



GALVACHILE

CÍRCULO DE GALVANIZADORES DE ASIMET



TECNOVAL



bbosch
Infraestructura para el futuro

GYMSA
INDUSTRIAL



Por un Chile Industrial
ASIMET
Fuerza Gremial

Mapa de la corrosión de Chile Galvanizado en caliente

Dr. Ing. Christian Sánchez Villa

Especialista Técnico

bbosch S.A.

¿PORQUÉ EXISTE LA CORROSIÓN?

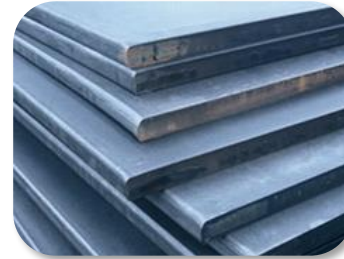
La corrosión puede ser definida como la destrucción y deterioro de un material por efecto de reacciones del medio ambiente.



Mineral



Proceso
siderúrgico



Acero corroído



Mina

Compromiso estructural



Los sistemas de protección
se determinan considerando



**Galvanizado en caliente,
ISO 14713-1:2017
/NCh3348-1**



**Sistemas dúplex de
acuerdo a ISO
12944-5:2018**

Protección contra la corrosión

Recubrimiento del zinc

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



Costero-Industrial

**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.

Protección contra la corrosión

Recubrimiento del zinc

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



Costero-Industrial

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14713-1

Second edition
2017-04

**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**

*Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations
pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les
constructions —*

Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion

Protección contra la corrosión

Sistemas de pinturas

Sistemas dúplex de acuerdo a ISO 12944-5:2018



Planta de filtros

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
12944-5

Third edition
2018-02

**Paints and varnishes — Corrosion
protection of steel structures by
protective paint systems —**

**Part 5:
Protective paint systems**

*Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par
systèmes de peinture —*

Partie 5: Systèmes de peinture

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



Categoría de corrosividad C*	Ambientes típicos: INTERIORES	Ambientes típicos: 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.	<ul style="list-style-type: none">• 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.	<ul style="list-style-type: none">• ZONAS TEMPERADA, ambiente atmosférico con contaminación baja ($SO_2 < 5 \mu g/m^3$), 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.

* Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), r_{corr} ($\mu m \times a^{-1}$) y nivel de corrosión.

ISO 14713-1/ NCh 3348-1



Categoría de corrosividad C*	Ambientes típicos: INTERIORES	Ambientes típicos: EXTERIORES
C3 $0,7 < r_{corr} \leq 2.1$ Medio	Espacios con una frecuencia moderada de condensación y contaminación moderada de procesos productivos, por ejemplo, plantas procesadoras de alimentos, lavanderías, fabricas de cerveza y lechería.	<ul style="list-style-type: none">• Zonas templadas , ambientes atmosféricos con una contaminación media ($SO_2 < 5 \mu g/m^3$ a $30 \mu g/m^3$), o algún efecto de cloruros, por ejemplo, áreas urbanas, áreas litorales, con depósito bajo en cloruros, zonas subtropicales y tropicales con atmósferas con contaminación baja.
C4 $2.1 < r_{corr} \leq 4.2$ Alto	Espacio con una alta frecuencia de condensación y alta contaminación de un proceso productivo, por ejemplo, plantas de procesamiento industriales, piscinas.	<ul style="list-style-type: none">• Zonas templadas, ambientes atmosféricos con una contaminación (SO_2 $30 \mu g/m^3$ a $90 \mu g/m^3$) 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 atmósfera con contaminación media.

* Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), r_{corr} ($\mu m \times a^{-1}$) y nivel de corrosión.

ISO 14713-1/ NCh 3348-1



Categoría de corrosividad C*	Ambientes típicos: INTERIORES	Ambientes típicos: EXTERIORES
C5 $4.2 < r_{corr} \leq 8.4$ 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.	<ul style="list-style-type: none">• Zonas templadas y subtropicales, ambiente atmosférico con una contaminación muy alta (SO_2 90 $\mu g/m^3$ a 250 $\mu g/m^3$) y/o efecto importante de cloruros, por ejemplo, áreas industriales, áreas litorales y emplazamientos protegidos en línea costera.
CX $8.4 < r_{corr} \leq 25$ Extremo	Espacios con una condensación permanente o periodos extensivos de exposición afectos de humedad extrema y/o con contaminación exterior, incluidos cloruros y material particulado que estimula la corrosión.	<ul style="list-style-type: none">• Zonas tropicales y subtropicales (tiempo de humectación), ambientes atmosféricos con una contaminación muy alta (SO_2 mayor que 250 $\mu g/m^3$), 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.

