



**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO  
Programa de Tecnología de la Computación e Ingeniería  
Ambiental

Protecciones del acero de construcción expuesto a  
ambiente salino

**Autor:**

Antonio Ayuso Ros

**Directores:**

Dr. D. Jesús H. Alcañiz Martínez y

Dr. D. Juan Roldán Ruiz

Murcia, septiembre de 2021





**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO  
Programa de Tecnología de la Computación e Ingeniería  
Ambiental

Protecciones del acero de construcción expuesto a  
ambiente salino

**Autor:**

Antonio Ayuso Ros

**Directores:**

Dr. D. Jesús H. Alcañiz Martínez y

Dr. D. Juan Roldán Ruiz

Murcia, septiembre de 2021





# UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE MURCIA

## AUTORIZACIÓN DE LO/S DIRECTOR/ES DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Jesús H. Alcañiz Martínez y el Dr. D. Juan Roldán Ruiz, como Directores de la Tesis Doctoral titulada “ Protecciones del acero de construcción expuesto a ambiente salino”, realizada por D. Antonio Ayuso Ros en el Programa de Doctorado Industrial y Programa de Tecnología de la Computación e Ingeniería Ambiental, en el seno del Grado de Ingeniería de Edificación de la Escuela Politécnica Superior, **autorizan su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmamos, para dar cumplimiento al Real Decreto 99/2011, 1393/2007, 56/2005 Y 778/98, en Murcia a 30 de septiembre de 2021

Jesús H. Alcañiz Martínez

Juan Roldán Ruiz



## RESUMEN

El efecto de la corrosión sobre el acero de construcción hace necesaria su protección. Los medios de protección más usuales son diversos recubrimientos, metálico u orgánicos, que crean una barrera sobre la superficie del acero.

En esta tesis se estudia el comportamiento de distintos recubrimientos comerciales de protección del acero de construcción frente al ataque corrosivo provocado por un ambiente salino. Así mismo se estudia la sinergia entre recubrimientos de distinto tipo, orgánicos y no orgánicos (galvanizado) y la influencia de la preparación del sustrato, frente a la corrosión salina y se establece un patrón entre la resistencia frente a la corrosión ambiental de un recubrimiento y su espesor. También se establece un parámetro medible que cuantifica la resistencia frente a la corrosión de distintos recubrimientos.

Se ha concluido que el tiempo transcurrido hasta la aparición de la corrosión roja, es independiente del tipo de preparación del sustrato y que se ve incrementado en las muestras galvanizadas y pintadas frente a las muestras con recubrimiento orgánico, sin galvanizar, en un mínimo de un 40 %.

Se ha establecido un parámetro que es la velocidad a la que el recubrimiento orgánico se pierde como protección frente a la corrosión para la capa inmediatamente inferior a este. Este valor, en el caso de ser conocido, para un recubrimiento dado, puede predecir el intervalo de mantenimiento con precisión, de modo que se puede determinar el periodo del necesario repintado de estructuras sometidas a ambientes corrosivos. El valor medio es de 0.40 micras por hora para las muestras galvanizadas y pintadas y de 0.83 micras por hora para las muestras no galvanizadas.

Se ha comprobado que el recubrimiento orgánico incrementa en todos los casos la durabilidad del galvanizado que se encuentra bajo el mismo, con una diferencia media de pérdida de espesor del recubrimiento del galvanizado de un 29 % menor respecto al espesor de galvanizado inicial. Así mismo que el recubrimiento orgánico sobre el soporte galvanizado, es permeable a la corrosión, puesto que se ha perdido sección del recubrimiento galvánico, sin haber llegado a perder la capa de recubrimiento orgánico que se encuentra sobre el mismo.

El recubrimiento orgánico sobre el galvanizado disminuye la pérdida del espesor del galvanizado del del 46 por ciento al 17 por ciento de media.

Por tanto, se ha propuesto un método para la comparativa de la resistencia a la corrosión de distintas protecciones de aceros de construcción y se han comparado distintos tipos de recubrimientos, estableciendo relaciones entre las distintas protecciones frente a la corrosión en aceros de construcción.

Palabras clave: Aleaciones, ingeniería de mantenimiento, pintura, productos de acero para la construcción, productos galvanizados y chapados, tecnología de la corrosión.

## ABSTRAC

Effects of corrosion on structural steel makes necessary to protect it. Most widely used systems of protection are coatings, metallic or organic, which create a barrier on the surface of steel.

This thesis studies the behaviour of different commercial coatings for the protection of construction steel, in order to protect them against corrosive attack caused by a saline environment. It is also studying the synergy between coatings of different types, organic and non-organic (galvanised) and the influence of the preparation of the substrate, against saline corrosion and a pattern is established between the resistance to environmental corrosion of a coating and its thickness. A measurable parameter quantifying the corrosion resistance of different coatings is also established.

It has been concluded that the time to the appearance of red corrosion is independent of the type of substrate preparation and that time is increased in galvanised and painted samples compared to ungalvanised, organically coated samples by at least 40 %.

A parameter has been established which is the rate at which the organic coating is lost as corrosion protection for the layer immediately below it. This value, if known, for a given coating, can accurately predict the maintenance interval, so that the period of necessary recoating of structures subjected to corrosive environments can be determined. The average value is 0.40 microns per hour for galvanised and painted samples and 0.83 microns per hour for non-galvanised samples.

It has been proved that the organic coating increases, in all cases, the durability of the galvanised coating underneath it, with an average difference in galvanised coating thickness loss of 29 % less than the initial galvanised thickness. Likewise, the organic coating on the galvanised substrate is permeable to corrosion, since a section of the galvanic coating has been lost, without having lost the organic coating layer on top of it.

The organic coating on top of the galvanised coating reduces the loss of galvanised thickness from 46 percent to 17 percent on average.

Therefore, a method for the comparison of the corrosion resistance of different protections of construction steels has been proposed and different types

of coatings have been compared, establishing relationships between the different corrosion protections on construction steels.

Key words: alloys, maintenance engineering, paint, steel products for construction, galvanised and plated products, corrosion technology.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA UCAM y, en particular, al Dr. D. Jesús H. Alcañiz Martínez y al Dr. D. Juan Roldán Ruiz; por dedicar el apoyo para conseguir con éxito la finalización de esta tesis.

Al CENTRO TECNOLÓGICO DEL METAL DE LA REGIÓN DE MURCIA por ofrecerme la posibilidad de efectuar las investigaciones y ensayos que han sido necesarias para la realización de esta tesis, incluyendo la utilización de sus equipos de laboratorio.

A mi familia por motivarme en la realización de esta tesis.



Un ancla no se echa nunca, y tomarse libertades con el lenguaje técnico es un crimen contra la claridad, la precisión y la belleza del habla perfeccionada. Un ancla es una pieza de hierro forjado, adaptada admirablemente a su fin, y el lenguaje técnico es un instrumento pulido hasta la perfección por siglos de experiencia, algo sin tacha para su propósito.  
Joseph Conrad, El Espejo del Mar. (c. 1924)



## ÍNDICE GENERAL

### ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE LOS DIRECTORES	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABLAS	21
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>27</b>
1.1 ACERO. GENERALIDADES.....	30
1.2 PRODUCCIÓN DE ACERO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN.....	33
1.2.1 En el mundo.....	33
1.2.2 En la Unión Europea.....	36
1.2.3 En España.....	37
1.3 CORROSIÓN EN ACEROS.....	38
1.3.1.- Corrosión. Generalidades.....	38
1.3.2.- Pérdidas por corrosión.....	38
1.3.3.- Tipos de corrosión en aceros.....	40
1.3.2.1 Uniforme.....	40
1.3.2.2 Fragilización de hidrógeno.....	41
1.3.2.3.- Galvánica.....	41
1.3.2.4 Picaduras (Pitting corrosion) .....	42
1.3.2.5 Intergranular.....	43
1.3.2.6 Resquicio (crevice corrosion).....	44
1.3.2.7 Filiforme.....	45
1.3.2.8 Tensión (stress corrosion).....	46
1.3.2.9 Fatiga.....	47
1.3.2.10 Fricción.....	48

1.3.2.11 Por erosión.....	49
1.3.2.12 Cavitación.....	49
1.3.2.13 Corrosión influida por microorganismos (MIC).....	50
1.4 PROTECCIÓN DE ACEROS DE CONTRUCCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN AMBIENTAL.....	51
<b>CAPÍTULO II- HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>55</b>
2.1 OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	57
2.1.1 Objetivos.....	57
2.1.2 Hipótesis.....	57
2.2 PLAN DE TRABAJO.....	59
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
3.1 MATERIAL.....	63
3.1.1.- Sustratos y preparación de los mismos.....	63
3.1.2.- Recubrimientos.....	63
3.1.3.- Equipamiento de laboratorio.....	72
3.2 MÉTODOS.....	74
3.2.1.- Toma de muestras .....	74
3.2.1. Métodos de ensayos y parámetros analizados .....	74
<b>CAPITULO IV RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
4.1 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO PREVIO A CORROSIÓN.....	79
4.1.1 Espesor mediante método magnético.....	79
4.1.2 Espesor mediante corte metalográfico.....	80
4.2 ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO PREVIA A CORROSIÓN.....	85
4.2.1 Adherencia mediante corte por enrejado.....	85
4.2.2 Adherencia por tracción.....	100
4.3 ACONDICIONAMIENTO EN NIEBLA SALINA.....	108
4.4 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO TRAS CORROSIÓN.....	142
4.5 ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO TRAS CORROSIÓN.....	148
4.5.1 Adherencia mediante corte por enrejado tras corrosión.....	148
4.5.2 Adherencia por tracción tras corrosión.. ..	161
<b>CAPITULO V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>171</b>
5.1 TIEMPO HASTA LA APARICIÓN DE CORROSIÓN.....	173
5.2 VARIACIÓN DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTO.....	181
5.2.1 Variación del espesor del recubrimiento orgánico.....	181
5.2.2 Variación del espesor del recubrimiento metálico.....	187

5.3 VARIACIÓN DE LA ADHERENCIA.....	192
5.3.1 Variación de la adherencia por enrejado.....	192
5.3.2 Variación de la adherencia por tracción.....	197
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>.....205</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y NORMATIVAS.....</b>	<b>.....211</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>.....217</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS Y DE TABLAS

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la producción mundial de acero. Eje Y en millones de toneladas	28
Figura 2: Distribución de la producción de acero por áreas geográficas. (Acero bruto, totales en millones de toneladas).	29
Figura 3. Evolución anual producción acero bruto en la UE.	30
Figura 4. Evolución anual producción acero en España	31
Figura 5. Corrosión uniforme en placa galvanizada	40
Figura 6. Corrosión galvánica.	41
Figura 7. Picaduras en acero inoxidable AISI 304	42
Figura 8. Corrosión intergranular en acero austenítico AISI 304	43
Figura 9. Corrosión en resquicio	44
Figura 10. Corrosión filiforme bajo pintura	45
Figura 11. Corrosión bajo tensión	46
Figura 12. Corrosión por fatiga	47
Figura 13. Corrosión por fricción	48
Figura 14. Corrosión por cavitación.	49
Figura 15. Corrosión influida por microorganismos	50
Figura. 16. Muestras grupo 1.	68
Figura. 17. Muestra 9011 tras el ensayo. G.1.1.1.	90
Figura. 18. Muestra AXALTA 6005 tras el ensayo. G.1.1.2.	90
Figura 19. Muestra TITAN 2700 tras el ensayo. G.1.1.3.	90
Figura 20. Muestra ADAPTA 7011 tras el ensayo. G.1.1.4.	91
Figura 21. Muestra Imprim. + Laca Poliur.tras el ensayo. G.1.1.5.	91
Figura 22. Muestra Laca Poliuretano tras el ensayo. G.1.1.6.	91
Figura 23. Muestra Imprim. + 9011 tras el ensayo. G.1.1.7.	92
Figura 24. Muestra TIGER tras el ensayo. G.1.1.8.	92
Figura 25. Muestra COLOR 9011 tras el ensayo. G.1.1.9.	93
Figura 26. Muestra TITAN 2700 tras el ensayo. G.1.1.10	93

Figura 27. Muestra ADAPTA 7011 tras el ensayo. G.1.1.11.	93
Figura 28. Muestra COLOR 9011 tras el ensayo. G.1.2.1.	96
Figura 29. Muestra TITAN 2700 tras el ensayo. G.1.2.2.	96
Figura 30. Muestra ADAPTA 7011 tras el ensayo. G.1.2.3.	96
Figura 31. Muestra LACA POIURETANO tras el ensayo. G.1.2.4.	97
Figura 32. Muestra IMPRIMACION +9011 tras el ensayo. G.1.2.5.	97
Figura 33. Muestra COLOR 9011 tras el ensayo. . G.1.2.6.	98
Figura 34. Muestra ADAPTA 7011 tras el ensayo. . G.1.2.7.	98
Figura 35. Muestra IMPRIMACION +LACA POLIURETANO tras el ensayo. . G.1.2.8.	98
Figura 36. Muestra IMPRIMACIÓN + 9011 tras el ensayo. . G.1.2.9.	99
Figura. 37. Imagen de las muestras acondicionadas	110
Figura 38. Imagen de la muestra antes del ensayo (1).	112
Figura 39. Imagen de las muestras antes del ensayo (2).	113
Figura 40. Imagen de las muestras antes del ensayo (3).	113
Figura 41. Imagen de las muestras antes del ensayo (4)	114
Figura 42. Imagen de la muestra G.1.1.11, tras 72 horas de ensayo.	115
Figura 43. Imagen de la muestra G.1.2.4 (MARGEN INFERIOR) , tras 144 horas de ensayo	115
Figura 44. Imagen de la muestra G.1.2.8 (MARGEN IZQUIERDO), tras 144 horas de ensayo	116
Figura 45. Imagen de la muestra G.1.2.2 (MARGEN INFERIOR), tras 144 horas de ensayo	116
Figura 46. Imagen de la muestra G.1.1.1.; tras 240 horas de ensayo.	117
Figura 47. Imagen de la muestra G.1.1.9.; tras 240 horas de ensayo	117
Figura. 48. Imagen de la muestra G.1.2.: tras 240 horas de ensayo.	118
Figura. 49. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 240 horas de ensayo.95	118
Figura 50. Imagen de la muestra G.1.1.1, tras 240 horas de ensayo	119
Figura 51. Imagen de la muestra G.1.1.9, tras 240 horas de ensayo	119
Figura 52. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 240 horas de ensayo	120
Figura 53. Imagen de la muestra G.1.2.8, tras 480 horas de ensayo	122
Figura 54 . Imagen de la muestra G.1.2.4, tras 480 horas de ensayo	122

Figura 55. Imagen de la muestra G.1.2.2, tras 480 horas de ensayo	122
Figura 56. Imagen de la muestra G.1.1.6, tras 480 horas de ensayo	123
Figura 57. Imagen de la muestra G.1.2.9, (ZONA INFERIOR), tras 480 horas de ensayo	123
Figura 58. Imagen de la muestra G.1.2.5, (ZONA INFERIOR Y ZONA DERECHA), tras 480 horas de ensayo	124
Figura 59. Imagen de las muestras G.1.1.4 y G.1.1.11, tras 744 horas de ensayo	125
Figura 90. Imagen de la muestra G.1.2.3, tras 744 horas de ensayo	125
Figura 61. Imagen de la muestra G.1.2.7, tras 744 horas de ensayo	126
Figura 62. Imagen de la muestra G.1.1.1, tras 744 horas de ensayo	126
63. Imagen de la muestra G.1.1.9, tras 744 horas de ensayo	126
Figura 64. Imagen de la muestra G.1.2.1, tras 744 horas de ensayo	127
Figura 65. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 744 horas de ensayo	127
Figura 66. Imagen de la muestra G.1.2.8, tras 792 horas de ensayo	128
Figura 67. Imagen de la muestra G.1.2.2 y G.1.1.10, tras 792 horas de ensayo	128
Figura 68. Imagen de la muestra G.1.1.4, tras 1.008 horas de ensayo	129
Figura 69. Imagen de la muestra G.1.1.11, tras 1.008 horas de ensayo	129
Figura 70. Imagen de la muestra G.1.2.3, tras 1.008 horas de ensayo	130
Figura 71. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 1.008 horas de ensayo	130
Figura 72. Imagen de la muestra G.1.1.1, tras 1.008 horas de ensayo	131
Figura 73. Imagen de la muestra G.1.1.9, tras 1.008 horas de ensayo	131
Figura 74. Imagen de la muestra G.1.2.1, tras 1.008 horas de ensayo	132
Figura 75. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 1.008 horas de ensayo	132

Figura 76. Imagen de la muestra G.1.1.6, tras 1.008 horas de ensayo	133
Figura 77. Imagen de la muestra G.1.1.8, tras 1.008 horas de ensayo	133
Figura 78. Imagen de la muestra G.1.1.2, tras 1.008 horas de ensayo	134
Figura 79. Imagen de la muestra G.1.2.5, tras 1.008 horas de ensayo	134
Figura 80. Imagen de la muestra G.1.2.9, tras 1.008 horas de ensayo	135
Figura 81. Imagen de la muestra G.1.1.7, tras 1.008 horas de ensayo	135
Figura 82. Imagen de la muestra G.1.2.4, tras 1.008 horas de ensayo	136
Figura 83. Imagen de la muestra G.1.1.5, tras 1.008 horas de ensayo	136
Figura 84. Imagen de la muestra G.1.2.8, tras 1.008 horas de ensayo	137
Figura 85. Imagen de la muestra G.1.2.2, tras 1.008 horas de ensayo	137
Figura 86. Imagen de la muestra G.1.1.10, tras 1.008 horas de ensayo	138
Figura 87. Imagen de la muestra G.1.1.3, tras 1.008 horas de ensayo	138
Figura 88. Muestra color 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	151
Figura 89. Muestra AXALTA 6005 ensayo de enrejado tras corrosión	151
Figura 90. Muestra TITAN 2700 (T2) ensayo de enrejado tras corrosión	151
Figura 91. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión	152
Figura 92. Muestra Imprimación. + Laca Poliuretano ensayo de enrejado tras corrosión	152

Figura 93. Muestra Laca Poliuretano ensayo de enrejado tras corrosión	152
Figura 94. Muestra Imprimación. + 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	153
Figura 95. Muestra TIGER ensayo de enrejado tras corrosión	153
Figura 96. Muestra COLOR 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	154
Figura 97. Muestra TITAN 2700 ensayo de enrejado tras corrosión	154
Figura 98. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión	154
Figura 99. Muestra COLOR 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	157
Figura 100. Muestra TITAN 2700 ensayo de enrejado tras corrosión	157
Figura 101. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión	157
Figura 102. Muestra LACA POLIURETANO ensayo de enrejado tras corrosión	158
Figura 103. Muestra IMPRIMACIÓN + 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	158
Figura 104. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión	159
Figura 105. Muestra IMPRIMACION+ 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	159
Figura 106. Muestra IMPRIMACION+ LACA POLIURETANO ensayo de enrejado tras corrosión	159
Figura 107. Muestra COLOR 9011 ensayo de enrejado tras corrosión	160

La totalidad de las figuras son de elaboración propia excepto en las que se indique su referencia crediticia.



### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestras grupo 1. Con recubrimiento orgánico	65
Tabla 2. Muestras grupo 2. Zonas sin recubrimiento orgánico	66
Tabla 3 . Subgrupo 1. Espesor del recubrimiento de galvanizado antes de corrosión. Método corte macrográfico	81
Tabla 4 . Subgrupo 1. Espesor del recubrimiento orgánico muestras galvanizadas. Método corte macrográfico	82
Tabla 5 . Subgrupo 1. Espesor TOTAL del recubrimiento (galvanizado+orgánico). Método corte macrográfico	83
Tabla 6 . Subgrupo 2. Espesor TOTAL del recubrimiento (orgánico). Método corte macrográfico.	84
Tabla 7. Subgrupo 1. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado. Muestras. galvanizadas..	87
Tabla 8. Subgrupo 1. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado	89
Tabla. 9. Subgrupo 2. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado	94
Tabla 10.. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado. Subgrupo 2- Muestras sin galvanizar	95
Tabla 11. Subgrupo 1 con desengrasante 1 capa. Adherencia por tracción	101
Tabla 12. Subgrupo 1 con desengrasante 2 capas. Adherencia por tracción	102
Tabla 13. Subgrupo 1 con disolvente 1 capa. Adherencia por tracción	103
Tabla 14. Subgrupo 2 con desengrasante 1 capa. Adherencia por tracción.	104
Tabla 15. Subgrupo 2 con desengrasante 2 capas. Adherencia por tracción.	105
Tabla 16. Subgrupo 2 con disolvente 1 capas. Adherencia por tracción	106
Tabla 17. Subgrupo 2 con disolvente 2 capas. Adherencia por tracción	107
Tabla 18: Muestras acondicionada bajo niebla salina	109

Tabla 19. Muestras galvanizadas y pintadas. Horas hasta la aparición de corrosión	139
Tabla 20. Muestras no galvanizadas. Horas hasta la aparición de corrosión	140
Tabla 21. Espesor capa galvanizado bajo pintura tras corrosión Muestras GRUPO 1.1.	143
Tabla 22. Espesor capa orgánica tras corrosión Muestras GRUPO 1.1. GALVANIZADAS	144
Tabla 23. Subgrupo 1. Espesor TOTAL del recubrimiento (galvanizado+orgánico) TRAS CORROSIÓN. Método corte macrográfico	145
Tabla 24 . Subgrupo 2. Espesor TOTAL del recubrimiento (orgánico) tras corrosión. Método corte macrográfico	146
Tabla 25 . Grupo 2. Espesor GALVANIZADO SIN AFECTAR tras corrosión. Zona no pintada. Método corte macrográfico	147
Tabla 26. Subgrupo 1. Chapa Galvanizada con desengrasante y disolvente. Adherencia de corte por enrejado tras corrosión	149
Tabla 27. Subgrupo 1. Chapa Galvanizada con desengrasante y disolvente. Adherencia de corte por enrejado tras corrosión. Resumen.	150
Tabla 28. Subgrupo 2 chapa no galvanizada Adherencia de corte por enrejado tras corrosión	155
Tabla 29. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado. Subgrupo 2 muestras sin galvanizar.	156
Tabla 30. Subgrupo 1 con desengrasante 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión	162
Tabla 31. Subgrupo 1 con desengrasante 2 capas. Adherencia por tracción tras corrosión	163
Tabla 32.- Subgrupo 1 con disolvente 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión	164
Tabla 33.- Subgrupo 2 con desengrasante 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión	165
Tabla 34.- Subgrupo 2 con desengrasante 2 capa. Adherencia por tracción tras corrosión	166

Tabla 35.- Subgrupo 2 con disolvente 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión	167
Tabla 36.- Subgrupo 2 con disolvente 2 capa. Adherencia por tracción tras corrosión	168
Tabla 37, Tiempo hasta la aparición de corrosión Muestras galvanizadas con desengrasante	175
Tabla 38. Tiempo hasta la aparición de corrosión. Muestras galvanizadas con disolvente	176
Tabla 39. Tiempo hasta la aparición de corrosión Muestras no galvanizadas con desengrasante y disolvente	177
Tabla 40. Diferencia hasta la aparición de corrosión roja. Muestras galvanizadas / muestras sin galvanizar	178
Tabla 41. Tiempo hasta aparición de corrosión Comparativa desengrasante –disolvente en muestras galvanizadas	180
Tabla 42. Tiempo hasta aparición de corrosión Comparativa desengrasante –disolvente en muestras no galvanizadas	180
Tabla 43. Velocidad de penetración de la capa orgánica. Muestras galvanizadas	183
Tabla 44. Velocidad de penetración de la capa orgánica. Muestras no galvanizadas.	183
Tabla 45. Diferencia entre espesor capa orgánica tras corrosión. Muestras galvanizadas	185
Tabla 46. Diferencia entre espesor capa orgánica tras corrosión.. Muestras no galvanizadas	187
Tabla 47. Diferencia entre espesor galvanizado muestras con pintura	189
Tabla 48. Diferencia entre espesor galvanizado muestras sin pintura	190
Tabla 49. Diferencia merma (%) sobre el galvanizado inicial muestras pintadas - muestras sin pintar	191
Tabla 50. Variación clasificación por enrejado muestras galvanizadas con desengrasante	193
Tabla 51. Variación clasificación por enrejado muestras galvanizadas con disolvente	194

Tabla 52. Variación clasificación por enrejado muestras no galvanizadas con desengrasante	195
Tabla 53. Variación clasificación por enrejado muestras no galvanizadas con disolvente	196
Tabla 54. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras galvanizadas con desengrasante (1 Capa)	198
Tabla 55. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras galvanizadas con desengrasante (2 Capas)	199
Tabla 56. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras galvanizadas con disolvente	200
Tabla 57. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con desengrasante	201
Tabla 58. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con desengrasante (dos capas)	202
Tabla 59. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con disolvente (1 capa)	203
Tabla 60. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con disolvente (2 capas)	204

La totalidad de las tablas son de elaboración propia excepto en las que se indique su referencia crediticia.

