



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE



Galvanizado en caliente

Requisitos normativos e inspección

M. Sc. Ing. Christian Sánchez Villa
Soporte técnico
B.Bosch S.A.
División recubrimientos



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Protección Contra la Corrosión



Estructuras de Acero

- **ISO 14713-1**
- **ISO 12944-2**
- **NCh 3348-1**
- **NCh 3348-2**



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

NORMA CHILENA

NCh 3348/1

Primera edición
2014.03.31

Recubrimientos de zinc — Orientaciones y recomendaciones para la protección en contra de la corrosión de hierro y acero en estructuras — Parte 1: Principios generales de diseño y resistencia a la corrosión

Zinc coatings - Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures - Part 1: General principles of design and corrosion resistance



EWS, 2015

Las normas **NCh 3348** partes 1 y 2, están basadas en **ISO 14713**, recomendaciones y orientaciones para la protección contra la corrosión.



Taller de camiones
CAP Cerro negro
norte 2014



Muelle Chollín,
Portuaria Cabo
Froward 2010



Planta de Celulosa
Arauco Valdivia 2004



Categoría de Corrosividad C Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), r_{corr} ($\mu\text{m} \times \text{a}^{-1}$) y nivel de corrosión	Ambientes típicos (ejemplos)	
	Interiores	Exteriores
C1 $r_{corr} \leq 0,1$ Muy Bajo	Los espacios calentados con una humedad relativa baja y una contaminación insignificante, por ejemplo, oficinas, escuelas o museos.	Zonas secas o frías, ambientes atmosféricos con una contaminación y tiempo de humedad muy bajos, por ejemplo, ciertos desiertos, la zona central del Ártico/Antártica
C2 $0,1 < r_{corr} \leq 0,7$ Bajo	Los espacios sin calefacción con temperaturas variantes y humedad relativa. Frecuencia baja de condensación y contaminación baja, por ejemplo, almacenamiento o instalaciones deportivas.	Zonas temperada, ambiente atmosférico con contaminación baja ($\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), por ejemplo áreas rurales y pueblos pequeños. Zonas seca o fría, ambiente atmosférico con breve tiempo de humedad, por ejemplo, desiertos o áreas sub-árticas.
C3 $0,7 < r_{corr} \leq 2$ Medio	Espacios con una frecuencia moderada de condensación y contaminación modera de procesos productivos, por ejemplo, plantas procesadoras de alimentos, lavanderías, fabricas de cerveza y lechería.	Zonas temperadas , ambientes atmosféricos con una contaminación media $\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), o algún efecto de cloruros, por ejemplo, áreas urbanas, áreas litorales, con deposito bajo el cloruros, zonas subtropicales y tropicales con atmosferas con contaminación baja.



Categoría de Corrosividad C Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), r_{corr} ($\mu\text{m} \times \text{a}-1$) y nivel de corrosión	Ambientes típicos (ejemplos)	
	Interiores	Exteriores
C4 $2 < r_{corr} \leq 4$ Alto	Espacio con una alta frecuencia de condensación y alta contaminación de un proceso productivo, por ejemplo, plantas de procesamiento industriales, piscinas.	Zonas temperada, ambientes atmosféricos con una contaminación (SO_2 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) o afecto a sustancias de cloruros, por ejemplo, áreas litorales sin rocío salino, exposición a fuertes de sales, descongelantes, zonas subtropicales y tropicales con la atmosfera con contaminación media.
C5 $4 < r_{corr} \leq 8$ Muy Alto	Los espacios con frecuencias muy alta de condensación y/o con contaminación alta de un proceso productivo, por ejemplo, minas, túneles para fines industriales, cobertizos sin ventilación en zonas subtropicales y tropicales.	Zonas templadas y subtropicales, ambiente atmosférico con una contaminación muy alta SO_2 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y/o efecto importante de cloruros, por ejemplo, áreas industriales, áreas litorales y emplazamientos protegidos en línea costera.
CX $8 < r_{corr} \leq 25$ Extremo	Espacios con una condensación permanente o periodos de extensivos de exposición afectos de humedad extrema y/o con contaminación exterior, incluidos cloruros y material particulado que estimula la corrosión.	Zonas tropicales y subtropicales (tiempo de humectación), ambientes atmosféricos con una contaminación muy alta (SO_2 mayor que 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), incluidas la contaminación respectiva y productiva y/o el efecto fuerte de cloruros, por ejemplo, áreas industriales extremas, áreas costeras y marinas con contacto ocasional con niebla marina.



Categorías de Corrosividad

Ambiente	Pérdida promedio de acero (g/m ² /año)	Pérdida promedio de acero (um/año)	Pérdida promedio de Zn g/m ² /año	Pérdida promedio de Zn (um/año)
C1 muy baja	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1
C2 baja	10 a 200	1,3 a 25	0,7 a 5	0,1 a 0,7
C3 media	200 a 400	25 a 50	5 a 15	0,7 a 2,1
C4 alta	400 a 650	50 a 80	15 a 30	2,1 a 4,2
C5-I muy alta industrial	650 a 1500	80 a 200	30 a 60	4,2 a 8,4
C5-M muy alta marina	650 a 1500	80 a 200	30 a 60	4,2 a 8,4
CX Extrema	>1500	>200	60 a 180	8,4 a 25

Vida hasta el primer mantenimiento para una selección de sistemas de recubrimiento en un rango de categorías de corrosividad.

