

# Test combinados Intemperismo & Corrosión

Aplicaciones, Metodos, y Limitaciones

[Obtener Grabación](#)

*Paco Gibert*

*Director*

*Grupo ADI Instrumentos*



GRUPO ADI

Recibirán un e-mail de seguimiento de [info@email.q-lab.com](mailto:info@email.q-lab.com) con enlaces a una encuesta, con registro en futuros webinars, y para descargar las presentaciones

- Puede encontrar nuestros webinars actuales en : [q-lab.com/webinarseries](http://q-lab.com/webinarseries)
- Los webinars archivados están en : [q-lab.com/webinars](http://q-lab.com/webinars)
- Utilice la posibilidad de **Q&A in Zoom** para hacernos preguntas hoy mismo!

# Agenda

- Tests acelerados para quilificación de productos.
- Historia de las pruebas combinadas de intemperismo y corrosión
- Resumen de los métodos actuales
- Estudios recientes
- Desafíos de reproducibilidad

# Matrix of Accelerated Tests

Accelerated Test Type	Result	Test Time	Results compared to	Research? Development? Certification?
Quality Control	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defined</li> <li>• Short</li> </ul>	Material specification	Certification & Research
Qualification / validation	Pass / fail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defined</li> <li>• Medium-long</li> </ul>	Reference material or specification	Certification & Development
Correlative	Rank-ordered data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open-ended</li> <li>• Medium</li> </ul>	Natural exposure (Benchmark site)	Development
Predictive	Service life Acceleration factor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open-ended</li> <li>• Long</li> </ul>	Natural exposure (Service environment)	Development & Warranty Contracts

# ¿Qué sucede cuando los test de cualificación de tus clientes dan datos incorrectos?

!Ellos quieren todavía su garantía!

# Recubrimientos de protección

## Recubrimientos de mantenimiento industrial

### Recubrimientos marinos

- La principal función es proteger las estructuras de acero, la maquinaria industrial, o cualquier infraestructura en entornos corrosivos
- La exposición al sol es a menudo un factor importante a considerar
- Re-Recubrir puede ser muy caro

# Protección de Infraestructuras

- Puentes
- Edificaciones metálicas
- Plantas petroquímicas



# Topics

- Test acelerados para cualificación de productos
- **Historia de los test combinados de intemperismo & corrosión**
- Resumen de los métodos actuales
- Estudios recientes
- Desafíos de reproducibilidad

# Intemperismo y Corrosión



## Weathering

Cambios en las propiedades de los materiales resultantes de la exposición a la energía radiante presente en la **luz solar** en combinación con la **temperatura** (incluidos los ciclos de temperatura) y el **agua** en sus diversos estados, principalmente como humedad, rocío y lluvia.



## Corrosión (Atmosférica)

Deterioro y destrucción de un material y sus propiedades vitales debido a reacciones electroquímicas en la superficie de un metal en un ambiente atmosférico. Ocurre cuando la superficie está mojada por la humedad formada debido a la lluvia, la niebla y la condensación.

# Corrosión /Intemperismo combinados

Desarrollado en los 80's por Sherwin-Williams



# Corrosión /Intemperismo combinados

A medida que un recubrimiento se degrada por la exposición a los rayos UV, se reduce su capacidad para proteger contra la corrosión.



# Ciclo Corrosión /Intemperismo combinados



7 días



7 Días, ASTM G85 A5

UVA-340	4:00	0.89 W/m <sup>2</sup> /nm	60°C
Condensación	4:00		50°C

Niebla (solución diluida)	1:00	24°C
Secado	1:00	35°C

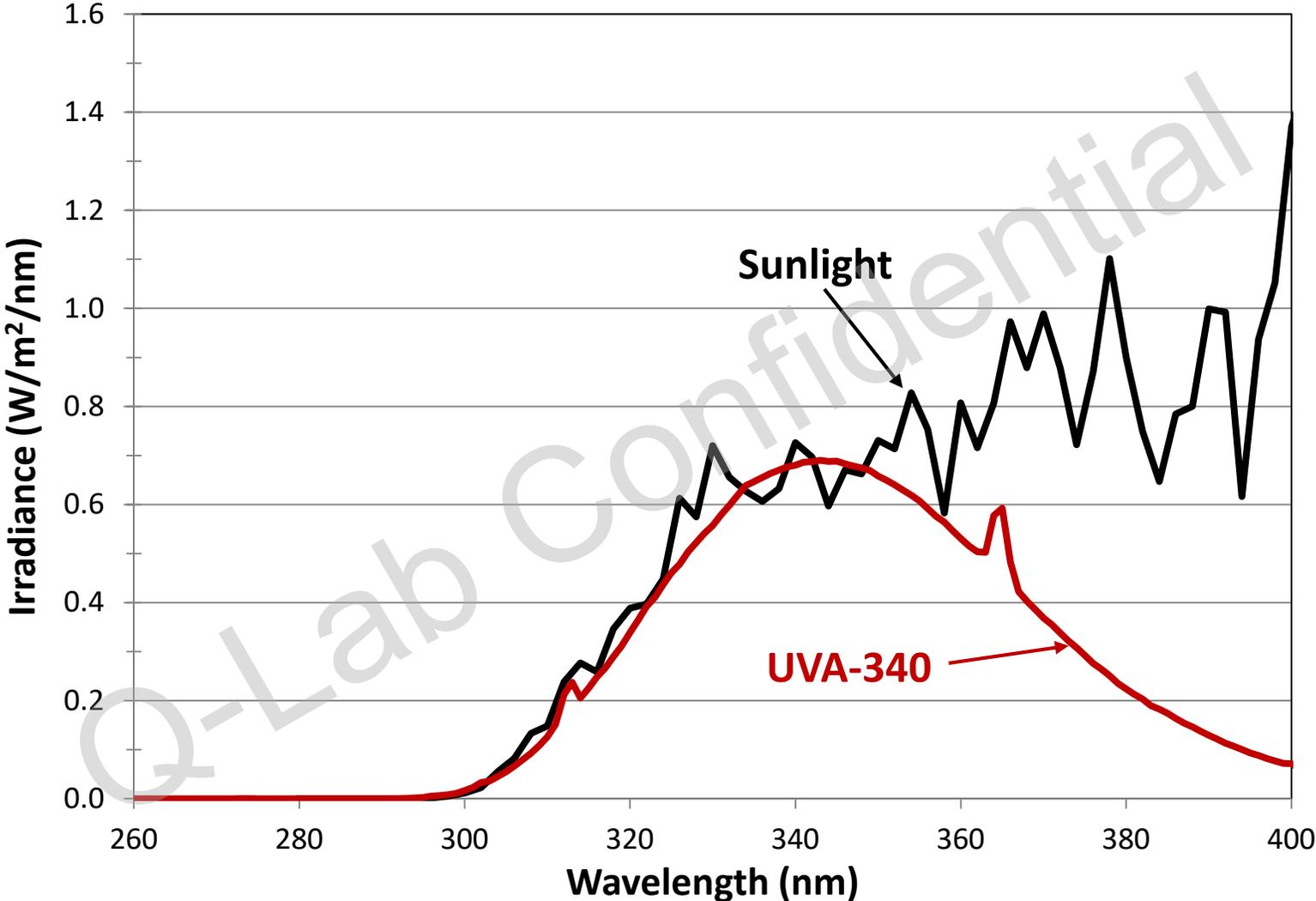


# Equipo de envejecimiento UV

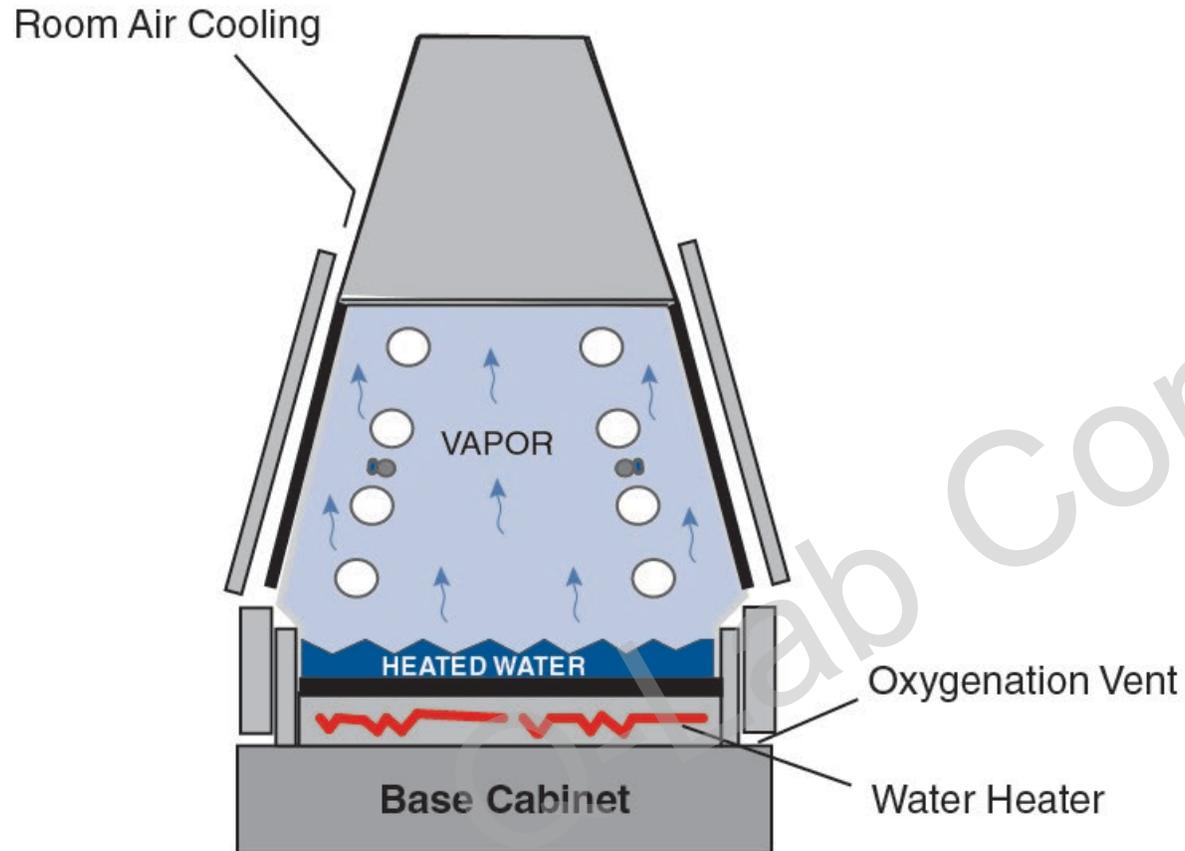
Se muestra la QUV con un nuevo controlador de pantalla táctil dual



