD)	Es el periodo de tiempo durante el cual el desempeño de los trabajos estará manteniéndose a un nivel compatible con el cumplimiento de los requerimientos esenciales.	1998
Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE)	Se entiende por vida útil de la estructura el periodo de tiempo, a partir de la fecha en la que finaliza su ejecución, durante el que deben mantenerse las exigencias básicas en unos límites aceptables. Durante ese periodo requerirá una conservación normal, que no implique operaciones de rehabilitación.	1999
ACI 365.1R-00 (ASTM E 632)	Es el periodo de tiempo después de la instalación, durante el cual todas las propiedades exceden los valores mínimos aceptables con mantenimiento rutinario	2000
CIB W080/RILEM 175 SLM.	En general, el fin de la vida de servicio es el punto en el tiempo, cuando la función prevista no se cumple.	2004
Documento Normativo del Código de Edificación de Nueva Zelanda	No se define explícitamente	2004

# Modelo Conceptual de 7 etapas



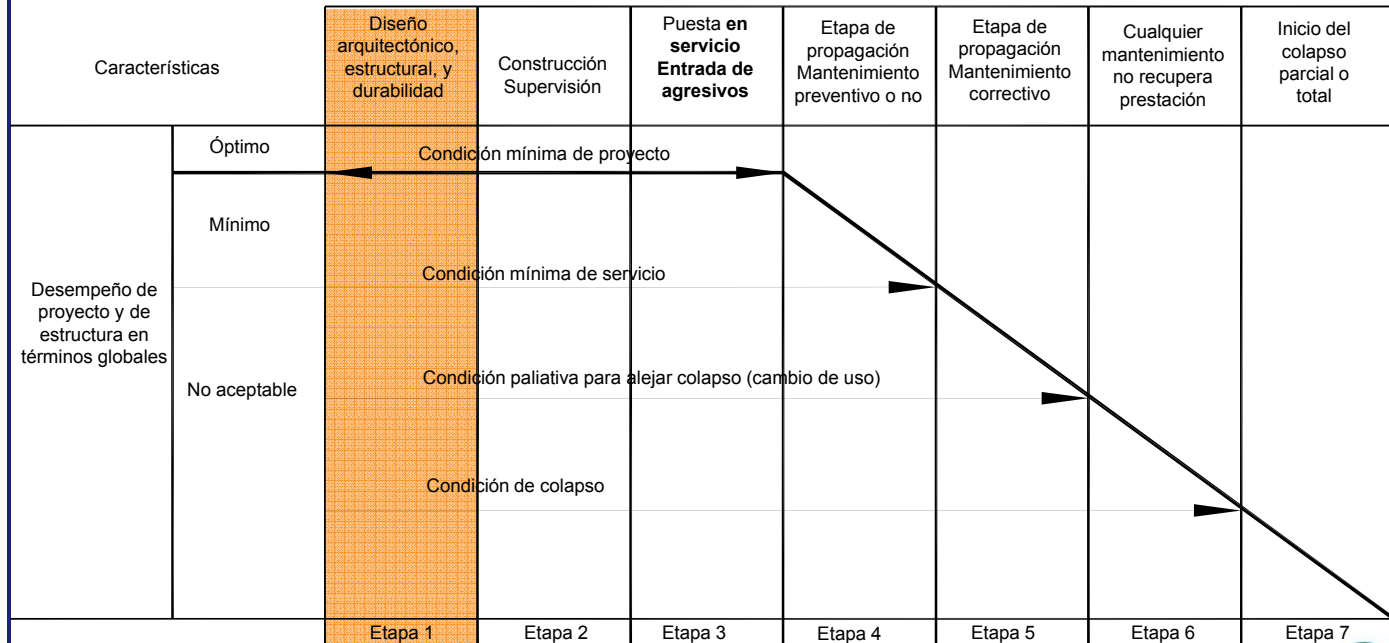
Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3. Referencias
- ▶ 4. Términos y Definiciones
- ▶ 5. Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ **5.2. Planeación de la vida útil del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).**
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 5.2 Planeación de vida de servicio de proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad)

Ésta es quizá la etapa más importante de la vida útil, pues es donde se establecen todos los criterios y especificaciones para cumplir con los objetivos para los que fue diseñada la estructura.

- 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- 5.2.1.2. Diseño estructural
- 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento





- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ [5.2. Planeación de la vida útil del proyecto \(diseño arquitectónico, estructural y durabilidad\).](#)
- ▶ 5.2.1. Generalidades
  - ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
  - ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
  - ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
  - ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
  - ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
  - ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
  - ▶ 5.3.1. Generalidades
  - ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
    - ▶ 5.3.2.1. Transporte
    - ▶ 5.3.2.2. Colocación
    - ▶ 5.3.2.3. Consolidación
    - ▶ 5.3.2.4. Curado

