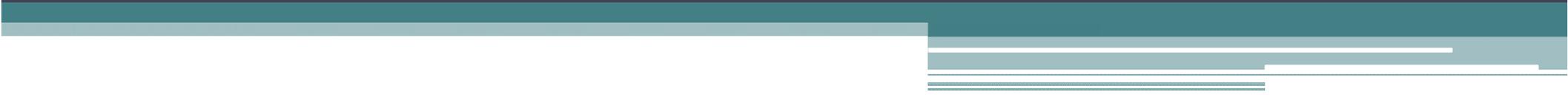


# DURABILIDAD



## **Tabla 2.1.**

### **Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras**

- **AGENTES CLIMÁTICOS**

Temperatura

Humedad

- **AMBIENTES MARINO**

Cloruros de Origen Marino

- **HÚMEDOS O SUMERGIDO**

Cloruros de Origen diferente al Medio Marino

**Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras**

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
<b>A 1</b>	No agresiva		Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios no sometidos a condensaciones</li> <li>• Elementos exteriores de edificios, revestidos</li> <li>• Hormigón masivo interior</li> <li>• Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual &lt; 250 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios protegidos de la intemperie</li> <li>• Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos.</li> </ul>
<b>A 2</b>	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones</li> <li>• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual &lt; 1.000 mm.</li> <li>• Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sótanos no ventilados</li> <li>• Fundaciones</li> <li>• Tableros y pilas de puentes</li> <li>• Elementos de hormigón en cubiertas de edificios</li> <li>• Exteriores de edificios.</li> <li>• Interiores de edificios con humedad del aire alta o media</li> </ul>
<b>A 3</b>	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm</li> <li>• Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año ≥ 25° C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentos</li> <li>• Losas para estacionamientos</li> </ul>

**Tabla 2.1. Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras (continuación)**

1	2	3	4	5	6
EXPOSICIÓN					
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición
<b>C L</b>	Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino		Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros</li> <li>• Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piletas de natación sin revestir.</li> <li>• Fundaciones en contacto con aguas subterráneas</li> <li>• Cisternas en plantas potabilizadoras</li> <li>• Elementos de puentes</li> </ul>
<b>M 1</b>	Marino	Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*).</li> </ul>
<b>M 2</b>		Al aire	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcciones próximas a la costa.</li> </ul>
		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras de defensas costeras</li> <li>• Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar</li> </ul>
<b>M 3</b>		Sumergidos	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios</li> </ul>

(\*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando ellos provengan del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Provincia de Buenos Aires, esta zona está entre 1 km y 10 km. En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.

## **Tabla 2.2.**

### **Clases de exposición generales que pueden producir degradación distinta de la corrosión de armaduras**

- **CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO**
- **AMBIENTES QUÍMICOS**

**Tabla 2.2. Clases específicas de exposición que pueden producir degradación distinta de la corrosión de armaduras**

1	2	3	4	5	6
Desig.	Clase	Subclase	Tipo de proceso	Descripción del medio ambiente	Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición
<b>C 1</b>	Congelación y deshielo	Sin sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo	Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 %, y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas.</li> <li>• Estructuras que contienen agua o la conducen.</li> </ul>
<b>C 2</b>		Con sales descongelantes	Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes	Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes.</li> <li>• Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes.</li> <li>• Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios.</li> </ul>
<b>Q 1</b>	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4).</li> </ul>	
<b>Q 2</b>		Fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4).</li> <li>• Exposición al agua de mar</li> </ul>	
<b>Q 3</b>		Muy fuerte		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4).</li> </ul>	

**Tabla 2.3. Valores límites de sustancias agresivas en aguas de contacto**

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (1)	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> ) (2)	pH (3)	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO <sub>2</sub> <sup>2-</sup> ) (4)	Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (5)
	mg/litro	mg/litro	-----	mg/litro	mg/litro
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 30
Fuerte	1.500 a 10.000	1.000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy fuerte	Mayor de 10.000	Mayor de 3.000	Menor de 4,5	Mayor de 100	Mayor de 60

(1); (2); (3) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1872:2004.  
 (4) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1708:1998.