# UVA-340 Lamps



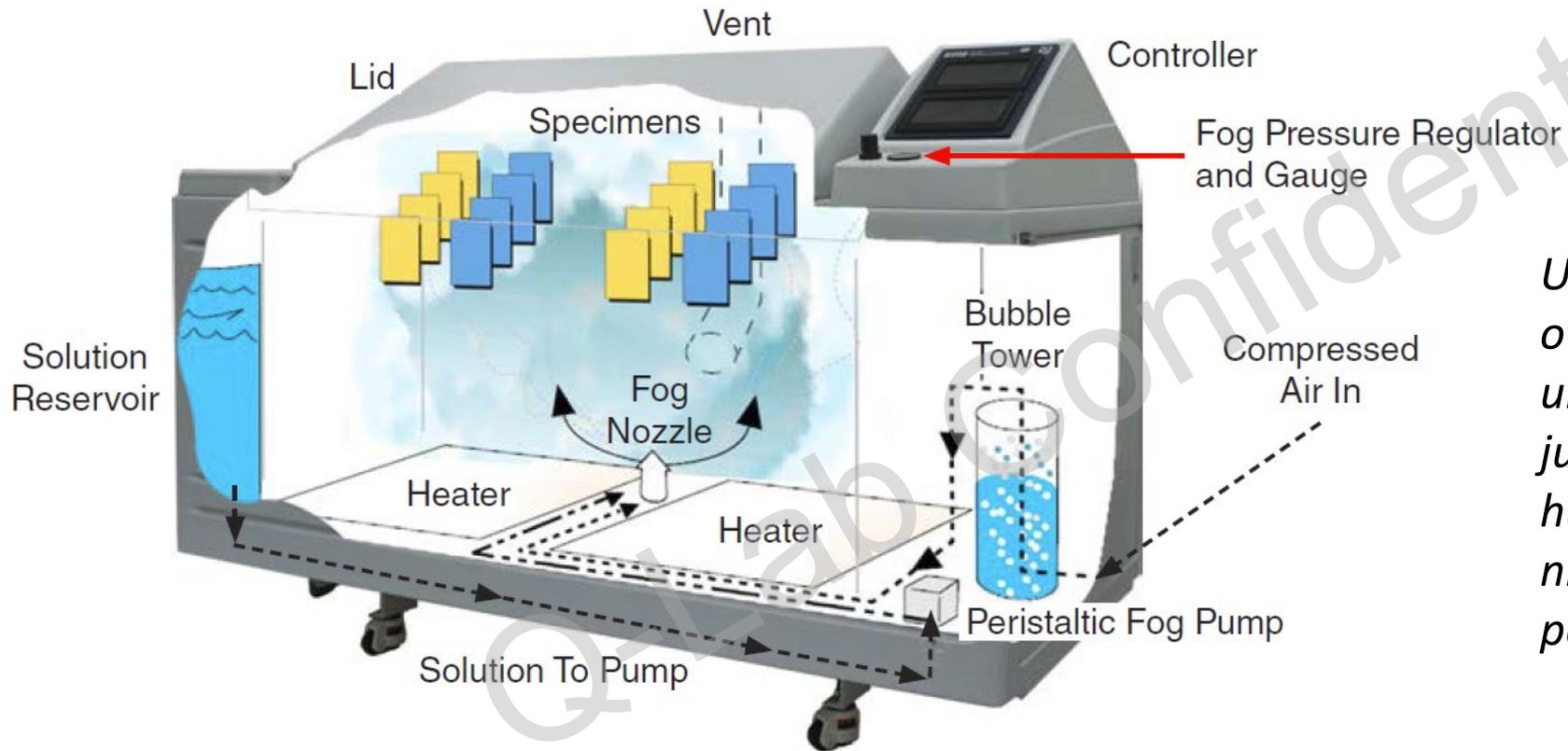
# Condensación



*La condensación caliente es muy efectiva para simular la absorción de humedad en un ambiente húmedo como Florida.*

# Spray de sal continuo

## Ambiente de niebla salina



*Una solución de NaCl u otras sales se bombea a una boquilla atomizadora junto con aire comprimido humedecido, creando una niebla muy fina que parece similar a la niebla.*

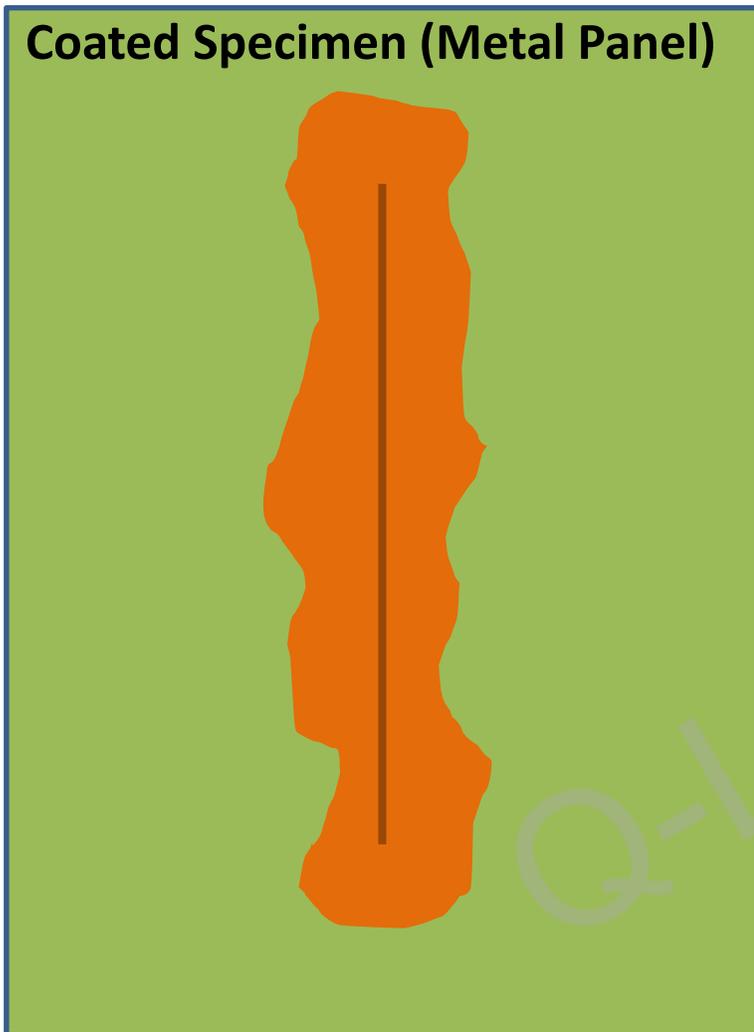
# Evaluaciones de muestras de corrosión

- *Corrosión a lo largo de un corte*
- Blistering
- Grado de oxidación (ASTM D610)

Q-Lab Confidential

# Corrosión a lo largo de un corte

Coated Specimen (Metal Panel)