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO I FICHA DE LAS PINTURAS EMPLEADAS	221
---	-----



# **I - INTRODUCCIÓN**



## I - INTRODUCCIÓN

La inestabilidad del acero de la construcción frente a un medio corrosivo, en concreto un ambiente salino con alta concentración de ion cloruro (Cl<sup>-</sup>), junto con su difícil sustitución como material mayoritario a la hora de realizar edificaciones y obra civil, hace necesaria la protección del mismo frente a dicho ambiente.

Los medios de protección más usuales son recubrimientos, tanto metálicos (galvanizado) como no metálicos (lacas, barnices y pinturas mayoritariamente). También se pueden emplear la combinación de ambos, llamados sistemas dúplex

La preparación de las superficies de los sustratos antes de recibir el recubrimiento puede influir también en la duración del mismo.

El recién publicado Código de Edificación (Real Decreto 470/2021) establece que las estructuras deben ser sostenibles en relación con principios ambientales, económicos, sociales y prestacionales. De especial importancia, por tanto, es conocer y optimizar la resistencia frente a la corrosión del acero empleado en la construcción así como incrementar los periodos de mantenimiento de las estructuras.

### 1.1 ACERO. GENERALIDADES

El acero es la aleación más ampliamente usada en construcción. Por un lado, por su versatilidad, se pueden obtener, con la adición de distintos aleantes, aceros con propiedades distintas, incluso contrapuestas, para muy diversas aplicaciones; flexibles para muelles y estructuras que así lo necesiten o rígidos para herramientas; tener fácil soldabilidad o no ser soldable; aceros inoxidable o fácilmente oxidables (corten); por otro lado, puede ser producido de modo industrial, en grandes cantidades, de modo económico.

Los aceros al carbono, aquellos que contienen menos del 2% del total de elementos aleantes, son los más empleados (más del 90% del total del acero empleado en Estados Unidos), mientras que los aceros inoxidables se producen en un porcentaje inferior al 2% y el resto de aleaciones en un porcentaje cercano al 5%. (3).

El proceso básico de obtención del acero a partir del mineral de óxido de hierro, carbón de coque y fundente (caliza), está ampliamente descrito en la bibliografía.

Para obtener aceros con las propiedades deseadas se añaden distintos elementos, llamados aleantes. Los elementos que se emplean, de modo usual, en la aleación del hierro para la fabricación del acero son:

- a. Carbono: se considera el elemento aleante más importante, de hecho, es el único imprescindible para llamar a la aleación de hierro acero. Gracias a él se forman los distintos carburos y microestructuras que pueden, posteriormente, ser modificados mediante tratamientos térmicos para alterarlas y, por tanto, alterar las propiedades del acero.
- b. Manganeso: presente en los aceros normalizados. Lo desoxigena y facilita el trabajo el caliente, combinado con el azufre mejora la maquinabilidad.
- c. Sílice: no siempre presente, desoxigena el acero.

- d. Cobre: tiene efectos negativos para el trabajo en caliente, mejora, sin embargo, la resistencia a la corrosión atmosférica, cuando se encuentra en proporciones superiores al 0.20% mejora también las propiedades de mecanización (con arranque de viruta en frío) del acero.
- e. Cromo: forma carburos. Aumenta significativamente la resistencia a la corrosión, a la alta temperatura y a la abrasión, esto último con altos contenidos en carbono.
- f. Níquel: se usa como endurecedor de la ferrita. Incrementa la resistencia a la baja temperatura.
- g. Molibdeno: se emplea, principalmente, para obtener durezas específicas.
- h. Vanadio: inhibidor del crecimiento del grano durante el tratamiento térmico.
- i. Niobio: mejora propiedades mecánicas.
- j. Aluminio: se usa como desoxigenante y para controlar el crecimiento del grano.
- k. Titanio: se usa como desoxigenante y para controlar el crecimiento del grano.
- l. Boro: mejora la dureza tras tratamientos térmicos.
- m. Tungsteno: mejora la resistencia a la temperatura, controla el tamaño del grano.
- n. Circonio: se usa como desoxigenante y para controlar el crecimiento del grano.
- o. Calcio: desoxigenante y para controlar el tamaño de las inclusiones no metálicas.

- p. Plomo: mejora la maquinabilidad.
- q. Nitrógeno: mejora la posibilidad de trabajo en frío del acero.
- r. Fósforo: mejora la maquinabilidad y la resistencia a la corrosión. junto con el azufre se emplea en porcentajes muy bajos y limitados.
- s. Oxígeno, hidrógeno, estaño, arsénico y antimonio: normalmente se consideran impurezas y se limita su contenido máximo.

## 1.2 PRODUCCIÓN DE ACERO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN.

### 1.2.1 En el mundo

De acuerdo con la World Steel Association <https://www.worldsteel.org/> (organización que representa a 160 productores de acero a nivel mundial, incluyendo 9 de las 10 mayores acerías, representando el 85% de la producción mundial del acero) la producción anual de acero en el año 2016 fue de 1630 millones de toneladas.

En la Figura 1 se observa la evolución de la producción desde el año 1950. En el recuadro de dicha figura se pueden observar los porcentajes de crecimiento medios por lustro.

Pese a la aparición de nuevos materiales, la producción mundial de acero sufre un incremento muy significativo y constante a partir del cambio de siglo, y sigue siendo el material más empleado en construcción de estructuras. (5)

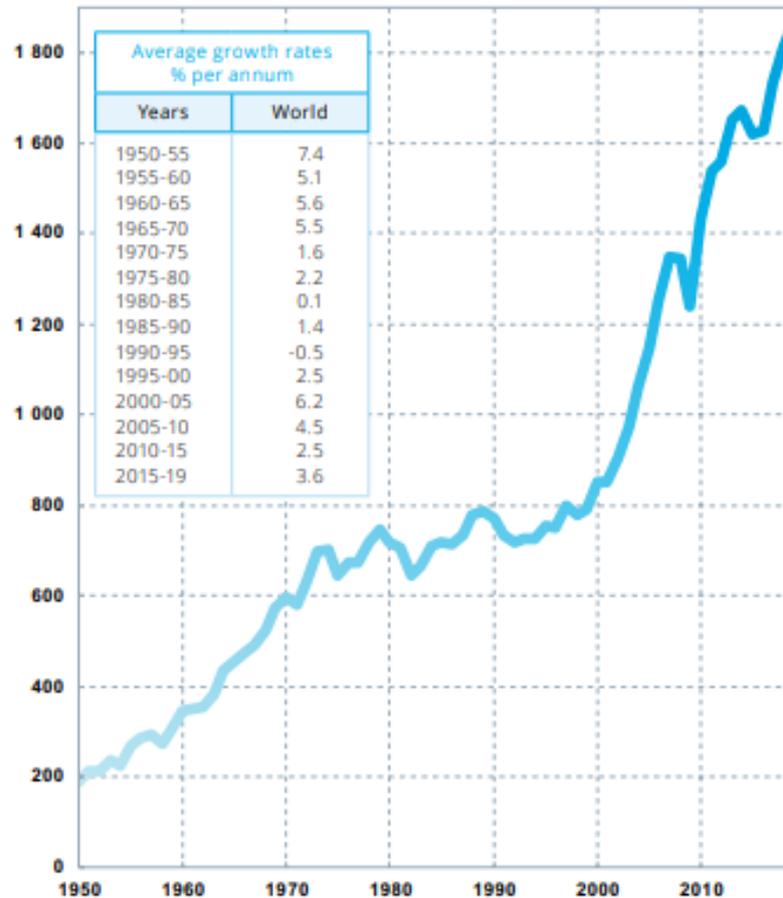


Figura 1. Evolución de la producción mundial de acero. Eje Y en millones de toneladas. Fuente: <https://www.worldsteel.org/> (5)

El principal motivo es el crecimiento de la producción que se produce en China.

En la Figura 2 se puede observar la distribución de la producción mundial por países en los años 2000 y 2016. La enorme evolución de la producción china del acero queda reflejada en la comparativa de ambos gráficos con sólo seis años de diferencia.

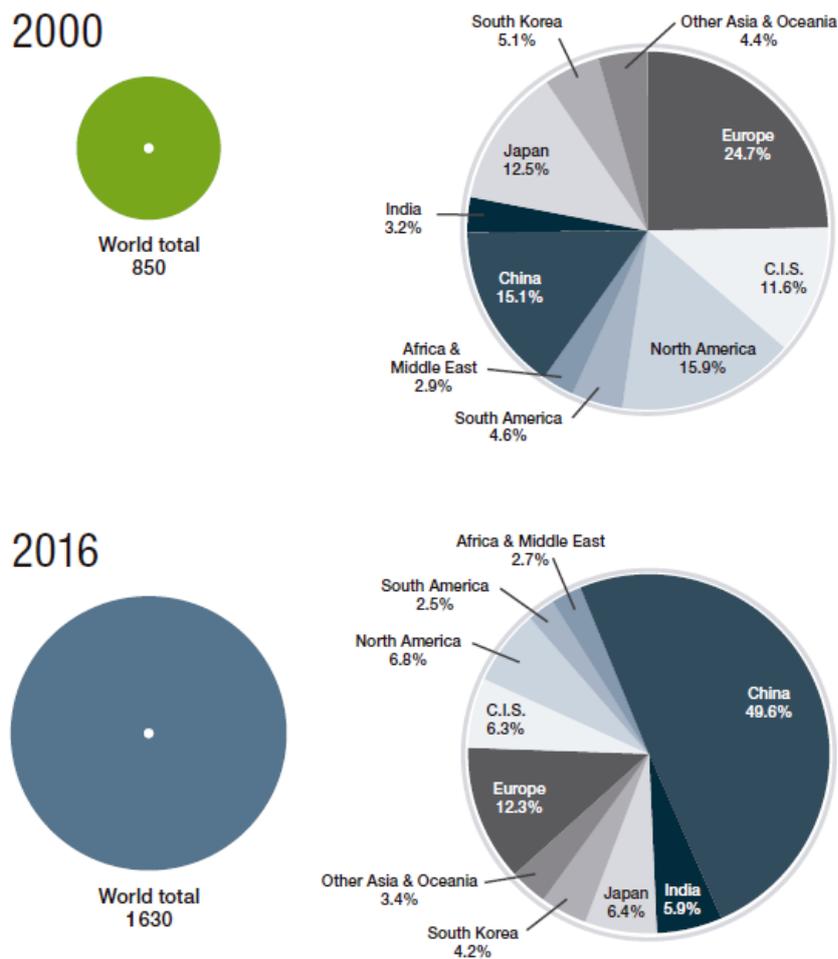


Figura 2. Distribución de la producción de acero por áreas geográficas. (Acero bruto, totales en millones de toneladas). Fuente: <https://www.worldsteel.org/>

### 1.2.2 En la Unión Europea

La producción de acero en la Unión Europea, como se ha expuesto en el apartado anterior, en el año 2016 fue del 12.3% del total mundial. La evolución desde el año 2007 hasta el 2020 se puede observar en la Figura 3.

En la Figura 3 se observa que, tras una década de estabilización de la producción, en el año 2020 hay una caída significativa de la misma. La caída del consumo mundial debida a la pandemia generada por la COVID 19 se observa claramente en la disminución de la producción del 11,59% respecto a la producción de 2019.

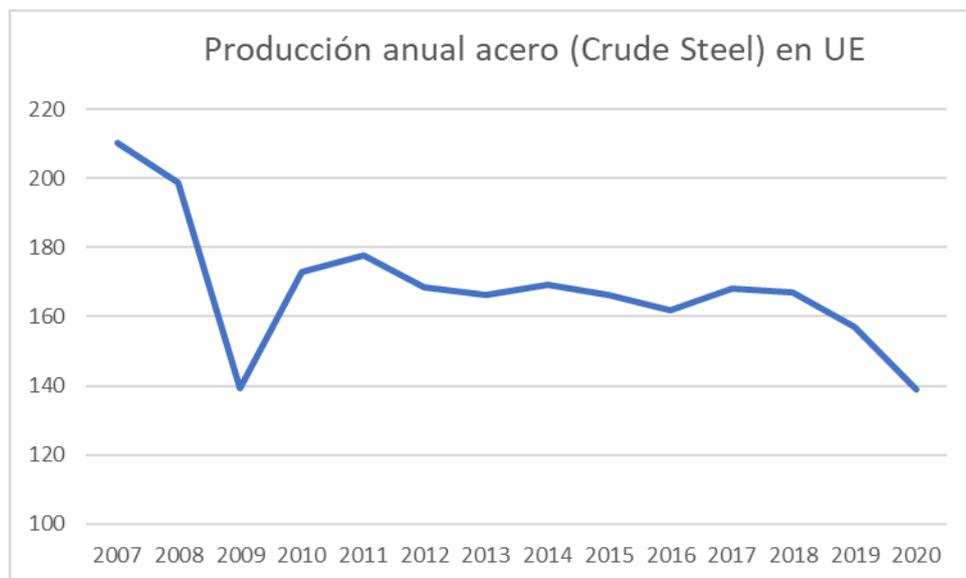


Figura 3. Evolución anual producción acero bruto en la UE.

Eje Y en millones de toneladas.

Fuente: <https://www.worldsteel.org/>

### 1.2.3 En España

La producción de acero en España es, en millones de toneladas y para el decenio 2010-2019 la que se recoge en la tabla de la Figura 4.

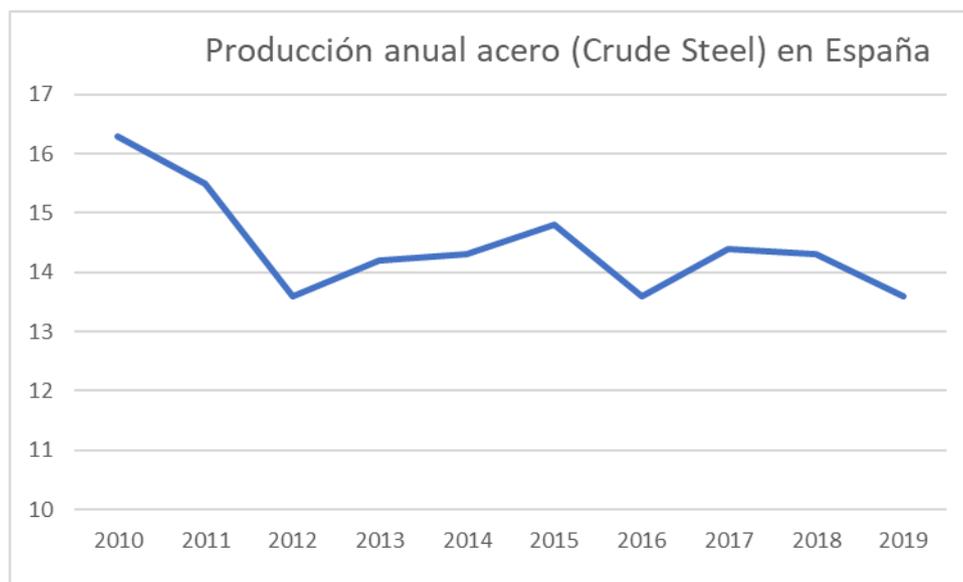


Figura 4. Evolución anual producción acero en España.

Eje Y en millones de toneladas.

Fuente: <https://www.worldsteel.org/>

El retroceso en la producción se puede achacar al descenso de la construcción que se ha producido en España en este periodo.

### 1.3 CORROSIÓN EN ACEROS

#### 1.3.1 Corrosión. Generalidades

La corrosión se define como la reacción química de un metal o aleación con su medio circundante con el consiguiente deterioro de sus propiedades. En esta investigación nos centraremos únicamente en la corrosión metálica, en concreto la corrosión del acero por iones cloruros. Afecta a cualquier bien particular, desde automóviles a casas, pasando por calentadores y tuberías de agua; públicos, incluyendo todo tipo de medios de transporte, infraestructuras (agua corriente y alcantarillado, portuarias o aeroportuarias, viales, sistemas de producción y distribución de energía) o empresariales abarcando la práctica totalidad de los medios de producción. (4)

En patología se distingue la corrosión de la oxidación, siendo ésta una reacción superficial de metales en contacto con el oxígeno, que no afecta en profundidad, que puede eliminarse y que no ocasiona un deterioro de las propiedades mecánicas.

La corrosión es un proceso de degradación natural. Se puede ver como una transformación a un estado de la materia más estable. De hecho, la metalurgia extractiva obtiene el hierro elemental a partir de óxido de hierro que es su estado habitual en la naturaleza. Es, por tanto, un proceso natural, que tiene como consecuencia la pérdida de propiedades mecánicas del hierro (en sus distintas formas) y que debe ser ralentizado, controlado dentro de lo económica y técnicamente posible.

#### 1.3.2 Pérdidas por corrosión

El estudio (6) más exhaustivo realizado hasta la fecha sobre los costes de la corrosión fue realizado en el año 2002 por CCTechnologies, en cooperación con la NACE International, y fue financiado por la Federal Highway Administration

(FHWA). En dicho estudio se muestran los costes de corrosión (metálica) por áreas de la industria, así como, el dinero empleado en el control de la corrosión. Este estudio cifra el coste de la corrosión, únicamente en Estados Unidos (USA), en una suma cercana a los 300.000 millones de dólares al año, lo que representa el 3.1% de su PIB.

Los costes de la corrosión se pueden dividir en costes directos y costes indirectos. Los costes directamente relacionados con la corrosión se componen de dos elementos principales, por un lado, los costes de diseño, fabricación y construcción, que incluyen la selección de materiales, como el acero inoxidable para reemplazar el acero al carbono; material adicional, como el aumento espesores en el diseño; material utilizado para mitigar o evitar la corrosión, tales como revestimientos, sellantes, inhibidores de corrosión y protección catódica, y aplicación del material anterior, incluido el coste de la mano de obra y equipo. Por otro lado, el otro componente relativo a los costes de la gestión, entre los que se incluyen la inspección y el mantenimiento preventivo y las distintas intervenciones de reparación debidas a la corrosión, incluyendo; la sustitución de las partes oxidadas.

En cuanto a los costes indirectos se puede dividir en las pérdidas de tiempo productivo, las pérdidas por fugas y las pérdidas de eficiencia en intercambios térmicos o contaminación.

Dicho estudio estima que entre el 25 y el 30 % de los costes producidos por la corrosión en los USA se podrían ahorrar si se emplearan prácticas óptimas de prevención de la corrosión. (6)

### 1.3.3 Tipos de corrosión en aceros

Los aceros inoxidable ven mermada su resistencia en ambientes corrosivos por cuatro parámetros fundamentales: la concentración iones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), el poder oxidante, el pH y la temperatura.

Podemos distinguir distintos mecanismos de corrosión que se detallan a continuación. (1) y (2)

#### 1.3.3.1 *Uniforme*

Es la forma más frecuente de corrosión en aceros. Se produce debido a las condiciones del medio en el que se encuentra el metal. Es una corrosión progresiva y constante en el tiempo mientras no cambien las condiciones del medio. Como se da en la cara expuesta el deterioro no suele dar lugar a fallos catastróficos. Es la más habitual en aceros de construcción expuesto a ambiente salino y es la que se produce en el ensayo normalizado de corrosión acelerada por niebla salina neutra de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9227:2017.

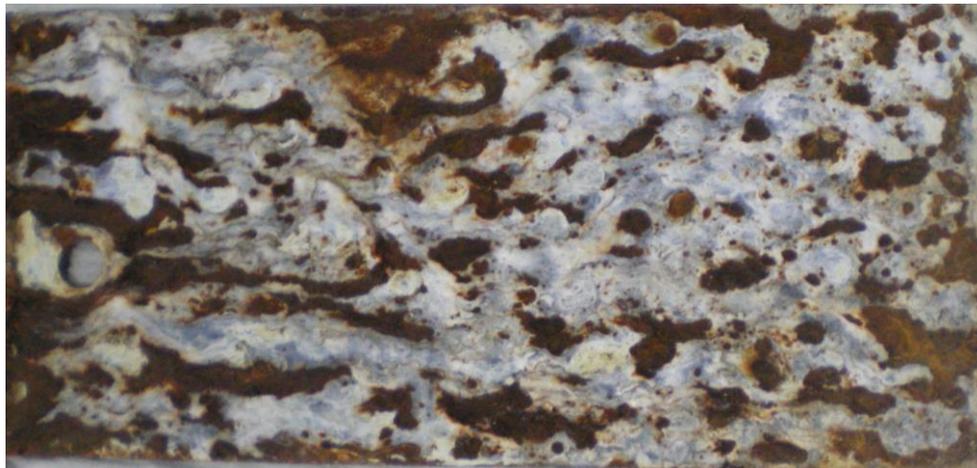


Figura 5. Corrosión uniforme en placa galvanizada. La capa de zinc (zonas blancas) ya ha comenzado a desaparecer, dejando paso a la capa de acero totalmente corroída.

### 1.3.2.2 Fragilización de hidrógeno

Se produce con mayor incidencia en aceros de alta resistencia a la tracción. Algunos autores lo consideran como un caso particular de corrosión bajo tensión. En acero sometido a medios agresivos los átomos de hidrógeno son adsorbidos sobre la superficie metálica, una posterior difusión intersticial a través de la red cristalina, con la acumulación en regiones determinadas pueden generar burbujas con tensiones superiores al límite elástico, generando microgrietas que, aumentan de tamaño generando grietas discontinuas, poco ramificadas, con altas velocidades de propagación para, finalmente, producir una rotura frágil (sin deformación).

### 1.3.2.3 Galvánica (*Dissimilar metal corrosion*)

Aparece por el contacto de dos metales distintos en un electrolito corrosivo. Uno de los metales se convierte en el ánodo y se corroe más rápido de lo que haría en las mismas circunstancias aislado, mientras que la corrosión del cátodo reduce su velocidad.

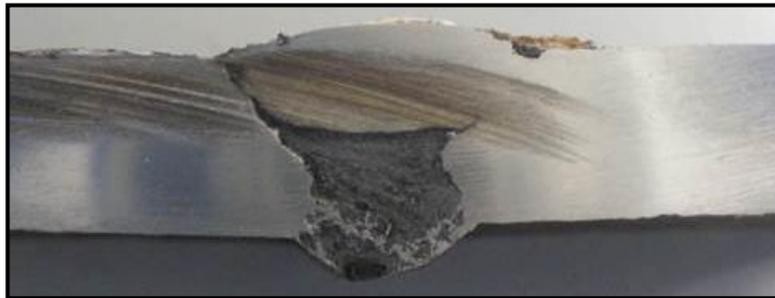


Figura 6. Corrosión galvánica. Caso particular en soldadura, con material de aporte menos noble, que se convierte en ánodo.

#### 1.3.2.4 Picaduras (*Pitting corrosion*)

Se suele dar en aceros inoxidable, cuando la capa pasiva resulta deteriorada. Entonces, puede aparecer una corrosión localizada, que penetra localmente en el sustrato. Es peligrosa, puesto que tarda en detectarse, es de difícil predicción y el diseño frente a ella es complicado. Como caso particular, en conducciones de agua, dicha corrosión aparece primero en las conducciones de agua caliente, en las zonas más cercanas a las calderas.

La corrosión por picaduras, al igual que otros tipos de corrosión localizada, se ve favorecida en su avance por la diferencia de potencial existente entre las distintas partes de la picadura, por la aparición de micro pares galvánicos.