## 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición

Clase de exposición	Condiciones ambientales														
1	<b>Ambiente seco:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interior de edificaciones habitables</li> <li>• Componentes interiores que no se encuentran expuestos en forma directa al viento ni a suelos o agua</li> <li>• Regiones con humedad relativa mayor al 60% por un lapso no mayor a tres meses al año</li> </ul>														
2a	<b>Ambiente húmedo sin congelamiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interior de edificaciones con humedad relativa mayor al 60% por más de tres meses al año</li> <li>• Elementos exteriores expuestos al viento pero no al congelamiento</li> <li>• Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua con sin posibilidad de congelamiento</li> </ul>														
2b	<b>Ambiente húmedo con congelamiento:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos exteriores expuestos al viento y al congelamiento</li> <li>• Elementos en suelos no reactivos o no agresivos , y/o en agua con posibilidad de congelamiento</li> </ul>														
3	<b>Ambiente húmedo con congelamiento y agentes descongelantes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos exteriores expuestos al viento, con posibilidad de congelamiento y/o exposición a agentes descongelantes</li> <li>• Elementos en suelos no reactivos o no agresivos y/o en agua con posibilidad de congelamiento y agentes químicos descongelantes</li> </ul>														
4	<b>Ambiente marino:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos en zonas de humedad o sumergidas en el mar con una cara expuesta al aire</li> <li>• Elementos en aire saturado de sales (zona costera)</li> </ul>														
5a	<b>Ambiente de agresividad química ligera (por gases, líquidos o sólidos):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con agua</li> </ul> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">PH</td> <td style="text-align: right;">6,5-5,5</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>)</td> <td style="text-align: right;">15-30</td> </tr> <tr> <td>Amonio (en mg/l como NH<sup>4+</sup>)</td> <td style="text-align: right;">15-30</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (en mg/l como Mg<sup>2+</sup>)</td> <td style="text-align: right;">100-300</td> </tr> <tr> <td>Sulfato (en mg/l como SO<sub>4</sub>)</td> <td style="text-align: right;">200-600</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con suelo</li> </ul> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Grado de acidez según Baumann – Gully</td> <td style="text-align: right;">Mayor a 20</td> </tr> <tr> <td>Sulfatos (en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire</td> <td style="text-align: right;">2000 - 6000</td> </tr> </table>	PH	6,5-5,5	CO <sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO <sub>2</sub> )	15-30	Amonio (en mg/l como NH <sup>4+</sup> )	15-30	Magnesio (en mg/l como Mg <sup>2+</sup> )	100-300	Sulfato (en mg/l como SO <sub>4</sub> )	200-600	Grado de acidez según Baumann – Gully	Mayor a 20	Sulfatos (en mg de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire	2000 - 6000
PH	6,5-5,5														
CO <sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO <sub>2</sub> )	15-30														
Amonio (en mg/l como NH <sup>4+</sup> )	15-30														
Magnesio (en mg/l como Mg <sup>2+</sup> )	100-300														
Sulfato (en mg/l como SO <sub>4</sub> )	200-600														
Grado de acidez según Baumann – Gully	Mayor a 20														
Sulfatos (en mg de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire	2000 - 6000														

Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ [5.2. Planeación de la vida útil del proyecto \(diseño arquitectónico, estructural y durabilidad\).](#)
- ▶ 5.2.1. Generalidades
  - ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
  - ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
  - ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
  - ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
  - ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
  - ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
  - ▶ 5.3.1. Generalidades
  - ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
    - ▶ 5.3.2.1. Transporte
    - ▶ 5.3.2.2. Colocación
    - ▶ 5.3.2.3. Consolidación
    - ▶ 5.3.2.4. Curado

5b	<p><b>Ambiente de agresividad química moderada (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con agua</li> </ul> <p>PH <span style="float: right;">5,5 – 4,5</span></p> <p>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg CO<sub>2</sub>/l) <span style="float: right;">31 – 60</span></p> <p>Amonio (en mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l) <span style="float: right;">31 – 60</span></p> <p>Magnesio (en mg Mg<sup>2+</sup>/l) <span style="float: right;">301 - 1500</span></p> <p>Sulfato (en mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l) <span style="float: right;">601 - 3000</span></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con suelo</li> </ul> <p>Sulfatos (en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire <span style="float: right;">6000 - 12000</span></p>
5c	<p><b>Ambiente de agresividad química alta (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con agua</li> </ul> <p>PH <span style="float: right;">4,5 – 4,0</span></p> <p>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg CO<sub>2</sub>/l) <span style="float: right;">61 - 100</span></p> <p>Amonio (en mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l) <span style="float: right;">61 - 100</span></p> <p>Magnesio (en mg Mg<sup>2+</sup>/l) <span style="float: right;">1501 - 3000</span></p> <p>Sulfato (en mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l) <span style="float: right;">3001 - 6000</span></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con suelo</li> </ul> <p>Sulfatos (en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire <span style="float: right;">&gt; 1200</span></p>
5d	<p><b>Ambiente de agresividad química muy alta (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <p>En contacto con agua</p> <p>pH <span style="float: right;">&lt; 4</span></p> <p>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>) <span style="float: right;">&gt; 100</span></p> <p>Amonio (en mg/l como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) <span style="float: right;">&gt; 100</span></p>

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3.Referencias
- ▶ 4.Términos y Definiciones
- ▶ 5.Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ [5.2. Planeación de la vida útil del proyecto \(diseño arquitectónico, estructural y durabilidad\).](#)
- ▶ 5.2.1. Generalidades
  - ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
  - ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
  - ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
  - ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
  - ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
    - ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
    - ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ 5.3. Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)
  - ▶ 5.3.1. Generalidades
  - ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
    - ▶ 5.3.2.1. Transporte
    - ▶ 5.3.2.2. Colocación
    - ▶ 5.3.2.3. Consolidación
    - ▶ 5.3.2.4. Curado

## 5.2.3. Requisitos de durabilidad

Requisito		Clase de exposición según la tabla A.1.								
		1	2a	2b	3	4	5a	5b	5c	5d
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	≥200 ≥250	≥250	≥250	≥250	≥300	≥250	≥300	≥350	≥350
Relación agua/cementante	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	≤0.60 ≤0.60	≤0.60 ≤0.60	≤0.55	≤0.55	≤0.55	≤0.55	≤0.50	≤0.45	≤0,45
Contenido de cemento para agregados gruesos entre 20 y 40 mm (kg/m <sup>3</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	≥270 ≥300	≥300 ≥300	≥300 ≥300	≥300 ≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300
Contenido de aire por tamaño máximo de agregado %. Se permite una tolerancia de ± 1.5 %	≤ 40 mm ≤ 20mm ≤ 10 mm			Si el concreto se puede saturar ver clase 3	≥4 ≥5 ≥6					
Requisitos adicionales para agregado				Resisten-tes al congela miento	Resistan-tes al congela miento					
Requisitos adicionales para cemento						véase Tablas 5 y 6				