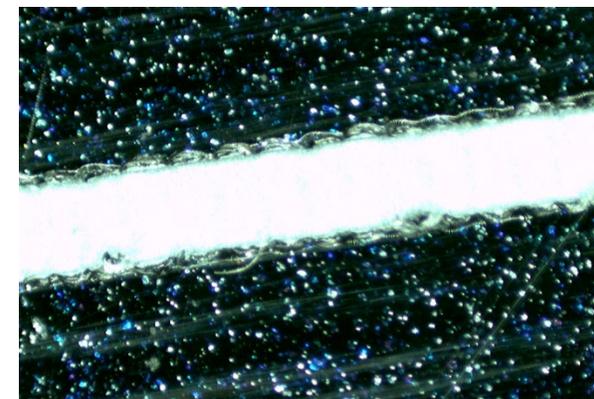


Scribing Tool

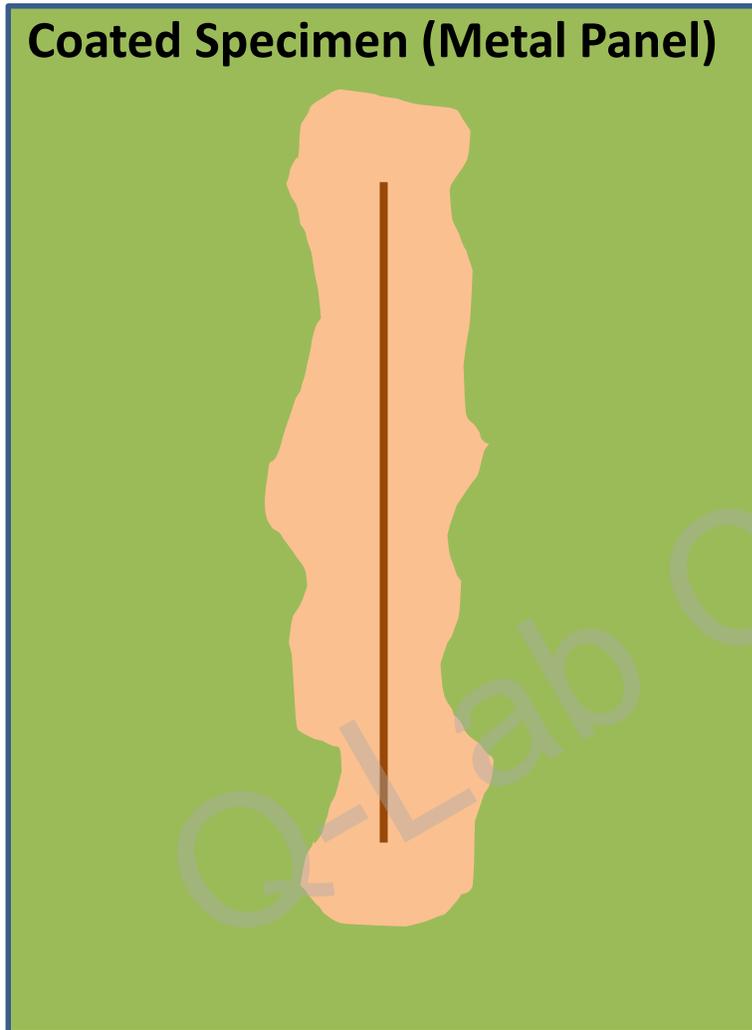


Corte a través del recubrimiento hasta el substrato metálico

Exponga el panel y permita la corrosión a lo largo del corte



# Corrosión a lo largo de un corte

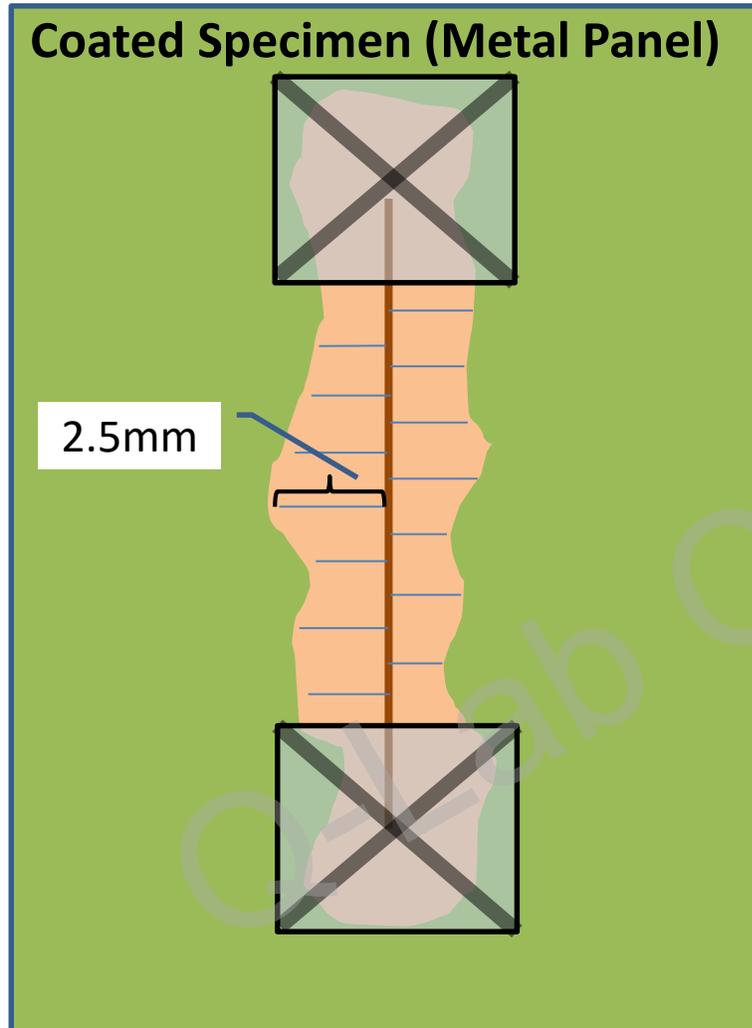


Quite la "costra" de óxido con una hoja no afilada



Ahora el panel está listo para evaluación

# Corrosión a lo largo de un Corte



Ignore las áreas de corrosión cerca de los extremos de la marca (aproximadamente 6-12 mm)

Cree líneas de cuadrícula (mínimo de 6) desde el trazado perpendicular al borde de las áreas corroídas;

Mida la distancia entre la marca y el borde de corrosión

La pintura eliminada debido a la pérdida de adherencia es una medida independiente

# Evaluaciones de muestras de corrosión

Corrosion creep



Vs

Pérdida de  
adhesion  
(cathodic  
delamination)

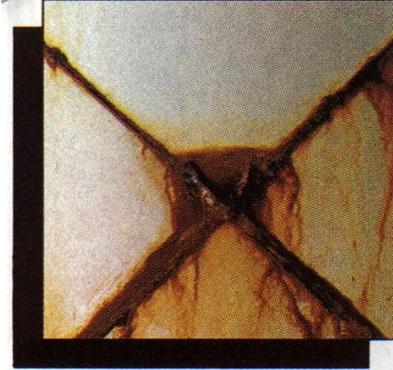


En este estudio, los datos de delaminación de las pruebas de laboratorio se correlacionaron mejor con los datos de exteriores

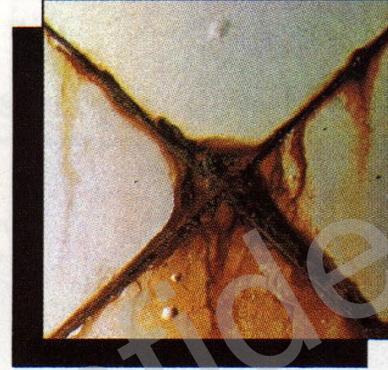
# Spray salino vs Aire libre

Spray salino

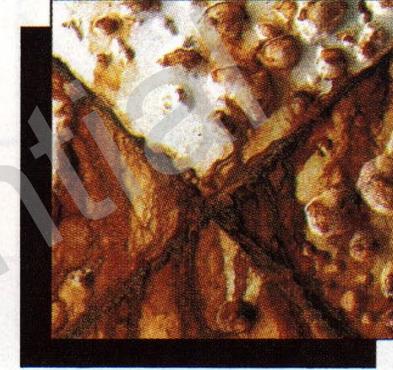
Epoxy



Alkyd

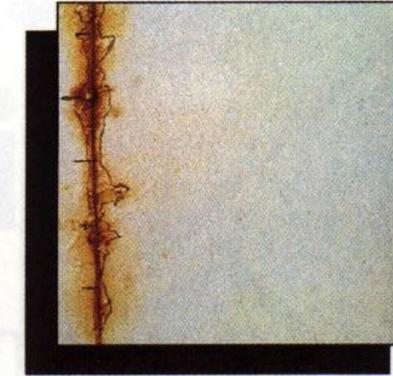
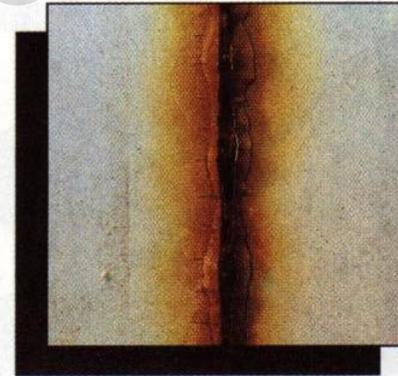
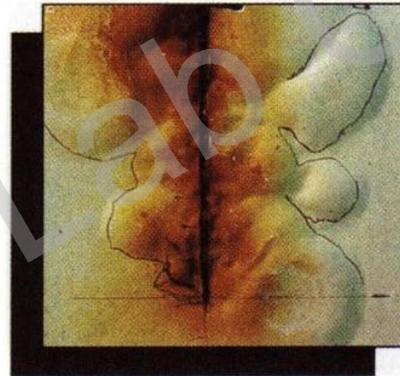