**Tabla 2.4. Valores límites de sustancias agresivas en suelos de contacto**

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (1)	Grado de acidez Baumann – Gully Modificado (2)
	% en masa	N°
Moderado	0,10 a 0,20	Mayor de 20
Fuerte	0,20 a 2,00	-----
Muy fuerte	Mayor de 2,00	-----
(1) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1873:2004.		
(2) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1707-1:1998		

**Tabla 2.5. Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura**

Requisitos	Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4.									
	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 <sup>(2)</sup>	C 2 <sup>(2)</sup>	Q 1	Q 2	Q 3 <sup>(3)</sup>
a) Razón a/c máxima <sup>(1)</sup>										
Hormigón simple	----	----	----	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{c\ min}$ (MPa)										
Hormigón simple	----	----	----	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

(1) Cuando se use cemento p $\acute{o}$ rtland m $\acute{a}$ s una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora, se podr $\acute{a}$  reemplazar la **raz $\acute{o}$ n agua/cemento (a/c)**, por la **raz $\acute{o}$ n agua/ material cementicio [a/(c+x)]**, que tenga en cuenta la suma del cemento p $\acute{o}$ rtland (c) y la cantidad de la adici $\acute{o}$ n mineral (x), cuando se trate de puzolanas seg $\acute{u}$ n norma IRAM 1668:1968 o de escorias seg $\acute{u}$ n norma IRAM 1667:1990.

(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3..

(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura seg $\acute{u}$ n 2.2.5.2.c3  $\acute{o}$  2.2.10.3.

**Tabla 2.6. Contenido máximo de ión cloruro (Cl<sup>-</sup>) en el hormigón endurecido**

Hormigón	Condición de exposición en servicio	Contenidos máximos de ión cloruro (Cl <sup>-</sup> ) en el hormigón endurecido (IRAM 1857)
		% en masa del cemento
Sin armar	Cualquier condición	1,20
Armado, con curado normal	Medio ambiente con cloruros	0,15
	Medio ambiente sin cloruros	0,30
Armado, con curado a vapor	Cualquier condición	0,10
Pretensado	Cualquier condición	0,06

**Tabla 2.8. Hormigones con características especiales**

Tipo de hormigón	Hormigón a colocar bajo agua	Hormigón de elevada impermeabilidad	Hormigón expuesto a abrasión
Casos típicos	Pilotes de gran diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisternas.</li> <li>• Depósitos para agua.</li> <li>• Conductos.</li> <li>• Tuberías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resbalamiento de materiales a granel.</li> <li>• Movimiento de objetos pesados.</li> <li>• Escurrimiento rápido de agua</li> </ul>
Máxima razón agua/cemento, en masa	0,45	espesor $\leq$ 500 mm: 0,45 espesor $>$ 500 mm: 0,55	0,42
Clase mínima de hormigón	H-30	espesor $\leq$ 500 mm: H-30 espesor $>$ 500 mm: H-20	H-40
Aire incorporado	si	no	no
Aditivo fluidificante	recomendable	recomendable	recomendable