### 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto

### 5.2.3.2. Relación agua/cementante

Índice

- ▶ Introducción
- ▶ 1. Objetivo
- ▶ 2. Campo de Aplicación
- ▶ 2.1 Responsabilidad
- ▶ 3. Referencias
- ▶ 4. Términos y Definiciones
- ▶ 5. Especificaciones
- ▶ 5.1. Generalidades
- ▶ 5.2. Planeación de la vida útil del proyecto (diseño arquitectónico, estructural y durabilidad).
- ▶ 5.2.1. Generalidades
- ▶ 5.2.1.1. Diseño arquitectónico
- ▶ 5.2.1.2. Diseño estructural
- ▶ 5.2.1.3. Diseño por durabilidad
- ▶ 5.2.1.4. Diseño del plan de mantenimiento
- ▶ 5.2.2. Clasificación según el ambiente de exposición
- ▶ 5.2.3. Requisitos de durabilidad
- ▶ 5.2.3.1. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.2.3.2. Máxima relación a/c
- ▶ [5.3. Preparación para la vida de servicio \(construcción y supervisión\)](#)
- ▶ 5.3.1. Generalidades
- ▶ 5.3.2. Calidad del concreto
- ▶ 5.3.2.1. Transporte
- ▶ 5.3.2.2. Colocación
- ▶ 5.3.2.3. Consolidación
- ▶ 5.3.2.4. Curado

## 5.3 Preparación para la vida de servicio (construcción y supervisión)

La fase de ejecución es crítica por la cantidad de omisiones que hay a las condiciones dictadas por el proyecto.

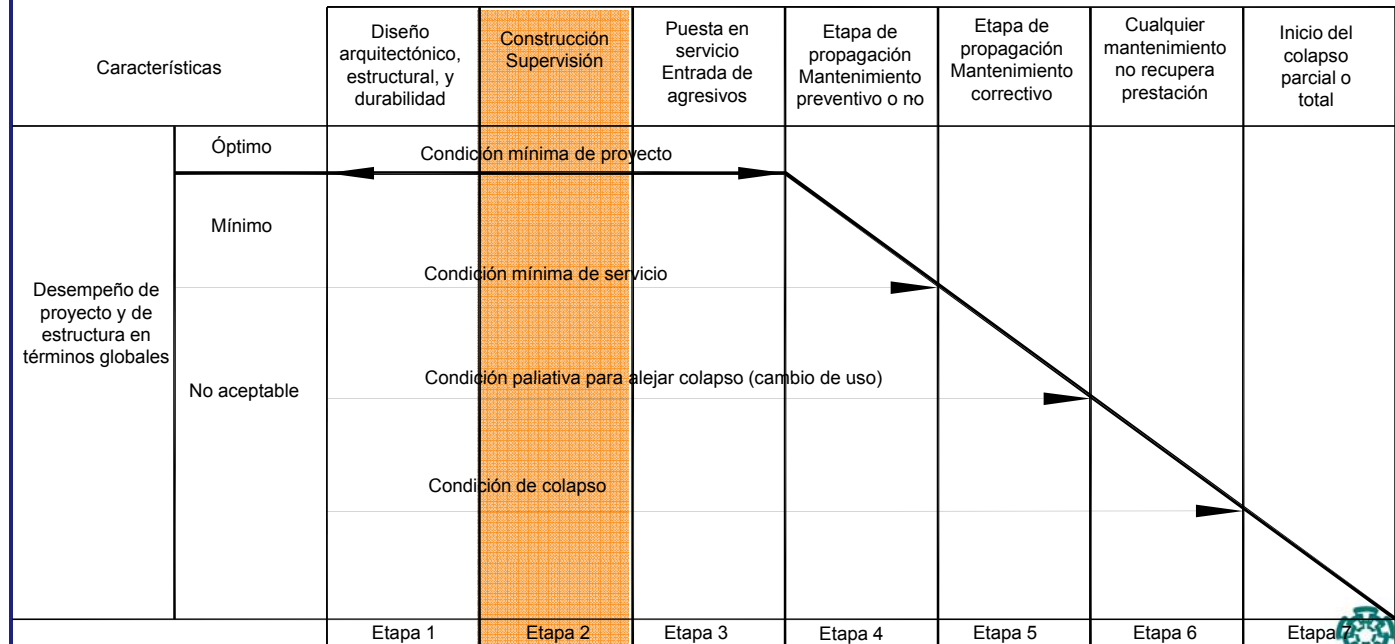
### 5.3.2. Calidad del concreto

#### 5.3.2.1. Transporte

#### 5.3.2.2. Colocación

#### 5.3.2.3. Consolidación

#### 5.3.2.4. Curado



Índice

- ▶ 5.3.2.5. Resistencia a la compresión
- ▶ 5.3.3. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.3.4. Dosificación de mezcla
- ▶ 5.3.5. Varillas de acero
- ▶ 5.3.6. Anclaje y dobléz
- ▶ 5.3.7. Grado de permeabilidad
- ▶ 5.3.8. Contenido de cloruros
- ▶ 5.3.9. Desniveles
- ▶ 5.3.10. Drenajes
- ▶ 5.3.11. Pares galvánicos
- ▶ 5.3.11.1. Instalaciones aéreas
- ▶ 5.3.11.2. Inmersos en concreto
- ▶ 5.3.12. Impermeabilización
- ▶ 5.3.13. Separación entre separadores
- ▶ 5.4. Inicio de la vida de servicio (puesta en servicio y entrada de agresivos)
- ▶ 5.4.1. Generalidades
- ▶ 5.4.2. Verificación de recubrimiento de concreto
- ▶ 5.4.3. Dosificación de mezcla
- ▶ 5.4.4. Varillas de acero
- ▶ 5.4.5. Anclaje y dobléz
- ▶ 5.4.6. Grado de permeabilidad
- ▶ 5.4.7. Contenido de cloruros
- ▶ 5.4.8. Desniveles
- ▶ 5.4.9. Drenajes
- ▶ 5.4.10. Pares galvánicos
- ▶ 5.4.10.1. Instalaciones aéreas
- ▶ 5.4.10.2. Inmersos en concreto