Latex



*Spray salino durante 2000 horas (1000 para latex)*

Aire libre

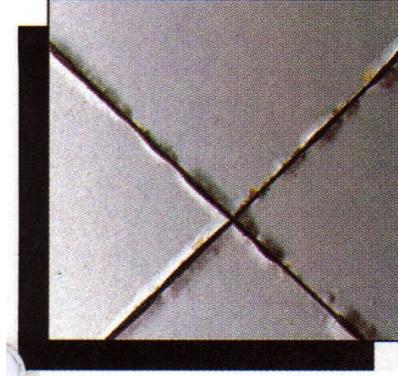


*27 meses al aire libre en ambiente marino*

# Ciclos Humedad/Seco vs Exterior

**Prohesión  
(ASTM G85 A5)**

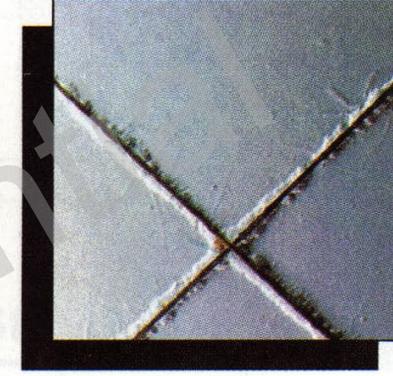
**Epoxy**



**Alkyd**

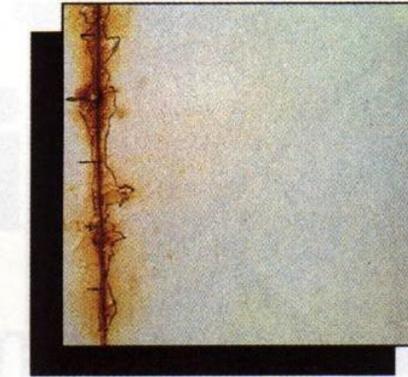
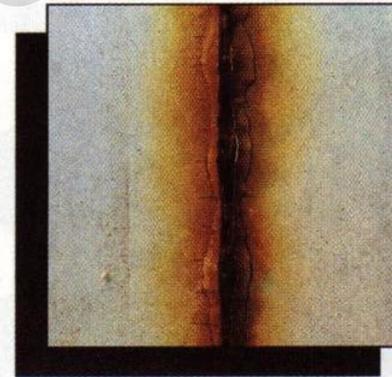
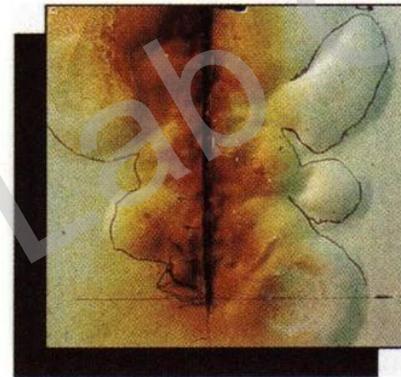


**Latex**



*Spray salino durante 2000 horas (1000 para latex)*

**Aire libre**

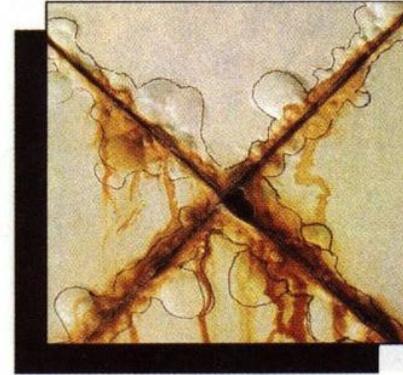


*27 meses al aire libre en ambiente marino*

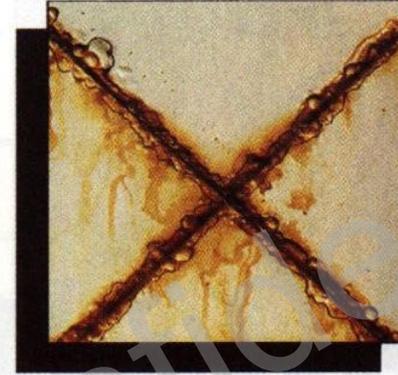
# Combinación Corrosión/Intemperie vs Exterior

ASTM D5894

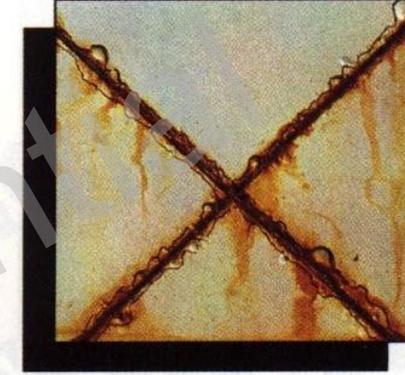
Epoxy



Alkyd

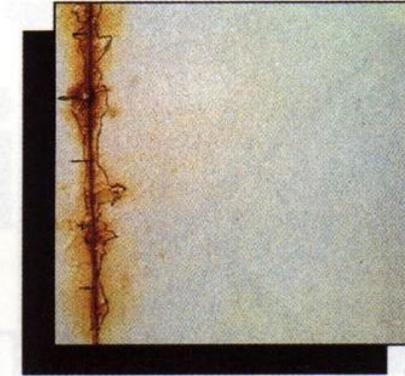
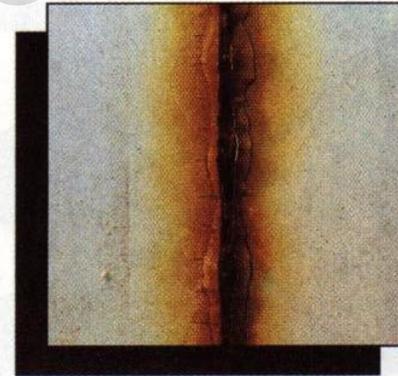
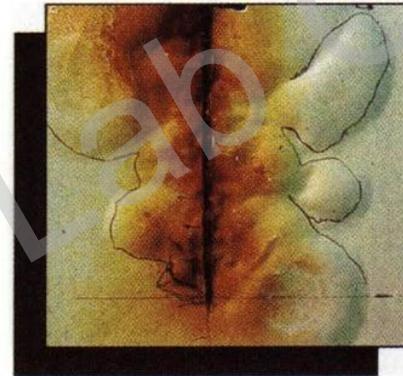


Latex



*ASTM D5894 durante 2000 horas (1000 para latex)*

Aire libre



*27 meses al aire libre en ambiente marino*

# Validación Corrosión/Intemperismo

- Society for Protective Coatings (SSPC)
- Cleveland Society for Coatings Technology (CSCT)
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

# SSPC

- Society for Protective Coatings
- 15 diferentes sistemas
- Exterior vs. acelerado
  - 31 months
- Test acelerados
  - Salt spray 5%
  - Prohesion
  - 2 tipos de test de ciclos de inmersión
  - Test combinados corrosión/ intemperie



# Resultados de la SSPC

Laboratory Test Method	Correlation w/Severe Marine Environment
Conventional Salt Spray	-0.11
Prohesion	0.07
Cyclic Immersion Procedures	0.48
Cyclic Immersion with UV Procedure	0.61
Combined Corrosion/ Weathering Cycle	0.71

Results stated are Spearman rank coefficient 1.0 = perfect correlation, 0 = random, -1 = perfect rank reversal

# Topics

- Test acelerados para cualificación de productos
- Historia de los test combinados de intemperismo & corrosión
- **Resumen de los métodos actuales**
- Estudios recientes
- Desafíos de reproducibilidad

# ASTM D5894



7 Días

UVA-340	4:00	0.89 W/m <sup>2</sup> /nm	60°C
Condensation	4:00		50°C



7 Días, ASTM G85 A5

Fog (dilute solution)	1:00	24°C
Dry-off	1:00	35°C

# Variaciones de ASTM D5894

- NACE TM0304, TM0404
  - Substituye la solución de  $\text{NaCl}/(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  por agua marina sintética ASTM D1141
- Se agregó el ciclo de congelación a los test de la Administración Federal de Carreteras de EE. UU.

Q-Lab Confidential

# Agua de mar sintética (ASTM D1141)

Compound		Concentration (g/L)
NaCl	(sodium chloride)	24.53
MgCl <sub>2</sub>	(magnesium chloride)	5.20
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(sodium sulfate)	4.09
CaCl <sub>2</sub>	(calcium chloride)	1.16
KCl	(potassium chloride)	0.695
NaHCO <sub>3</sub>	(sodium bicarbonate)	0.201
KBr	(potassium bromide)	0.101
All Others		<0.10

pH of synthetic seawater is 8.2

# ISO 12944-6:2018

## “Corrosión de estructuras de acero por sistemas de revestimiento protector.”

- Categorías de corrosividad descritas en in ISO 12944-2 (based on ISO 9223)
- Clases de durabilidad descritas en ISO 12944-1
- ISO 12944-9 cubre la clasificación de corrosividad CX de estructuras “off-shore” (reemplaza a ISO 20340)

# ISO 12944-6

## Annex B Test ciclico de envejecimiento

Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	
UV/condensation — ISO 16474-3			Neutral salt spray — ISO 9227			Low-temp. exposure at $(-20 \pm 2) ^\circ\text{C}$	
							

Repita durante 72 hours:  
4 horas UVA-340,  $0.83 \text{ W/m}^2/\text{nm}$  at  $340 \text{ nm}$ ,  $60^\circ\text{C}$   
4 horas condensación oscura,  $50^\circ\text{C}$



72 horas continuas de niebla salina a  $35^\circ\text{C}$



Enjuague los paneles y colóquelos en el congelador durante 24 horas.