Sistema	Norma de Referencia	Espesor Mínimo μm	Categoría elegida de corrosividad (ISO 9223) vida mín./máx. (años) y clase de durabilidad (MB, B, M, A, MA)							
			C3		C4		C5		CX	
Galvanización en Caliente	NCh3346	85	40/>100	MA	20/40	MA	10/20	A	3/10	M
		140	67/>10	MA	33/67	MA	17/33	MA	6/17	A
		200	95/100	MA	48/95	MA	24/48	MA	8/24	A
Chapa Galvanizada en Caliente	EN 10346	20	10/29	A	5/10	M	2/5	B	1/2	MB
		42	20/60	MA	10/20	A	5/10	M	2/5	B
Chapa Electro depositada	ISO 2081	5	2/7	B	1/2	MB	1/1	MB	0/1	MB
		25	12/36	A	6/12	M	3/6	M	1/3	MB



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

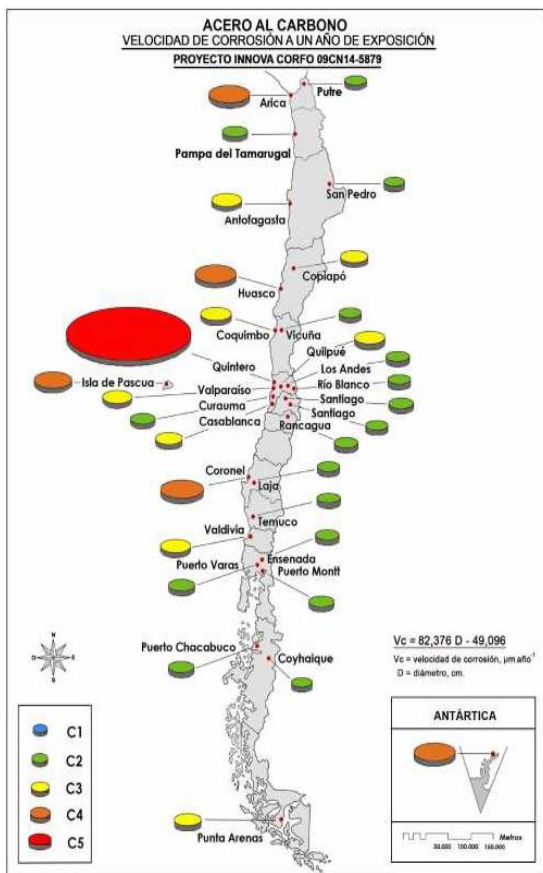
Factores que Determinan la Corrosividad Atmosférica (ISO 9223)



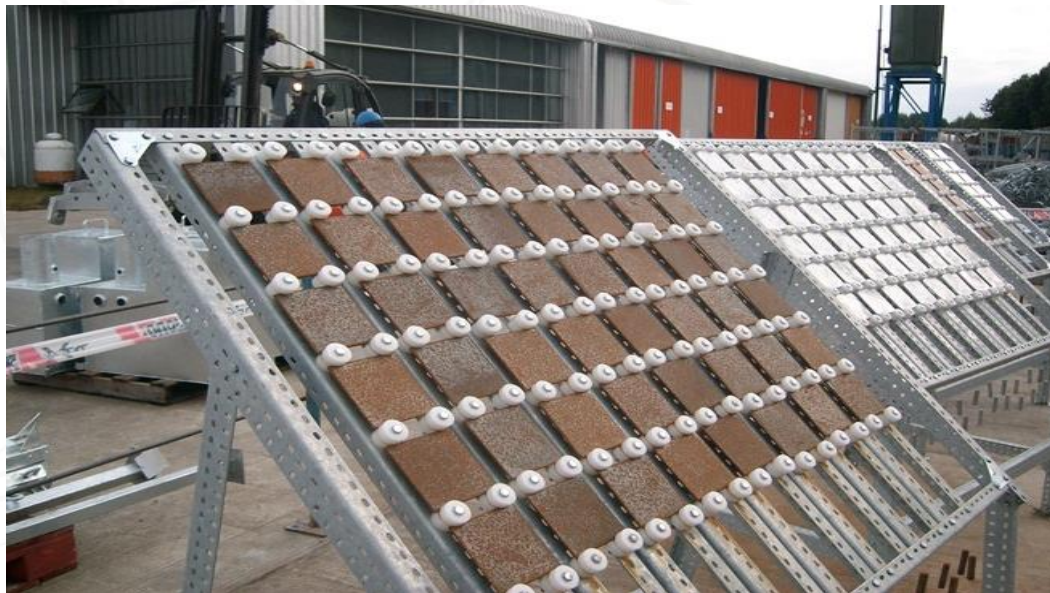
1. Humedad ambiental
(tiempo de humectación)
2. Concentración de cloruros
3. Concentración de dióxido
de azufre



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE



Mapa de la Corrosividad Atmosférica de Chile PUCV 2010-2013



Estación Puerto Varas, 2010

www.mapadecorrosionatmosfericadechile.cl



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Galvanizado por Inmersión en Caliente