* Tasa de corrosión para zinc (basado en exposiciones de un año), r_{corr} ($\mu m \times a^{-1}$) y nivel de corrosión.

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 zinc (um/año)
C1	Muy baja	≤ 10	≤ 13	≤ 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	Muy alta	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

Corrosión atmosférica



Factores que determinan la **Corrosividad Atmosférica (ISO 9223)**

- Humedad ambiental (tiempo de humectación)
- Concentración de cloruros
- Concentración de dióxido de azufre

A photograph of an industrial facility, likely a copper smelter, situated along a beach. The facility includes several buildings, a tall smokestack emitting white steam, and a conveyor system. The foreground is a dark, sandy beach with some rocks. The sky is overcast.

Ventanas, Chile



MAPA DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA DE CHILE

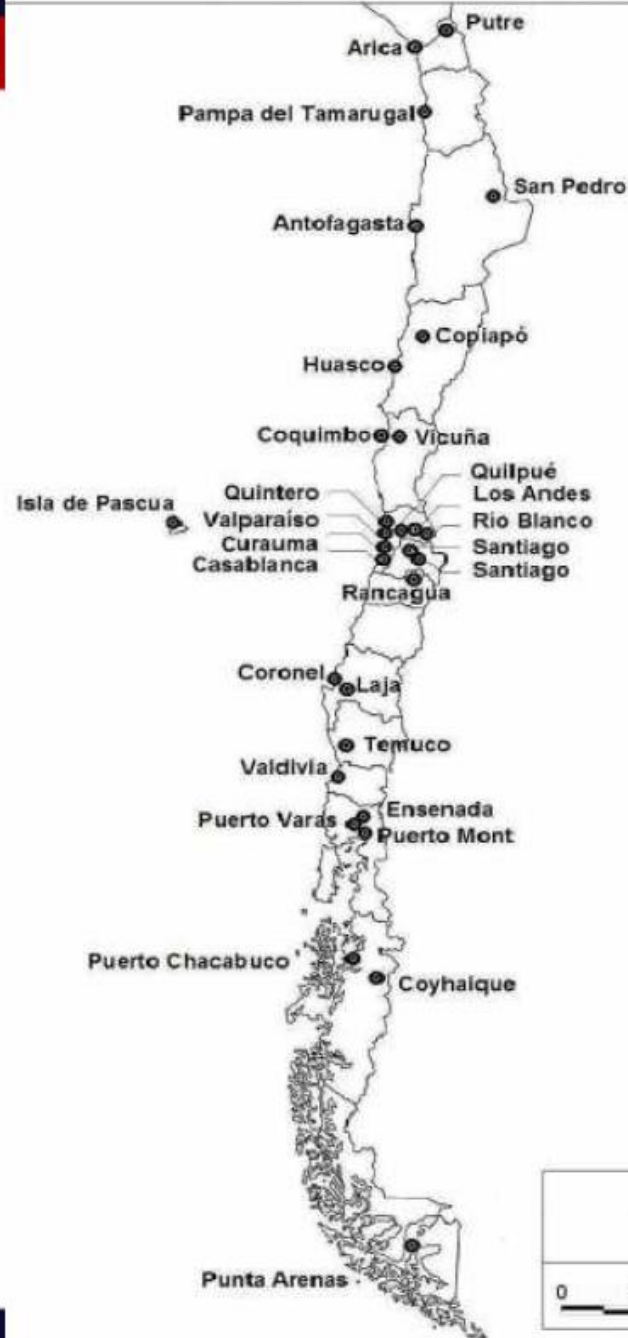
R. Vera, R. Araya, M. Puentes, P.A. Rojas, A. M. Carvajal
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.
e-mail autor:rvera@ucv.cl

Período 2010-2013



Viña del Mar, 14-15 de
Noviembre 2013

STATIONS



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

Nº	CIUDADES
1	ARICA
2	PUTRE
3	PAMPA TAMARUGAL
4	QUILPÚE
5	ANTOFAGASTA
6	SAN PEDRO DE ATACAMA
7	COPIAPO
8	HUASCO
9	COQUIMBO
10	VICUÑA
11	ANTÁRTICA
12	VALPARAISO
13	QUINTERO
14	LOS ANDES
15	CASABLANCA
16	RIO BLANCO
17	SANTIAGO (Quilicura)
18	SANTIAGO (San Joaquín)
19	RANCAGUA
20	CORONEL
21	LAJA
22	TEMUCO
23	PUERTO VARAS
24	VALDIVIA
25	ENSENADA
26	PUERTO MONTT
27	PUERTO CHACABUCO
28	COIHAIQUE
29	PUNTA ARENAS
30	ISLA DE PASCUA
31	CURAUMA