# Cuál es el mejor test Intemperie/Corrosión?

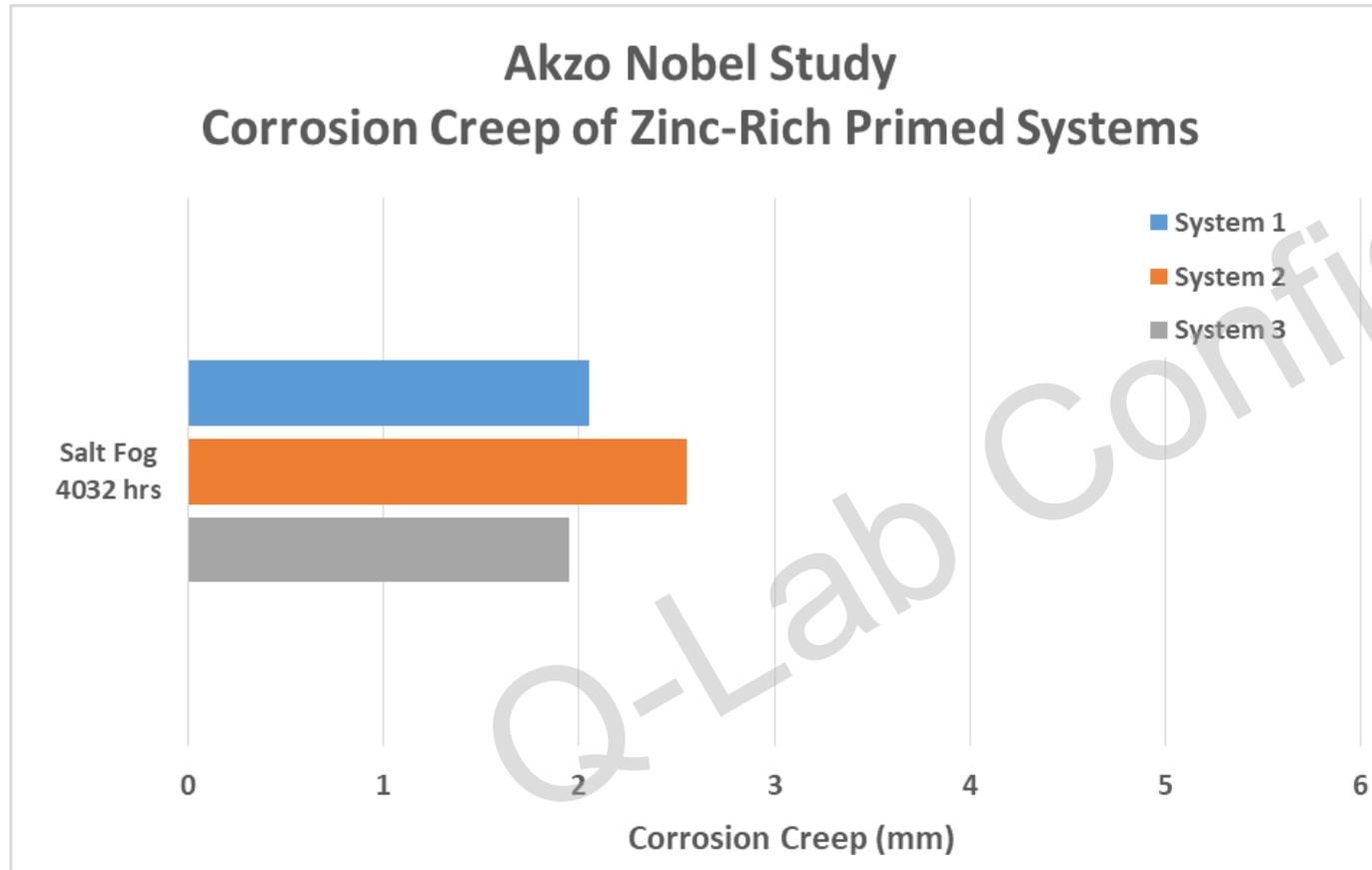
- Todos muestran una buena correlación con los estudios de campo.
- La severidad de las pruebas es similar en igual duración

Q-Lab Confidential

# Topics

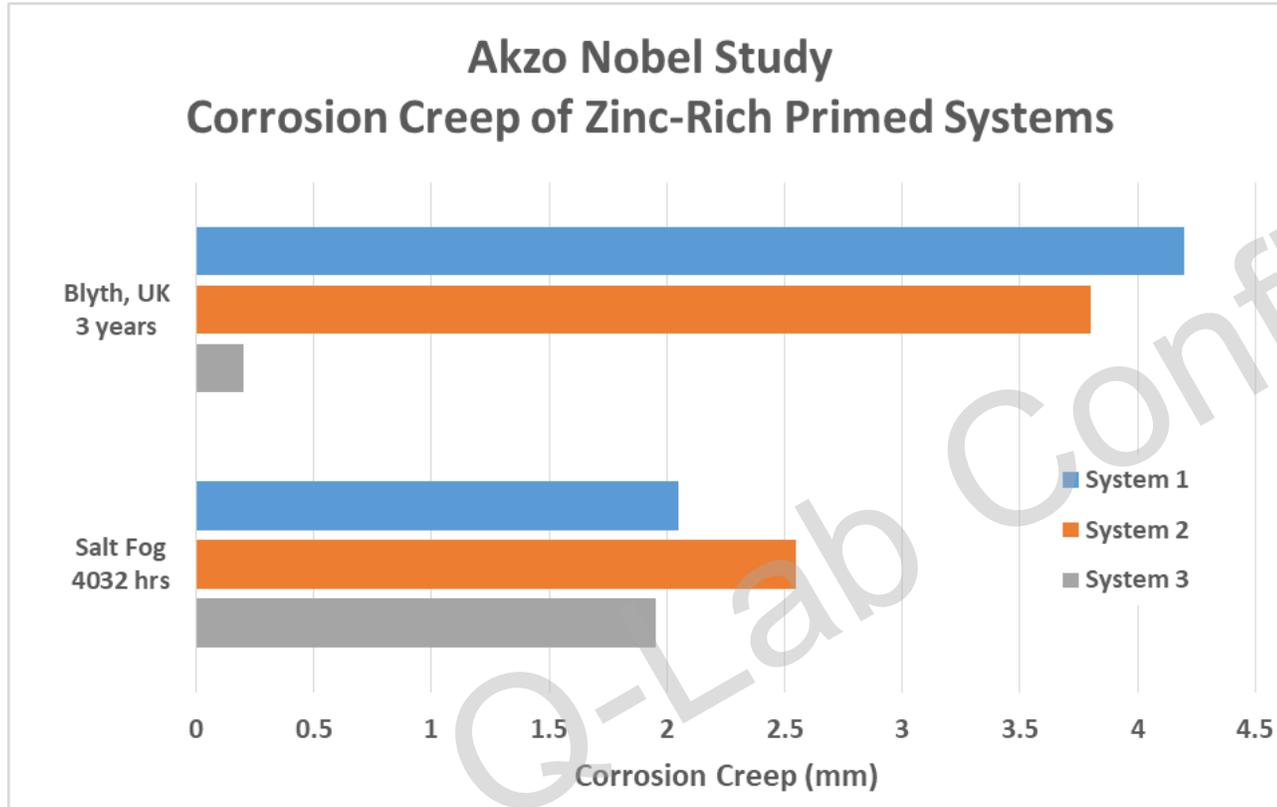
- Test acelerados para cualificación de productos
- Historia de los test combinados de intemperismo & corrosión
- Resumen de los métodos actuales
- **Estudios recientes**
- Desafíos de reproducibilidad