## 5.3.2.5. Resistencia a la compresión

## 5.3.3. Recubrimiento de concreto

## 5.3.4. Dosificación de mezcla

## 5.3.5. Varillas de acero

## 5.3.6. Anclaje y dobléz

## 5.3.7. Grado de permeabilidad

## 5.3.8. Contenido de cloruros

## 5.3.9. Desniveles

## 5.3.10. Drenajes

## 5.3.11. Pares galvánicos

### 5.3.11.1. Instalaciones aéreas

### 5.3.11.2. Inmersos en concreto

## 5.3.12. Impermeabilización

## 5.3.13. Separadores

- ▶ 5.3.2.5. Resistencia a la compresión
- ▶ 5.3.3. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.3.4. Dosificación de mezcla
- ▶ 5.3.5. Varillas de acero
- ▶ 5.3.6. Anclaje y dobléz
- ▶ 5.3.7. Grado de permeabilidad
- ▶ 5.3.8. Contenido de cloruros
- ▶ 5.3.9. Desniveles
- ▶ 5.3.10. Drenajes
- ▶ 5.3.11. Pares galvánicos
- ▶ 5.3.11.1. Instalaciones aéreas
- ▶ 5.3.11.2. Inmersos en concreto
- ▶ 5.3.12. Impermeabilización
- ▶ 5.3.13. Separación entre separadores
- ▶ [5.4. Inicio de la vida de servicio \(puesta en servicio y entrada de agresivos\)](#)
- ▶ 5.4.1. Generalidades
- ▶ 5.4.2. Verificación de recubrimiento de concreto
- ▶ 5.4.3. Dosificación de mezcla
- ▶ 5.4.4. Varillas de acero
- ▶ 5.4.5. Anclaje y dobléz
- ▶ 5.4.6. Grado de permeabilidad
- ▶ 5.4.7. Contenido de cloruros
- ▶ 5.4.8. Desniveles
- ▶ 5.4.9. Drenajes
- ▶ 5.4.10. Pares galvánicos
- ▶ 5.4.10.1. Instalaciones aéreas
- ▶ 5.4.10.2. Inmersos en concreto

## 5.4. Inicio de la vida de servicio (puesta en servicio, entrada de agresivos)

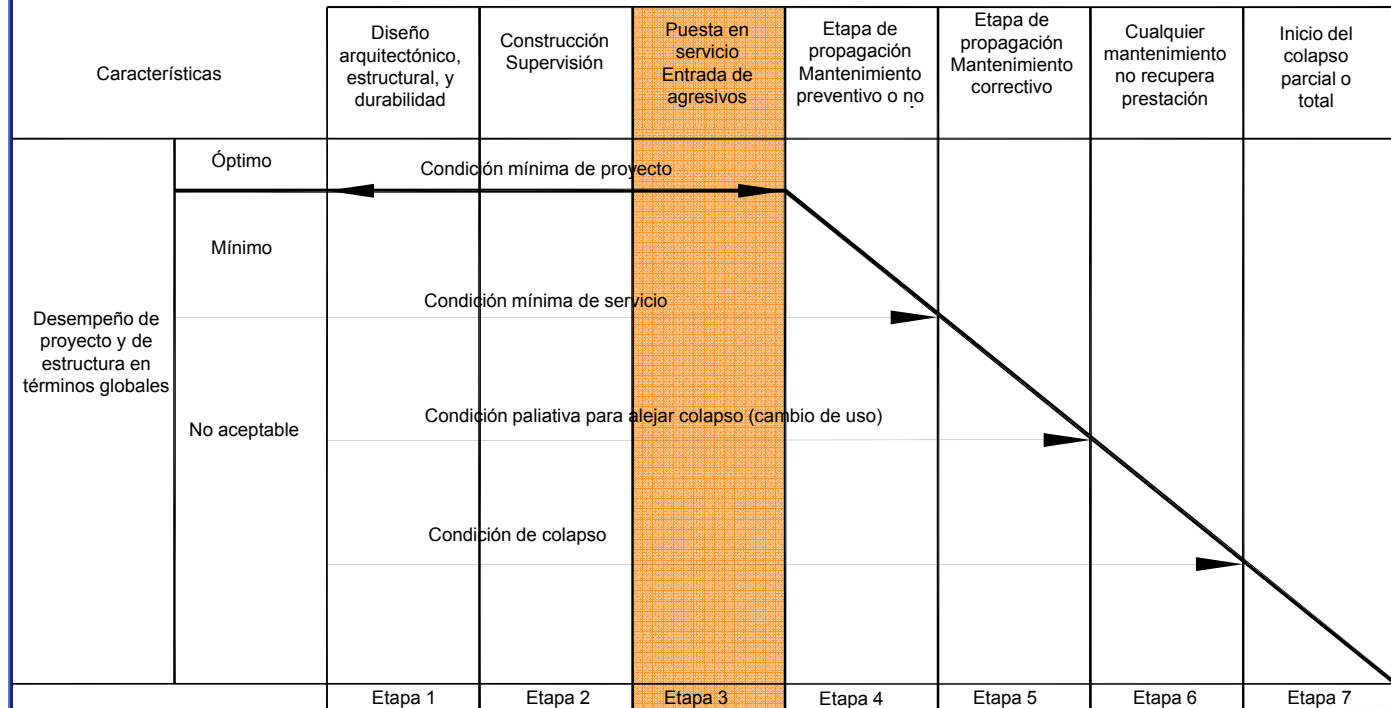
Esta etapa es un punto en el tiempo.