**Recubrimiento de Zinc sobre
Acero unido Metalúrgicamente**

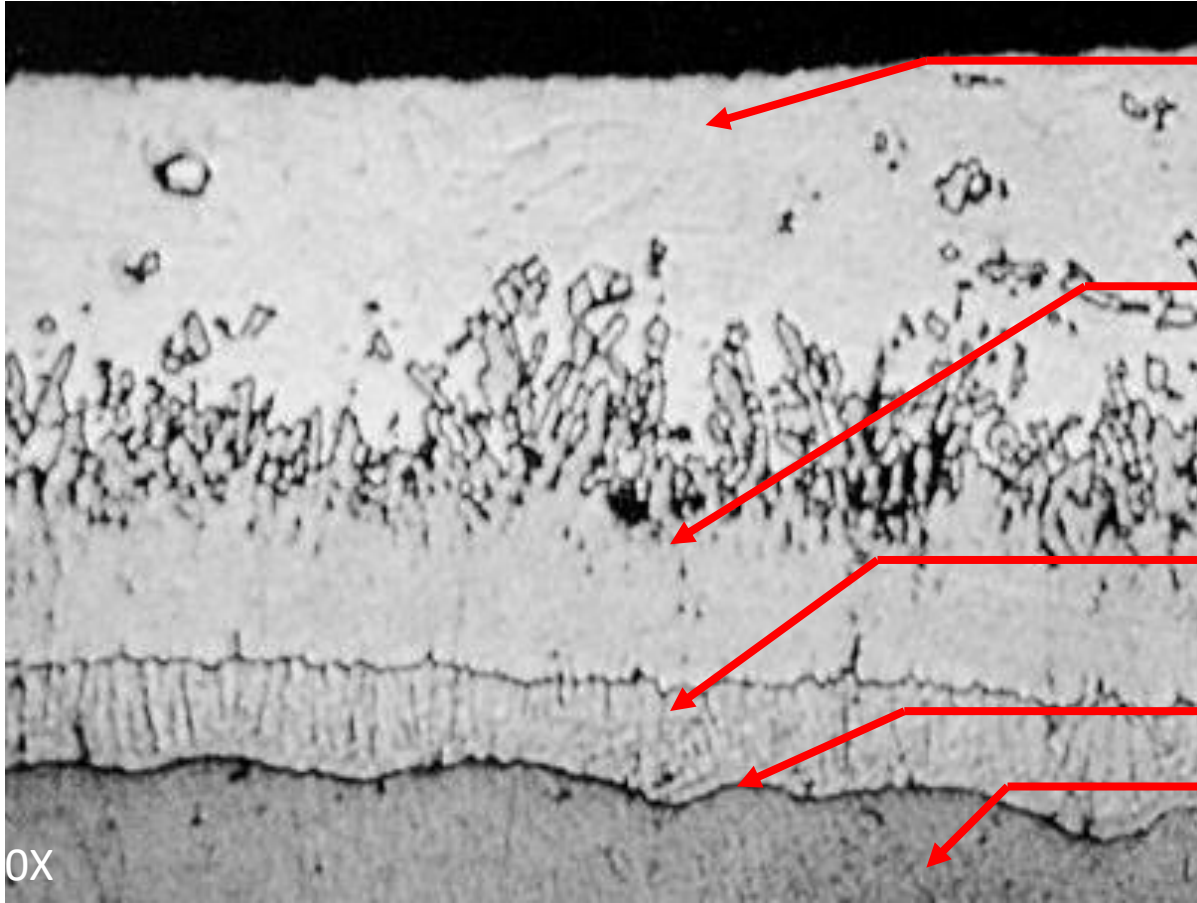
Protección de Barrera.

Protección catódica por
Sacrificio.

Planta de galvanizado Bbosch Buenaventura 2012



Microestructura del recubrimiento



Eta, es la capa más externa y está constituida por zinc prácticamente puro.

Zeta, es la capa más gruesa, en la que pueden verse claramente cristales metálicos alargados orientados hacia el exterior, que contiene un 6% de hierro.

Delta, que está formada por una aleación que tiene un 10% de hierro aproximadamente.

Gamma, constituida por una aleación que contiene un 25% de hierro.

Acero base



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

NORMA CHILENA

NCh 3346

Primera edición
2013.10.25

Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero - Requisitos y métodos de ensayo

*Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles -
Requirements and test methods*