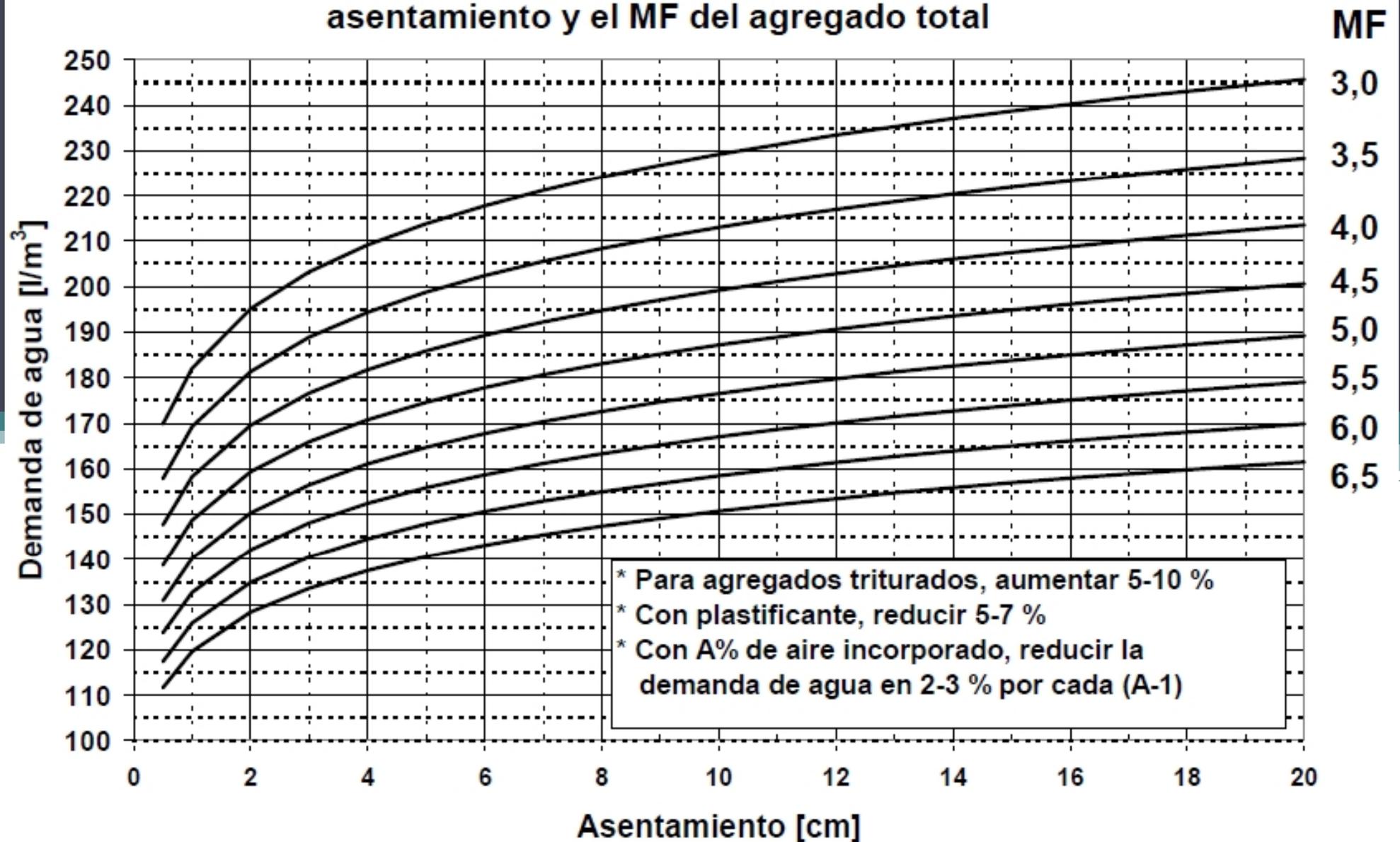
**Tabla 2.8. Hormigones con características especiales**

Tipo de hormigón	Hormigón a colocar bajo agua	Hormigón de elevada impermeabilidad	Hormigón expuesto a abrasión
Aditivo superfluidificante	recomendable	recomendable	recomendable
Asentamiento (mm)	180 ± 20	menor de 150	menor de 100
Penetración de agua IRAM 1554:1983	-----	Para espesor de hormigón ≤ 500 mm, la penetración de agua en el ensayo IRAM 1554:1983 debe ser igual o menor que 30 mm (2.2.11.2).	-----
Exigencias adicionales a cumplir por los agregados	<b>Agregado grueso:</b>  Tamaño máximo nominal igual o menor que 25 mm	-----	<b>Agregado grueso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño máximo nominal ≤ 26,5 mm</li> <li>• Tamaño máximo nominal no mayor de 1/3 del espesor del elemento estructural.</li> <li>• Desgaste "Los Angeles" igual o menor que 30 % (3.2.4.5).</li> </ul>

**Tabla 5.5. Resistencia de diseño de la mezcla cuando no se conoce la desviación estándar para hormigones sin armar y armados**

<b>Resistencia especificada</b> <b><math>(f'_c)</math></b> <b>MPa</b>	<b>Resistencia de diseño de</b> <b>la mezcla</b> <b><math>(f'_{cr})</math></b> <b>MPa</b>
Igual o menor que 20	$f'_c + 7,0$
Mayor que 20 y menor que 35	$f'_c + 8,5$
Mayor que 35	$f'_c + 10,0$

**Abaco 1: Demanda de agua del hormigón en función del asentamiento y el MF del agregado total**



**Abaco 2: Relación a/c vs Resistencia del hormigón a la edad de 28 días para distintas categorías de cemento**