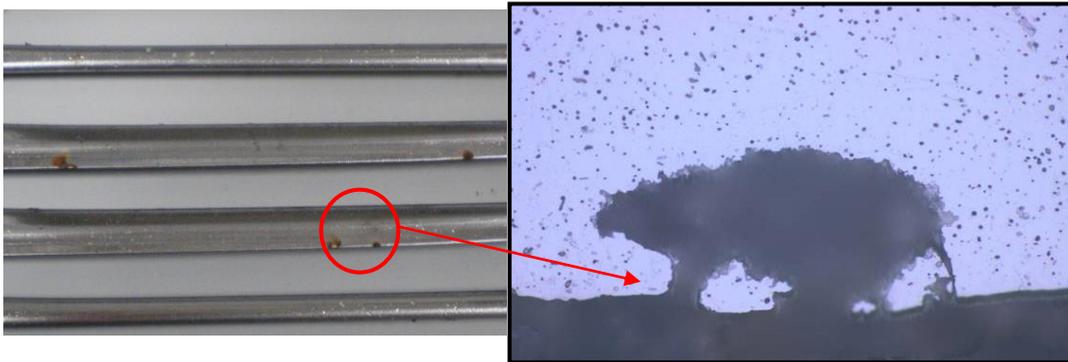


Figura 7. Picaduras en acero inoxidable AISI 304.

### 1.3.2.5 Intergranular

Es la que se da localizada en los bordes de grano, en medios ácidos y en aleaciones con contenido en cromo, fundamentalmente en aceros inoxidable austeníticos. Se ve favorecida por el porcentaje de carbono de la aleación y frenada por la presencia de molibdeno, titanio y niobio, debido a que reducen la formación de carburos de cromo que, al crear zonas empobrecidas en cromo en los bordes de grano, son los que favorecen este tipo de corrosión.

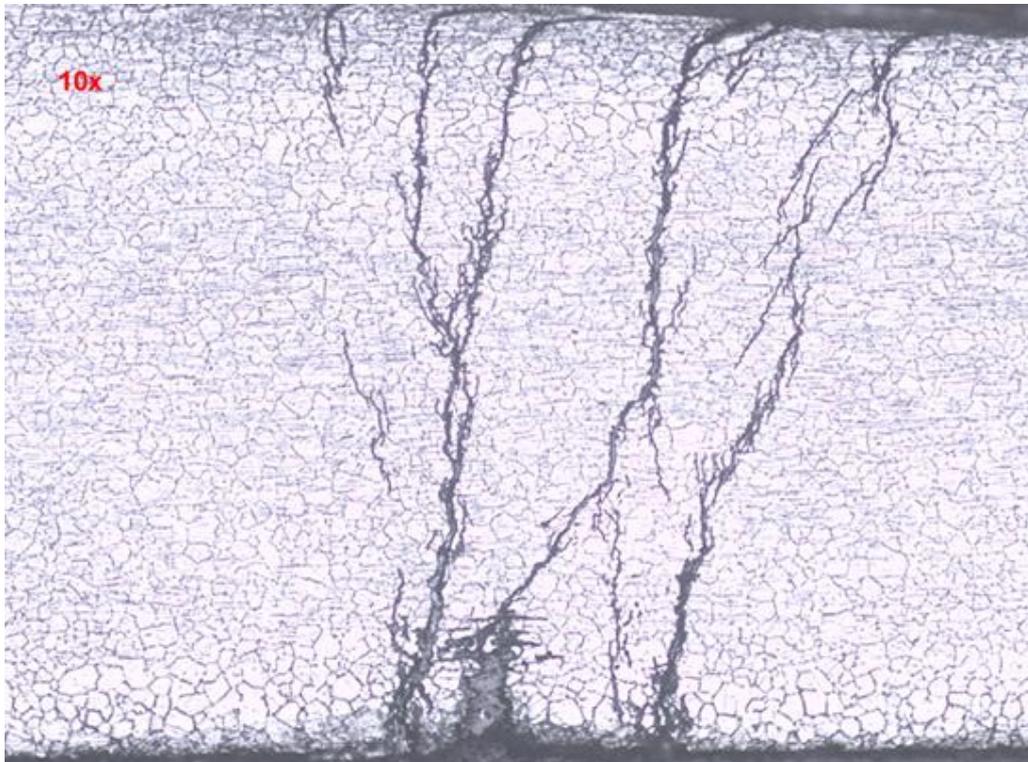


Figura 8. Corrosión intergranular en acero austenítico AISI 304.

### 1.3.2.6 Resquicio, (*crevice corrosion*)

Tiene lugar en zonas localizadas de la pieza, comenzando en pequeños pliegues, grietas, como pueden ser los provocados por materiales aislantes, solapes de material o zonas roscadas.

Se origina por cambios químicos locales. Se propaga por una transmisión diferencial de electrones en zonas localizadas de distinto potencial, en este caso dentro de un mismo intersticio.

En materiales expuestos al medio ambiente corrosivo (marino o industrial en mayor medida) en las zonas con resquicios se conserva la humedad, quedando expuestas a un electrolito y un medio agresivo durante más tiempo.



Figura 9. Corrosión en resquicio.

### 1.3.2.7 Filiforme

Es un tipo particular de corrosión en resquicio. Se presenta en metales recubiertos de pintura, bajo dicho recubrimiento la corrosión avanza en forma de “agujero de gusano”. Morfológicamente dispone de una “cola” donde comenzó la corrosión y “cabeza” por donde avanza. Posteriormente se produce el desprendimiento de la película orgánica. Los lacados y las pinturas de secado rápido son más susceptibles a este tipo de corrosión.

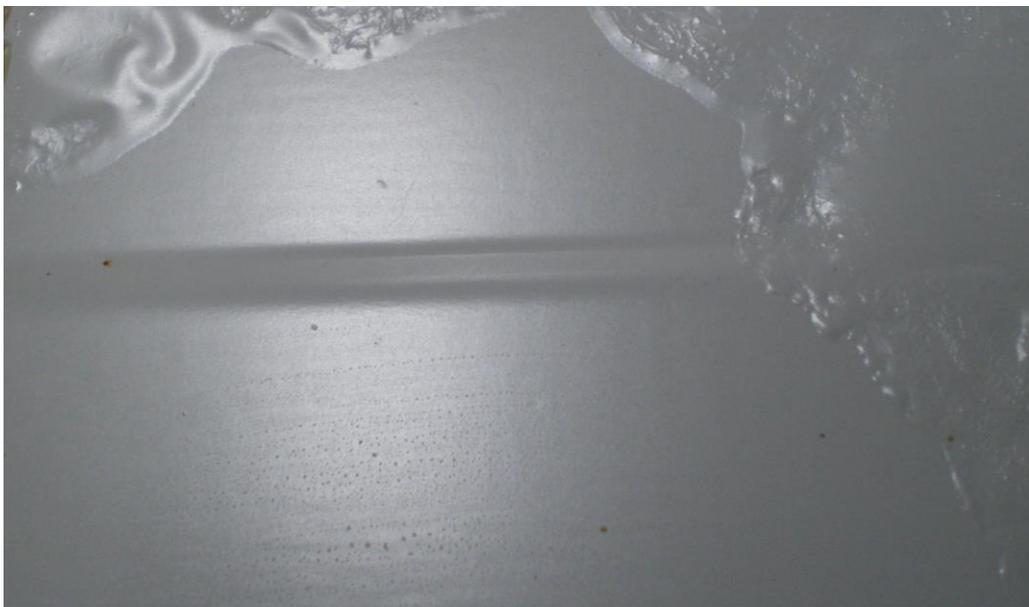


Figura 10. Corrosión filiforme bajo pintura.

### 1.3.2.8 Tensión (*stress corrosion*)

Es un tipo de corrosión que se da principalmente en aceros inoxidable austeníticos, mediante la acción de un esfuerzo mecánico en un medio corrosivo. Las tensiones pueden ser sollicitaciones de servicio o residuales debidas, generalmente, al proceso productivo (deformación en frío, soldaduras u otro tipo de tensión térmica no aliviada convenientemente). La propagación de la grieta, que suele ser ramificada, puede ser intergranular o transgranular.

El desarrollo de este tipo de corrosión parte de una cavidad inicial (principalmente poro, rotura de la capa pasiva en inoxidable, el propio acabado superficial, disoluciones selectivas o picaduras) se desarrolla gracias al movimiento de dislocaciones provocado por la tensión.

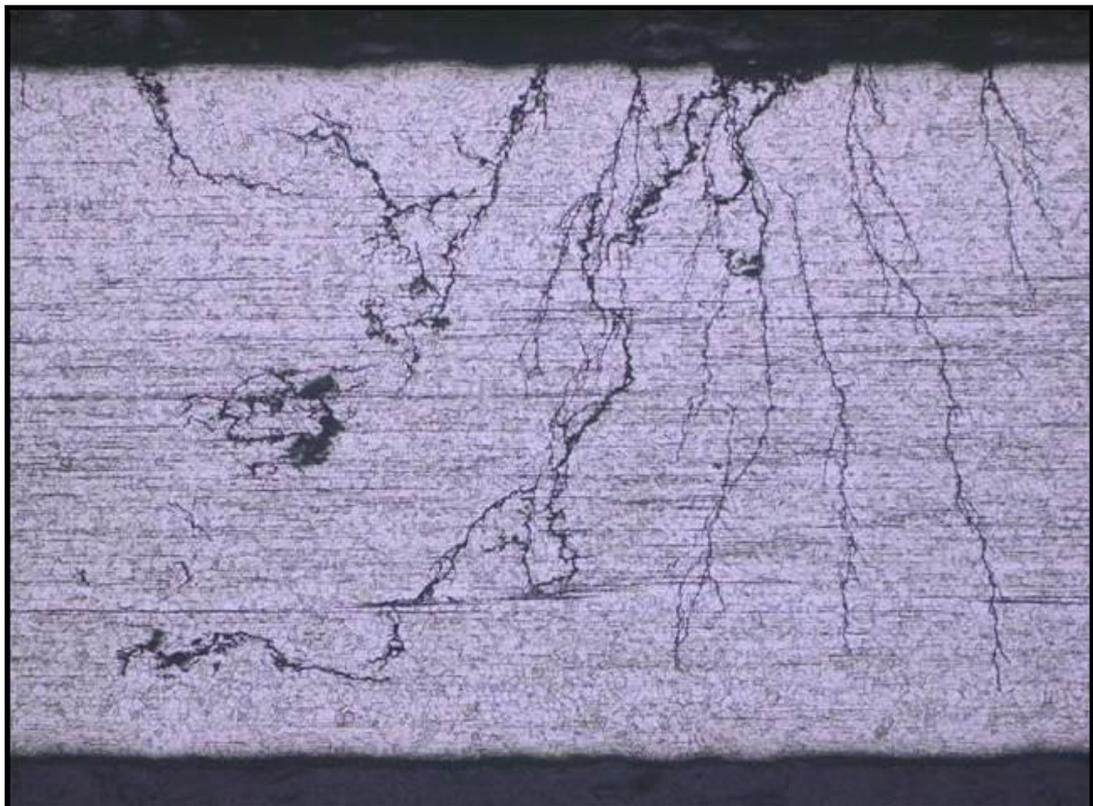


Figura 11. Corrosión bajo tensión.

### 1.3.2.9 Fatiga

La corrosión por fatiga es el resultado la combinación de tensiones cíclicas y un medio corrosivo, resultando un descenso del valor límite de fatiga, llegando incluso a desaparecer. El valor límite de fatiga es aquel, por debajo del que no se produce fallo por carga cíclica. La disposición de las grietas puede ser paralela o, como en la figura 12, de forma radial, según los esfuerzos a los que sean sometidos. La rotura por fatiga tiene carácter transgranular. Suele ir en combinación con otros procesos corrosivos.

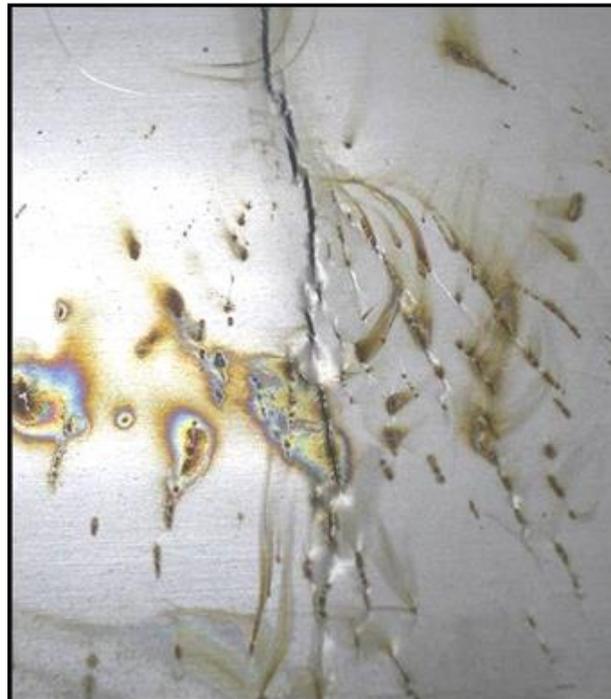


Figura 12. Corrosión por fatiga en depósito a presión con carga y descarga frecuente.

### 1.3.2.10 Fricción

Es la que se produce entre dos superficies en contacto y con movimiento relativo entre ellas. Mecánicamente se produce la desprotección de los metales (eliminación de la capa pasiva) y se genera la oxidación de los productos desprendidos por fricción, creándose un medio abrasivo, con poca aireación lo que favorece la formación de pilas.



Figura 13. Corrosión por fricción. Caso particular de eliminación de la capa pasiva en grabado.

#### 1.3.2.11 Por erosión

Se produce en aceros en presencia de corrientes de fluidos a alta velocidad. En flujos turbulentos, mucho más que en laminares. Se produce por el desprendimiento de las capas superficiales debidas al movimiento del fluido sobre la superficie metálica.

#### 1.3.2.12 Por cavitación

Se da lugar cuando la presión de un fluido decae por debajo de su presión de vapor, causando bolsas gaseosas. Lógicamente, es más usual en turbinas de bombas centrífugas. Se combate mediante un óptimo diseño y el recubrimiento de pintura o protección anódica.



Figura 14. Corrosión por cavitación. Fuente (1).

### 1.3.2.13 Corrosión influida por microorganismos (MIC). (1)

Es la corrosión que se da en presencia de actividades de microorganismos. Las microalgas, bacterias y hongos no producen un tipo único de corrosión, pero sí pueden acelerar o alterar los procesos corrosivos. Se ha detectado su contribución a la corrosión en medios como agua de mar, destilada o corriente, petróleo y derivados líquidos, así como vertidos.

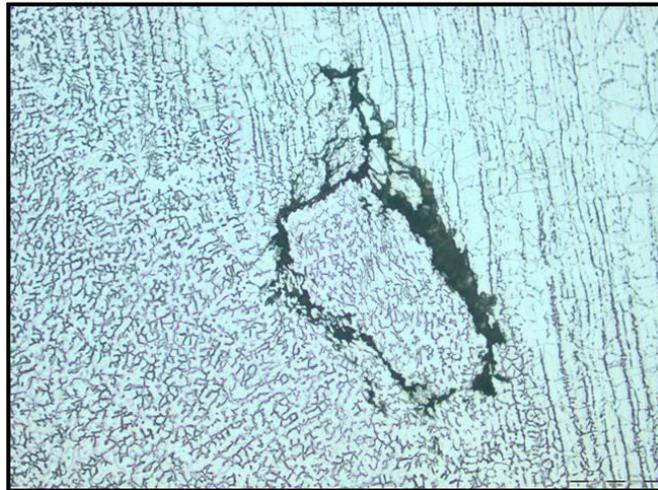


Figura 15. Corrosión influida por microorganismos. El ataque es también de tipo selectivo, con propagación preferente por las bandas segregadas de ferrita delta.

#### 1.4 PROTECCIÓN DE ACEROS DE CONTRUCCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN AMBIENTAL

Como se ha expuesto en el apartado 1.3 el acero, en condiciones ambientales, ya sea en ambiente atmosférico, bajo tierra o inmerso en medio acuoso, se encuentra expuesto al proceso de corrosivo. Por este motivo las estructuras de acero empleadas en construcción se protegen para aumentar su vida útil, manteniendo las secciones que se han calculado para resistir los esfuerzos que se les solicitan.

Existen diversos métodos para, al menos, minimizar los efectos de la corrosión en los aceros de construcción entre los que destacan:

- Empleo de elementos aleantes. La norma UNE-EN 10088-1:2015 define a los aceros inoxidable como aquellos que contienen, al menos, un 10,5% de cromo y un máximo de 1,2 de carbono. La norma UNE-EN 10025-5:2020 define a los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica aquellos a los que se les han añadido elementos aleantes, para aumentar su resistencia a la corrosión atmosférica. En ambos casos la protección se basa en la formación de una capa de óxido autoprotectora sobre el metal de base. Este mecanismo de protección es el que impide la corrosión en otras aleaciones metálicas, como pueden ser la de base aluminio.
- Protección catódica por ánodo de sacrificio: el empleo de un ánodo de sacrificio, formado por un metal menos noble (de menor potencial electroquímico) es habitual en para algunas aplicaciones como motores marinos, depósitos y calentadores de agua. Hay que tener en cuenta que los ánodos de sacrificio deben ser sustituidos periódicamente, debido a la merma de su masa, es por ello, que se emplean en elementos sometidos a mantenimiento periódico, puesto que, en caso contrario, una vez el ánodo de sacrificio haya perdido masa comienza a encontrarse desprotegido el elemento.

- Protección catódica por corriente impresa: se emplea en la protección de grandes estructuras, como puentes o tuberías, se conecta el polo negativo al metal a proteger y el positivo al ánodo. Debe haber un suministro eléctrico continuo en el elemento a proteger.
- Inhibidores químicos: productos que ralentizan la reacción química (corrosión) y que se añaden a depósitos, sistemas de refrigerantes por líquidos, como los que se emplean en los circuitos de refrigeración que emplean líquidos para el intercambiador de calor, como pueden ser los sistemas de refrigeración de los automóviles.
- Fungicidas y bactericidas: se emplean para la eliminación de los microorganismos que pueden influir en la corrosión, principalmente en depósitos de aguas o de derivados petrolíferos, incluyendo depósitos de gasoil, en los que se puede dar la propagación de este tipo de microorganismos.
- Recubrimientos de protección: es el objeto de esta investigación, pueden ser metálicos, como el zinc, aluminio o cromo; u orgánicos, como poliuretanos, epoxis u otro tipo de polímeros. A la combinación de recubrimientos inorgánicos y orgánicos se denomina sistemas dúplex. La serie de normas UNE-EN 12944 establece los requisitos y solicitudes de los sistemas pinturas y barnices protectores empleados para la protección de estructuras de acero frente a la corrosión. sin embargo, esta serie de normas tiene, entre otras limitaciones que no es aplicable a acero de espesor menor o igual de 3 mm. En estas normas se establecen seis categorías de corrosión para ambientes atmosféricos, desde corrosividad muy baja hasta corrosividad externa y cuatro intervalos de durabilidad:
  - bajo, hasta 7 años;
  - medio, de 7 años a 15 años,
  - alto de 15 a 25 años;
  - muy alto más de 25 años.

Esta investigación no trata de establecer una alternativa a la serie normativa EN 12944 sino, establecer un método que permita comparar distintos recubrimientos de acero, así como, tratar de establecer relaciones entre la duración de distintos recubrimientos comerciales en relación a su duración frente a la corrosión por ambiente salino.

- Tratamientos superficiales: más allá de los recubrimientos, el estado de un metal puede influir determinantemente en la protección del mismo frente a la corrosión. Es el caso particular de su rugosidad superficial, cuanto menor sea la rugosidad superficial mejor resistencia frente a la corrosión atmosférica tiene un metal.



## **II – HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**



## II - HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

### 2.1 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1.1 Objetivos

Estudiar y analizar el comportamiento de distintos recubrimientos comerciales de protección del acero de construcción frente al ataque corrosivo provocado por un ambiente salino.

Analizar la sinergia entre recubrimientos de distinto tipo, orgánicos y no orgánicos (galvanizado).

Analizar la influencia de la preparación del sustrato, tratado con desengrasante o disolvente, frente a la corrosión salina.

Proponer un patrón entre la resistencia frente a la corrosión ambiental de un recubrimiento y las características del mismo, en concreto su naturaleza (orgánico o metálico), espesor, adherencia y preparación del sustrato.

Establecer un parámetro medible que cuantifique la resistencia frente a la corrosión de distintos recubrimientos.

#### 2.1.2 Hipótesis

La protección frente a corrosión, en estructuras metálicas y otro tipo de elementos de acero expuestos a la corrosión, se realiza de forma habitual con recubrimientos tanto orgánicos como no orgánicos.

En principio, cabe esperar que, el tiempo hasta la aparición de corrosión sea directamente proporcional al espesor del recubrimiento: a mayor espesor de recubrimiento, mayor protección, sin embargo, hay algunos condicionantes que pueden ir en contra de esta hipótesis como la pérdida de adherencia que puede llevar el aumento del espesor de capa.

La duración que proporcionan de distintas protecciones del acero de construcción es variable. Conociendo la duración relativa de una protección frente a otra se puede establecer con precisión la frecuencia de mantenimiento de los distintos sistemas. Para ello es necesario establecer una sistemática sencilla que mediante un acondicionamiento normalizado como niebla salina neutra permita comparar estos parámetros.

Las muestras no son preparaciones especiales para laboratorio de ensayo sino muestras tomadas directamente de distintas empresas de galvanizado y pintura con acabados industriales

Las preparaciones de los sustratos, también pueden influir en la resistencia frente a la corrosión. El acero de construcción, antes de ser pintado o galvanizado debe ser preparado para recibir adecuadamente la capa protectora. Puesto que puede ser recibido con restos de aceites o taladrinas, empleados en su conformado, que impiden el correcto anclaje de los recubrimientos. Comercialmente se emplea desengrasante o disolvente, indistintamente. Podría influir este tipo de preparación en la resistencia frente a la corrosión.

El recientemente publicado Código Estructural (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021) establece la vida útil de un proyecto como el periodo de tiempo durante el que deben mantenerse el cumplimiento de las exigencias, con una conservación normal prevista en el plan de mantenimiento. El conocimiento de la pérdida de protección de los recubrimientos de acero estructural implica una optimización de los intervalos de mantenimiento.

El presente estudio pretende dar una sistemática para la evaluación de selección de materiales de recubrimientos que valgan como medidas específicas frente a la agresividad ambiental, requisitos establecidos en el mencionado Código Estructural (R.D. 470/2021) en su artículo 11.3.2.

## 2.2 PLAN DE TRABAJO

Se va a estudiar distintos recubrimientos para la protección de aceros de construcción en ambientes con una categoría de corrosividad determinada según la norma ISO 12944-2:2018 "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes."

Se ha realizado un acondicionamiento previo de las muestras en cámara de humedad con condensación continua y en cámara de niebla salina neutra, tal como queda establecido en la norma UNE-EN ISO 12944-6:2018 "Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio." para clasificar los sistemas de pintura como adecuados para un determinado ambiente.

Para establecer las propiedades de los distintos recubrimientos se determinarán una serie de parámetros en base a la normativa internacional vigente de acuerdo con el estado de la técnica actual, para ello se emplearán las siguientes normas:

UNE-EN ISO 12944-6:2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio. (ISO 12944-6:2018).

. Pinturas y barnices. Ensayo de adherencia por tracción. (ISO 4624:2016).

UNE-EN ISO 16276-2:2008. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Evaluación y criterios de aceptación de la adherencia/cohesión (resistencia a fracturas) de un recubrimiento. Parte 1: Ensayo de corte por enrejado y ensayo de corte en X. (ISO 16276-2:2007)

UNE-EN ISO 2808:2020. Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película. (ISO 2808:2020)

UNE- EN 13144:2020. Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos. Métodos para la medición cuantitativa de la adherencia mediante el ensayo de tracción.

UNE-EN ISO 2409:2013 “Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado” / Test method according to UNE-EN ISO 2409:2013 “Paints and varnishes. Cross-cut test”.

Una vez establecidas las propiedades se procederá al acondicionamiento en niebla salina neutra y, tras dicho acondicionamiento, se volverá a determinar las propiedades para tratar de determinar la pérdida de las mismas en función del tiempo de acondicionamiento.

Hay que tener en cuenta que el reciente Código Estructural (Real Decreto 470/2021) establece que se deberá tener en cuenta una estrategia de durabilidad de los proyectos de construcción, para garantizar la resistencia estructural frente a la agresividad del ambiente y declara específicamente que se puede aislar el elemento estructural del ambiente que lo rodea, de manera que desaparezca o disminuya su agresividad. También se incluirá un plan de mantenimiento y hay que identificar los mecanismos de daño, en función de la clase de exposición, seleccionando medidas específicas frente a la agresividad.