**Localización de
estaciones de
ensayo en Chile**

Proyecto 09CN14-5879

PARTE EXPERIMENTAL



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO



Dispositivo para determinar SO_2



Dispositivo para determinar cloruros



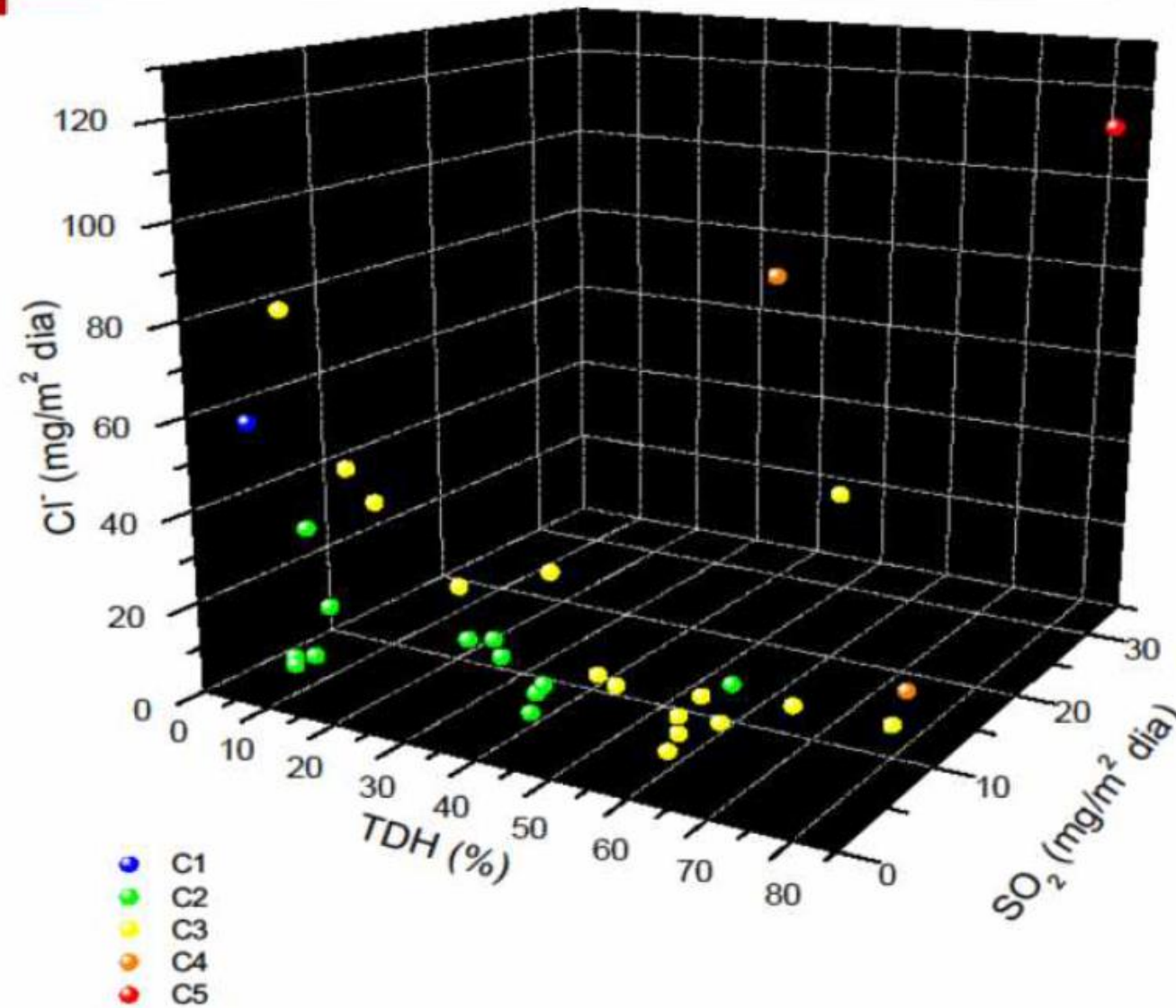
Bastidores con las muestras metálicas (Acero, Acero galvanizado, cobre, aluminio)



Estación meteorológica

Temperatura
Humedad relativa
Lluvia
Velocidad del viento
Tiempo de humidificación