Correa overland, Collahuasi, 2006



Cementos BSA, Santiago, 2017

NORMA CHILENA

NCh3347

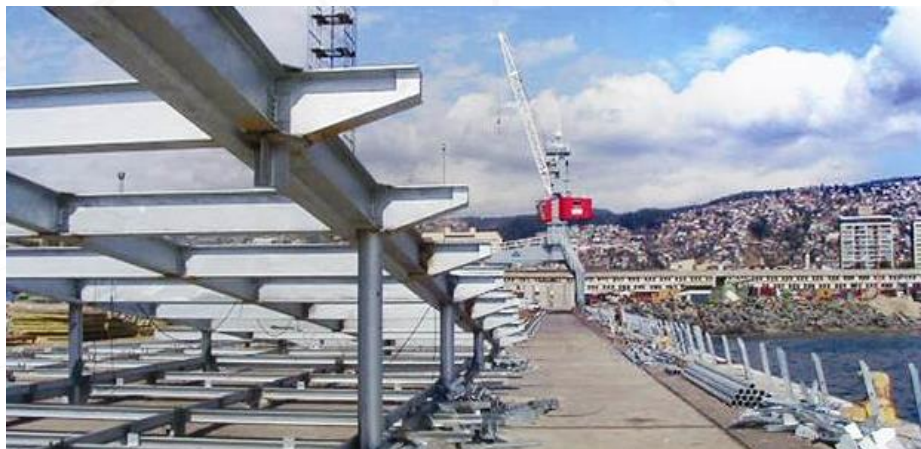
Primera edición
2013.10.25

**Reparación de áreas dañadas y sin
revestir de revestimientos galvanizados
en caliente**

*Repair of damaged and uncoated areas of hot-dip galvanized
coatings*



Puente piedra del Indio, Coyhaique, 2008



Muelle Barón, Valparaíso, 2001

Edificio Seremi de Justicia y Obras Públicas , Antofagasta, 2001



Lugar descubierto de 8x1 cm, desde el montaje de la estructura



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

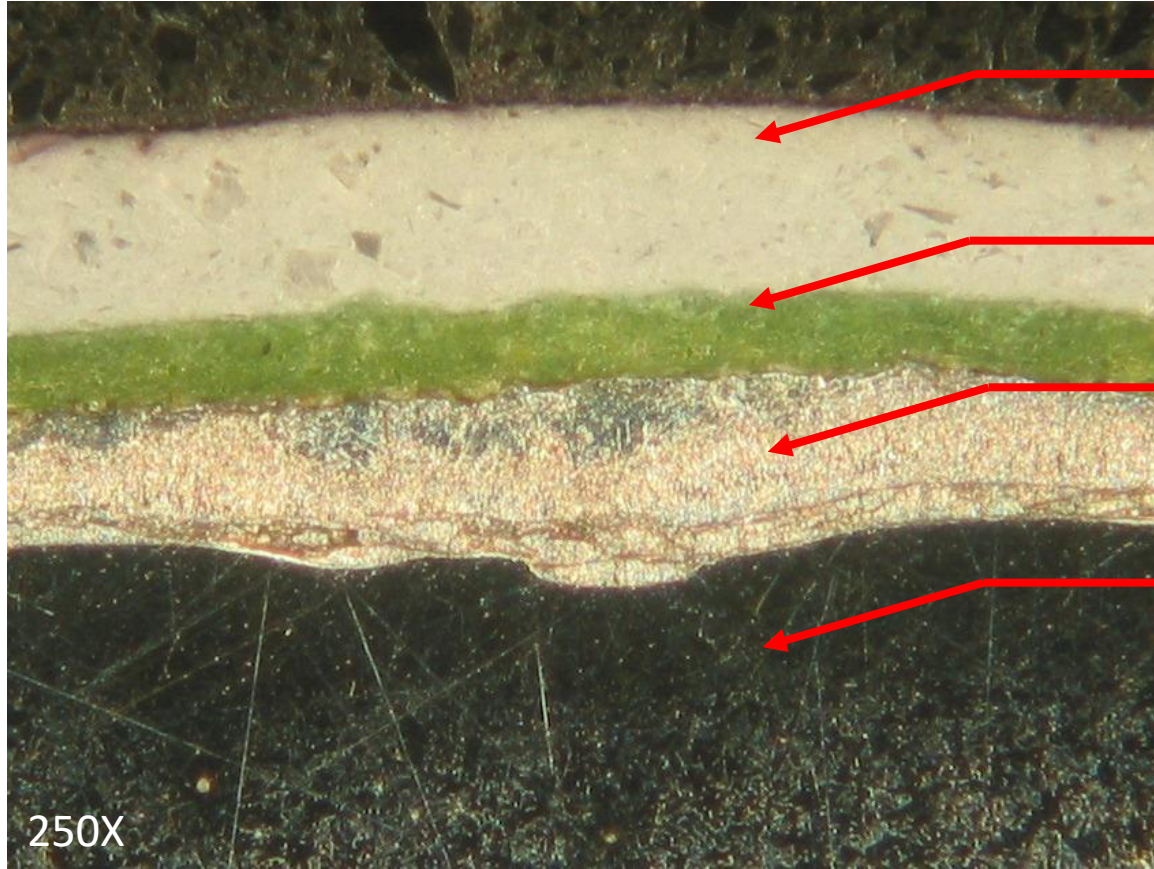
Edificio Seremi de Justicia y Obras Públicas , Antofagasta, 2001

2004	2009	2011	2014	2016	2017	2019
						



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Sistemas Dúplex



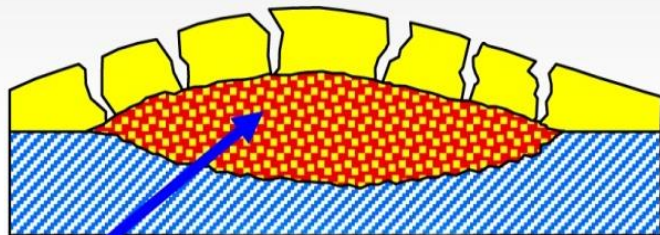
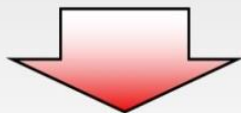
250X

Pintura de terminación.

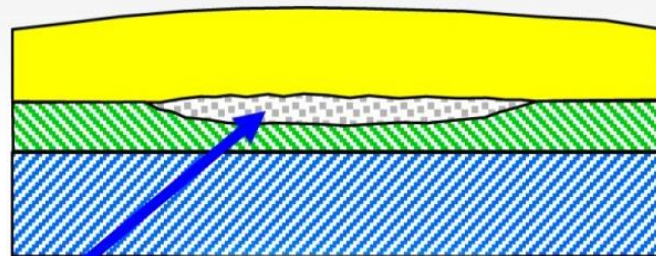
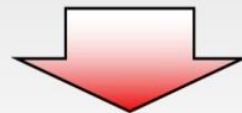
Puente de adherencia epóxico.

Galvanizado.

Acero base.