# **III – MATERIALES Y MÉTODOS**



### III - MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1 Sustratos y preparación de los mismos

Como sustrato se emplea acero de construcción, de 3 mm de espesor.

El sustrato ha sido preparado mediante dos tipos de procedimientos, con desengrasante y con disolvente, tal y como se expone en el apartado 3.1.2. que se efectúan comercialmente con el fin de mejorar el comportamiento de los recubrimientos posteriormente aplicados.

##### 3.1.2 Recubrimientos

Se han estudiado ocho tipos diferentes de recubrimientos orgánicos, bajo ellos se ha preparado el sustrato mediante dos técnicas diferentes, mediante desengrasante y mediante disolvente. Se ha estudiado el comportamiento de estos ocho recubrimientos sobre el sustrato galvanizado y sin galvanizar. La norma UNE-EN ISO 12944-4:2018 en su apartado 6.2. establece ocho procedimientos distintos de limpieza de las superficies a pintar para eliminar los restos de aceite, grasas, y otros contaminantes de dichas superficies. Entre los mismo se encuentra la limpieza con disolvente (6.2.5.) y con desengrasante (6.4.2.) son los que se han empleado para la distinta preparación de las superficies. La diferencia fundamental entre estos dos métodos de limpieza es que el primero de los mismos no implica la limpieza con agua, mientras que el segundo se debe aclarar con agua. Al estudiar estos dos tipos de limpieza de los sustratos ha estudiado si el tratamiento previo con agua genera algún tipo de impacto frente a la limpieza sin el empleo de agua.

Para las muestras con recubrimiento orgánico (GRUPO 1) se han aplicado ocho tipos distintos de recubrimientos comerciales. Los sustratos y los recubrimientos, no son muestras de laboratorio sino preparaciones comerciales

realizadas en empresa galvanizadora. No se ha obtenido todas las combinaciones de las preparaciones puesto que algunas de ellas no están recomendadas con todos los tipos de preparaciones. En la tabla 1 se exponen las combinaciones que se han evaluado. En este grupo de muestras se han establecido dos subgrupos el subgrupo 1 de muestras galvanizadas previamente a los recubrimientos no metálicos y el subgrupo 2 para muestras sin galvanizado previo, únicamente con recubrimiento no metálico.

En una zona de las muestras del GRUPO 1 no se ha recubierto con pintura las mismas, teniendo así la exposición a la niebla salina del galvanizado directamente, sin protección orgánica. De esta exposición se va a obtener información sobre el comportamiento del galvanizado frente al ensayo de niebla salina. A este grupo de estudio se le designa como GRUPO 2.

	Preparación sustrato	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprimación + Laca Poliuretano	Laca	Imprimación + 9011	TIGER
Galvanizada	Desengrasante	G.1.1.1	G.1.1.2	G.1.1.3	G.1.1.4	G.1.1.5	G.1.1.6	G.1.1.7	G.1.1.8
Subgrupo 1	Disolvente	G.1.1.9		G.1.1.10	G.1.1.11				
No galvanizada	Desengrasante	G.1.2.1		G.1.2.2	G.1.2.3		G.1.2.4	G.1.2.5	
Subgrupo 2	Disolvente	G.1.2.6			G.1.2.7	G.1.2.8		G.1.2.9	

Tabla 1. Muestras grupo 1. Con recubrimiento orgánico

MUESTRA	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
BASE (*)											
	GALVANIZADA Y DESENGRASADA										
Chapa galvanizada	G.2.1	G.2.2	G.2.3	G.2.4	G.2.5	G.2.6	G.2.7	G.2.8	G.2.9	G.2.10.	G.2.11.
	GALVANIZADA Y DISOLVENTE										

Tabla 2. Muestras grupo 2. Zonas sin recubrimiento orgánico

(\*) Las muestras del grupo 2 corresponden con una zona de cada una de las muestras del grupo 1 que no se ha tratado con recubrimiento orgánico.



Fig. 16 Muestras grupo 1.

A modo de resumen, la totalidad de muestras a ensayar quedan recogidas en el siguiente listado:

- G.1.1.1. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Color Alzonobel 9011
- G.1.1.2. Galvanizada con desengrasante y recubrimiento Color Axalta 6005
- G.1.1.3. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Titán 2700
- G.1.1.4. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Adapta 7011
- G.1.1.5. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento imprimación + laca Poliuretano
- G.1.1.6. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento laca
- G.1.1.7. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento imprimación +9011
- G.1.1.8. Galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Tiger
- G.1.1.9. Galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento Color Alzonobel 9011
- G.1.1.10. Galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento Titán 2700
- G.1.1.11. Galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento Adapta 7011
- G.1.2.1. No galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Color Alzonobel 9011
- G.1.2.2. No galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Titán 2700
- G.1.2.3. No galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Adapta 7011
- G.1.2.4. No galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento Laca
- G.1.2.5. No galvanizada, tratada con desengrasante y recubrimiento imprimación +9011

- 
- G.1.2.6. No galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento Color Alzonobel 9011
  - G.1.2.7. No galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento Adapta 7011
  - G.1.2.8. No galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento imprimación + laca Poliuretano
  - G.1.2.9. No galvanizada, tratada con disolvente y recubrimiento imprimación +9011
  - G.2.1. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra Color Alzonobel 9011
  - G.2.2. Galvanizada tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra Color Axalta 6005
  - G.2.3. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra Titán 2700
  - G.2.4. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra Adapta 7011
  - G.2.5. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra imprimación + laca Poliuretano
  - G.2.6. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra laca Poliuretano
  - G.2.7. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra imprimación +9011
  - G.2.8. Galvanizada, tratada con desengrasante y sin recubrimiento de la muestra Tiger
  - G.2.9. Galvanizada, tratada con disolvente y sin recubrimiento Color Alzonobel 9011
  - G.2.10. Galvanizada, tratada con disolvente y sin recubrimiento de la muestra

Titán 2700

G.2.11. Galvanizada, tratada con disolvente y sin recubrimiento de la muestra

Adapta 7011

### 3.1.3 Equipamiento de laboratorio

Cámara de niebla salina para realizar ensayo de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9227:2017 Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina. (ISO 9227:2017), Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests (ISO 9227:2017) el ensayo se realiza en condiciones bajo la acreditación de ENAC.

Espectrómetro de emisión de chispa marca THERMO.

Medidor de espesor magnético

Equipo: medidor de espesores de recubrimientos

Marca: Fischer

Modelo: Dualscope fmp100

N.º serie: 140001680

N.º certificado de calibración: 10.517

Lámina patrón para calibración

N.º serie: 180412afy

Espesor nominal: 12,2  $\mu\text{m}$

Lámina patrón para calibración

N.º serie: 220312AFL

Espesor nominal: 248  $\mu\text{m}$

Microscopio óptico.

Equipo: microscopio óptico

Marca: Olympus

N.º de serie: 8f20775

Modelo: GX51

Cámara digital

Marca: Olympus

Modelo: UC30

Número de serie: BUN0000424

Software cámara digital

Marca: Olympus

Modelo: Olympus Analysis Docu

Útil de corte

Multicuchilla (separación entre cuchillas 2 mm)

Modelo: Elcometer 1542 6x2 mm cross

Lote: KT001542P002

Número de serie: 154206065

Cuchilla

Modelo: Elcometer

LOTE: K001542IM002

Número de serie:: 154105031

Cinta adhesiva

Lote: 9358 Elcometer

Número de serie:: T1079358

Separador de 2 mm

Número de serie:: KT0015H2F006

Probador de adherencia KN- 10 grupo

Modelo: Neurtek

Número de serie:: 01-26382

Sufridera de aluminio ( $\varnothing$ 20 mm)

Herramienta de corte ( $\varnothing$ 20 mm)

Adhesivo

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Toma de muestras

Las muestras son preparaciones tomadas de Industrias Jovir, S.L. empresa con amplia trayectoria en galvanizado, y recubrimientos orgánicos situada en Fortuna, Murcia. Tanto el sustrato como los recubrimientos y los procedimientos empleados son comerciales y los medios de aplicación de los mismos han sido, durante todo el proceso, los habituales, de acuerdo con el estado de la técnica, en este tipo de empresas, por tanto, los valores de desviación estándar, máximos o mínimos, en cuanto a los espesores de pinturas se han reflejado a modo meramente informativo.

### 3.2.2 Métodos de ensayo y parámetros analizados

Se ha evaluado el espesor de la pintura y la adherencia de la misma antes y después de corrosión, así como el tiempo hasta la aparición de la corrosión.

La corrosión acelerada se ha llevado a cabo de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9227:2017. Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina. (ISO 9227:2017), Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests (ISO 9227:2017) el ensayo se realiza en condiciones bajo la acreditación de ENAC.

El análisis químico del sustrato se realizad de acuerdo al método de espectrometría de emisión por chispa.

Realización de ensayos de adherencia mediante dos métodos:

- Corte y enrejado de acuerdo con el método de ensayo según norma UNE-EN ISO 2409:2013 “Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado” / Test method according to UNE-EN ISO 2409:2013 “Paints and varnishes. Cross-cut test”.
- Norma UNE-EN 13144:2020 “Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos. Métodos para la medición cuantitativa de la adherencia mediante el ensayo de tracción.”

El espesor de los recubrimientos se realiza por dos métodos:

Método de ensayo según norma UNE-EN ISO 2808:2020: “Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película” Apartado 5.5.6: “Métodos magnéticos. Método 7C – Instrumento de inducción magnética” / Section 5.5.6: “Magnetic methods. Method 7C - Magnetic induction instrument”. / Test method according to UNE-EN ISO 2808: 2019: “Paints and varnishes. Determination of film thickness”.

Medida del espesor por corte metalográfico + micrografía. UNE-EN ISO 1463:2005 “Recubrimientos metálicos y capas de óxido. Medida del espesor. Método de corte micrográfico”



## **IV – RESULTADOS**



## IV - RESULTADOS

### 4.1 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO PREVIO A CORROSIÓN

Inicialmente se procede a la medición del espesor del recubrimiento de cada una de las muestras a las que se someterá posteriormente a la corrosión acelerada. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 3-6. Se ha discriminado las mediciones en espesor en el borde y espesor en el centro de las muestras.

#### 4.1.1 Espesor mediante método magnético

Inicialmente se pensó en la realización de las mediciones de espesor por el método magnético según lo descrito en la norma UNE – EN ISO 2808: 2007: “Pintura y barnices” en concreto el apartado 5.5.6: “Métodos magnéticos. Método 7C – Instrumento de inducción magnética” Determinación del espesor de película en Espesor de recubrimiento por inducción magnética, debido a la sencillez del mismo y a la rapidez en la realización de dichas mediciones.

Sin embargo una vez las muestras son sometidas al acondicionamiento de niebla salina se observó que las medidas realizadas por ese método, tras dicho acondicionamiento no son fiables, debido principalmente a las capas de óxido formadas así que finalmente se desechó este método, pese a ser el más usado en este tipo de medidas y se optó por el método de medida mediante corte metalográfico que, pese a ser mucho más laborioso, permite medir las diversas capas con más precisión y, en caso de haber alguna capa de óxido intermedia se observa a la hora de realizar la medición.

#### **4.1.2 Espesor mediante corte metalográfico**

La medida del espesor de un recubrimiento por métodos magnéticos es el más habitual para este tipo de recubrimientos, por su rapidez a la hora de realizar las medidas, así como la simplicidad y economía del equipo de medida. Está recogida en la norma UNE-EN ISO 2808:2020. Sin embargo, debido a que las muestras posteriormente van a ser sometidas en acondicionamiento en niebla salina neutra y los recubrimientos se van a ver afectados por la misma, se realizó la medición del espesor mediante corte metalográfico, para en el caso que haya capas intermedias con óxido que dificultarían la medición por el método magnético puedan ser medidas mediante medida directa por corte metalográfico. En el caso que posteriormente las muestras fueran medibles con método magnético no sería necesario la realización de la medición mediante espesor metalográfico, mucho más laborioso.

Los resultados de las mediciones obtenidas se reflejan en las tablas 3 a 6.

ESPOSOR GALVANIZADO INICIAL SUBGRUPO 1													
Recubrimiento	DESENGRASANTE						DISOLVENTE						
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimac + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	
Muestra	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.		
	81,76	81,76	89,01	76,24	86,25	97,47	93,49	84,52	79,08	84,87	93,47		
	82,11	83,14	83,47	77,62	89,01	94,87	89,35	83,93	79,31	80,73	96,25		
	84,87	74,86	80,38	76,02	89,01	92,11	99,36	86,25	77,62	79	93,47		
	89,01	73,14	77,62	74,86	91,77	87,62	97,63	79,86	79,33	83,14	87,63		
	88,73	81,76	82,11	87,63	87,63	84,87	96,25	79	70,38	90,39	90,21		
	84,87	79,03	80,46	88,01	88,92	99,36	97,63	93,48	81,76	87,63	97,63		
	81,76	81,76	86,25	91,77	89,35	100,31	86,25	86,58	76,24	90,63	96,25		
	77,62	79	84,87	93,49	86,25	102,12	92,11	84,03	99,36	89,01	84,87		
	76,43	79,93	81,76	86,25	87,63	99,01	99,36	76,24	90,39	90,3	94,87		
	83,14	80,38	82,25	83,06	99,31	87,73	89,35	77,62	92,11	82,26	90,37		
<b>MEDIA (µm)</b>	<b>83,03</b>	<b>79,48</b>	<b>82,82</b>	<b>83,50</b>	<b>89,51</b>	<b>94,55</b>	<b>94,08</b>	<b>83,15</b>	<b>82,56</b>	<b>85,80</b>	<b>92,50</b>		
DES. EST.	3,90	3,03	3,09	6,57	3,61	5,80	4,43	4,88	8,25	4,13	3,92		
Máximo	89,01	83,14	89,01	93,49	99,31	102,12	99,36	93,48	99,36	90,63	97,63		
Mínimo	76,43	73,14	77,62	74,86	86,25	84,87	86,25	76,24	70,38	79,00	84,87		

Tabla 3. Subgrupo 1. Espesor del recubrimiento de galvanizado antes de corrosión. Método corte macrográfico

ESPOSOR CAPA ORGÁNICA SUBGRUPO I												
DESENGRASANTE											DISOLVENTE	
Medidas en $\mu\text{m}$	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliu.	Laca Poliu.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	
	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.	
1	148,35	99,36	222,87	150,76	247,37	169,74	231,49	133,86	132,48	92,11	109,36	
2	148	98,21	220,11	143,86	248,88	155,25	229,77	132,48	125,23	86,25	102,12	
3	150,76	102,12	218,38	145,24	245,88	152,49	221,49	138	114,88	84,87	106,26	
4	149,38	100,39	212,86	138,72	245,64	162,49	227,01	142,48	119,37	86,25	93,49	
5	145,24	103,5	172,5	104,88	244,6	166,98	237,01	146,62	120,75	90,36	96,25	
6	143,86	102,12	195,6	110,74	243,35	153,87	228,23	150,76	116,61	86,25	104,88	
7	142,48	101	201,32	119,37	239,77	161,53	227,38	127,99	133,86	79,35	106,37	
8	149,46	100,2	197,63	106,6	244,26	166,63	230,11	146,62	136,62	86,25	105,63	
9	142,98	98,97	202,86	112,12	250,12	162,49	235,63	158,01	129,37	79,83	110	
10	146,65	96,25	218,33	113,5	252,03	145,24	228,19	144,53	135,24	87,63	102,48	
Media	146,72	100,21	206,05	124,58	246,19	159,67	229,63	142,14	126,44	85,92	103,68	
Des. Típica	2,94	2,13	15,68	17,93	3,56	7,71	4,43	9,14	8,13	3,98	5,32	
Máximo	150,76	103,50	222,87	150,76	252,03	169,74	237,01	158,01	136,62	92,11	110,00	
Mínimo	142,48	96,25	172,50	104,88	239,77	145,24	221,49	127,99	114,88	79,35	93,49	

Tabla 4. Subgrupo 1. Espesor del recubrimiento orgánico muestras galvanizadas. Método corte macrográfico

ESPESOR TOTAL DE RECUBRIMIENTO SUBGRUPO 1											
DESENGRASANTE											
DISOLVENTE											
Medidas en $\mu\text{m}$	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Polhur.	Laca Polhur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
Muestra	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
Media	229,75	179,69	288,86	208,07	335,70	254,22	323,71	225,29	209,00	171,71	196,19

Tabla 5. Subgrupo 1. Espesor TOTAL del recubrimiento (galvanizado+orgánico). Método corte macrográfico

ESPOSOR TOTAL DE RECUBRIMIENTO ORGÁNICO SUBGRUPO 2											
μm	DESENGRASANTE						DISOLVENTE				
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Polieur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Polieur.	ADAPTA 7011	Imprimación + 9011	Imprimación + 9011
	G.1.2.1.	G.1.2.2.	G.1.2.3.	G.1.2.4.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.8.	G.1.2.9.		
1	165,25	209,76	150,76	136,27	327,75	146,62	119,4	218,73	317,74		
2	163,87	211,14	149,38	138,00	320,50	127,65	128,0	219,76	307,39		
3	166,63	208,38	148,50	136,62	333,27	135,24	130,8	218,38	301,87		
4	164,03	193,89	138,63	125,23	326,37	149,73	128,0	225,62	307,23		
5	160,77	207,00	152,03	129,93	321,88	122,13	124,9	214,28	317,61		
6	168,36	211,23	158,49	130,75	338,10	117,74	129,4	222,81	307,72		
7	136,62	208,63	146,62	122,13	336,37	125,23	123,9	209,76	304,63		
8	149,38	205,62	148,36	124,89	327,75	126,61	132,8	214,25	294,62		
9	143,86	206,38	152,49	130,75	333,61	123,51	127,6	208,72	276,88		
10	145,24	207,01	161,06	123,51	329,13	124,89	121,5	206,87	298,89		
Media	156,40	206,90	150,63	129,81	329,47	129,94	126,62	215,92	303,46		
Des. Típica	11,46	4,96	6,21	5,78	5,94	10,61	4,18	6,21	11,84		
Máximo	168,36	211,23	161,06	138,00	338,10	149,73	132,78	225,62	317,74		
Mínimo	136,62	193,89	138,63	122,13	320,50	117,74	119,37	206,87	276,88		

Tabla 6. Subgrupo 2. Espesor TOTAL del recubrimiento (orgánico). Método corte macrográfico.

## 4.2 ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO PREVIA A CORROSIÓN

### 4.2.1 Adherencia mediante corte por enrejado

Tras medir los espesores de la pintura, se ha realizado la medida de la adherencia de los recubrimientos. Para ello se ha empleado el método recogido en la norma UNE-EN ISO 2409:2013 "Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado".

Dependiendo del espesor en cada muestra la separación entre incisiones es distinta. A continuación, se muestra un resumen de los valores indicativos en la norma:

- Hasta 60  $\mu\text{m}$ , espaciado de 1 mm, para sustratos duros (por ejemplo: metal y plástico).
- De 61  $\mu\text{m}$  a 120  $\mu\text{m}$ , espaciado de 2 mm, tanto para sustratos duros como blandos.
- De 121  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$ , espaciado de 3 mm, tanto para sustratos duros como blandos.

La norma de referencia establece una clasificación en función del área desprendida tras el ensayo de enrejado. Se dividen los recubrimientos en 6 clases (del 0 al 5) en función de su comportamiento frente al ensayo de corte por enrejado. A continuación, se detallan cada una de las clasificaciones:

0 – Los bordes de las incisiones son perfectamente lisos: ningún cuadrado del enrejado se ha desprendido.

1 – Se observan ligeros desprendimientos del recubrimiento en las intersecciones de las incisiones. El área de enrejado afectada no es superior al 5%.

2 – Se observan desprendimientos del recubrimiento en los bordes y/o en las intersecciones de las incisiones. El área de enrejado afectada es mayor del 5% pero no mayor del 15%.

3 – El recubrimiento se ha desprendido parcial o totalmente en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o se ha desprendido parcial o totalmente en distintas partes de los cuadrados. El área de enrejado afectada es mayor del 15% pero no mayor del 35%.

4 – El recubrimiento se ha desprendido en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o algunos cuadrados se han desprendido parcial o totalmente. El área de enrejado afectada es mayor del 35% pero no mayor del 65%.

5 – Se observa un grado de desprendimiento superior al de la categoría 4.

Se han realizado 3 determinaciones en 3 zonas distintas del recubrimiento de la superficie exterior de la muestra. Los resultados obtenidos quedan recogidos en la siguiente tabla.

ADHERENCIA												
Chapa galvanizada +DES	MUESTRAS CON DESENGRASANTE						MUESTRAS CON DISOLVENTE					
	Color Akzonobel 9011 G.1.1.1.	Color AXALTA 6005 G.1.1.2.	TITAN 2700 G.1.1.3.	ADAPTA 7011 G.1.1.4.	Imprim. + Laca Poliur. G.1.1.5.	Laca Poliur. G.1.1.6.	Imprimación + 9011 G.1.1.7.	TIGER G.1.1.8.	Color Akzonobel 9011 G.1.1.9.	TITAN 2700 G.1.1.10.	ADAPTA 7011 G.1.1.11.	
1	0	1	1	0	0	2	1	1	0	0	0	
2	2	2	1	0	3	4	0	3	0	1	0	
3	0	2	1	0	0	4	0	3	0	0	0	
Media	1	2	1	0	1	3	0	2	0	0	0	

Tabla 7. Subgrupo 1. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado. Muestras. galvanizadas. Valores de acuerdo con UNE-EN ISO 2409:2013

De la tabla 7 se desprende que la clasificación de la adherencia de los recubrimientos orgánicos empleando desengrasante varía entre 0 (los bordes son perfectamente lisos) y 4 (el recubrimiento se ha desprendido en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o algunos cuadrados se han desprendido parcial o totalmente. El área de enrejado afectada es mayor del 35% pero no mayor del 65%). El valor que más se repite es el 0. Los resultados han sido:

Categoría	Repeticiones Desengrasante	Repeticiones disolvente
0	9	8
1	6	1
2	4	0
3	3	0
4	2	0
5	0	0
TOTAL	24	9

Tabla 8. Subgrupo 1. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado.  
Valores de acuerdo con UNE-EN ISO 2409:2013

A continuación, se muestran imágenes de los ensayos realizados:

- **MUESTRAS: CHAPA GALVANIZADA / DESENGRASANTE**

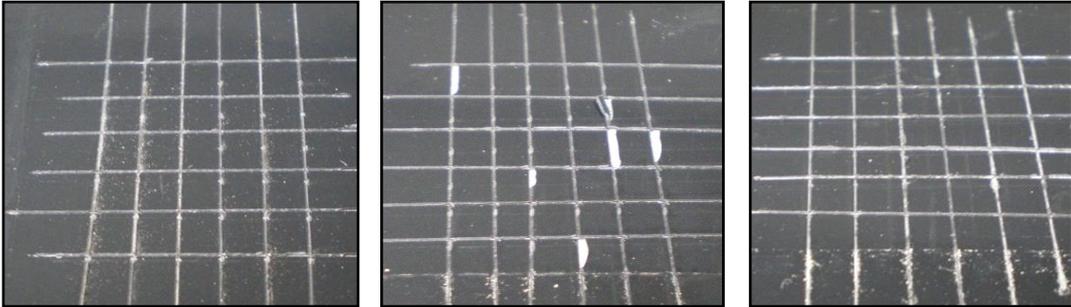


Figura 17. Muestra **9011** tras el ensayo. G.1.1.1.