5.4.2. Verificación de recubrimiento de concreto

5.4.3. Dosificación de mezcla

5.4.4. Varillas de acero

5.4.5. Anclaje y dobléz



## Contenido propuesto de norma general mexicana de durabilidad

### Índice

- ▶ 5.3.2.5. Resistencia a la compresión
- ▶ 5.3.3. Recubrimiento de concreto
- ▶ 5.3.4. Dosificación de mezcla
- ▶ 5.3.5. Varillas de acero
- ▶ 5.3.6. Anclaje y dobléz
- ▶ 5.3.7. Grado de permeabilidad
- ▶ 5.3.8. Contenido de cloruros
- ▶ 5.3.9. Desniveles
- ▶ 5.3.10. Drenajes
- ▶ 5.3.11. Pares galvánicos
- ▶ 5.3.11.1. Instalaciones aéreas
- ▶ 5.3.11.2. Inmersos en concreto
- ▶ 5.3.12. Impermeabilización
- ▶ 5.3.13. Separación entre separadores
- ▶ [5.4. Inicio de la vida de servicio \(puesta en servicio y entrada de agresivos\)](#)
- ▶ 5.4.1. Generalidades
- ▶ 5.4.2. Verificación de recubrimiento de concreto
- ▶ 5.4.3. Dosificación de mezcla
- ▶ 5.4.4. Varillas de acero
- ▶ 5.4.5. Anclaje y dobléz
- ▶ 5.4.6. Grado de permeabilidad
- ▶ 5.4.7. Contenido de cloruros
- ▶ 5.4.8. Desniveles
- ▶ 5.4.9. Drenajes
- ▶ 5.4.10. Pares galvánicos
- ▶ 5.4.10.1. Instalaciones aéreas
- ▶ 5.4.10.2. Inmersos en concreto

## 5.4.6. Grado de permeabilidad

## 5.4.7. Contenido de cloruros

## 5.4.8. Desniveles

## 5.4.9. Drenajes

## 5.4.10. Pares galvánicos

### 5.4.10.1. Instalaciones aéreas

### 5.4.10.2. Inmersos en concreto

## 5.4.11. Impermeabilización



Índice

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ **5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación, mantenimiento preventivo o no)**
- ▶ 5.5.1. Generalidades
- ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
  - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
- ▶ 5.6. Vida de servicio residual (Etapa de propagación, mantenimiento correctivo)
- ▶ 5.6.1. Generalidades
- ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
- ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
  - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
    - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimitaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
- ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
- ▶ 5.7.1 Generalidades
- ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
- ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
- ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación, mantenimiento preventivo o no)

Inicia la propagación de daños. El inicio de esta etapa debe ser seguido de cerca para poder plantear, eventualmente, cualquier acción para enmendar el plan de mantenimiento preventivo.

Características		Diseño arquitectónico, estructural, y durabilidad	Construcción Supervisión	Puesta en servicio Entrada de agresivos	Etapa de propagación Mantenimiento preventivo o no	Etapa de propagación Mantenimiento correctivo	Cualquier mantenimiento no recupera prestación	Inicio del colapso parcial o total
Desempeño de proyecto y de estructura en términos globales	Óptimo	Condición mínima de proyecto			Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7
	Mínimo	Condición mínima de servicio						
	No aceptable	Condición paliativa para alejar colapso (cambio de uso)						
		Condición de colapso						
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7



- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ [5.5. Vida de servicio \(Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no\)](#)
- ▶ 5.5.1. Generalidades
- ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
  - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
- ▶ 5.6. Vida de servicio residual (etapa de propagación, mantenimiento correctivo)
  - ▶ 5.6.1. Generalidades
  - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
  - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
    - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
      - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimitaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
- ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
  - ▶ 5.7.1 Generalidades
  - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
  - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
- ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 5.5.2. Criterios de durabilidad

- a) Potencial de corrosión del refuerzo
- b) Velocidad de corrosión del refuerzo
- c) Resistividad del concreto
- d) Resistencia a la tensión por compresión diametral
- e) Determinación del índice de rebote por medio de la Esclerometría
- f) Absorción por capilaridad

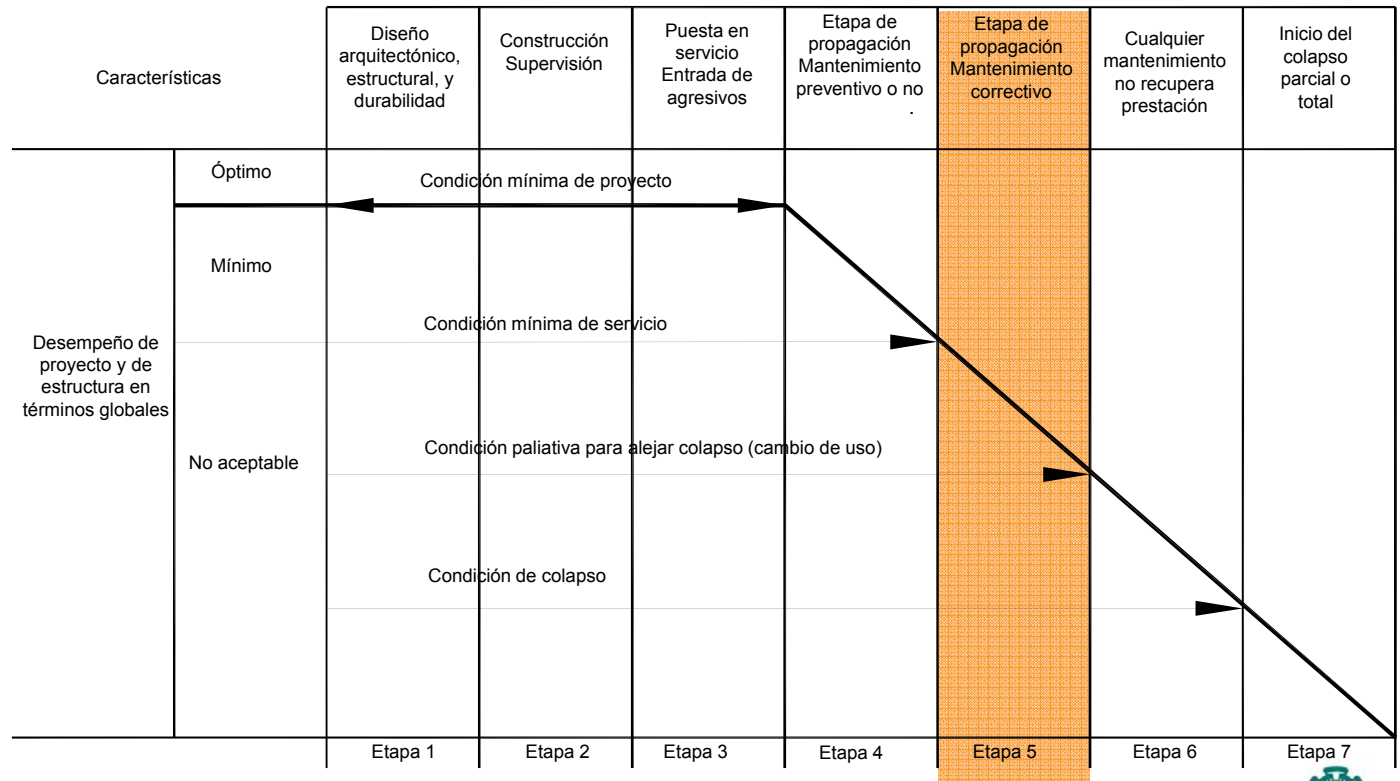
### 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto reforzado expuesto a ambiente tropical marino