1500 g/m²/año
200 μm/año



60 g/m²/año
8 μm/año



$$D_{\text{duplex}} = FS * (D_{\text{zinc}} + D_{\text{pintura}})$$

FS=Factor sinérgico 1.5 a 2.7

D_{duplex} = Vida de servicio del sistema duplex

D_{zinc} = Vida de servicio del galvanizado

D_{pintura} = Vida de servicio de la pintura

Factor Sinérgico	Rango	
Minería – Energía/ Marino	1,5	2
Agua de mar (inmersión)	1,5	1,6
Clima no agresivo	2	2,7



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Sistemas Dúplex



Bodega de concentrado, Puerto
Ventanas , 1970



Planta de molienda Cemento
melón, Ventanas, 2008



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Sistemas Dúplex



Bodega de concentrado, Puerto
Ventanas, 2016



Minera Candelaria, pasarelas,
molienda SAG, 2008



Los Bronces, Angloamerican, 2010



Minera Esperanza, planta de
chancado de pebbles, 2009



GALVA CHILE
CIRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

02 de junio de
2010

19 de enero de
2012

04 de marzo de
2014

10 de noviembre
de 2015

29 de septiembre
de 2016

26 de septiembre
de 2018

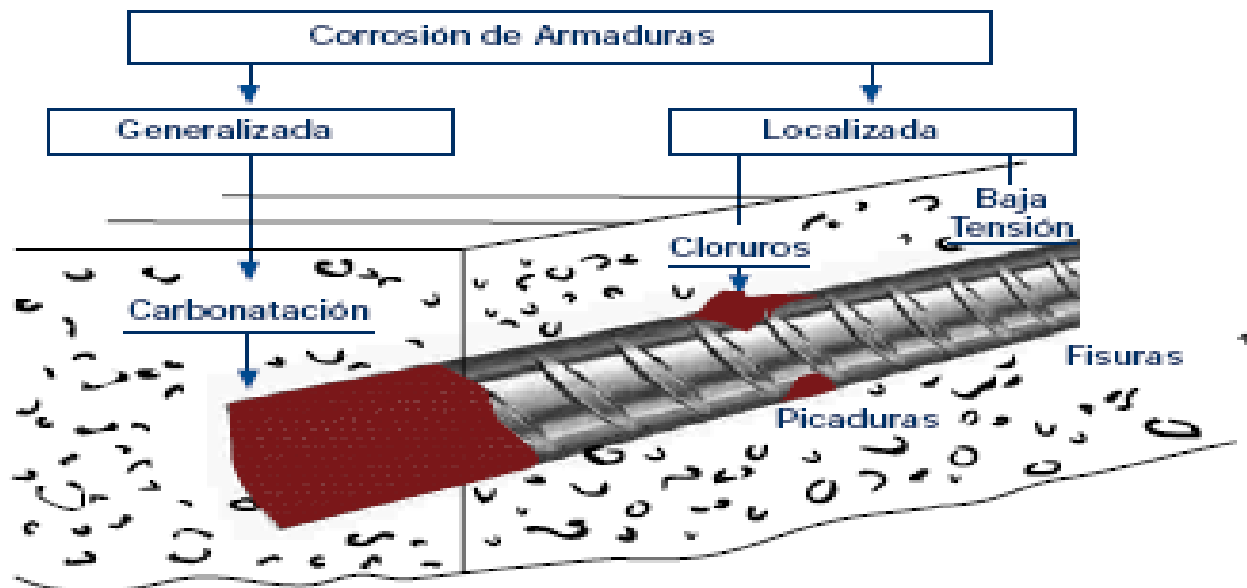




GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

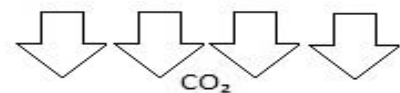
Corrosión del acero de refuerzo



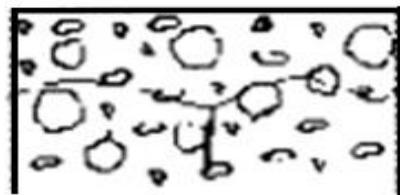




Carbonatación:



CO₂

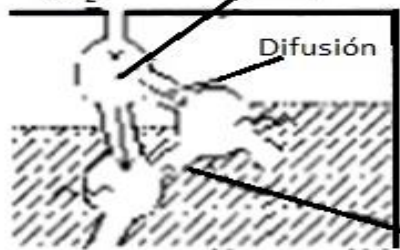


Modelo

CO₂

Poros

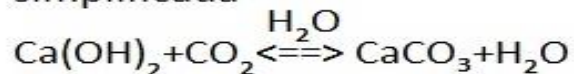
Difusión



Reacción
Química

Difusión del CO₂
en los poros
llenos de aire

Reacción química de la cal libre
simplificada



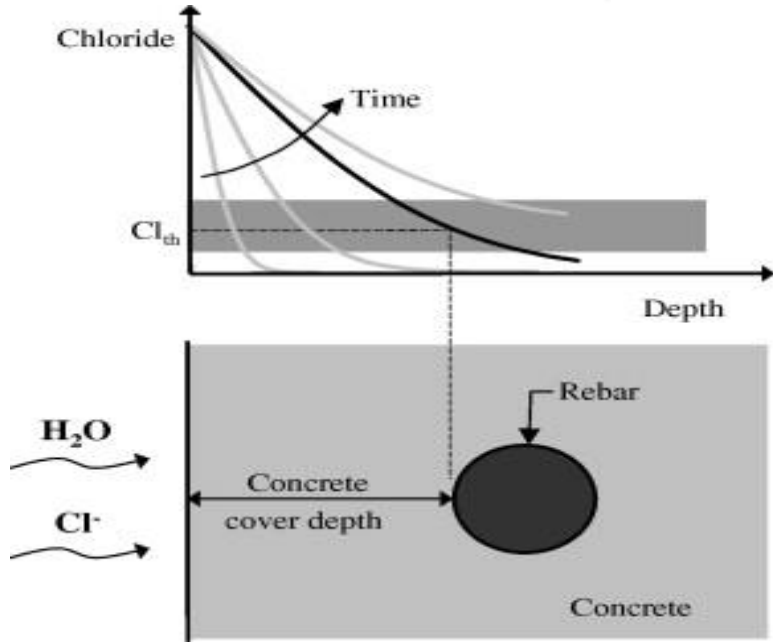
El pH disminuye de
pH~12.5 a un pH~9



Ataque por cloruros

Disuelve puntualmente la capa pasivante de las barras de refuerzo.