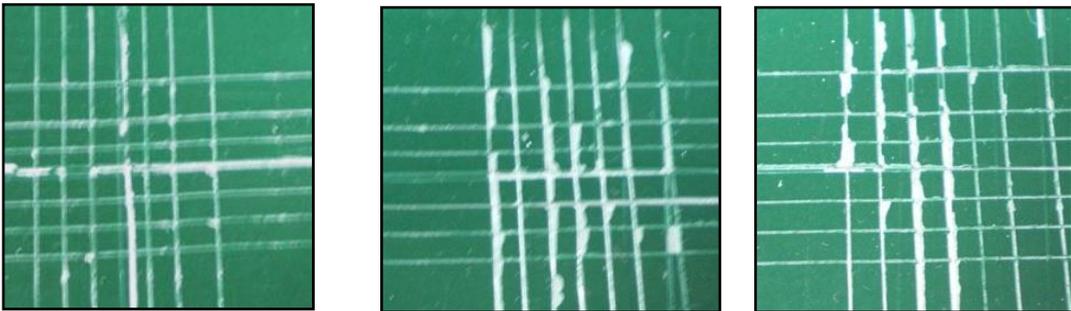


Figura 18. Muestra **AXALTA 6005** tras el ensayo. G.1.1.2.

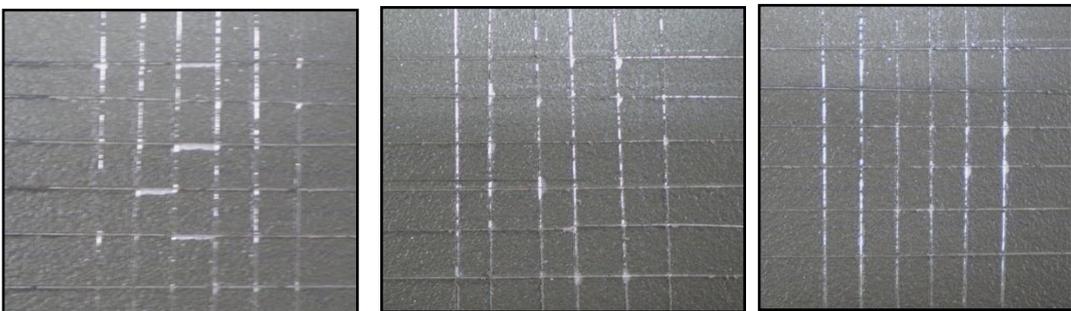


Figura 19. Muestra **TITAN 2700** tras el ensayo. G.1.1.3.

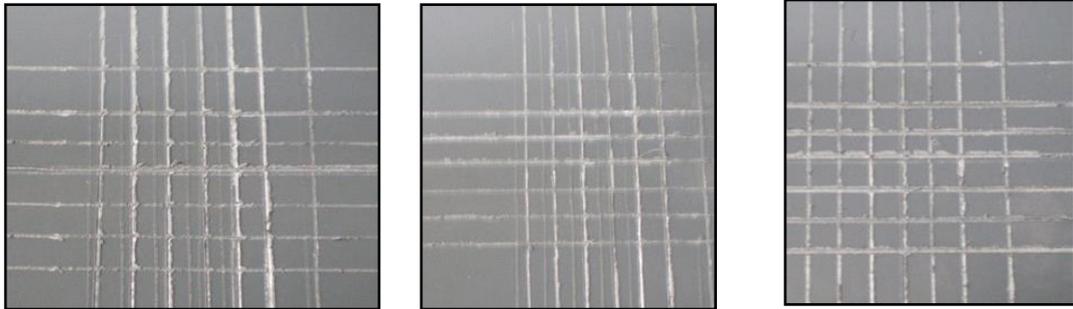


Figura 20. Muestra **ADAPTA 7011** tras el ensayo. G.1.1.4.

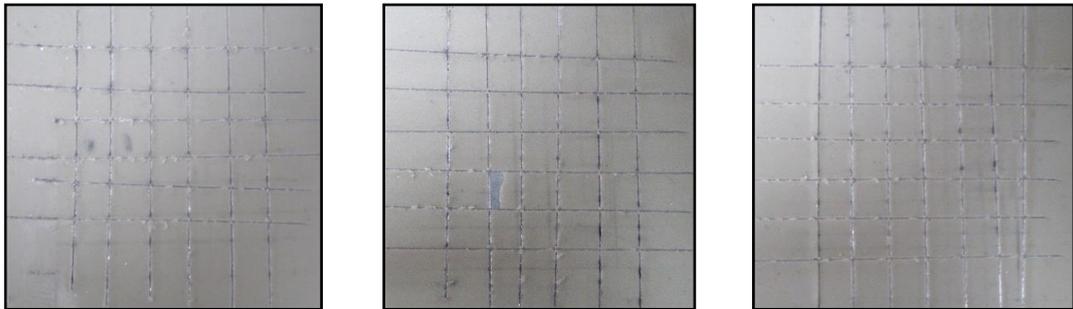


Figura 21. Muestra **Imprim. + Laca Poliur.** tras el ensayo. G.1.1.5.

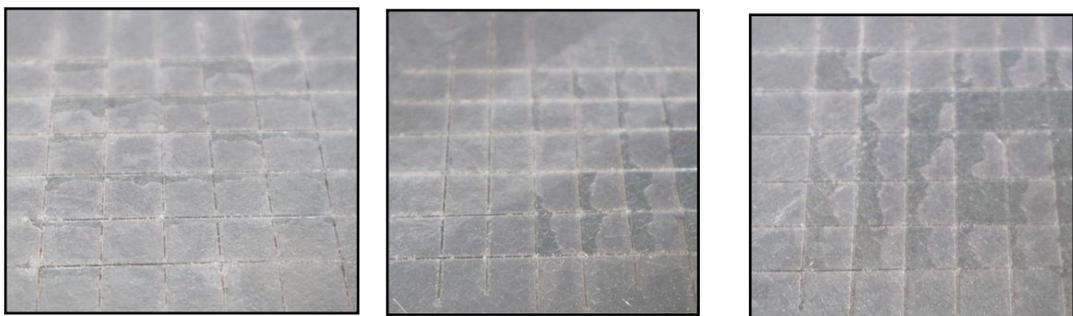


Figura 22. Muestra **Laca Poliuretano** tras el ensayo. G.1.1.6.

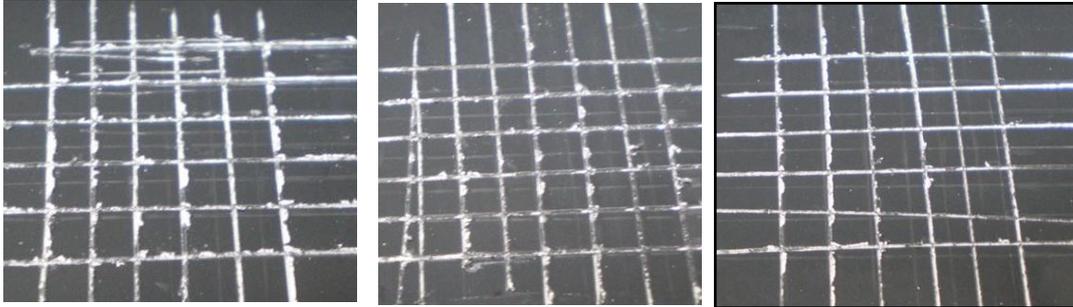


Figura 23. Muestra Imprim. + 9011 tras el ensayo. G.1.1.7.

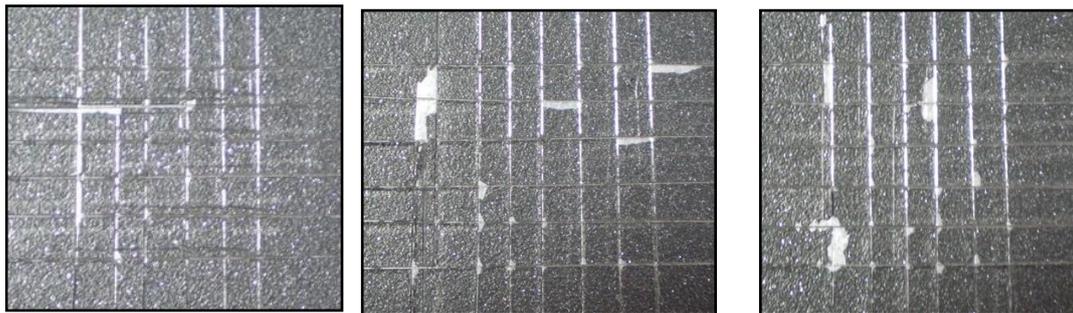


Figura 24. Muestra TIGER tras el ensayo. G.1.1.8.

- MUESTRAS: CHAPA GALVANIZADA / DISOLVENTE

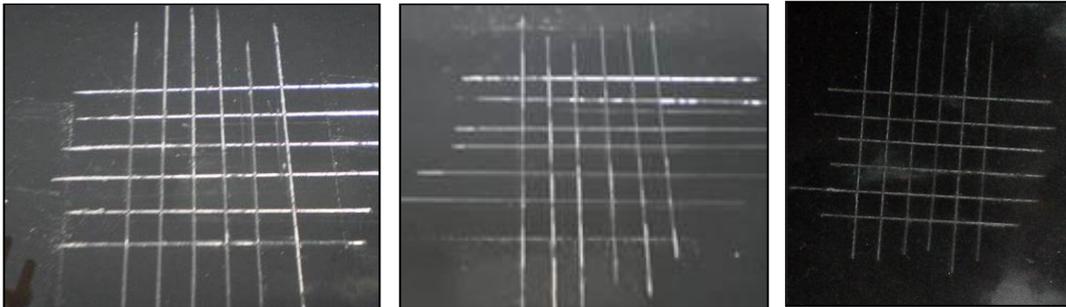


Figura 25. Muestra **COLOR 9011** tras el ensayo. G.1.1.9.

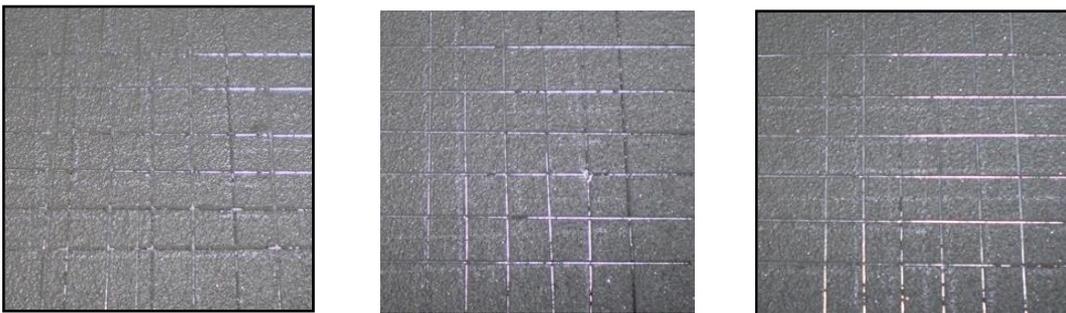


Figura 26. Muestra **TITAN 2700** tras el ensayo. G.1.1.10.

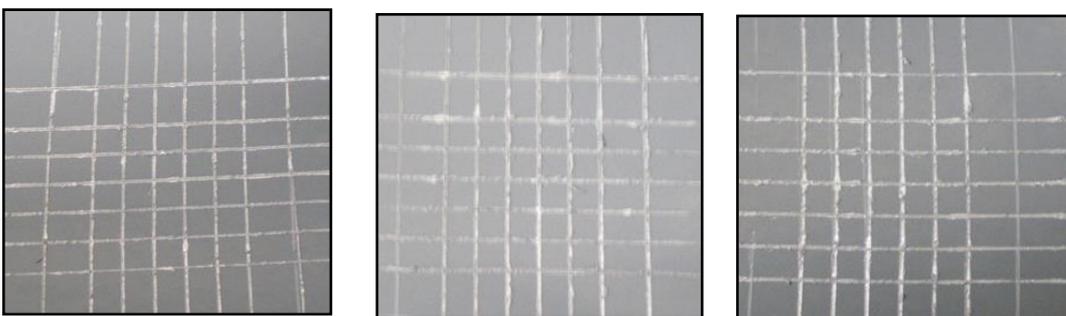


Figura 27. Muestra **ADAPTA 7011** tras el ensayo. G.1.1.11.

MUESTRAS NO GALVANIZADAS											
Chapa negra y desengrasante	MUESTRAS CON DESENGRASANTE						MUESTRAS CON DISOLVENTE				
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011		
	G.1.2.1.	G.1.2.2	G.1.2.3	G.1.2.4	G.1.2.5	G.1.2.6	G.1.2.7	G.1.2.8	G.1.2.9		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Tabla. 9. Subgrupo 2. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado  
Valores de acuerdo con UNE-EN ISO 2409:2013

De la tabla 9 se desprende que la clasificación de la adherencia de los recubrimientos orgánicos de las muestras no galvanizadas empleando desengrasante o disolvente corresponde en todos los casos a 0

Los resultados han sido:

Categoría	Repeticiones Desengrasantes	Repeticiones disolventes
0	15	12
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
TOTAL	15	12

Tabla 10. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado. Subgrupo 2-

Muestras sin galvanizar

Valores de acuerdo con UNE-EN ISO 2409:2013

**MUESTRAS CHAPA NO GALVANIZADA (SUBGRUPO 2.)  
/DESENGRASANTE**

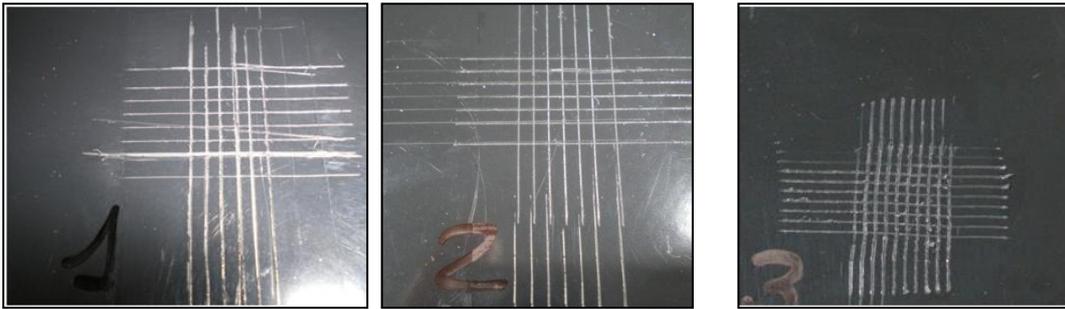


Figura 28. Muestra COLOR 9011 tras el ensayo. G.1.2.1.



Figura 29. Muestra TITAN 2700 tras el ensayo. G.1.2.2.

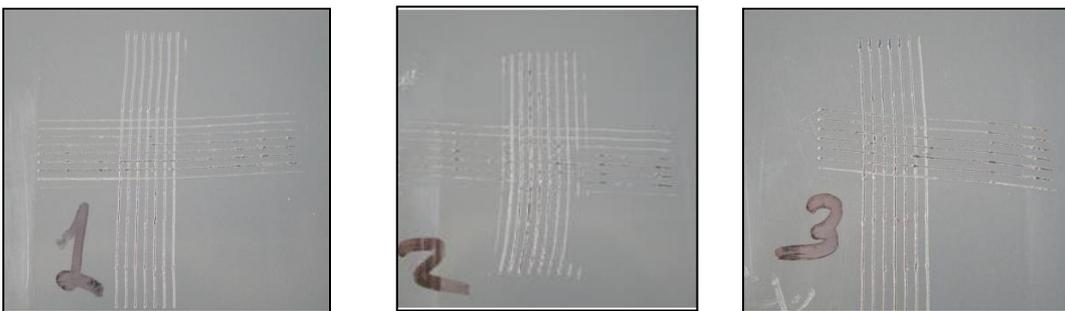


Figura 30. Muestra ADAPTA 7011 tras el ensayo. G.1.2.3.

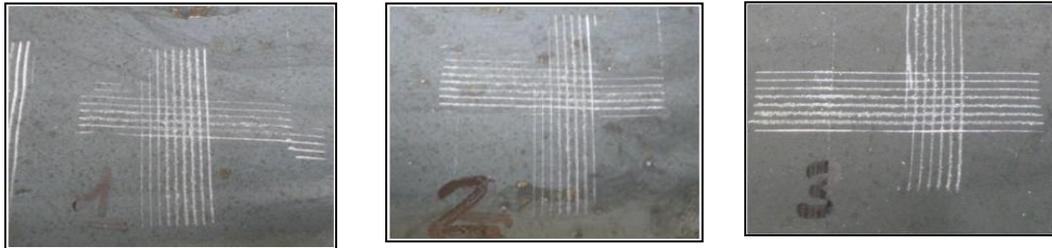


Figura 31. Muestra LACA POIURETANO tras el ensayo. G.1.2.4.

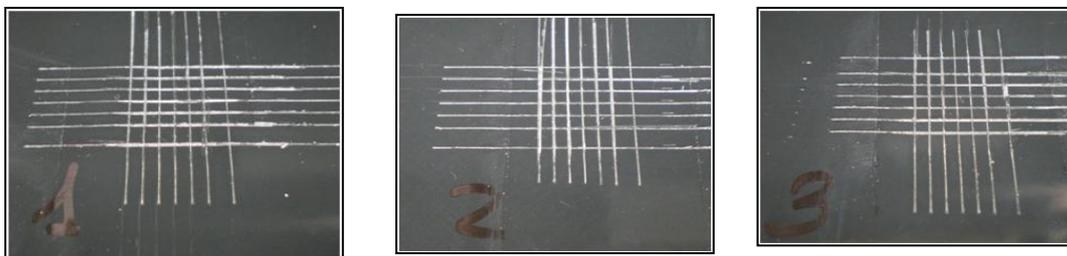


Figura 32. Muestra IMPRIMACION +9011 tras el ensayo. G.1.2.5.

MUESTRAS: CHAPA NO GALVANIZADA (SUBGRUPO 2.) CON  
DISOLVENTE

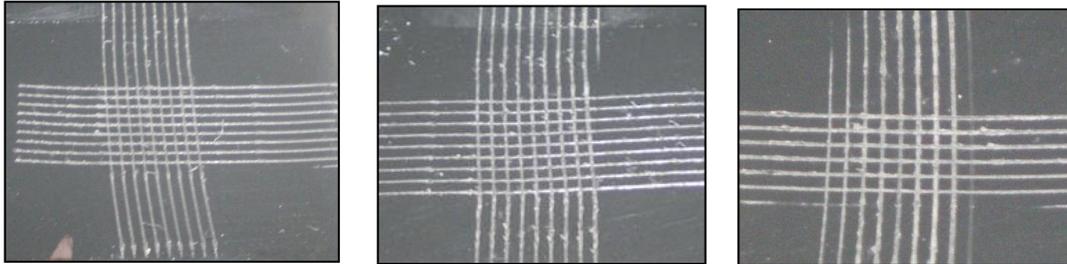


Figura 33. Muestra COLOR 9011 tras el ensayo. . G.1.2.6.



Figura 34. Muestra ADAPTA 7011 tras el ensayo. . G.1.2.7.



Figura 35. Muestra IMPRIMACION +LACA POLIURETANO tras el ensayo.  
. G.1.2.8.

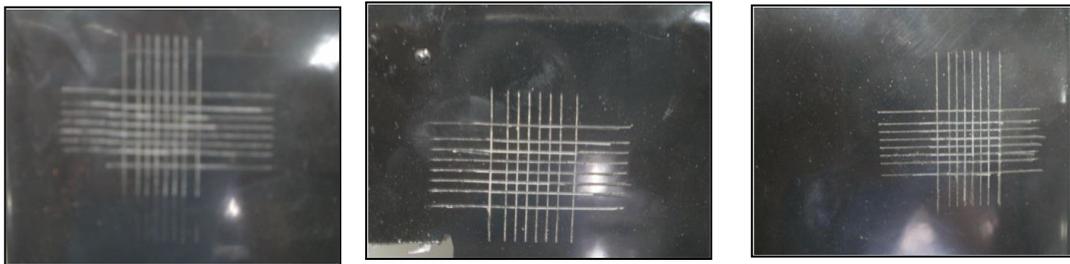


Figura 25. Muestra IMPRIMACIÓN + 9011 tras el ensayo. . G.1.2.9.

#### **4.2.2 Adherencia por tracción**

Para caracterizar la adherencia de los distintos recubrimientos se ha empleado la norma UNE-EN 13144:2020 “Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos. Métodos para la medición cuantitativa de la adherencia mediante el ensayo de tracción”.

Nomenclatura:

B Fallo de cohesión de la primera capa del recubrimiento.

A/B Fallo de adherencia entre el sustrato y la primera capa de recubrimiento

B/C Fallo de adherencia entre la primera capa y la segunda capa de recubrimiento.

C/Y Fallo de adherencia entre la última capa y el adhesivo

Y Fallo de cohesión del adhesivo.

Y/Z Fallo de adherencia entre el adhesivo y el bloque de ensayo.

El número indica el porcentaje de área de cada una de las roturas en cada ensayo.

RESULTADOS		CHAPA GALVANIZADA - DESENGRASANTE (1 CAPA)																																	
		Color 9011					Color AXALTA6005					TITAN 2700					ADAPTA 7011					Laca					TIGER								
		G.1.1.1.					G.1.1.2.					G.1.1.3.					G.1.1.4.					G.1.1.6.					G.1.1.8.								
		A1	A2	A3	MEDIA		A1	A2	A3	MEDIA		A1	A2	A3	MEDIA		A1	A2	A3	MEDIA		A1	A2	A3	MEDIA		A1	A2	A3	MEDIA					
Tensión de la rotura (MPa)	4,1	4,4	4,7	4,4	4,1	3,5	4,6	4,1	5,5	6,4	5,7	5,9	4,2	4,1	4,4	4,2	1,8	4,5	2,6	3,0	5,1	2,6	4,6	4,1											
Naturaleza rotura																																			
B/C	45	30	50	42	90	75	85	83	60	40	55	52	45	15	30	30	B/C	95	70	100	88	80	95	15	63										
C/Y				0				0	35	10	15					0	C/Y								0										
Y		50	30	27	10	25	12			40	13		55	85	70	70	Y								0										
Y/Z		55	20	20	32		15	5	5	50	5	20				0	Y/Z	5	30		12	20	5	15	13										

Tabla 11. Subgrupo 1 con desengrasante 1 capa. Adherencia por tracción

CHAPA GALVANIZADA - DESENGRASANTE (2CAPAS)									
Imp+Laca PU					Imp1+9011				
G.1.1.5.					G.1.1.7.				
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	
Tensión de la rotura (MPa)	3,8	4,2	3,7	3,9	3,4	4,3	2,8	3,5	
Naturaleza rotura	% Área				% Área				
A/B	85	20		35			40	13	
B/C		75	100	58				0	
Y				0			60	20	
Y/Z	15	5		7	100	100		67	

Tabla 12. Subgrupo 1 con desengrasante 2 capas. Adherencia por tracción

RESULTADOS	CHAPA GALVANIZADA - DISOLVENTE											
	Color 9011				TITAN 2700				ADAPTA 7011			
	G.1.1.9.				G.1.1.10.				G.1.1.11.			
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	4,4	4,2	3,4	4	4,9	5,7	4,4	5,0	7,2	4,9	6,8	6,3
Naturalaleza rotura	% Área			% Área			% Área			% Área		
B/C	35	10	10	18	55	30	10	32	35		5	13
Y		60	60	40	40	30	45	38	55	90	80	75
Y/Z	65	30	30	42	5	40	45	30	10	10	15	12

Tabla 13. Subgrupo 1 con disolvente 1 capa. Adherencia por tracción

RESULTADOS		NO GALVANIZADA + DESENGRASANTE															
		Color 9011			TITAN 2700			ADAPTA 7011			LACA						
		G.1.2.1			G.1.2.2.			G.1.2.3.			G.1.2.4.						
		A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA			MEDIA	
Tensión de la rotura (MPa)	6,2	6,4	6,7	6,4	2,9	3,1	3,7	3,2	8,6	7,7	7,2	7,8	7,9	5,1	6,6	6,5	
Naturaleza rotura	% Área			% Área			% Área			% Área			% Área				
A/B	25	10	12	5			2	30	20	20	23	25	70	20	38		
B			0		5	60	22				0				0		
Y	30		10				0	50			17	75	30	80	62		
Y/Z	70	75	90	78	95	95	40	77	20	80	80	60			0		

Tabla 14. Subgrupo 2 con desengrasante 1 capa. Adherencia por

	NO GALVANIZADA + DESENGRASANTE (2 CAPA)			
	Imprimación +9011			
	G.1.2.5.			
	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	2,8	3,1	3,4	3,1
Naturaleza rotura	% Área			
B/C			5	2
Y			40	13
Y/Z	100	100	55	85
				0

Tabla 15. Subgrupo 2 con desengrasante 2 capas. Adherencia por tracción.