Índice

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no)
  - ▶ 5.5.1. Generalidades
  - ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
    - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
  - ▶ [5.6. Vida de servicio residual \(etapa de propagación, mantenimiento correctivo\)](#)
    - ▶ 5.6.1. Generalidades
    - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
    - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
      - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
        - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimitaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
  - ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
    - ▶ 5.7.1 Generalidades
    - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
    - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
  - ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 5.6. Vida de servicio residual (Etapa de propagación, mantenimiento correctivo)

Cuando los agentes agresivos llegan al acero de refuerzo o se han producido situaciones en el elemento o estructura que podrían comprometer su confiabilidad arquitectónica, estructural o de durabilidad, es necesario acciones correctivas inmediatas..



Índice

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no)
  - ▶ 5.5.1. Generalidades
  - ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
    - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
  - ▶ [5.6. Vida de servicio residual \(etapa de propagación, mantenimiento correctivo\)](#)
    - ▶ 5.6.1. Generalidades
    - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
    - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
      - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
        - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
- ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
  - ▶ 5.7.1 Generalidades
  - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
  - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
- ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental

### 5.6.3. Corrosión del refuerzo

#### 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino.

##### 5.6.3.1.1. Imprimaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión en el concreto reforzado.

Índice

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no)
  - ▶ 5.5.1. Generalidades
  - ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
    - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
- ▶ 5.6. Vida de servicio residual (etapa de propagación, mantenimiento correctivo)
  - ▶ 5.6.1. Generalidades
  - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
  - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
    - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
      - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
- ▶ **5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)**
  - ▶ 5.7.1 Generalidades
  - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
  - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
- ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 5.7. Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)

Esta etapa es cuando los daños que se han presentado ya son mayores y comprometen la confiabilidad arquitectónica, estructural o de durabilidad.

### 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta

### 5.7.3. Cantidad de grietas

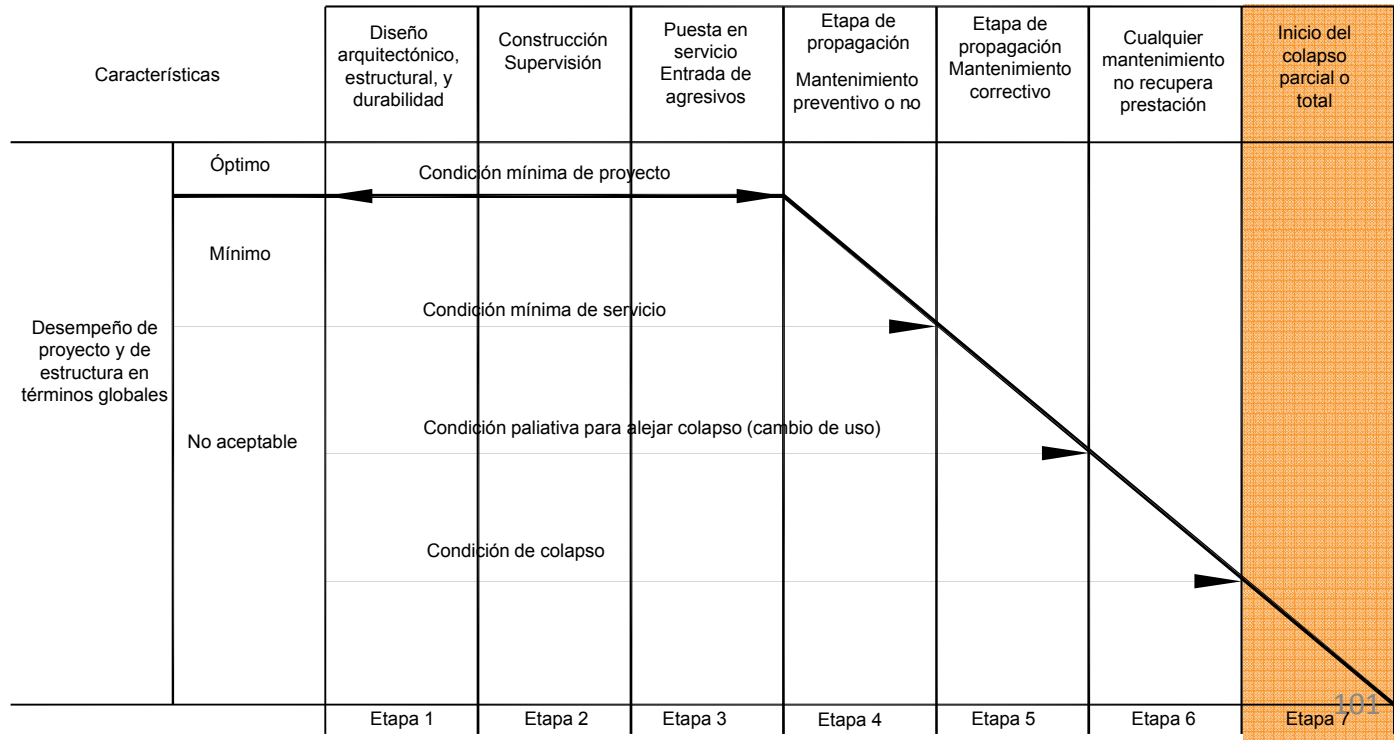
Características		Diseño arquitectónico, estructural, y durabilidad	Construcción Supervisión	Puesta en servicio Entrada de agresivos	Etapa de propagación Mantenimiento preventivo o no	Etapa de propagación Mantenimiento correctivo	Cualquier mantenimiento no recupera prestación	Inicio del colapso parcial o total
Desempeño de proyecto y de estructura en términos globales	Óptimo	Condición mínima de proyecto						
	Mínimo							
		Condición mínima de servicio						
	No aceptable	Condición paliativa para alejar colapso (cambio de uso)						
		Condición de colapso						
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7