Da lugar a picaduras puntuales que disminuyen la sección rápidamente.

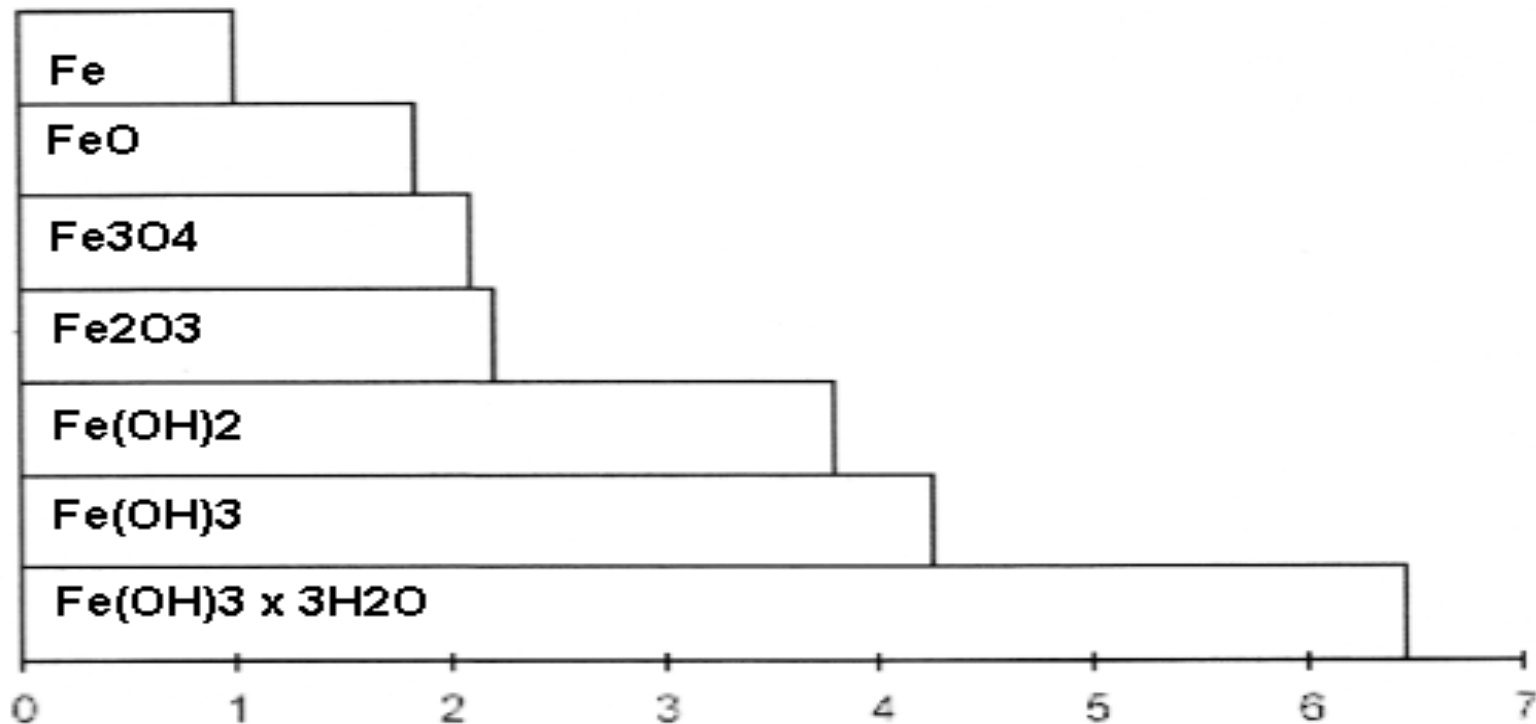


Origen de los cloruros

- Penetración de los cloruros ambientales en el hormigón.
- Presentes en los ingredientes del hormigón