RESULTADOS	NO GALVANIZADA + DISOLVENTE (1 CAPA)											
	Color 9011					ADAPTA 7011						
	G.1.2.6.					G.1.2.7.						
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	4,9	4	4,9	4,6	4,2	4,9	3,2	4,1				
Naturaleza rotura												
A/B	40	5	60	35						5		2
B/Y	40			13						50		17
Y				0					10			3
Y/Z	20	95	40	52	90	45	100	78				

Tabla 16. Subgrupo 2 con disolvente 1 capas. Adherencia por tracción

NO GALVANIZADA + DISOLVENTE (2 CAPA)									
Imp+Laca PU					Impt+9011				
G.1.2.8.					G.1.2.9.				
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	
	4,2	5,2	4,9	4,8	4,7	5,6	5,6	5,3	
Naturaleza rotura									
A				0	100			33	
B/C				0		5		2	
A/B		5	30	12		15	15	10	
C	40			13		80	85	55	
Y/Z	60	95	70	75				0	

Tabla 17. .Subgrupo 2 con disolvente 2 capas. Adherencia por tracción

#### 4.3 ACONDICIONAMIENTO EN NIEBLA SALINA

Para determinar la resistencia de los recubrimientos a la corrosión se acondicionan las muestras con recubrimiento orgánico, tanto los tratamientos tanto en chapa galvanizada como sin galvanizado y con preparación con desengrasante y con disolvente. El tiempo de acondicionamiento se establece en 1000 horas en cámara de niebla salina neutra de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9227:2017 / ISO 9227:2017 "Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina".

La observación de la evolución de las condiciones del recubrimiento se ha considerado como parte del resultado del estudio puesto que el comportamiento de los distintos recubrimientos frente al acondicionamiento es variable y se tiene en cuenta a la hora de exponer las conclusiones.

	Preparación sustrato	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprimación + Laca Poliuretano	Laca	Imprimación + 9011	TIGER
Galvanizada	Desengrasante	G.1.1.1	G.1.1.2	G.1.1.3	G.1.1.4	G.1.1.5	G.1.1.6	G.1.1.7	G.1.1.8
Subgrupo 1	Disolvente	G.1.1.9		G.1.1.10	G.1.1.11				
No galvanizada	Desengrasante	G.1.2.1		G.1.2.2	G.1.2.3		G.1.2.4	G.1.2.5	
Subgrupo 2	Disolvente	G.1.2.6			G.1.2.7	G.1.2.8		G.1.2.9	

MUESTRA	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
BASE (*)											
	GALVANIZADA Y DESENGRASADA										
Chapa galvanizada	G.2.1	G.2.2	G.2.3	G.2.4	G.2.5	G.2.6	G.2.7	G.2.8.	G.2.9	G.2.10.	G.2.11.

Tabla 18. Muestras acondicionadas bajo niebla salina



Figura. 37. Imagen de las muestras acondicionadas

---

Norma de ensayo:	UNE-EN ISO 9227:2017 / ISO 9227:2017 "Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina".
Tiempo de ensayo:	1008 horas
Tipo de ensayo:	Niebla salina neutra (NSS).
Tipo de pureza de la sal:	Calidad Analítica, según punto 3.1 de la norma de ensayo.
Tipo de pureza del agua:	Desionizada, de conductividad < 20 $\mu$ S/cm a (25 $\pm$ 2 °C)
Equipo de ensayo:	Cámara de corrosión
Condiciones de ensayo (según norma):	
Temperatura:	35 $\pm$ 2 °C
Volumen de solución recogida:	1,5 $\pm$ 0,5 ml/h.
pH solución inicial:	entre 6 y 7.
pH solución recogida:	entre 6,5 y 7,2.
Concentración solución recogida:	50 $\pm$ 5 g/l.

Muestras:



Figura 38. Imagen de la muestra antes del ensayo (1).



Figura 39. Imagen de las muestras antes del ensayo (2).

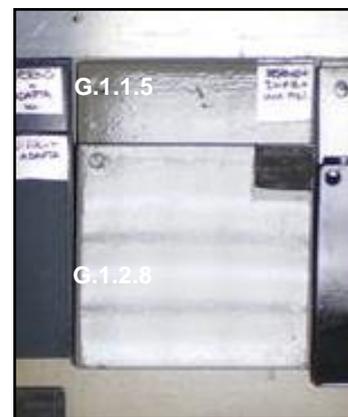


Figura 40. Imagen de las muestras antes del ensayo (3)

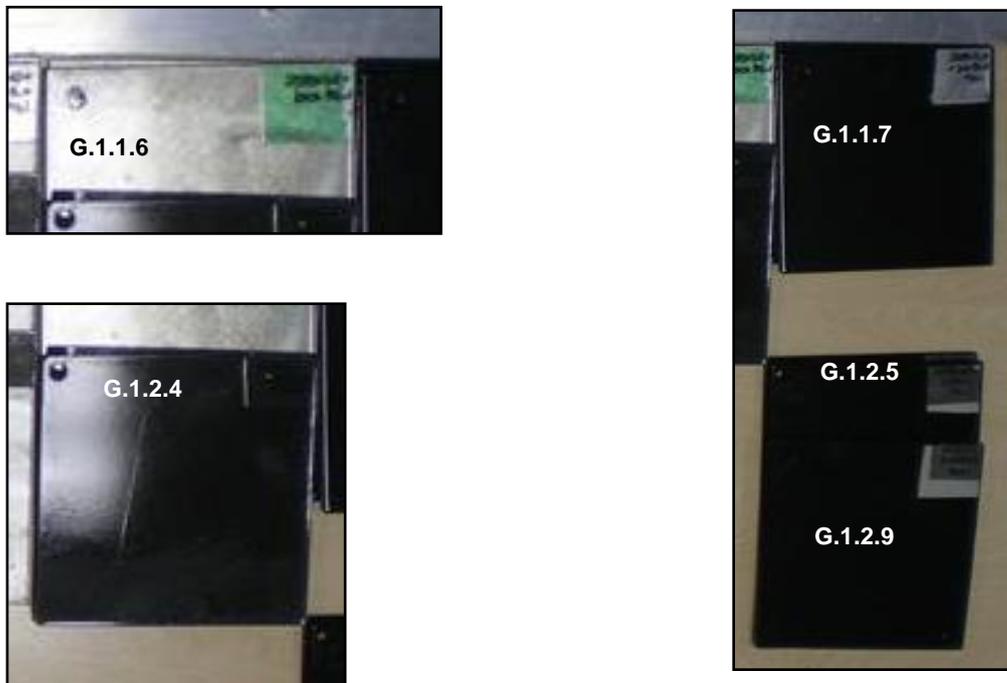


Figura 41. Imagen de las muestras antes del ensayo (4)

A las 72 horas de exposición, la **muestra G.1.1.11** presenta ampollamiento. El resto de las muestras no presenta cambios aparentes.



Figura 42. Imagen de la muestra **G.1.1.11**, tras 72 horas de ensayo.

A las 144 horas de exposición las muestras G.1.2.4 y G.1.2.8 presentan pequeños depósitos óxidos en los bordes

Y la muestra G.1.2.2 presenta pequeños depósitos de óxido rojo en la zona inferior.

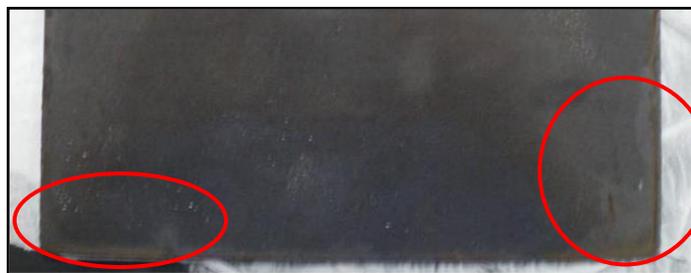


Figura 43. Imagen de la muestra **G.1.2.4 (MARGEN INFERIOR)**, tras 144 horas de ensayo



Figura 44. Imagen de la muestra G.1.2.8 (MARGEN IZQUIERDO), tras 144 horas de ensayo



Figura 45. Imagen de la muestra G.1.2.2 (MARGEN INFERIOR), tras 144 horas de ensayo

El resto de las muestras no presenta cambios aparentes.

A las 168 horas de exposición, avance lento del ampollamiento detectado en la muestra G.1.1.11 anteriormente citada. El resto de muestras se mantienen sin alteración.

A las 240 horas de exposición, la descripción de estado de corrosión de cada una de las muestras es la siguiente:

**Muestra G.1.1.4:** Aparece corrosión blanca en los bordes.

**Muestra G.1.1.11:** Avance del ampollamiento. Aparece corrosión blanca en los bordes.

**Muestra G.1.2.3: y G.1.2.7:** aparece leve ampollamiento en los bordes y corrosión roja en los bordes.

**Muestra G.1.1.1: y G.1.1.9:** Aparece corrosión blanca en los bordes.

**Muestra G.1.2.6:** Aparece corrosión roja en los bordes y leve ampollamiento en los bordes.

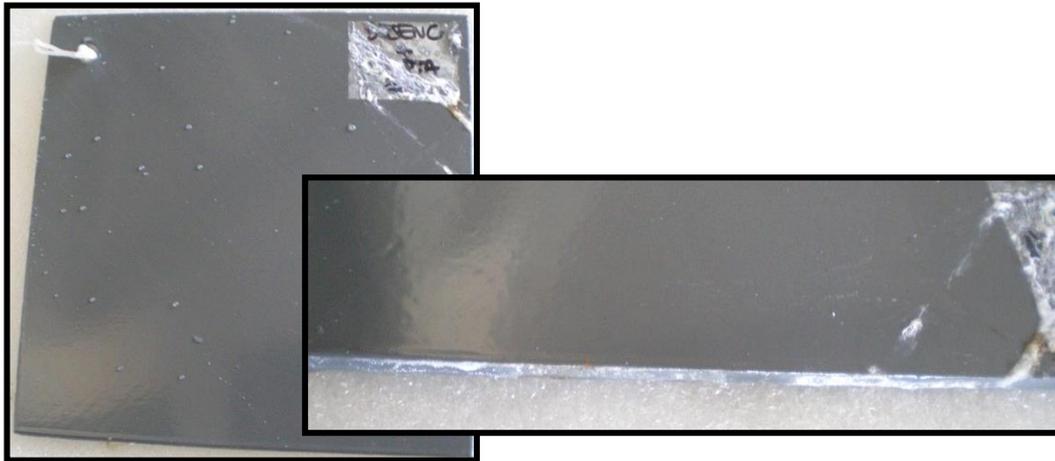


Figura 46. Imagen de la **muestra G.1.1.1.**, tras 240 horas de ensayo.

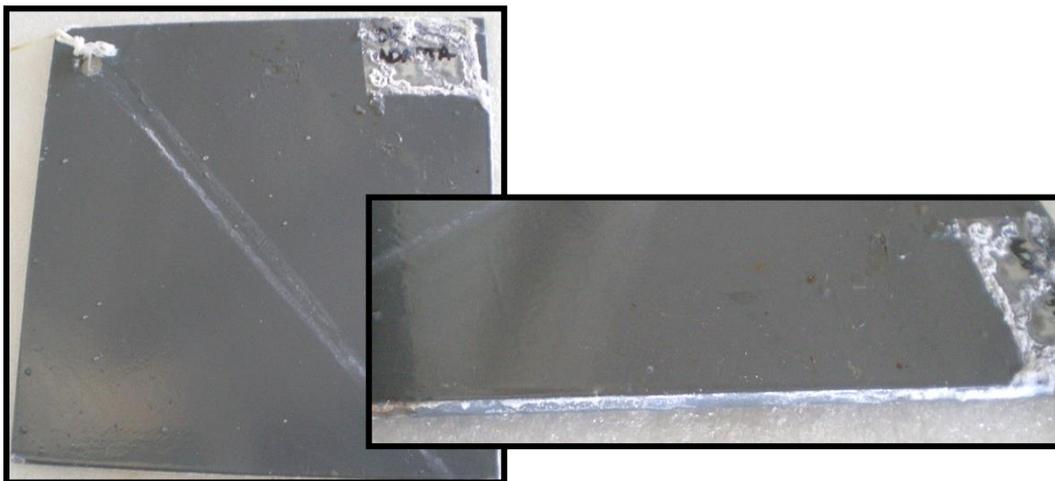


Figura 47. Imagen de la **muestra G.1.1.9.**, tras 240 horas de ensayo.

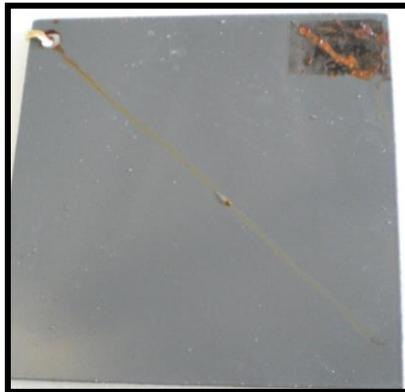


Figura. 48. Imagen de la muestra G.1.2.: tras 240 horas de ensayo.

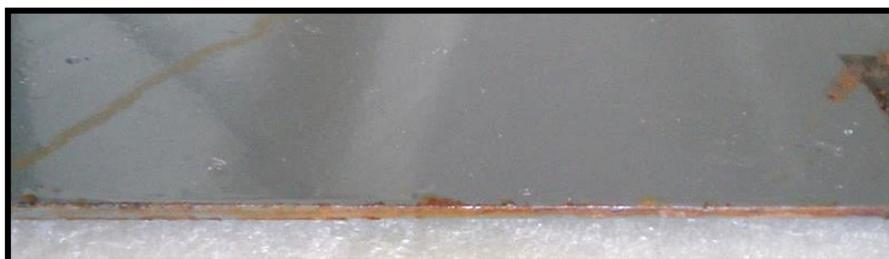
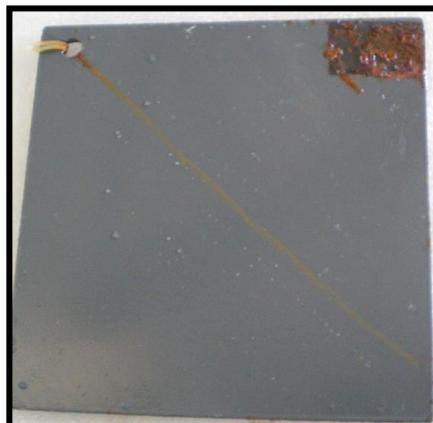


Figura. 49. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 240 horas de ensayo.

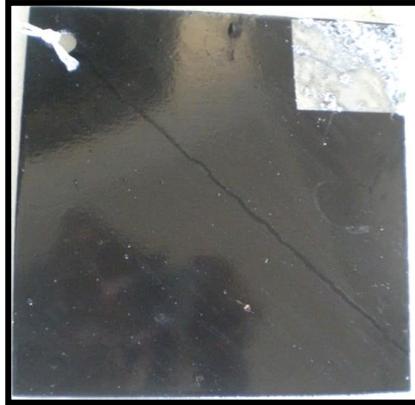


Figura 50. Imagen de la muestra G.1.1.1, tras 240 horas de ensayo.



Figura 51. Imagen de la muestra G.1.1.9, tras 240 horas de ensayo.

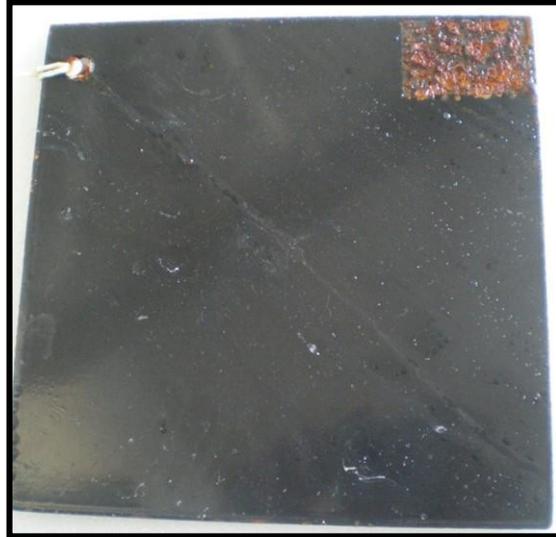


Figura 52. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 240 horas de ensayo.

A las 312 horas de exposición, no se aprecian cambios en ninguna de las muestras.

A las 336 horas de exposición, sin cambios significativos en todos los procesos corrosivos descritos sobre las muestras anteriores.

A las 408 horas de exposición, avance progresivo del estado corrosivo descrito en todas las muestras anteriores.

A las 480 horas de exposición, observamos:

- Avance progresivo del estado corrosivo descrito en la muestra **G.1.2.4** y **G.1.2.8**.
- En la muestra **G.1.2.2** aparecen leves depósitos salinos blancos en la zona central.
- En la muestra **G.1.1.6** aparece una deficiencia del brillo y el tono en la pintura.
- Inicio de corrosión roja en los bordes de las muestras **G.1.2.9** y **G.1.2.5**.



Figura 53. Imagen de la muestra G.1.2.8, tras 480 horas de ensayo.



Figura 54 . Imagen de la muestra G.1.2.4, tras 480 horas de ensayo.



Figura 55. Imagen de la muestra G.1.2.2, tras 480 horas de ensayo.



Figura 56. Imagen de la muestra G.1.1.6, tras 480 horas de ensayo.

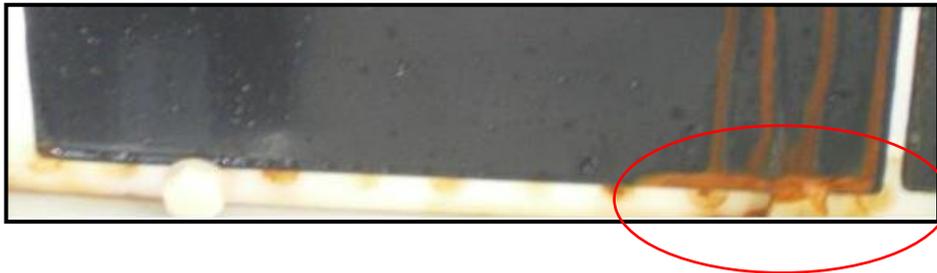


Figura 57. Imagen de la muestra G.1.2.9, (ZONA INFERIOR), tras 480 horas de ensayo.



Figura 58. Imagen de la muestra G.1.2.5, (ZONA INFERIOR Y ZONA DERECHA), tras 480 horas de ensayo.

A las 504 horas de exposición, la descripción de estado de corrosión de cada una de las muestras es la siguiente:

Muestra G.1.1.4: Aparece corrosión roja en los bordes.

Muestra G.1.1.10: Avance del ampollamiento en varias zonas de la muestra. Avance de corrosión blanca en los bordes.

Muestra G.1.2.3 y G.1.2.7: Avance del ampollamiento en los bordes, así como la corrosión roja en los bordes.

Muestra G.1.1.1 y G.1.1.9: Aparece leve ampollamiento en los bordes. Avance de la corrosión blanca en los bordes.

Muestra G.1.2.1: Aparece leve ampollamiento en los bordes. Avance de la corrosión roja en los bordes.

Muestra G.1.2.6: Avance del ampollamiento en los bordes. Avance de la corrosión roja en los bordes.

A las 576 horas de exposición, no se observan cambios significativos en las muestras. Se detecta un leve avance lento de todo lo expuesto anteriormente.

A las 648 horas de exposición, se observa:

Muestra G.1.2.5 leve ampollamiento esparcido y de pequeño tamaño.

Muestra G.1.2.8 avance de corrosión roja en las zonas anteriormente descritas.

Muestra G.1.2.4 avance de corrosión roja en las zonas descritas y leve decoloración de la pintura y leve ampollamiento.

Muestra G.1.1.2 leve ampollamiento en zona central.

Muestra G.1.1.8 leve ampollamiento en zona central.

A las 744 horas de exposición, se observa un cambio significativo en el avance de la corrosión sobre las muestras.

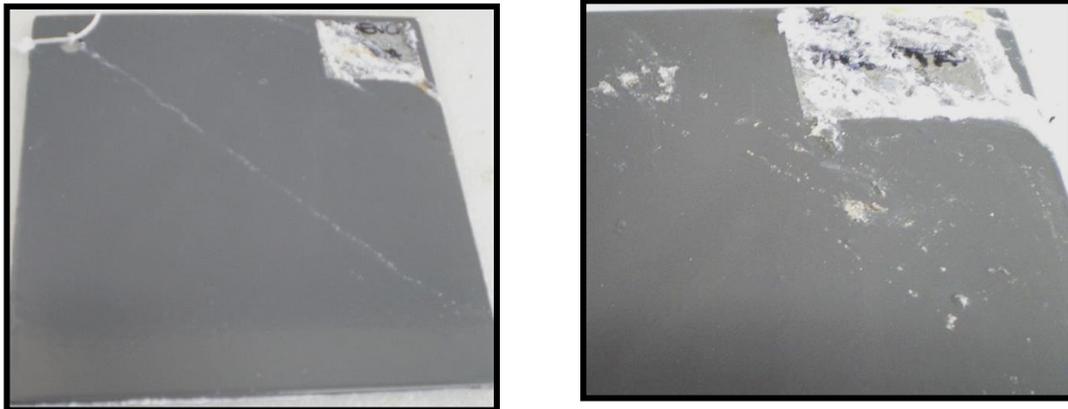


Figura 59. Imagen de las muestras G.1.1.4 y G.1.1.11, tras 744 horas de ensayo.



Figura 60. Imagen de la muestra G.1.2.3, tras 744 horas de ensayo.



Figura 61. Imagen de la muestra G.1.2.7, tras 744 horas de ensayo.

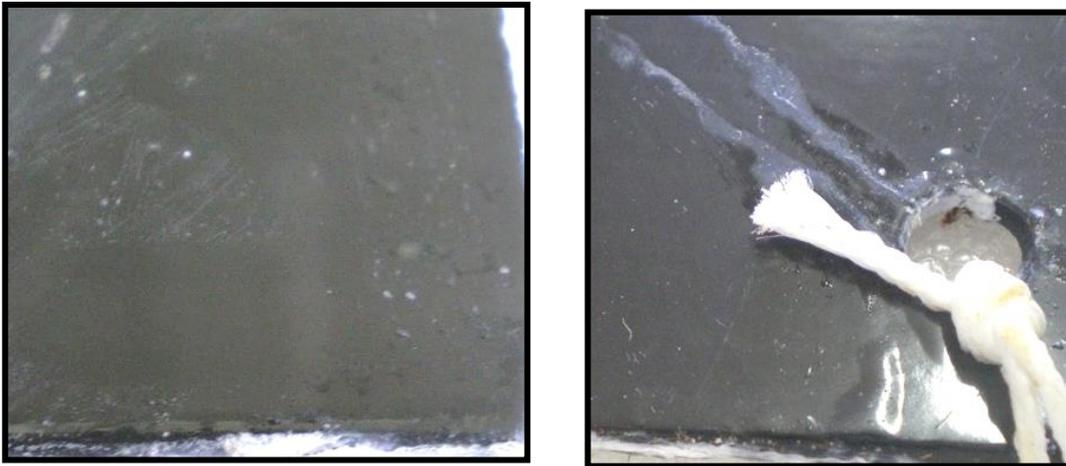


Figura 62. Imagen de la muestra G.1.1.1, tras 744 horas de ensayo



Figura 63. Imagen de la muestra G.1.1.9, tras 744 horas de ensayo.



Figura 64. Imagen de la muestra G.1.2.1, tras 744 horas de ensayo.



Figura 65. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 744 horas de ensayo.

A las 792 horas de exposición, se observa avance lento de todos los procesos corrosivos descrito hasta el momento en todas las muestras.

En muestra G.1.1.10 y G.1.2.2 aparece un aumento notable en el ampollamiento de la pintura.

En G.1.2.8 aparece un aumento notable de los depósitos óxidos de los bordes.