CLASIFICACIÓN AGRESIVIDAD



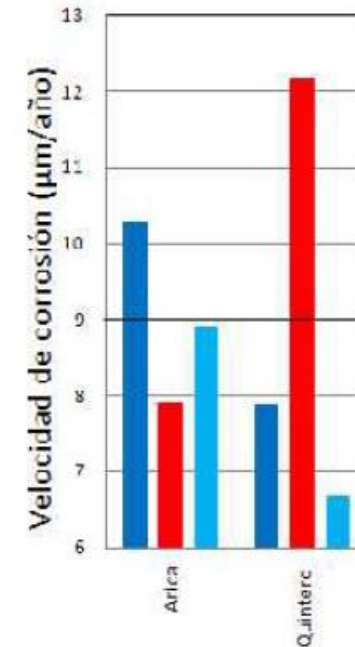
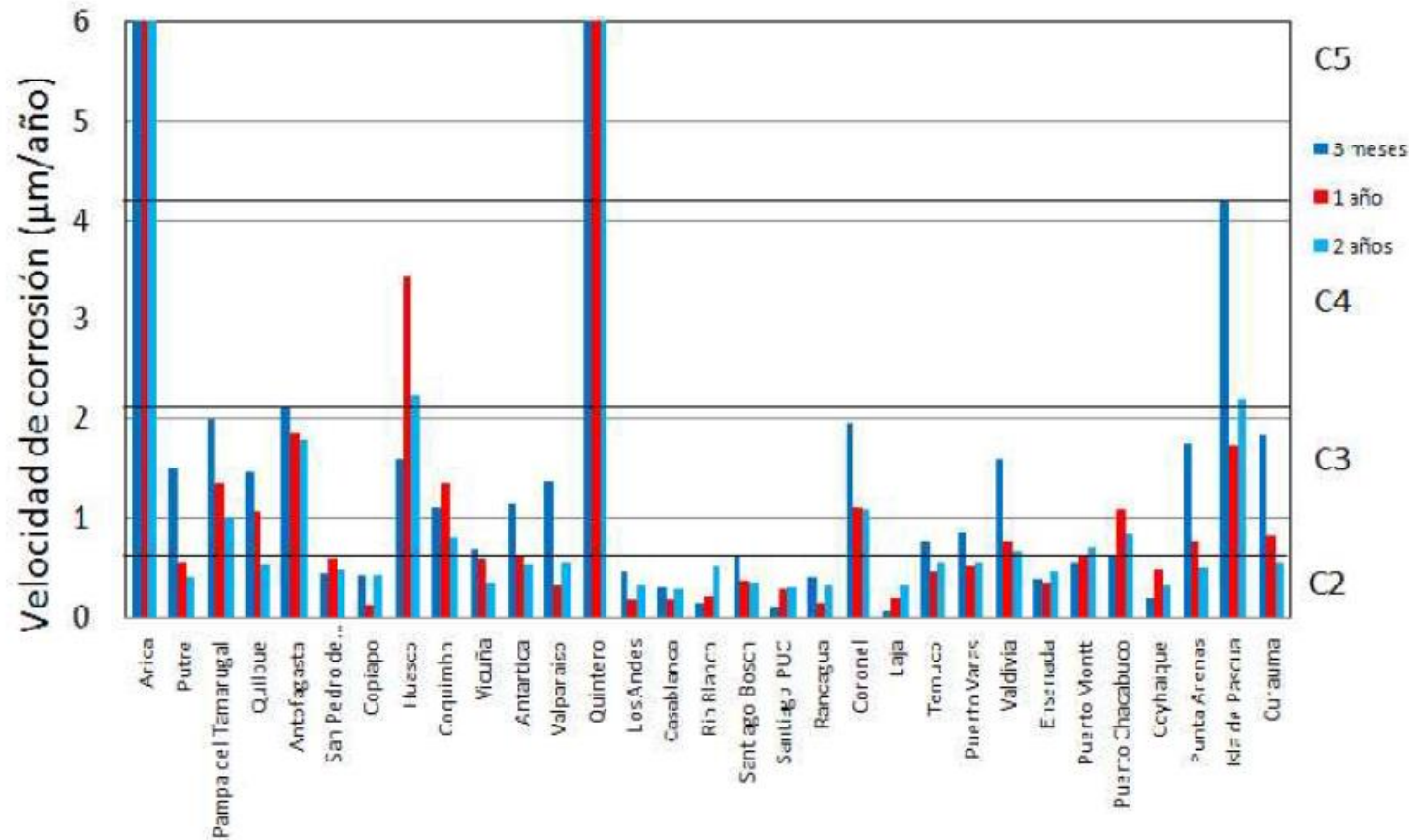
VELOCIDAD DE CORROSIÓN