Índice

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no)
  - ▶ 5.5.1. Generalidades
  - ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
    - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
- ▶ 5.6. Vida de servicio residual (etapa de propagación, mantenimiento correctivo)
  - ▶ 5.6.1. Generalidades
  - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
  - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
    - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
      - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
- ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
  - ▶ 5.7.1 Generalidades
  - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
  - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
- ▶ **5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)**
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 5.8. Fin de la vida residual (Inicio del colapso parcial o total)

Cuando una estructura presenta colapsos parciales y no pasa las pruebas convencionales y especializadas de confiabilidad



Índice

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no)
  - ▶ 5.5.1. Generalidades
  - ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
    - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
  - ▶ 5.6. Vida de servicio residual (etapa de propagación, mantenimiento correctivo)
    - ▶ 5.6.1. Generalidades
    - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
    - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
      - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
        - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
  - ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
    - ▶ 5.7.1 Generalidades
    - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
    - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
  - ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ **6. Muestreo**
- ▶ 7. Métodos de ensayo

## 6. Muestreo

Durante las etapas de vida de servicio de una estructura pueden llevarse a cabo los mismos tipos de muestreo para los mismos tipos de prueba que sin embargo pueden tener una interpretación diferente en función de la edad, condiciones de uso y exposición al ambiente.

En términos generales el muestreo debe contemplar:

- Un criterio para seleccionar áreas de evaluación.
- Un criterio para extraer las muestras y/o medir.
- Un criterio de interpretación de resultados.

- ▶ 5.4.11. Impermeabilización
- ▶ 5.5. Vida de servicio (Etapa de propagación mantenimiento preventivo o no)
  - ▶ 5.5.1. Generalidades
  - ▶ 5.5.2. Criterios de durabilidad
    - ▶ 5.5.2.1. Corrosión por cloruros en concreto
- ▶ 5.6. Vida de servicio residual (etapa de propagación, mantenimiento correctivo)
  - ▶ 5.6.1. Generalidades
  - ▶ 5.6.2. Especificaciones contra el ataque ambiental
    - ▶ 5.6.3. Corrosión del refuerzo
      - ▶ 5.6.3.1. Técnicas de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto en ambiente tropical marino
        - ▶ 5.6.3.1.1. Imprimaciones al acero de refuerzo como método de reparación por problemas de corrosión
- ▶ 5.7 Vida residual (cualquier mantenimiento no recupera prestación)
  - ▶ 5.7.1 Generalidades
  - ▶ 5.7.2. Valores máximos de la abertura de la grieta
  - ▶ 5.7.3. Cantidad de grietas
- ▶ 5.8. Fin de la vida residual (inicio del colapso parcial o total)
- ▶ 6. Muestreo
- ▶ **7. Métodos de ensayo**

## 7. Métodos de ensayo

Requisito		Se debe utilizar el método de prueba indicado en:
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	NMX-C-083-ONNCCE NMX-C-169-ONNCCE (véase Capítulo 3)
Relación agua – cemento	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	NMX-C-159 (véase Capítulo 3)
Contenido de cemento para agregados gruesos entre 20 y 40 mm (kg/m <sup>3</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	véase 8.2
Contenido de aire por tamaño máximo de agregado %. Se permite una tolerancia de $\pm 1.5\%$	$\leq 40$ mm $\leq 20$ mm $\leq 10$ mm	NMX-C-157, NMX-C-162 (véase Capítulo 3)
Requisitos adicionales para agregado		véase 8.3
Requisitos adicionales para cemento		véase Tablas 5 y 6
<b>Ataque por exposición ambiental</b>		
Humedad relativa		véase 8.5
pH en agua		NMX-C-AA-088-89
CO <sub>2</sub> en agua		NMX-C-283
Amonio en el agua		NMX-C-283
Sulfato en el agua		NMX-C-283
Sulfatos en el suelo		NMX-C-283
Ácidos en el suelo		
Contenido de cemento		véase 8.4
Resistencia al congelamiento de agregados		véase 8.3
<b>Ataque químico de agentes agresivos cuando existen sulfatos</b>		
<b>Tipo de cemento</b>		
Máxima relación agua/cementante		véase 8.2 y 8.3
Mínimo contenido de cementante (kg/m <sup>3</sup> )		véase 8.3
Protección adicional		
<b>Ataque químico de agentes agresivos cuando no existen sulfatos</b>		
<b>Tipo de cemento</b>		
Máxima relación agua/cementante		véase 8.2 y 8.3
Mínimo contenido de cementante (kg/m <sup>3</sup> )		véase 8.3
Protección adicional		

- ▶ 8. Bibliografía
- ▶ 9. Concordancia con normas internacionales
- ▶ 10. Vigencia

## 8. Bibliografía

En este capítulo se indican las fuentes bibliográficas que han sido consultadas para el establecimiento de los fundamentos de la norma, considerando en primer término las normas nacionales, extranjeras e internacionales.