# Estudio de correlación (Akzo Nobel)

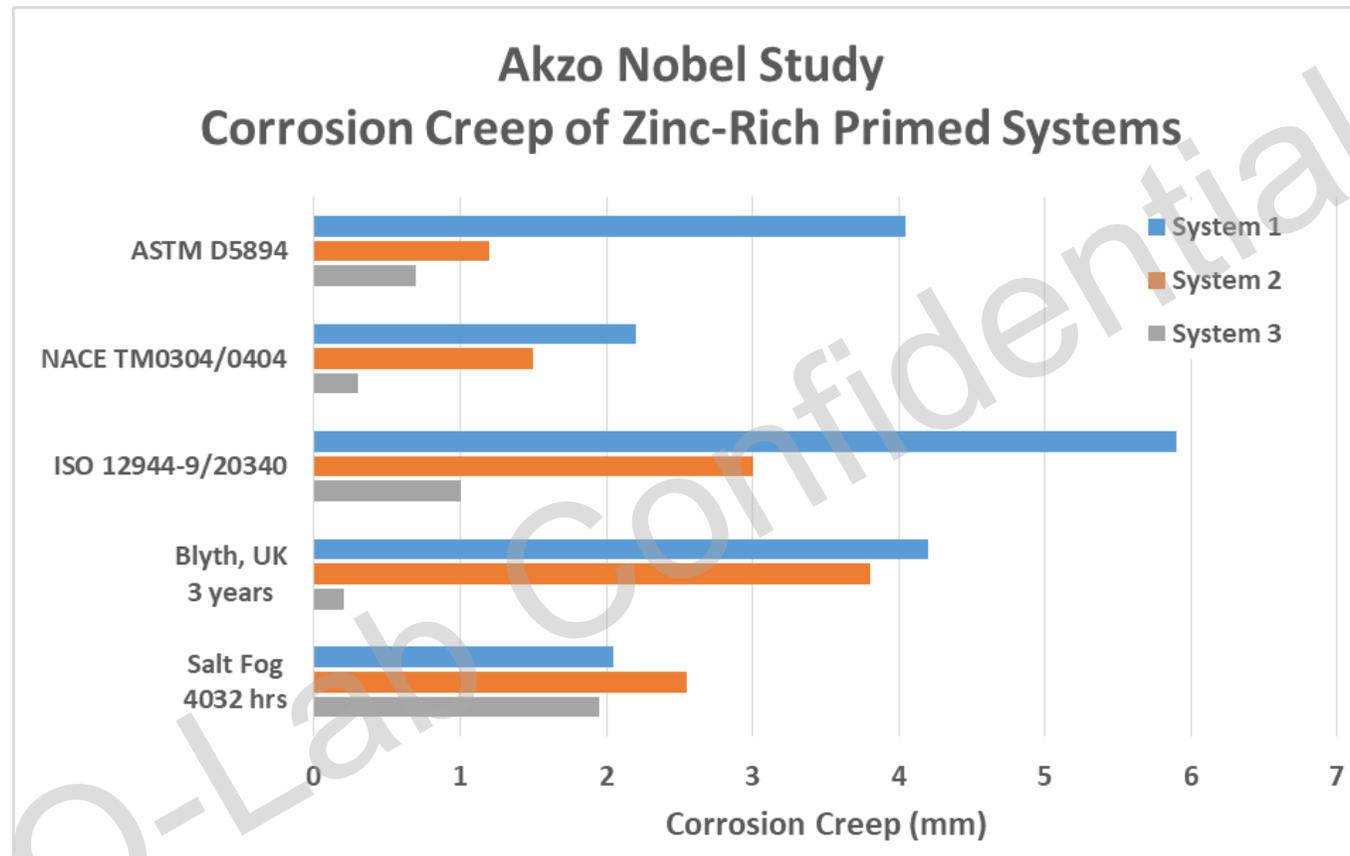


*Tres sistemas funcionan de manera similar a la niebla salina continua*

# Niebla salina vs exposición marina al aire libre

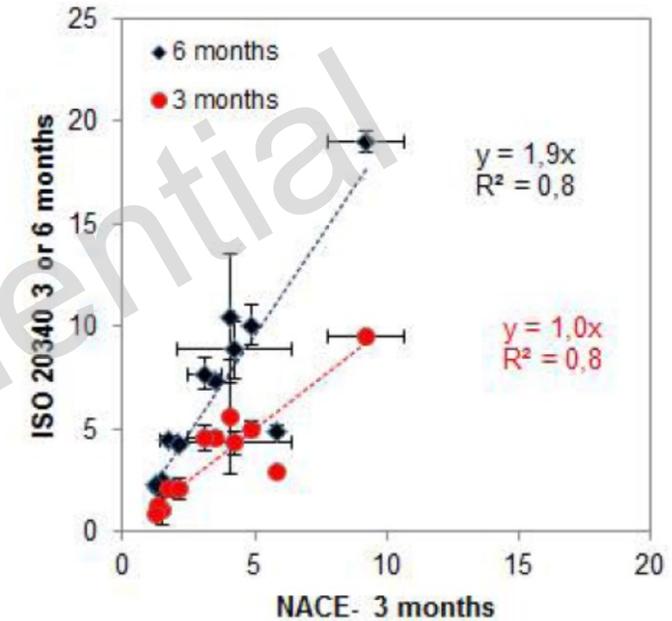


# Ciclos combinados Intemperie/Corrosión



# ISO 20340/12944-9 vs NACE TM0304

	Acceptable				Excluded			
ISO 20340 6 months	Zn primer		Other		Zn primer		Other	
	≤3 mm		≤8 mm		>3 mm		>8 mm	
Scribe 2,0mm	S1	S2		S6		S9		
					S12		S3	
				S4	S5		S7	S8
	S10	S11						
NACE rust creepage 3 months	Zn primer		Other		Zn primer		Other	
	<1,5 mm		<3,5 mm		>1,5 mm		>3,5 mm	
Scribe 2,0 mm	S1	S2		S6				
					S12		S3	
				S4	S5		S7	S8
	S10	S11					S9	



12 Coating systems on grit blasted steel panels  
Pass/fail agreement on 11 of the 12 systems

ISO 20340/12944-9 and NACE methods  
have equal severity on a time scale

Nathalie LeBozec and Cecile Hall, French Corrosion Institute; Denis Melot, Total  
NACE Corrosion 2014 Paper 3762

# Problemas de Reproducibilidad

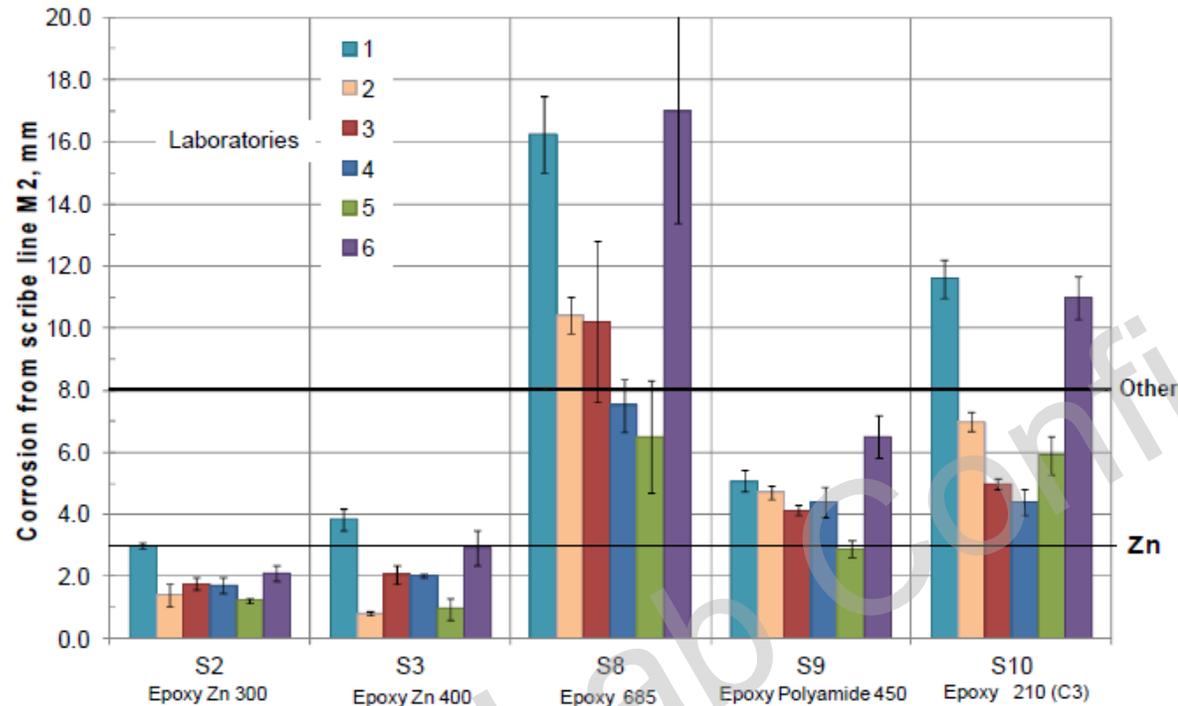


Figure 2 : Corrosion extent from the scribe line after ISO 20340 Annex A test. Requirements for Zn Primer (<3mm) and non-Zn primer (<8mm) are highlighted.

- For 2 of 5 coating systems, all six labs agreed on pass/fail result
- 2 of 5 systems had multiple contradictory pass/fail results

Nathalie LeBozec, French Corrosion Institute; Laurence Bougon, CEREMA; John Carter, EXOVA; Tanja Scholz, Fraunhofer IFAM; Ole Oystien Knudsen, SINTEF; Adeline Flogard, SP Technical Research Institute of Sweden  
NACE Corrosion 2016 Paper 6991

# Topics

- Test acelerados para cualificación de productos
- Historia de los test combinados de intemperismo & corrosión
- Resumen de los métodos actuales
- Estudios recientes
- **Desafíos de reproducibilidad**

# Estudio de caso de reproducibilidad: Prohesión

- ASTM G85 Annex 5 (Prohesion)
- Parte de ASTM D5894, modificado en el standard NACE

Q-Lab Confidential

# ASTM G85 Annex 5 (Prohesion)

1 Hora de niebla a temperature “ambiente” (24°C)  
1 hora de hour secado 35°C

Solución:           0.05% NaCl  
                          0.35% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
                          pH: 5.0 - 5.4

# ASTM G85 Annex 5 (Prohesion)

- Cuan seco es “seco”?
- Cuanto tarda en conseguir las condiciones a las que llamamos “seco”?