ACERO GALVANIZADO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

Acero Galvanizado

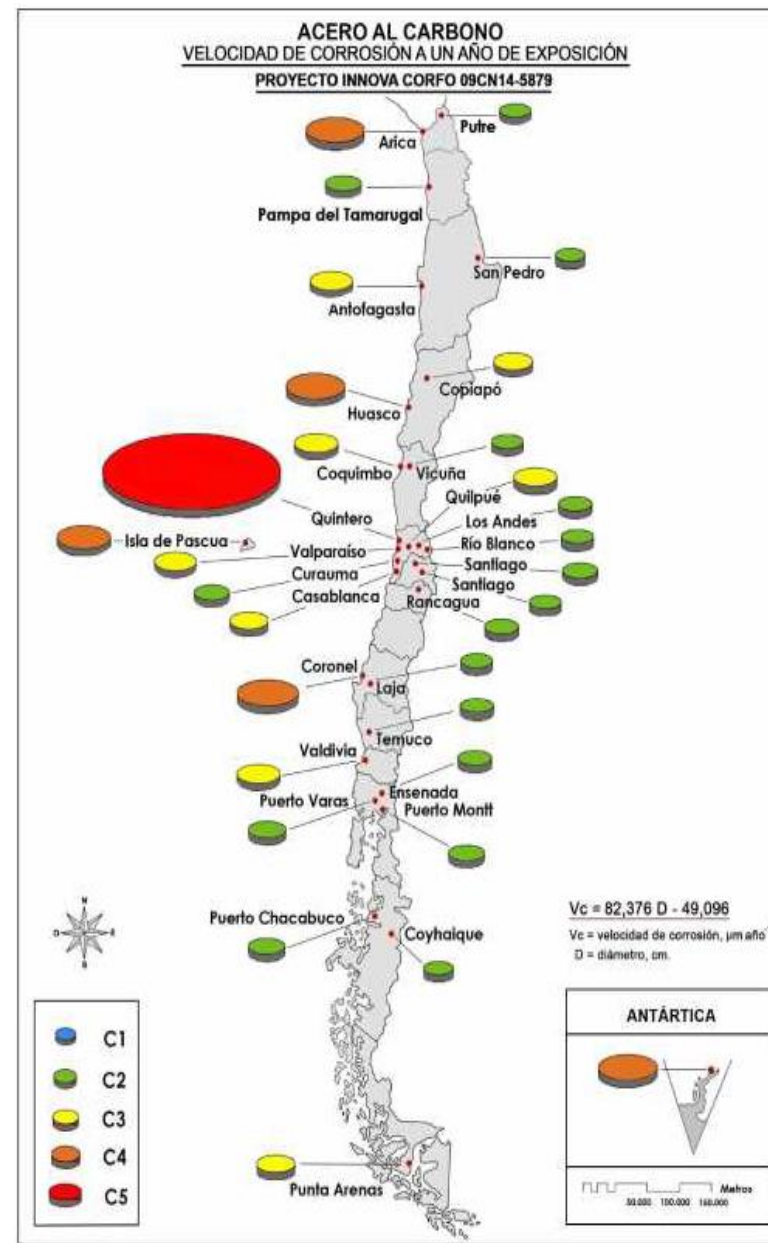


Mapa de la Corrosividad Atmosférica de Chile PUCV 2010-2013

Estación Coronel
Galva8 BBosch



www.mapadecorrosionatmosfericadechile.cl

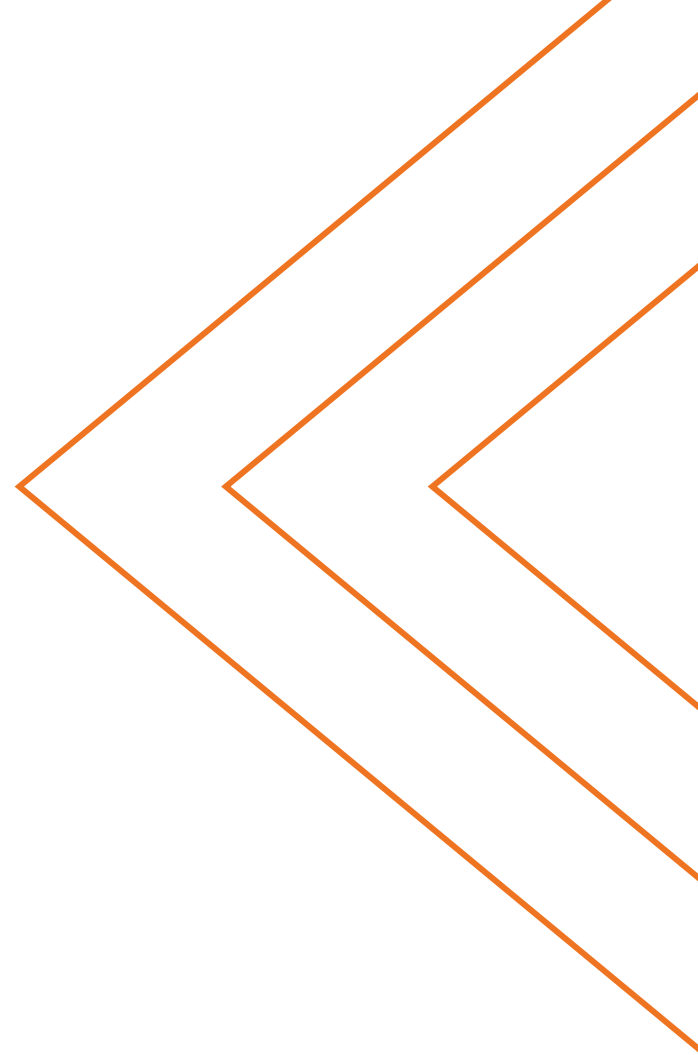


Mapa referencial, considera extrapolación de 31 estaciones del proyecto

Protección contra la corrosión



Galvanizado



Galvanizado por inmersión en caliente

Recubrimiento de zinc sobre
acero unido metalúrgicamente

- Protección de barrera

- Protección catódica por sacrificio

bbosch



Galvanizado de viga de puente
Planta Galva8 BBosch



Microestructura del recubrimiento

1

1. Eta

Es la capa más externa y está constituida por zinc prácticamente puro.

2. 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.

3. Delta

Está formada por una aleación que tiene un 10% de hierro aproximadamente.

4. Gamma

Constituida por una aleación que contiene un 25% de hierro.