## 9. Concordancia con normas internacionales

Este documento no es equivalente con algún documento internacional ya que no existe alguno sobre el tema tratado, y no es posible concordar con el concepto internacional por razones particulares del país tales como el clima.

## 10. Vigencia

La presente norma entrará en vigor a los sesenta días siguientes de la declaratoria de vigencia publicada por la Secretaría de Economía en el Diario Oficial de la Federación.



## Conclusiones

- ❑ La norma general mexicana de durabilidad de concreto reforzado, se realizó con el propósito de verse convertida en un parte aguas en la normativa mexicana y una influencia muy fuerte en la normativa internacional.
- ❑ Debido a la demanda actual del mundo de la construcción la norma se ha hecho con el fin de tener la flexibilidad necesaria para que todos los que intervengan en la elaboración de una obra sean capaces de optar por el medio que así les convenga.

## Recomendaciones

Basados en necesidades desde el punto de vista de Ingeniería Civil, se recomienda lo siguiente:

- ❑ Realizar cambios constantes a las estrategias de prevención, mantenimiento, rehabilitación y cambio de uso de las estructuras.
- ❑ Al crear una norma se recomienda crear un grupo de trabajo para poder abordar distintos puntos de vista así como tomar en cuenta la experiencia de los mismos.
- ❑ Al momento de proyectar, prestar principal atención a las clasificaciones ambientales, ya que son las que rigen los criterios a considerar en la estructura.

## Corrosión en la Ingeniería Civil



### Efectos de la corrosión en estructuras de concreto armado

Sobre el acero	Sobre el concreto	Sobre la adherencia acero/concreto
Pérdida de sección y disminución de su capacidad mecánica	Manchas, grietas y desprendimientos o delaminaciones	Incapacidad para transmitir la elevada resistencia a la tracción del acero de refuerzo al concreto

Condicionamiento de la durabilidad de las estructuras

# Bibliografía

- 1.- ABNT NBR 6118 “Diseño de estructuras de hormigón - Procedimiento”, Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2003.
- 2.- ACI 204 “Design and construction practices to mitigate cracking”, American Concrete Institute.
- 3.- ACI 304 “Guide for measuring, mixing, transporting, and placing concrete”, American Concrete Institute.
- 4.- ACI 305 “Hot weather concreting”, American Concrete Institute.
- 5.- ACI 309 “Guide for consolidation of concrete”, American Concrete Institute.
- 6.- ACI 318 “Building Code Requirements for Structural Concrete”, American Concrete Institute, 2002.
- 7.- Artículo 915 Tratado de Libre Comercio con América del Norte.
- 8.- ASTM-C-150-93 “Specification for Portland cement”.
- 9.-ASTM-E-337-90 “Test method for measuring humidity with a psychrometer (the measurement of wet – bulbanddry – bulb temperature)”.
- 10.- ASTM-C-494 “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete”.
- 11.- ASTM-C-682-87 “Standard recommended practice for evaluation of frost resistance of coarse aggregates in air– Entrained concrete by critical dilation procedures”.
- 12.- ASTM-C-685 “Standard specification for concrete made by volumetric batching and continuous mixing”.

.....





**Por su atención  
¡Muchas Gracias!**





¡Gracias por su atención!



Cinvestav

## Caso Europeo

- **LIFECON D 3.2**

**Probabilistic service life models for reinforced concrete structures.**





## LIFECON D 3.2: Probabilistic service life models for reinforced concrete structures.

# Modelos para la predicción de la vida útil residual

- Los modelos para la predicción de la vida útil residual requieren datos de entrada, que pueden ser proporcionados por la literatura y/o investigaciones de la estructura. Por lo tanto, el modelado de vida de servicio está estrechamente relacionado con un protocolo de evaluación del estado (CAP).
- Los modelos son parte integral de un procedimiento paso a paso de evaluación y se aplican en dos niveles de sofisticación:

- **Nivel semi-probabilísticos**

- **Nivel Probabilísticos**







## LIFECON D 3.2: Probabilistic service life models for reinforced concrete structures.

# Modelos para la predicción de la vida útil residual

### ➤ Nivel semi-probabilísticos

- Las funciones de deterioro dependientes del tiempo son usadas sobre un nivel básico de ingeniería.
- Los **datos de entrada** se obtienen **solamente de inspecciones**. Como éstos datos se basan en un bajo alcance de la muestra, la dispersión se explica por factores de seguridad, que son una función de la dispersión de espera y el nivel deseado de fiabilidad.
- Los **datos de la respuesta** observada **combina** la **resistencia del material** y la **acción del ambiente**. El resultado de este cálculo es el tiempo hasta que un estado límite considerado es alcanzado con un nivel predefinido de fiabilidad.





## LIFECON D 3.2: Probabilistic service life models for reinforced concrete structures.

# Modelos para la predicción de la vida útil residual

### ➤ Nivel probabilísticos

- En un nivel superior de inspección el **modelo probabilístico** se aplica durante el procedimiento de evaluación de condiciones.
- Los modelos **separan** la **resistencia de los materiales** y las **cargas ambientales**. Esto requiere la **recopilación y procesamiento** de los datos de entrada de cada uno de ellos para la calibración de las ecuaciones empíricas.
- Los **modelos probabilísticos** requieren la aplicación de un software especial y personal capacitado. Los datos de entrada se actualiza durante las investigaciones estructura.



## **Lo que no incluye LIFECON D.32**

- × Definiciones actualizadas de Durabilidad y Vida de servicio.
- × Consideraciones que tomen en cuenta las zonas climáticas y el cambio climático.
- × Visión holística del problema de la vida de servicio.