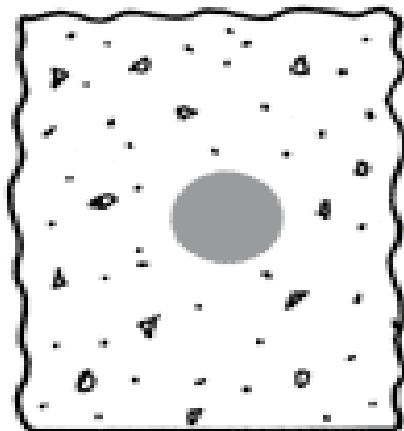


Volumen relativo de los óxidos de hierro

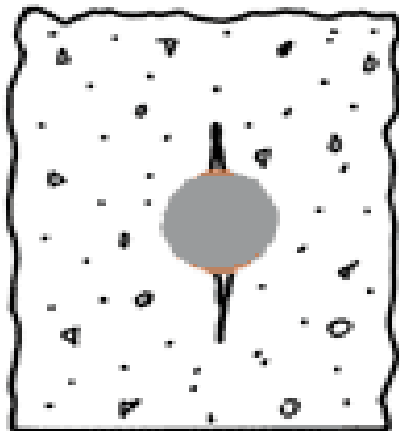




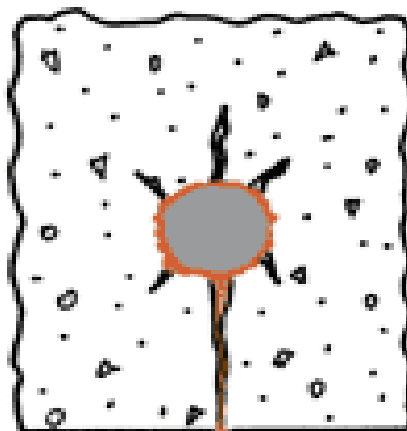
Proceso de Corrosión de Armaduras



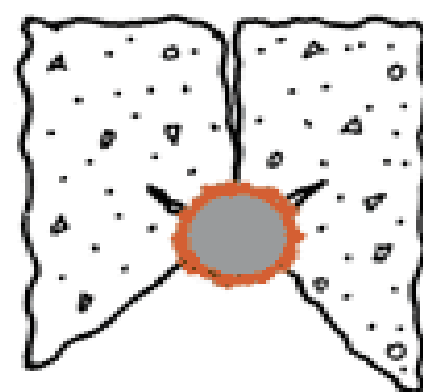
Antes de la corrosión



Comienzo de la
corrosión



Mayor corrosión, las grietas
llegan a la superficie



Desmembramiento, exposición de
la armadura



GALVA CHILE
CIRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Protección Contra la Corrosión



Estructuras de Hormigón

- ACI 318
- DS 60
- NCh 3260

Puente Mantagua
2014



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Protección contra la corrosión

Protección Indirecta (hormigón)

- Revestimientos o Recubrimientos
- Relación A/C
- Aditivos

Protección Directa (acero)

- Protección Catódica
- Galvanizado**
- Recubrimientos Epóxicos

**Requisitos de Reglamento para
Concreto Estructural (ACI 318S-08)
y Comentario (ACI 318SR-08)**

(Versión en español y en sistema métrico)



ACI 318

3.5.3.8 — Galvanized reinforcing bars shall conform to ASTM A767. Epoxy-coated reinforcing bars shall comply with ASTM A775 or with ASTM A934. Bars to be galvanized or epoxy-coated shall conform to one of the specifications listed in **3.5.3.1**.

3.5.3.8 — Las barras de refuerzo galvanizadas deben cumplir con ASTM A767M. Las barras de refuerzo con recubrimiento epóxico deben cumplir con ASTM A775M o con ASTM A934M. Las barras que se vayan a galvanizar o a recubrir con epóxico deben cumplir con una de las normas citadas en 3.5.3.1.

R3.5.3.8 — Galvanized reinforcing bars (ASTM A767) and epoxy-coated reinforcing bars (ASTM A775) were added to the 1983 Code, and epoxy-coated prefabricated reinforcing bars (ASTM A934) were added to the 1995 Code recognizing their usage, especially for conditions where corrosion resistance of reinforcement is of particular concern. They have typically been used in parking decks, bridge structures, and other highly corrosive environments.

R3.5.3.8 — Las barras de refuerzo galvanizadas (ASTM A767M) y las recubiertas con epóxico (ASTM A775M) fueron agregadas al Reglamento en 1983, y las barras de refuerzo prefabricadas recubiertas con epóxico (ASTM A934M) fueron agregadas al Reglamento en 1995, reconociendo su uso especialmente para condiciones en que la resistencia a la corrosión del refuerzo es de particular importancia. Comúnmente se les ha utilizado en losas de estacionamientos, estructuras de puentes y en otros ambientes altamente corrosivos.



GALVACHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE



[Handwritten signature]
DIVISION TÉCNICA DE ESTUDIO Y FOMENTO HABITACIONAL
E.D. MEAV.MSZ.MCHM
DIVISION JURIDICA

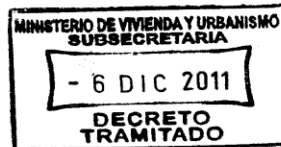
MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES

RECIBIDO

CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON

RECEPCION

DEPART. JURIDICO		
DEP. T.R. Y REGISTRO		
DEPART. CONTABIL.		
SUB. DEP. C. CENTRAL		
SUB. DEP. E. CUENTAS		
SUB. DEP. C.P. Y BIENES NAC		
DEPART. AUDITORIA		
DEPART. V.O.P., U y T.		
SUB DEP. MUNICIP.		



APRUEBA REGLAMENTO QUE
FIJA LOS REQUISITOS DE
DISEÑO Y CÁLCULO PARA EL
HORMIGÓN ARMADO Y
DEROGA EL DECRETO N° 118,
DE (V. Y U.), DE 2010.

SANTIAGO, 02 NOV 2011

HOY SE DECRETO LO QUE SIGUE

N° 60 /

VISTO: La Ley 16.391, en especial lo dispuesto en su artículo 2° número 3; el D.L. N° 1.305, de 1975, en su artículo 4°; lo previsto en los artículos 2°, 105 y 106, del D.F.L N° 458, de 1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones y sus modificaciones; la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, aprobada por D.S. N° 47, (V. y U.), de 1992 y sus modificaciones; la Ley 19.912; el D.S. N° 77, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, del año 2004, en especial lo dispuesto en su artículo 7°; el D.S. N° 118, (V. y U.), de 2010, que Aprueba Reglamento que Fija los Requisitos de Diseño y Cálculo para el Hormigón Armado; Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario o ACI 318S-08, del American Concrete Institute; el artículo 32, N° 6 de la Constitución Política de la República de Chile y la Resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República.



GALVACHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Galvanizado por inmersión en caliente

Protección contra la corrosión mediante un recubrimiento de zinc sobre el acero unido metalúrgicamente.