5. Acero base

2

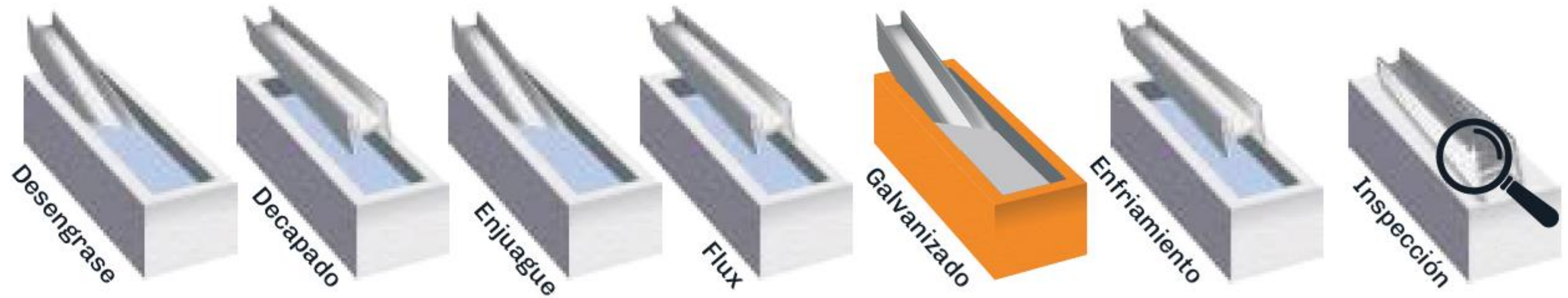
3

4

5

500X

Proceso de galvanizado



**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*

Torres Reefer Puerto Central



Protección contra la corrosión

Recubrimientos de zinc



Durabilidad

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							
			C3		C4		C5		CX	
Galvanización en caliente	NCh 3346 ISO 1461 ASTM A123	85	40/>100	MA	20/40	MA	10/20	A	3/10	M
		140	67/>100	MA	33/67	MA	17/33	MA	6/17	A
		200	95/100	MA	48/95	MA	24/48	MA	8/24	A

* (ISO 9223) vida mín./máx. (años) y clase de durabilidad (MB, B, M, A, MA)

**NORMA
CHILENA**

**NCh
3347**

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*

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: A780/A780M – 20

**Standard Practice for
Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip
Galvanized Coatings¹**

This standard is issued under the fixed designation A780/A780M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.