Figura 66. Imagen de la muestra G.1.2.8, tras 792 horas de ensayo

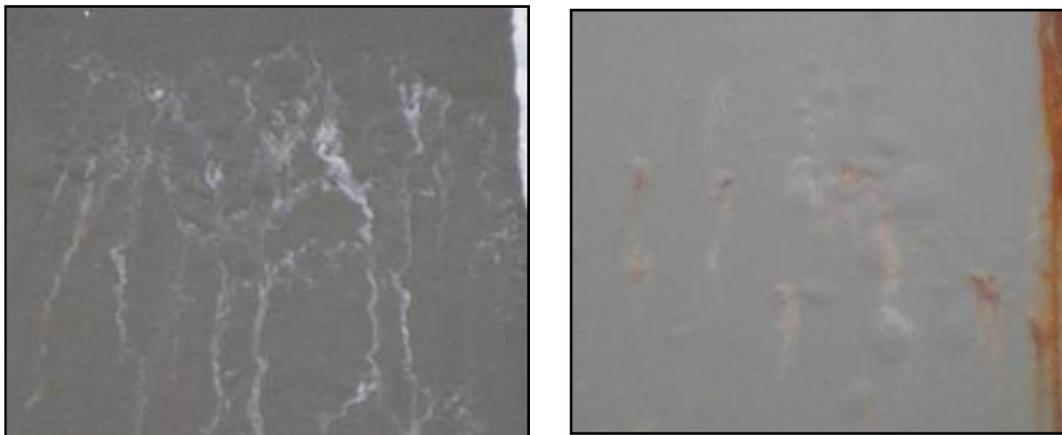


Figura 67. Imagen de la muestra G.1.2.2 y G.1.1.10, tras 792 horas de ensayo

A las 840 horas de exposición, se observa avance lento de todos los procesos corrosivos descrito hasta el momento en todas las muestras.

A las 888 horas de exposición, no se observan cambios significativos.

A las 1.008 horas de exposición, no se observan cambios significativos. A continuación, se muestran las imágenes de todas las muestras.

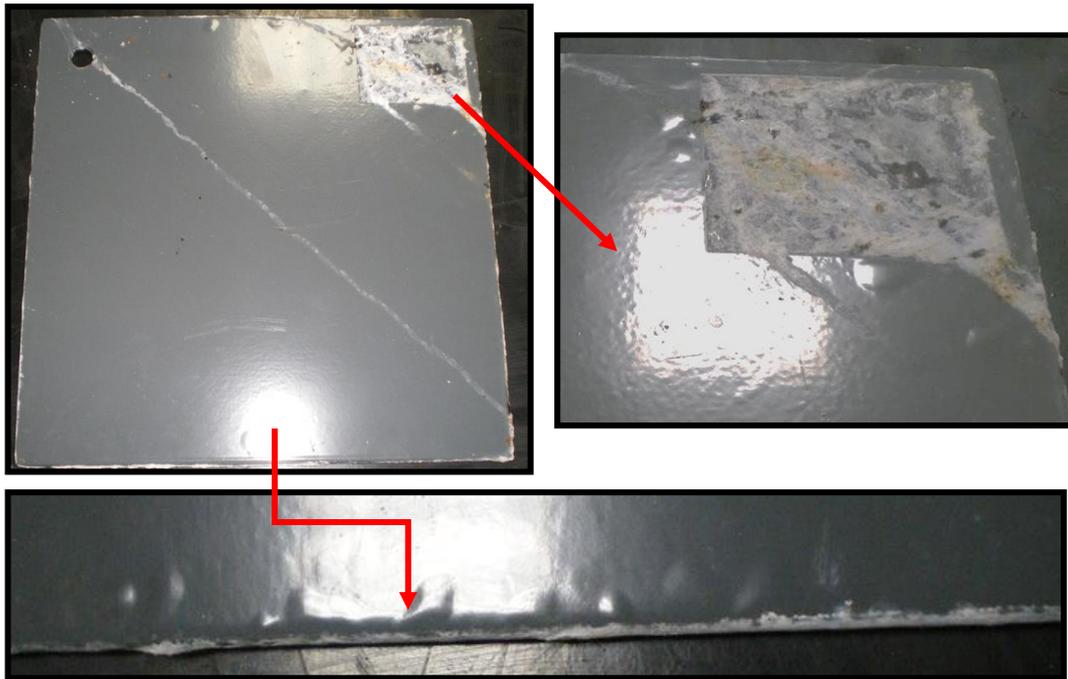


Figura 68. Imagen de la muestra G.1.1.4, tras 1.008 horas de ensayo.

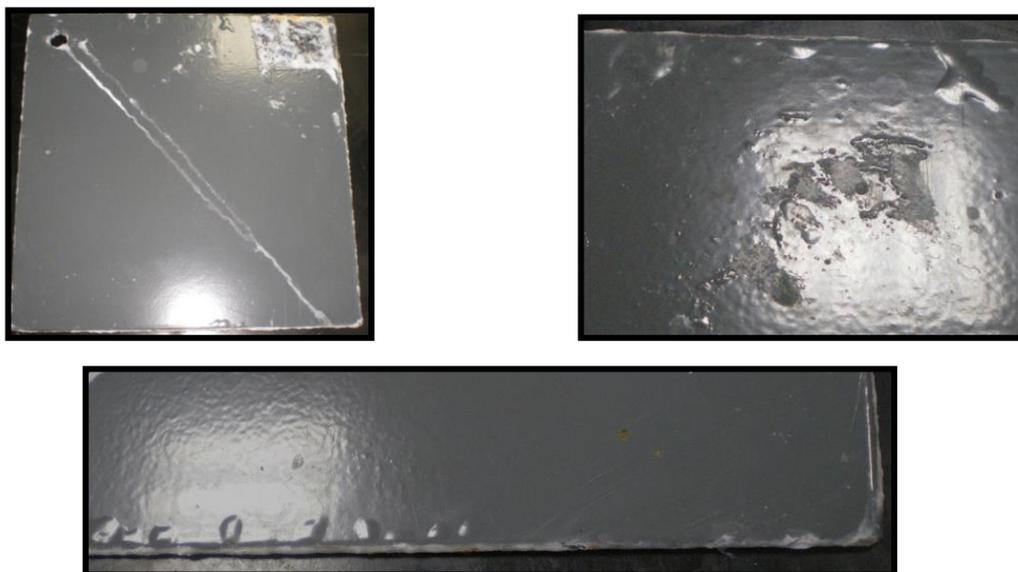


Figura 69. Imagen de la muestra G.1.1.11, tras 1.008 horas de ensayo.

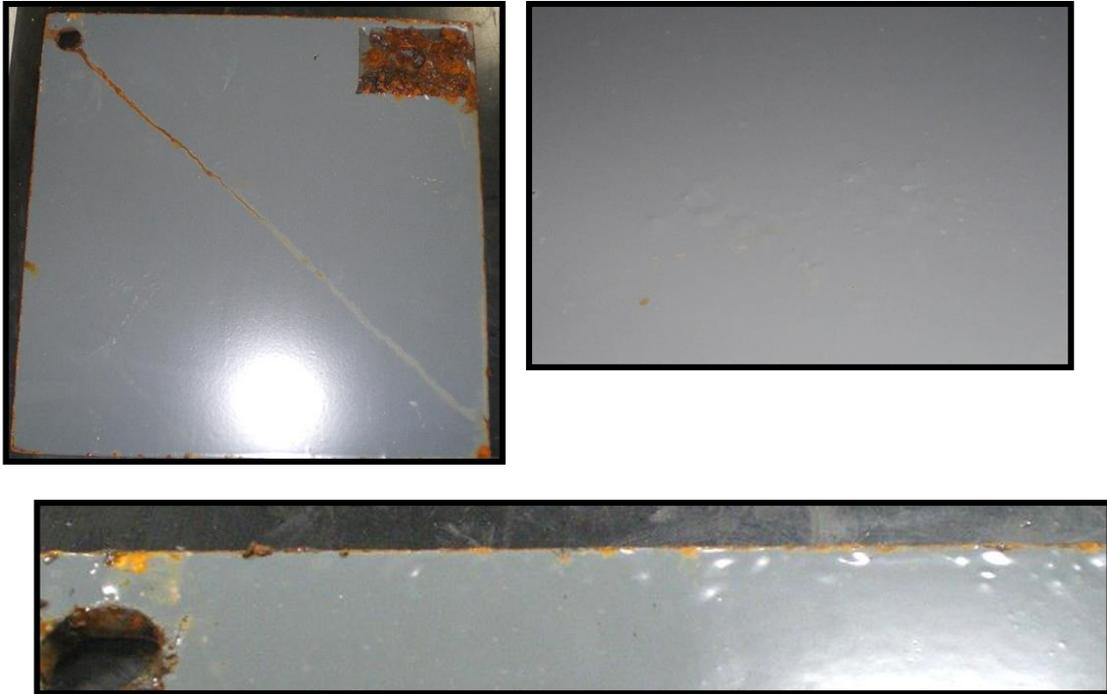


Figura 70. Imagen de la muestra G.1.2.3, tras 1.008 horas de ensayo.

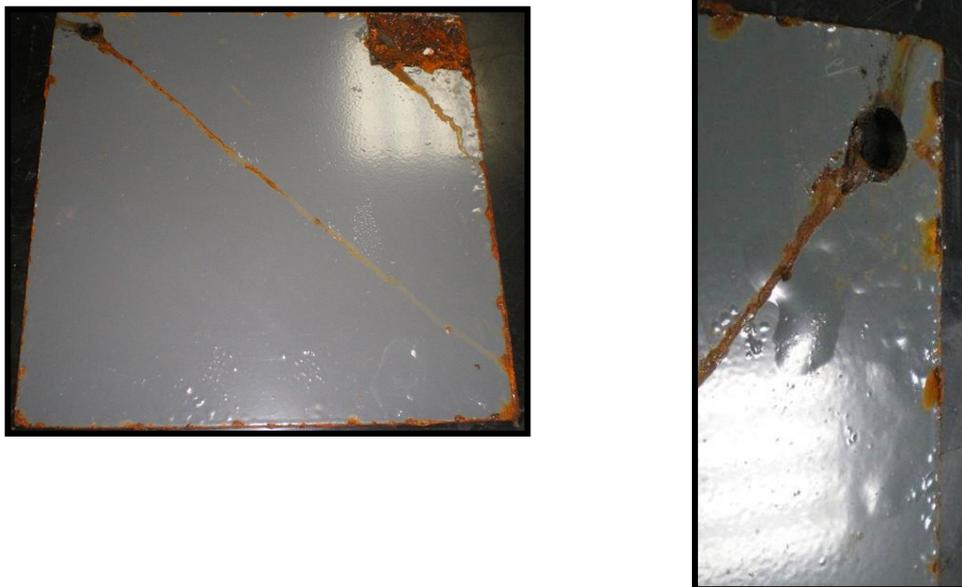


Figura 71. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 1.008 horas de ensayo.

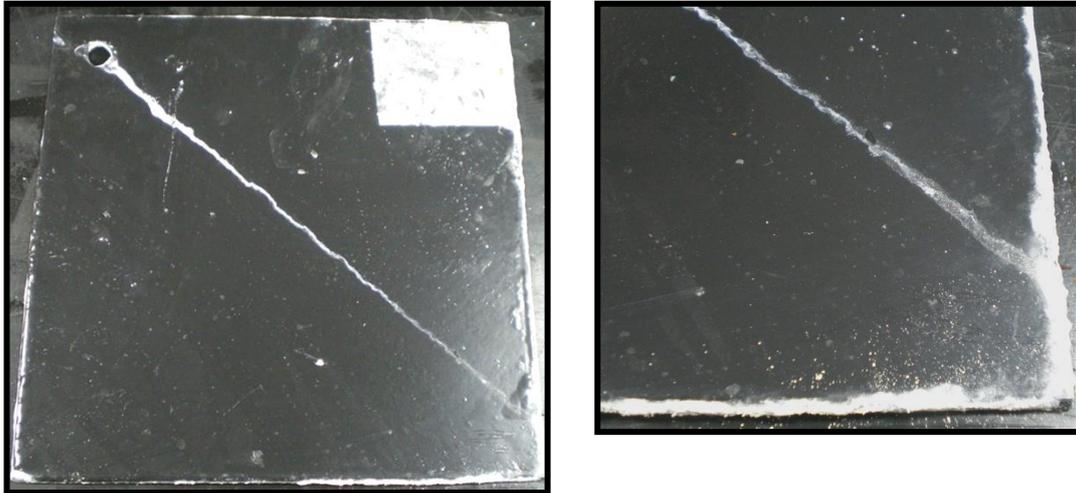


Figura 72. Imagen de la muestra G.1.1.1, tras 1.008 horas de ensayo.

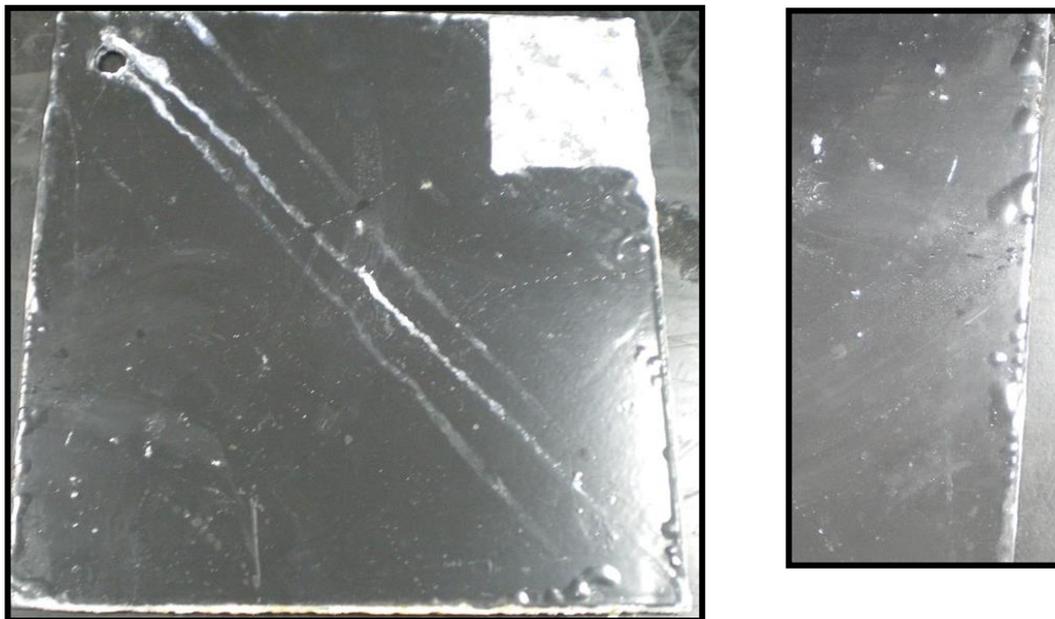


Figura 73. Imagen de la muestra G.1.1.9, tras 1.008 horas de ensayo.



Figura 74. Imagen de la muestra G.1.2.1, tras 1.008 horas de ensayo.

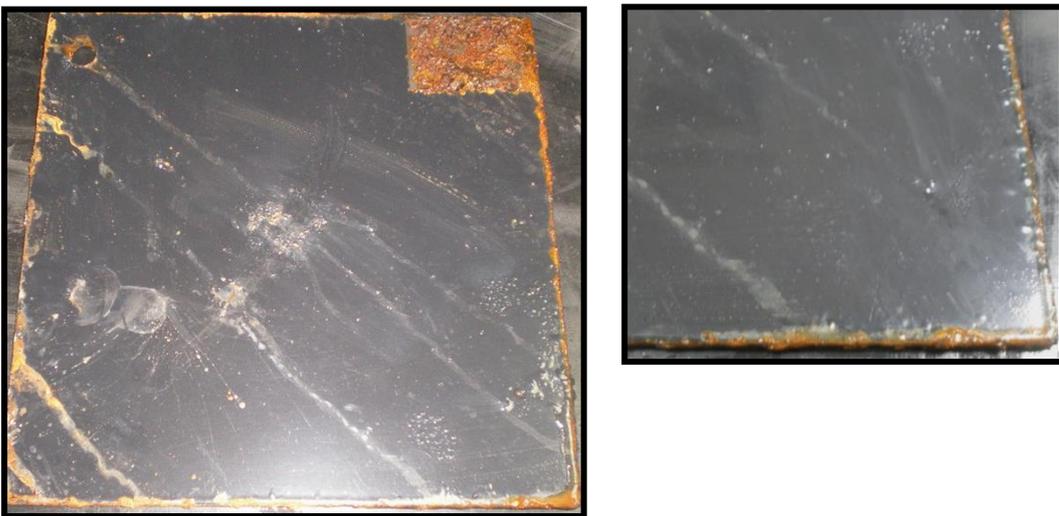


Figura 75. Imagen de la muestra G.1.2.6, tras 1.008 horas de ensayo.