Como protector de la corrosión cumple 2 funciones:

- *Cómo ánodo de sacrificio.*
- *Como barrera entre el electrolito y el metal.*

Sus ventajas frente a otras técnicas son:

- *De fácil aplicación, se sumerge la pieza en un baño de zinc fundido a 450°C.*
- *Más resistente a la manipulación debido a la unión intermetálica que se logra con la inmersión en caliente.*



GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Normas



Designation: A 767/A 767M – 09

**Standard Specification for
Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete
Reinforcement¹**



GALVACHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Normas

INTERNATIONAL
STANDARD

**ISO
14657**

First edition
2005-01-15

**Zinc-coated steel for the reinforcement of
concrete**

Aciers revêtus de zinc pour l'armature du béton



GALVACHILE
CIRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Normas

NORMA CHILENA

***NCh* 3260-2012**

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

**Acero - Acero galvanizado para hormigón armado -
Requisitos**

Steel - Zinc-coated steel for the reinforcement of concrete - Requirements





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

***DOP, “Rampa de acceso caleta
puerto sur Isla Santa María”,
año 2001***



***DOP, “Ampliación Muelle
Pesquero Artesanal Caleta Lo
Rojas, Coronel”, año 2003***



***SQM, Salar de atacama”,
año 2004***





GALVA CHILE
CIRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Modernización Caleta Angelmó año 2006



Vivero en tierra, Pesquera Los Fiordos, año 2008





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

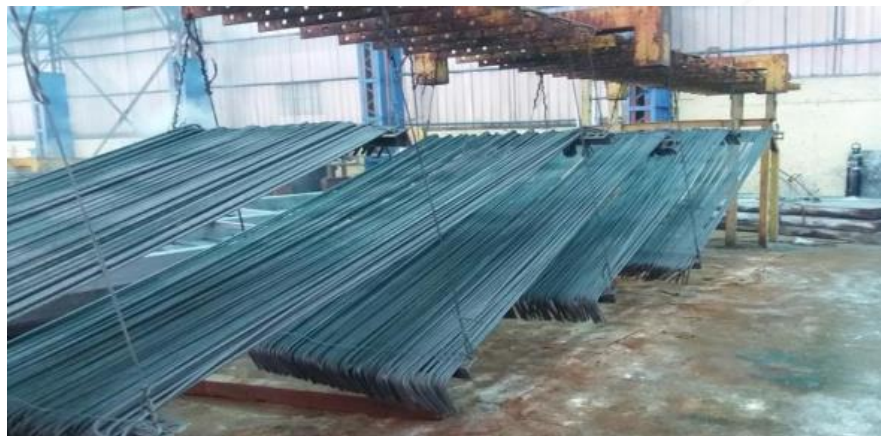
Central Santa María de Coronel I, Colbún, año 2009





GALVA CHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

Estudios Magallánicos, 2018



New NY Bridge, 2015



30,000 ton de acero de
refuerzo galvanizado



¿Por qué un nuevo puente?

- Más de 138,000 vehículos cruzan el puente diariamente, muchos más de los que el diseño permite.
- Los embotellamientos y los retrasos son una ocurrencia regular.
- La tasa de accidentes es el doble de la tasa media de accidentes en el resto de la autopista de 574-millas.
- No hay carriles para vehículos de emergencia o vehículos con fallas o desperfectos, creando más retrasos de tráfico.
- El costo esperado en los próximos veinte años para el mantenimiento y rehabilitación estructural del puente existente: USD\$ 3-4 billones.
- Monto ya gastado en mantenimiento del puente en la última década: USD\$ 750 millones.

AT A GLANCE **NEW NY BRIDGE** ESTIMATED PROJECT BUDGET

\$3.9 billones

Vida sin mantenimiento estructural: 100 años





GALVACHILE
CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

DIARIO OFICIAL

DE LA REPUBLICA DE CHILE
Ministerio del Interior y Seguridad Pública

I
SECCIÓN

LEYES, REGLAMENTOS, DECRETOS Y RESOLUCIONES DE ORDEN GENERAL

Núm. 42.063

| Miércoles 23 de Mayo de 2018

| Página 1 de 2

Normas Generales

CVE 1400870

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

DECLARA NORMAS OFICIALES DE LA REPÚBLICA DE CHILE

Núm. 342 exento.- Santiago, 9 de mayo de 2018.



Decreto:

Artículo 1° Decláranse como Normas Oficiales de la República de Chile, las siguientes normas chilenas con su respectivo código y título de identificación:

- | | |
|-----------------|--|
| NCh 3347:2013 | Reparación de áreas dañadas y sin revestir de revestimientos galvanizados en caliente. |
| NCh 3348/1:2014 | Recubrimientos de zinc - Orientaciones y recomendaciones para la protección en contra de la corrosión de hierro y acero en estructuras - Parte 1: Principios generales de diseño y resistencia a la corrosión. |
| NCh 3348/2:2014 | Recubrimientos de zinc - Orientaciones y recomendaciones para la protección en contra de la corrosión de hierro y acero en estructuras - Parte 2: Galvanización en caliente. |

Decreto:

Artículo 1° Decláranse como Normas Oficiales de la República de Chile, las siguientes normas chilenas con su respectivo código y título de identificación:

- | | |
|---------------|--|
| NCh 3346:2013 | Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero - Requisitos y métodos de ensayo. |
| NCh 3260-2012 | Acero - Acero galvanizado para hormigón armado - Requisitos. |



GALVA**CHILE**
CIRCULO DE GALVANIZADORES DE CHILE

asimet@asimet.cl

Continuaremos Galvanizando