Coyhaique 2008

Puente Piedra el Indio



Coyhaique 2008

Puente Piedra el Indio



Calbuco 2008

Pasarela San Antonio

Soldadura post galvanizado + metalizado

15 años



2009



2014



2016



2024



Rio Mayer 1998

Puente Coronel Guillermo Van Schouwen



Rio Mayer 1998

Puente Augusto Grosse I











Cuerpo militar del trabajo

Edificio Seremi de Justicia y Obras Públicas , Antofagasta, 2001



Lugar sin recubrimiento de 8x1 cm, desde el montaje de la estructura

Edificio Seremi de Justicia y Obras Públicas , Antofagasta, 2001

2004	2009	2011	2014	2016	2017	2019	2023
							

Quintero



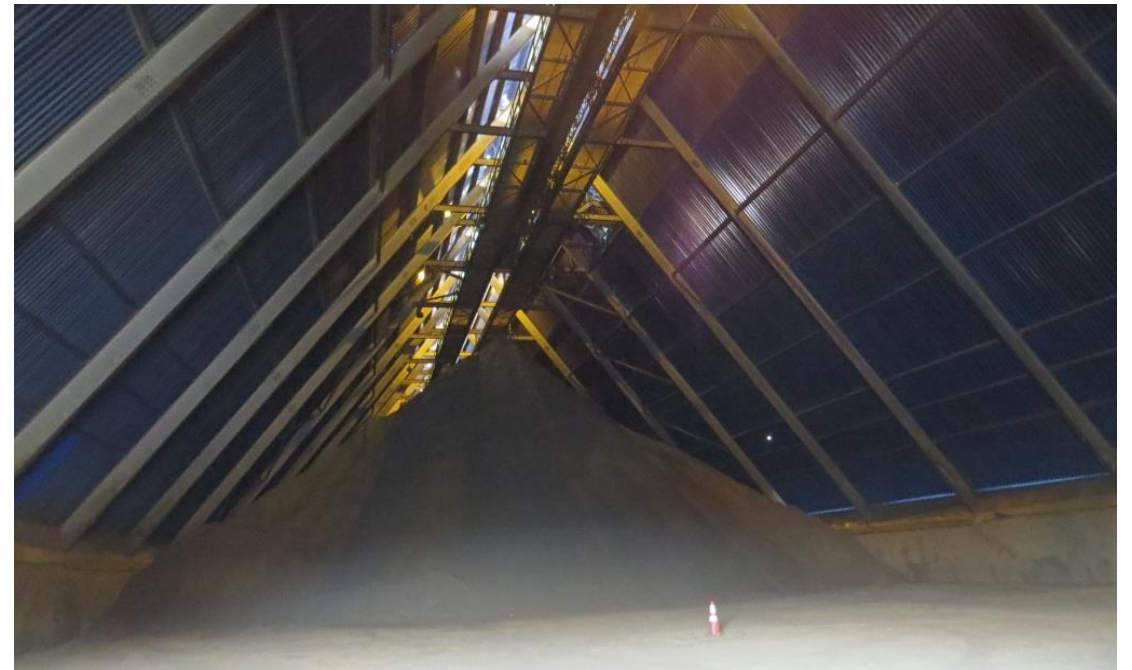
Puerto Ventanas 1969-1970

Estructuras de Bodega Andina y correas transportadoras

Protegidas con sistemas dúplex



Bodega de Codelco Andina
45000 ton; Concentrado de Cobre

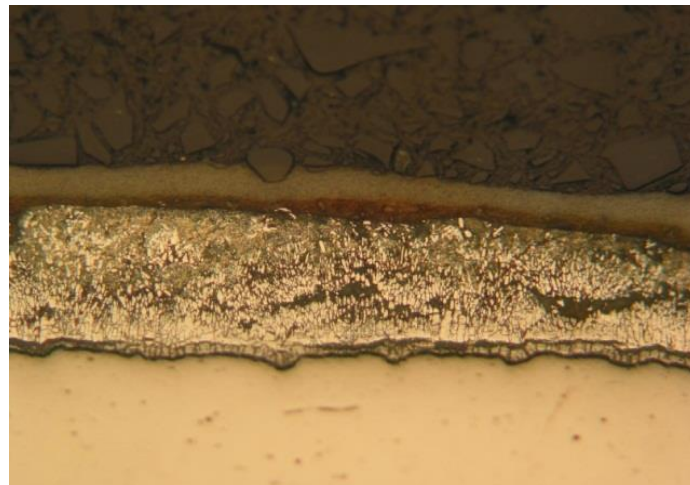


Puerto Ventanas 1969-1970



**Correa Transportadora
bajo Bodega Andina**

**CERO
Mantenimiento en esta zona
desde su puesta en marcha
1970**



Bodega de AngloAmerican 2001

30.000 tm; Concentrado de Cobre ,
Protegida con Galvanizado por Inmersión en
Caliente