La respuesta está en el anexo “no obligatorio”:

“en  $\frac{3}{4}$  hour toda la humedad visible está seca en las muestras “

# Planteamiento del problema

“Mi nueva cámara no es tan severa como la anterior”

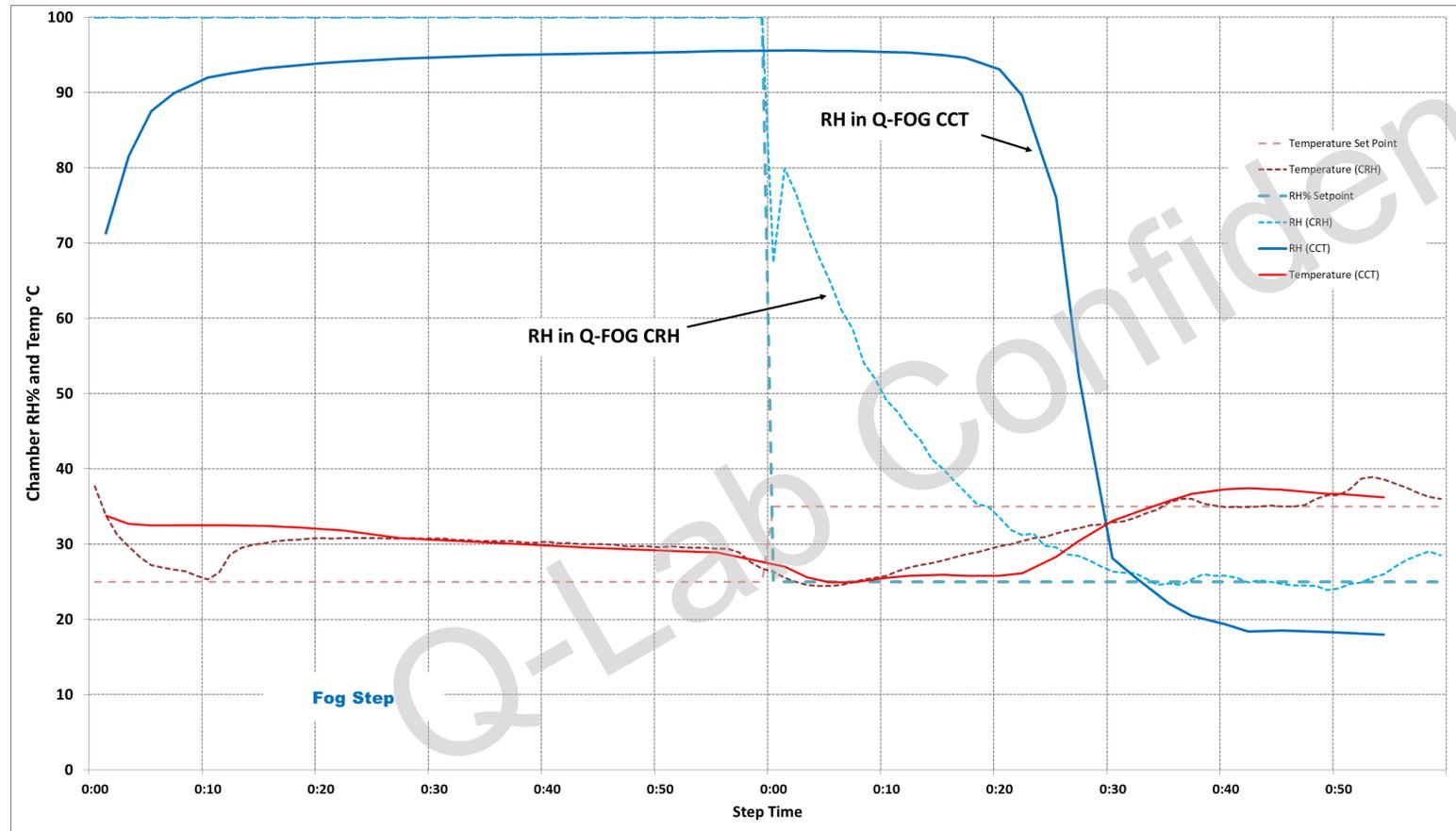
*Después de 1000 horas de Prohesión, la nueva cámara produjo resultados menos severos en una prueba de recubrimientos.*



Q-FOG CCT

Q-FOG CRH

# Perfil de Prohesion RH en dos cámaras



## Q-FOG CCT Cycle:

- Step 1: Fog 24°C 1:00
- Step 2: Dry 35°C 1:00
- Step 3: Go to Step 1

## Q-FOG CRH Cycle:

- Step 1: Fog 24°C 1:00
- Step 2: RH 35°C, 25% RH 1:00
- Auto transition
- Step 3: Go to Step 1

# Ciclo de Prohesión modificado CRH

## Modified Prohesion Cycle:

Step 1: FOG 24°C 1:00

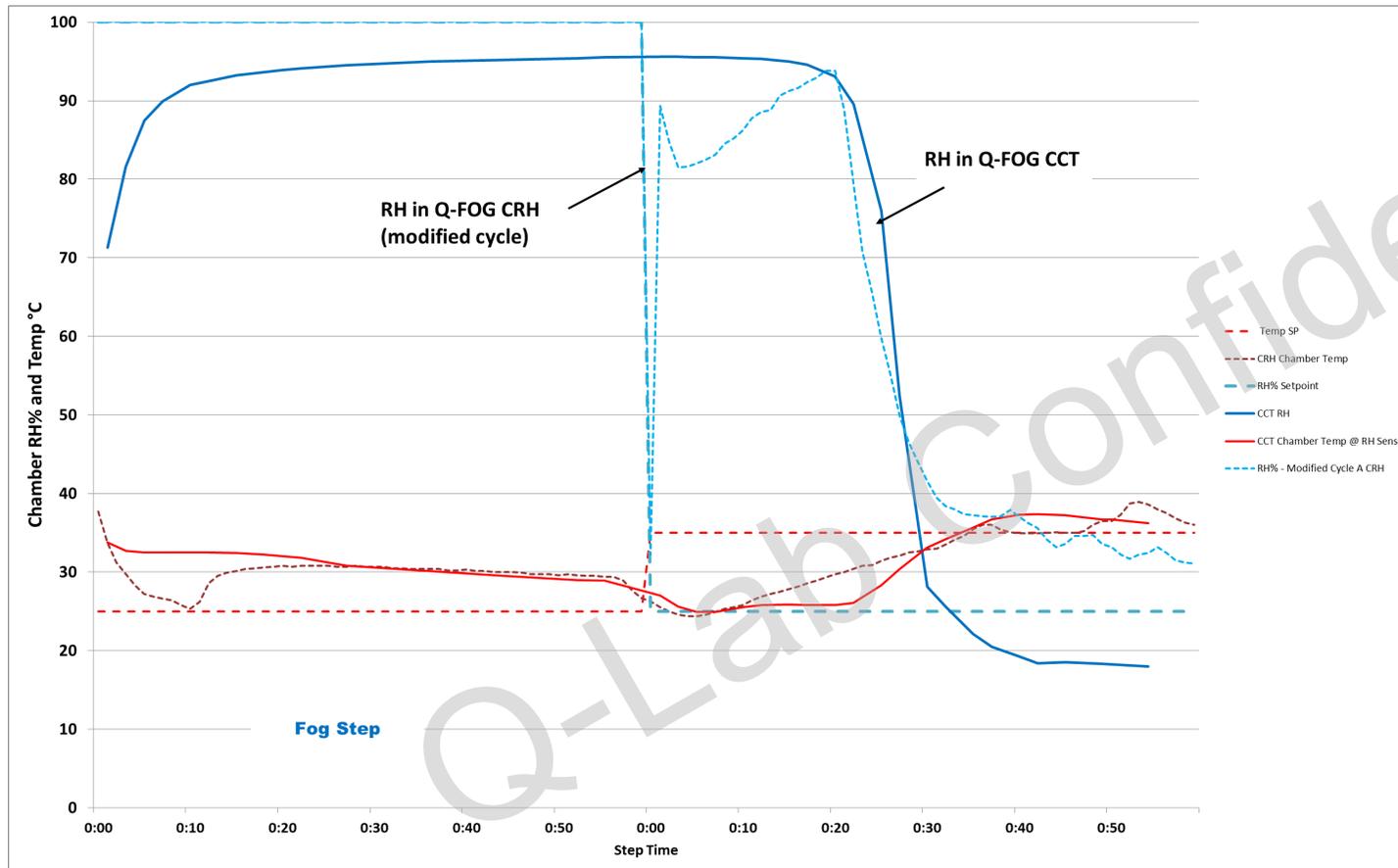
Step 2: RH 35°C, 95%RH 0:30

Auto transition

Step 3: RH 35°C, 25% RH 0:30

Auto transition

Step 4: Go to Step 1

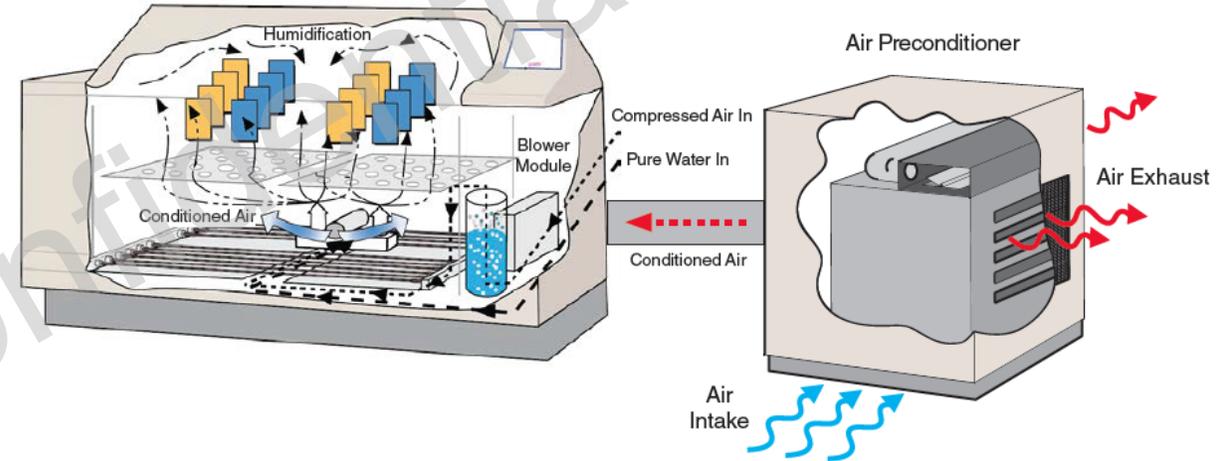
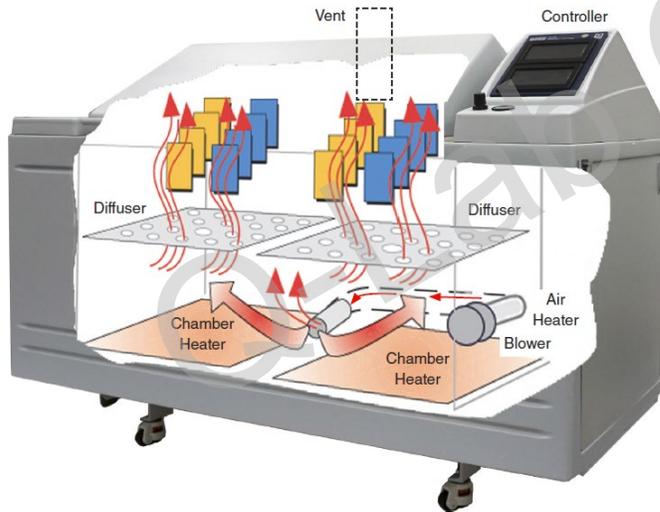
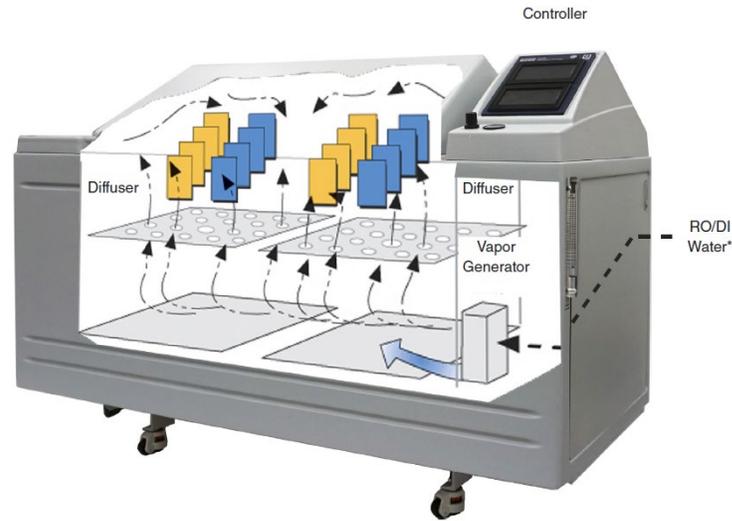


Q-FOG CCT

Q-FOG CRH  
(modified cycle)

# Q-FOG CCT vs CRH

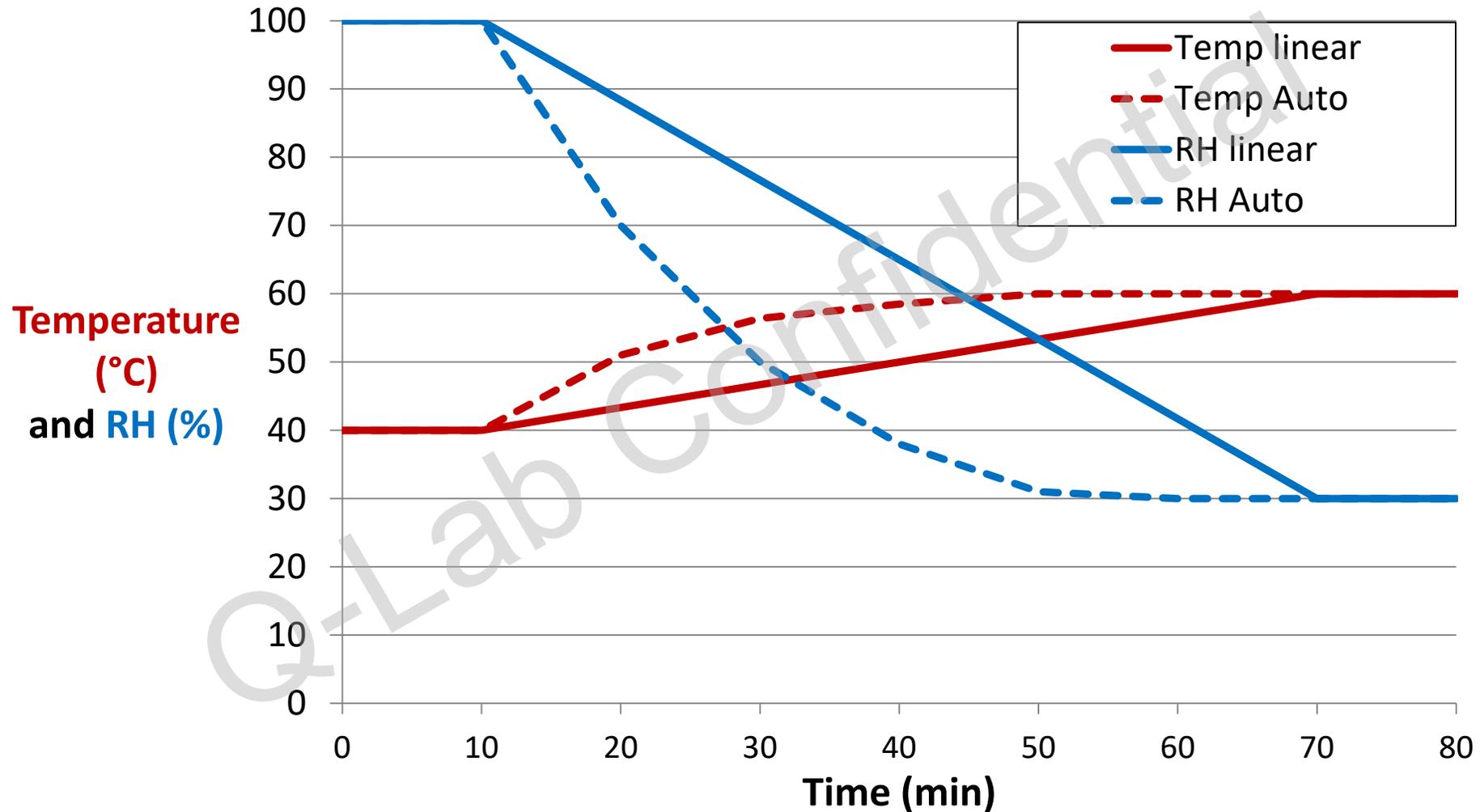
*Q-FOG CCT tiene una generación de humedad simple sin flujo de aire y se seca por aire caliente soplado a través de la cámara*



*Q-FOG CRH tiene boquillas de humidificación atomizadora, un secador de aire (enfriador) y un sistema de recirculación con compuerta para regular las corrientes de aire húmedo y seco.*

# Rampa lineal y automática Q-FOG CRH

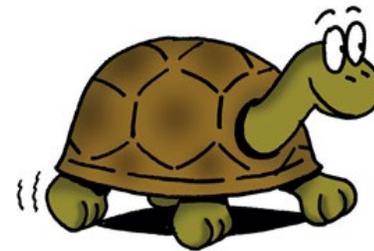
## Transición de húmedo a seco



# Mejora de la reproducibilidad de la prueba

- Especifique la HR de la cámara y los tiempos de transición de los ciclos de corrosión
- Desarrollar instrucciones de manipulación de muestras que reduzcan la variabilidad.
- (condiciones de laboratorio durante la manipulación, tiempo máximo fuera de la cámara, si se debe realizar enjuague)

Qué técnico ejecuta la prueba?



o



# Gracias

Visite

[www.q-lab.com/webinarseries](http://www.q-lab.com/webinarseries)

Para registrarse en nuestros seminarios semanales.

<https://www.adigrupo.com/instrumentos/>

Q-Lab Confidential