Bodega de AngloAmerican 2001

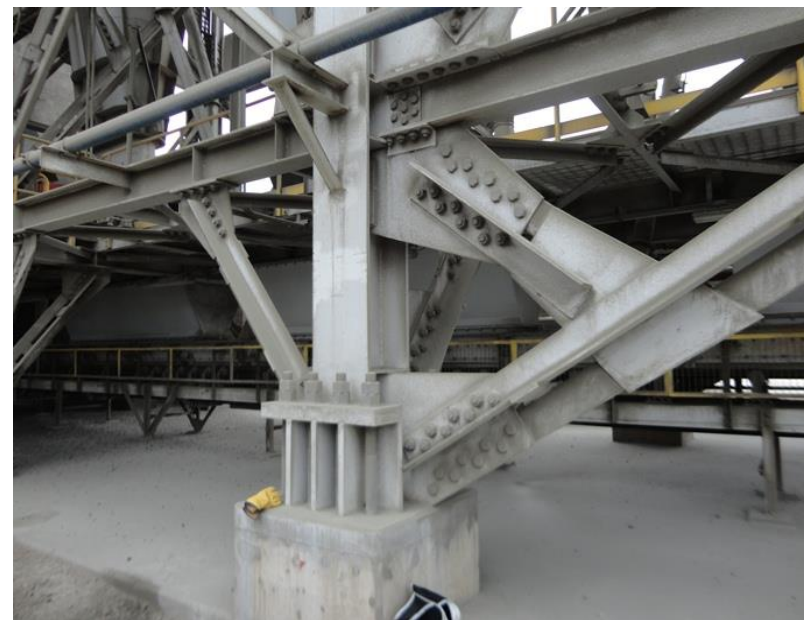


La integridad del recubrimiento, permite proyectar esta estructura libre de mantenimiento.

Cemento Melón Ventanas, 2010

Estructuras de edificios y correas transportadoras

Protegidas con sistemas dúplex



Interacid 2007

Estructuras superiores de muelle con sistemas dúplex



Estructuras inferiores con
Galvanizado en caliente

Interacid 2007

Estructuras en el cabezo con Galvanizado en caliente



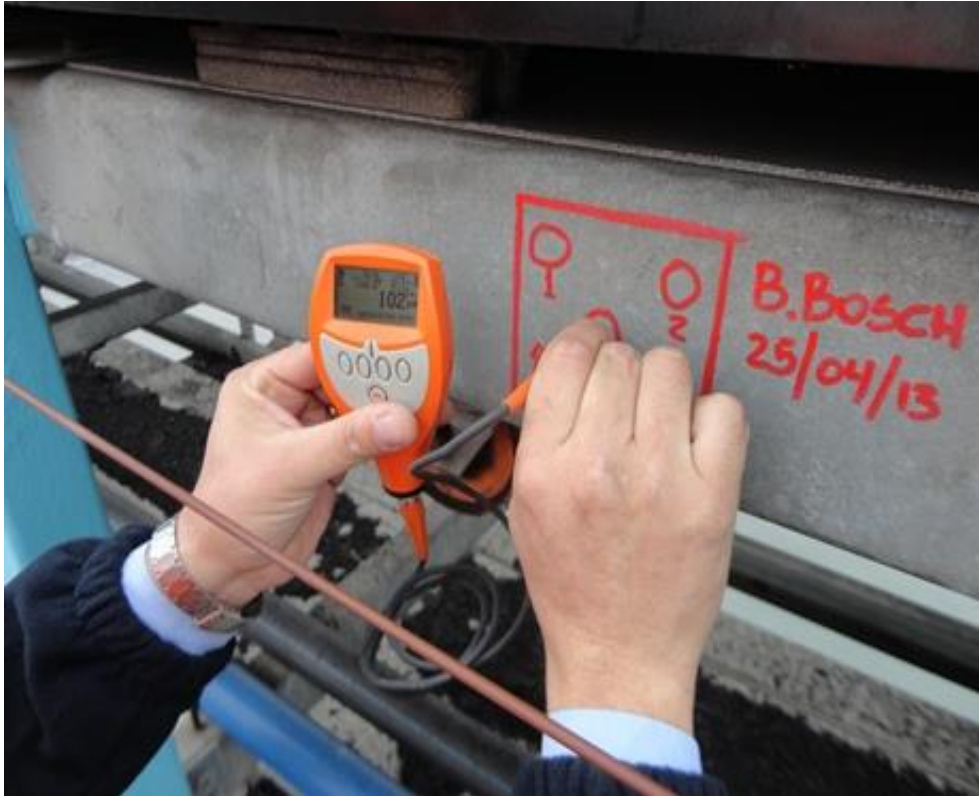
Portuaria Cabo Froward 2009

Estructuras de muelle con galvanizado en caliente



Portuaria Cabo Froward , 2009

Estructuras de muelle con galvanizado en caliente





¿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.

\$3.9 billones

Vida sin mantenimiento estructural: **100 años**





Christian Sánchez Villa

Especialista Técnico | Recubrimientos
Servicios Industriales

bbosch
Infraestructura para el futuro



¡Muchas gracias!

bbosch



www.linkedin.com/in/christian-sanchez-villa