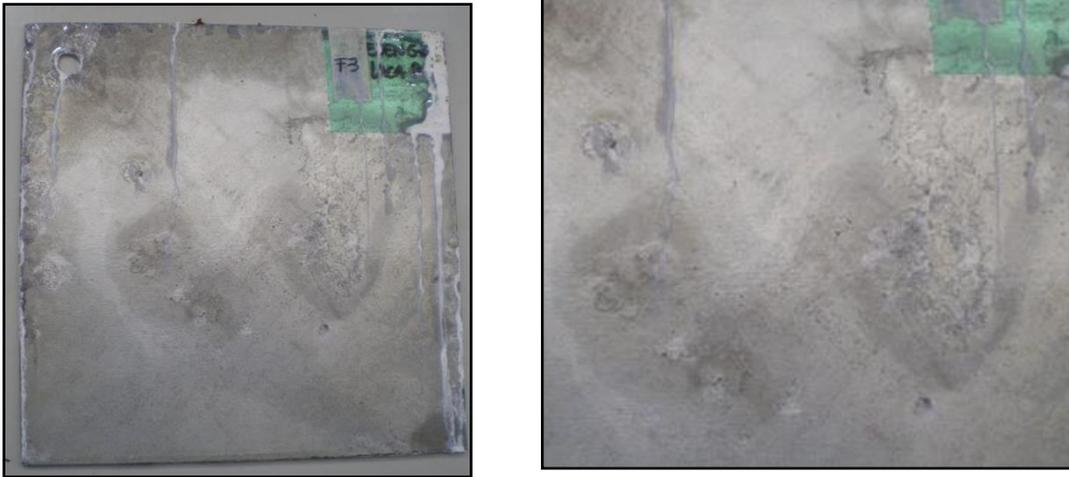


Figura 76. Imagen de la **muestra G.1.1.6**, tras 1.008 horas de ensayo

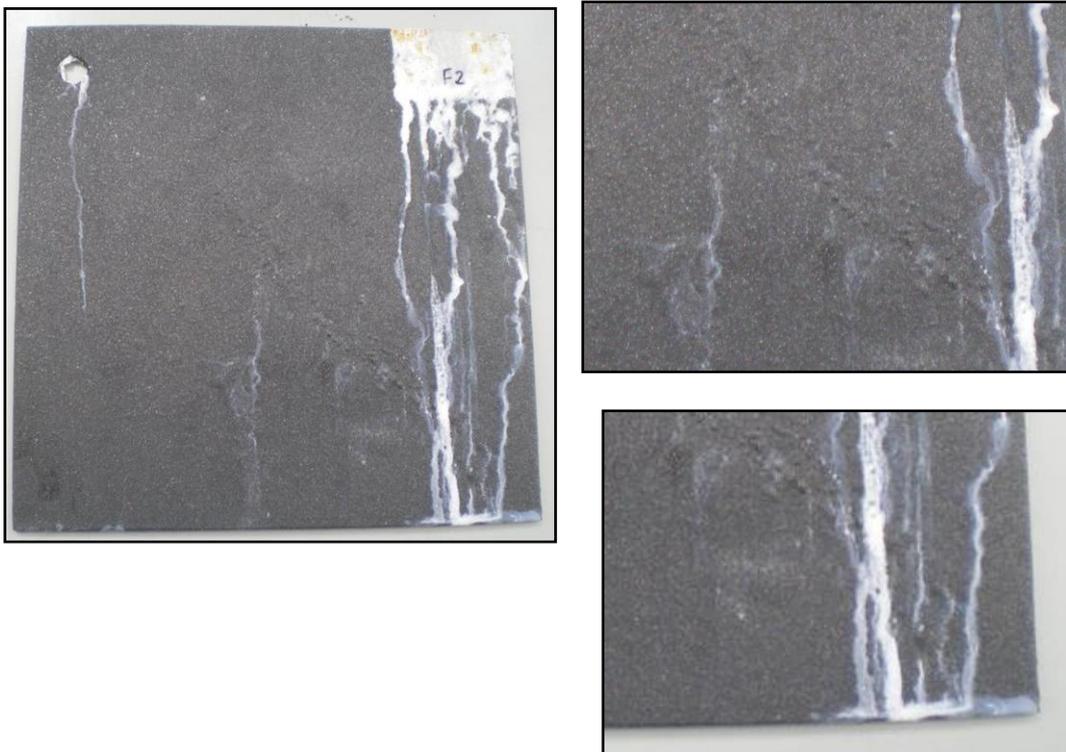


Figura 77. Imagen de la **muestra G.1.1.8**, tras 1.008 horas de ensayo

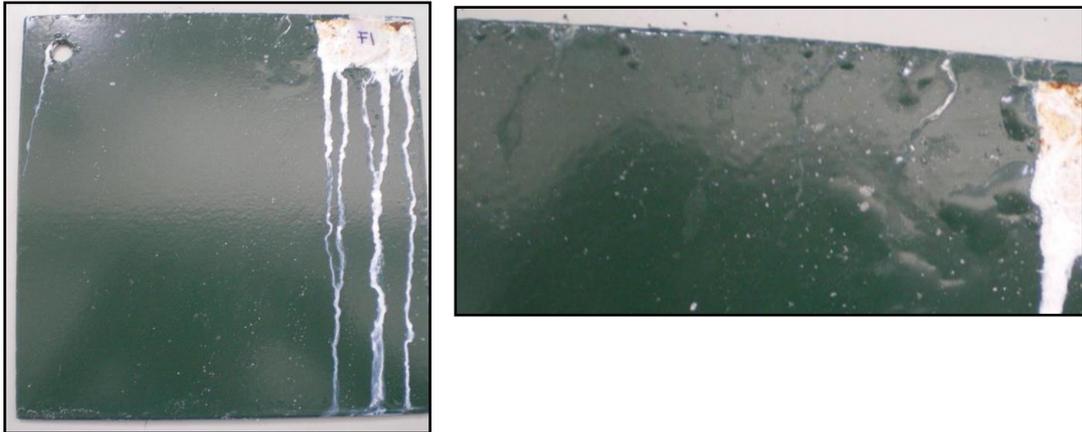


Figura 78. Imagen de la **muestra G.1.1.2**, tras 1.008 horas de ensayo

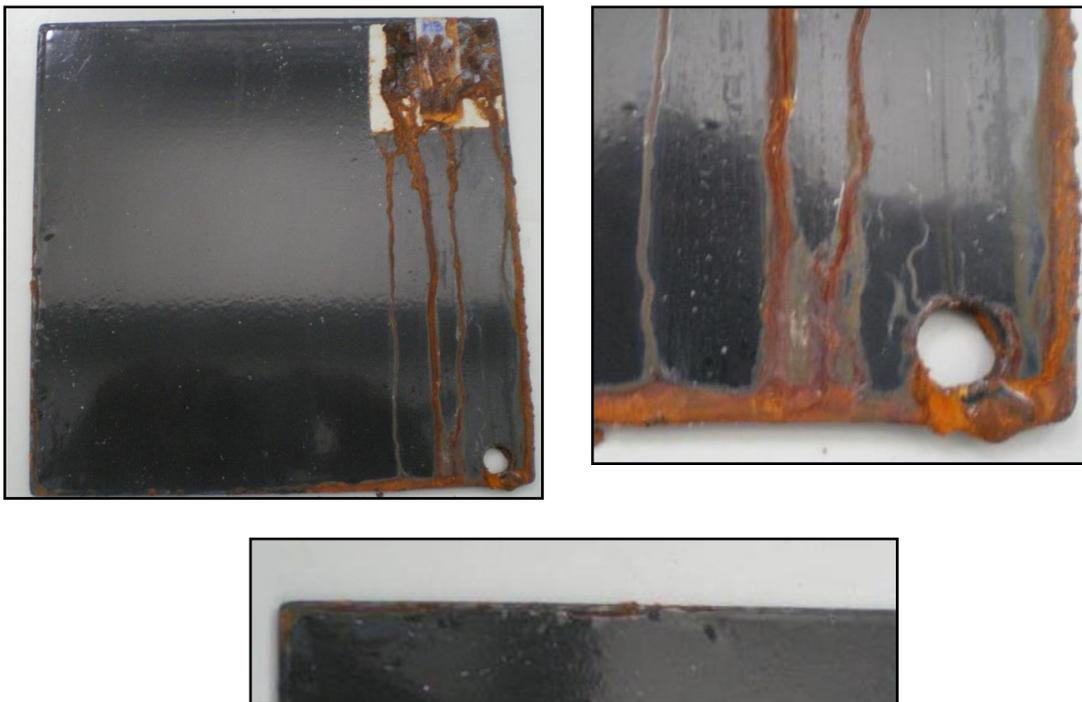


Figura 79. Imagen de la **muestra G.1.2.5**, tras 1.008 horas de ensayo

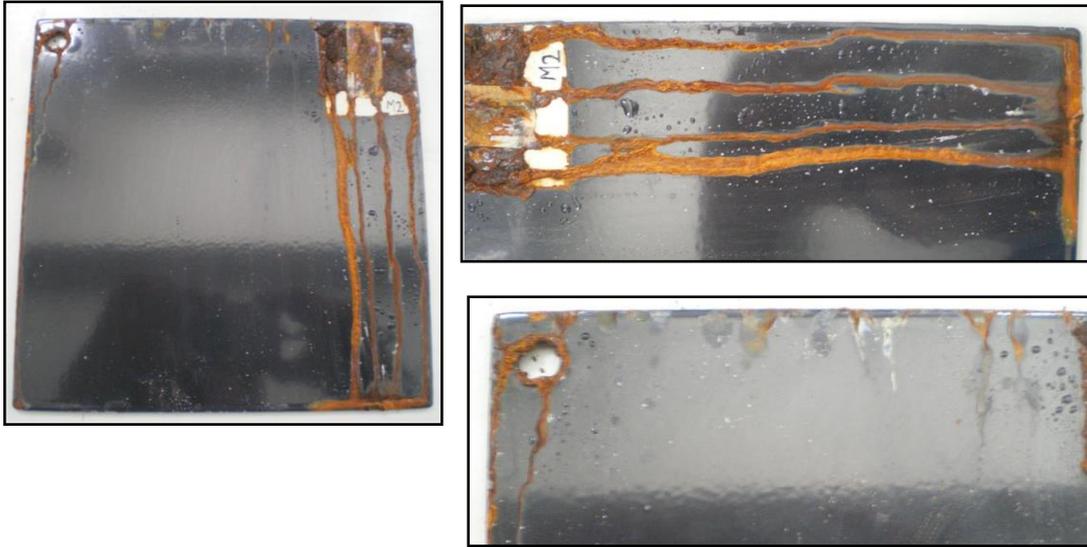


Figura 80. Imagen de la muestra G.1.2.9, tras 1.008 horas de ensayo

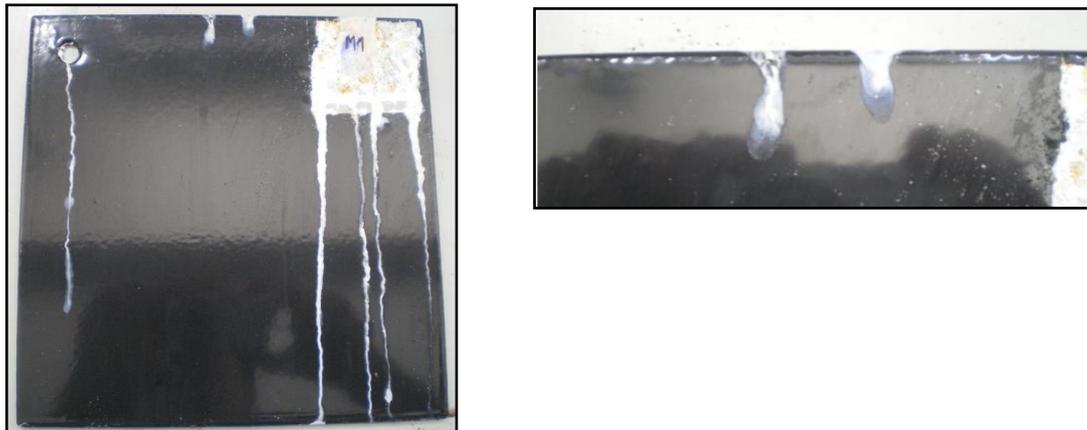


Figura 81. Imagen de la muestra G.1.1.7, tras 1.008 horas de ensayo

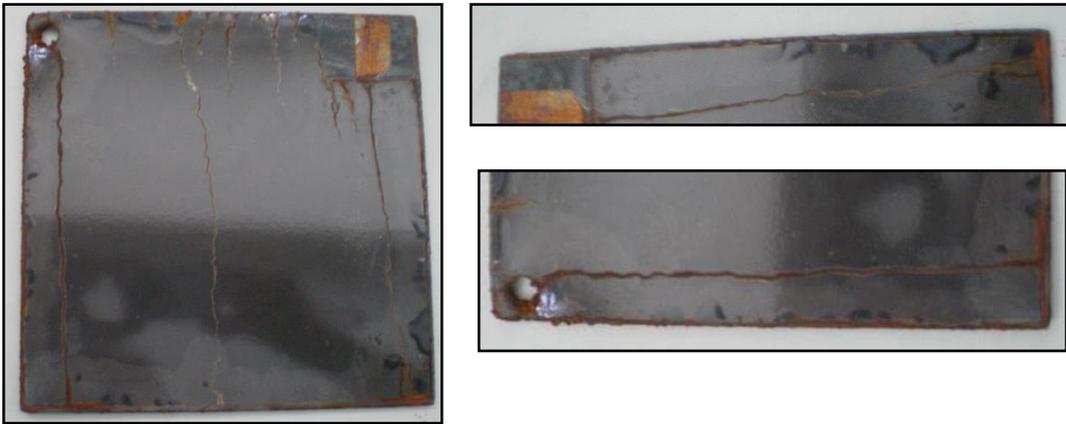


Figura 82. Imagen de la muestra G.1.2.4, tras 1.008 horas de ensayo

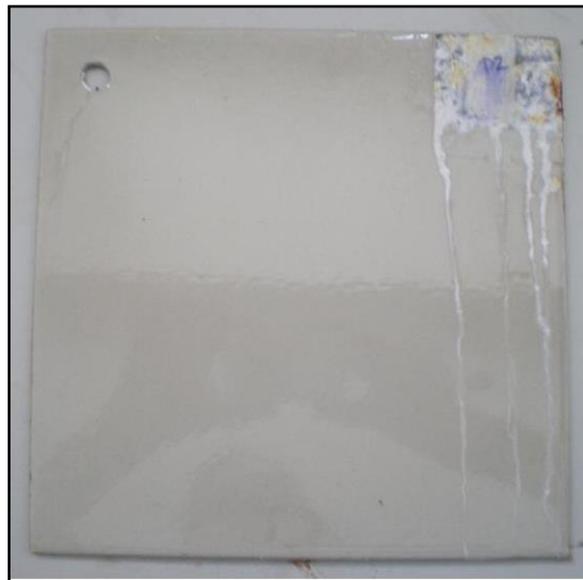


Figura 83. Imagen de la muestra G.1.1.5, tras 1.008 horas de ensayo



Figura 84. Imagen de la muestra G.1.2.8, tras 1.008 horas de ensayo

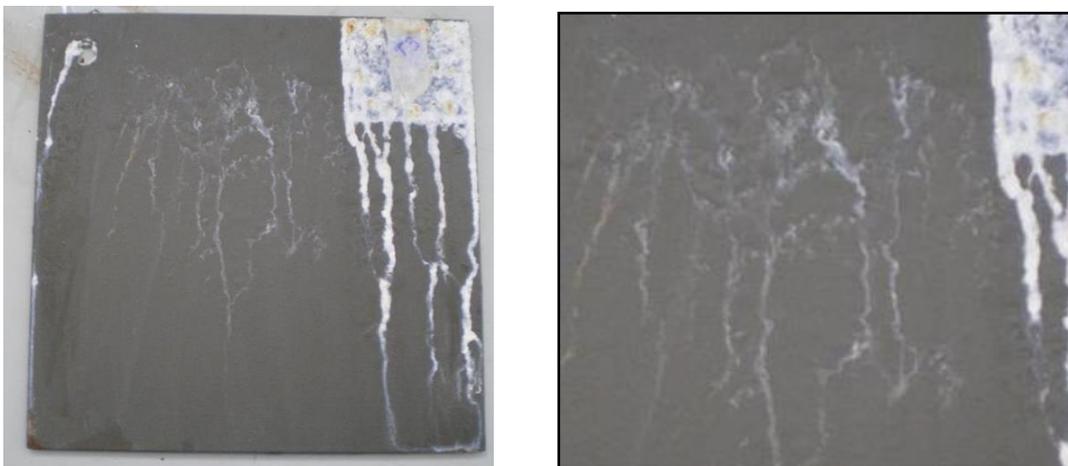


Figura 85. Imagen de la muestra G.1.2.2, tras 1.008 horas de ensayo

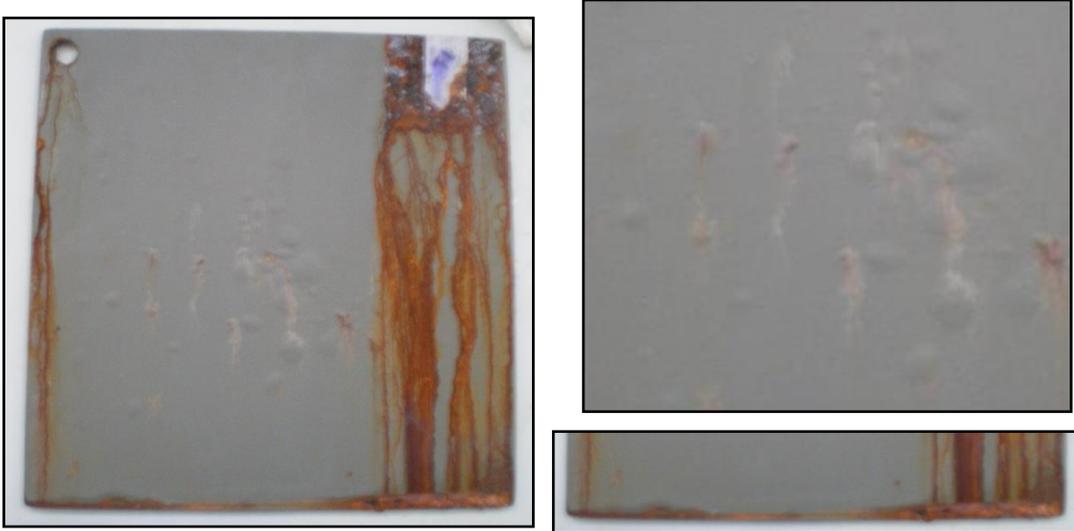


Figura 86. Imagen de la **muestra G.1.1.10**, tras 1.008 horas de ensayo

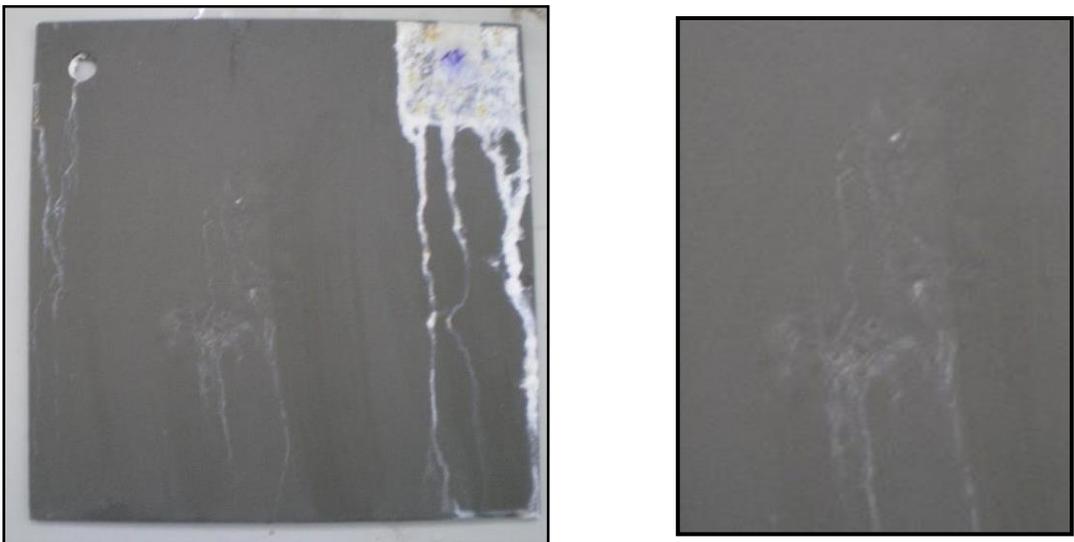


Figura 87. Imagen de la **muestra G.1.1.3**, tras 1.008 horas de ensayo

En las siguientes tablas se resumen los valores, en número de horas, en los que aparece la corrosión roja en cada una de las muestras. En dicho parámetro queda establecido el tiempo en el que se ve afectado el metal base.

Muestras galvanizadas+ pintadas											
MUESTRAS CON DESENGRASANTE						MUESTRAS CON DISOLVENTE					
Color Akzonobel	Color AXALTA	TITAN	ADAPTA	Imprim. + Laca Polir.	Laca Polir.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel	TITAN	ADAPTA	
9011	6005	2700	7011	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	9011	2700	7011	
G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.	
240	480	480	240	648	480	480	480	240	480	240	
336	480	648	336	792	480	792	480	336	648	336	
BLANCA											
ROJA											

Tabla 19. Muestras galvanizadas y pintadas. Horas hasta la aparición de corrosión.

Muestras NO galvanizada									
MUESTRAS CON DESENGRASANTE					MUESTRAS CON DISOLVENTE				
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Polinur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Polinur.	Imprimación + 9011
	G.1.2.1.	G.1.2.2.	G.1.2.3.	G.1.2.4.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.8.	G.1.2.9.
ROJA	240	144	240	144	480	240	240	144	480

Tabla 20. Muestras no galvanizadas. Horas hasta la aparición de corrosión.

Como se observa la corrosión roja apareció entre las 240 horas y las 792 horas para las muestras galvanizadas y pintadas mientras que las muestras no galvanizadas presentan una aparición de la corrosión roja entre las 144 horas y las 480 horas. Las muestras galvanizadas y pintadas muestran signos de corrosión blanca entre las 240 horas y las 648 horas. La corrosión blanca aparece en las muestras no pintadas (grupo 2) en menos de 144 horas.

#### 4.4 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO TRAS CORROSIÓN

Como se expuso en el apartado 4.1.1. tras el ensayo de acondicionamiento acelerado en niebla salina se observó que los resultados de medida del espesor por el método magnético no son fiables, obteniéndose valores superiores a los iniciales en algunos casos y siendo imposible la lectura en otras zonas. Probablemente debido a la presencia de fluidos (óxidos) en capas intermedias. Por ello, a continuación, se expone únicamente los valores de los espesores obtenidos mediante corte macrográfico.

ESPESOR GALVANIZADO BAJO PINTURA DESPUÉS											
DESENGRASANTE						DISOLVENTE					
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
1	76,24	79	69,22	50,38	76,24	29,67	82,8	80,34	76,24	79	77,28
2	80,24	74,52	60,37	58,65	80,38	44,85	92,46	80,35	74,86	73,48	71,25
3	73,14	61,75	56,23	60	81,02	21,39	89,01	77,69	74,33	80,14	92,46
4	81,7	67,27	45,88	64,83	83,14	29,67	84,52	84,52	73,14	81,3	98,68
5	73,48	57,27	76,24	57,27	79,33	36,57	80,73	83,14	74,52	84,86	87,63
6	76,24	69,03	71,76	70,1	80,73	23,46	80,04	86,26	73,63	84,52	90,25
7	28,83	67,62	73,14	63,13	81,02	57,96	74,52	73,82	77,62	75,65	79,35
8	76,28	69,83	72,02	72,1	79,97	42,09	69	70,63	79,35	71,3	86,94
9	79,03	66,24	69,33	72,63	77,62	28,98	71,76	83,02	79	79,35	90,39
10	80,22	67,62	57,61	74,62	79,51	57,96	74,52	79,93	70,83	76,24	92,46
MEDIA	72,54	68,02	65,18	64,37	79,90	37,26	79,94	79,97	75,35	78,58	86,67

Tabla 21. Espesor capa galvanizado bajo pintura tras corrosión Muestras GRUPO 1.1.

ESPESOR CAPA ORGÁNICA SUBGRUPO 1 DESPUÉS											
DESENGRASANTE						DISOLVENTE					
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
1	71,76	15,87	122,13	105,57	207		224,25	105,57	37,26	12,48	71,76
2	93,15	13,8	103,5	87,63	210		207	87,63	37,26	19,62	73,86
3	72,08	26,91	76,59	84,87	201,48		212,52	84,87	48,99	16,51	71,05
4	93,15	21,39	106,26	90,39	202,11		207	90,39	54,51	13,75	66,24
5	100,74	21,39	101,43	98,97	211,14		207,02	98,67	40,02	14,07	66,24
6	106,26	28,98	113,85	119,37	211,48	DESPRENDIDA	207	109,37	37,26	19,98	84,87
7	100,74	26,91	103,5	100,74	202,32		204,24	100,74	34,5	20,65	63,48
8	97,98	15,81	111,09	105,57	195,16		209,76	105,57	37,29	19,69	68,25
9	103,5	26,22	108,33	97,98	199,03		215,97	97,98	34,46	13,67	55,89
10	87,63	20,35	111,78	103,5	195,63		112,52	103,5	42,87	22,97	69
Media	92,70	21,76	105,85	99,46	203,54		200,73	98,43	40,44	17,34	69,06

Tabla 22. Espesor capa orgánica tras corrosión Muestras grupo 1.1. Galvanizadas.

ESPESOR TOTAL RECUBRIMIENTO TRAS CORROSIÓN SUBGRUPO 1											
DESENGRASANTE											
DISOLVENTE											
Recubrimiento	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Politur.	Laca Politur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
Muestra	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
MEDIA (µm)	165	90	171	164	283	37	281	178	116	161	157

Tabla 23. Subgrupo 1. Espesor TOTAL del recubrimiento (galvanizado+orgánico) TRAS CORROSIÓN. Método corte macrográfico

ESPOSOR TOTAL RECUBRIMIENTO SUBGRUPO 2 TRAS CORROSIÓN											
Recubrimiento	DESENGRASANTE						DISOLVENTE				
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011		
Muestra	G.1.2.1.	G.1.2.2.	G.1.2.3.	G.1.2.4.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.8.	G.1.2.9.		
1		173,88			136,62				69		
2		179,74			156,97				65,89		
3		165,25			155,25				63,13		
4		172,5			153,87				67,62		
5	DESPRENDIDA 100%	163,87	DESPRENDI DA 100%	DESPRENDI DA 100%	161,02	DESPREN DIDA 100%	DESPRENDI DA 100%	DESPRENDI DA 100%	58,99		
6		168,01			138				59,73		
7		174,64			135,24				61,75		
8		178,02			148,14				67,62		
9		182,5			137,23				66,24		
10		165,6			136,77				71,03		
<b>MEDIA (µm)</b>		<b>172,40</b>			<b>145,91</b>				<b>65,10</b>		

Tabla 24 . Subgrupo 2. Espesor TOTAL del recubrimiento (orgánico) tras corrosión. Método corte macrográfico

ESPESOR GALVANIZADO SIN AFECTAR TRAS CORROSIÓN (GRUPO 2)												
Recubrimiento	DESENGRASANTE						DISOLVENTE					
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Politur.	Laca Politur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	
Muestra	G.2.1.	G.2.2.	G.2.3.	G.2.4.	G.2.5.	G.2.6.	G.2.7.	G.2.8.	G.2.9.	G.2.10.	G.2.11.	
1	65,25	39,33	42,78	37,26	23,46	30,3	40,02	37,26	48,9	44,85	47,61	
2	54,26	60,72	45,54	47,61	53,13	19,26	31,74	47,61	48,99	45,54	63,48	
3	62,12	45,54	47,61	60,27	34,5	13,74	48,99	60,72	71,76	50,37	66,93	
4	72,24	45,54	29,69	58,65	34,05	6,15	37,26	58,65	63,48	34,5	47,9	
5	71,19	47,61	60,08	40,02	47,61	19,26	40,02	40,02	57,96	51,06	64,24	
6	75,23	63,48	34,5	47,61	50,37	16,5	40,22	47,61	51,55	42,09	55,89	
7	71,22	53,13	39,33	44,85	26,22	24,09	51,75	44,85	43,47	42,78	34,5	
8	61,41	47,61	37,26	37,26	47,61	33,13	28,98	37,26	43,49	40,39	71,76	
9	64,21	42,09	44,85	53,13	42,09	19,26	37,95	53,13	57,51	53,13	73,83	
10	69,89	55,31	48,73	39,33	48,3	24,78	37,26	39,33	40,03	37,26	69	
MEDIA (mm)	66,70	50,04	43,04	46,60	40,73	20,65	39,42	46,64	52,71	44,20	59,51	

Tabla 25 . Grupo 2. Espesor GALVANIZADO SIN AFECTAR tras corrosión. Zona no pintada. Método corte macrográfico

#### 4.5 ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO TRAS CORROSIÓN

Tras el acondicionamiento de 1000 horas en niebla salina neutra se ha realizado el ensayo de adherencia a cada muestra para determinar la influencia de la corrosión sobre este parámetro. Siguiendo el procedimiento empleado antes del acondicionamiento en niebla salina se realiza la medida del valor de adherencia por el método de corte por enrejado y por el método de adherencia por tracción.

##### **4.5.1 Adherencia mediante corte por enrejado tras corrosión**

Los resultados de adherencia varían entre 1 y 5. El valor que más se repite es 5, (el recubrimiento se ha desprendido en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o algunos cuadrados se han desprendido parcial o totalmente. El área de enrejado afectada es mayor del 65%).

Los resultados que dan expuestos en la tabla siguiente:

ADHERENCIA TRAS CORROSIÓN												
MUESTRAS CON DESENGRASANTE												
MUESTRAS CON DISOLVENTE												
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	
Chapa galvanizada	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.	
1	5	4	3	5	2	5	1	5	2	4	4	
2	5	5	5	5	2	5	1	5	1	4	4	
3	5	1	3	5	2	5	1	5	1	5	4	
<b>Media</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	

Tabla 26. Subgrupo 1. Chapa Galvanizada con desengrasante y disolvente. Adherencia de corte por enriado tras corrosión.

Haciendo el recuento de los resultados de números de repeticiones, obtenidos anteriormente, por categoría se obtiene a modo de resumen, la siguiente tabla:

CHAPA GALVANIZADA		
Categoría	Repeticiones con desengrasante	Repeticiones con disolvente
0	0	0
1	4	2
2	3	1
3	2	0
4	1	5
5	14	1
TOTAL	24	9

Tabla 27. Subgrupo 1. Chapa Galvanizada con desengrasante y disolvente.

Adherencia de corte por enrejado tras corrosión. Resumen.

A continuación, se muestran imágenes de los resultados obtenidos:

- **MUESTRAS: CHAPA GALVANIZADA / DESENGRASANTE**



Figura 88. Muestra color 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 89. Muestra AXALTA 6005 ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 90. Muestra TITAN 2700 (T2) ensayo de enrejado tras corrosión.

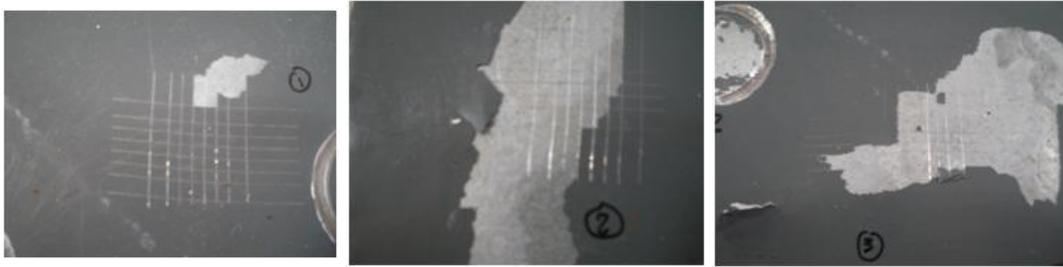


Figura 91. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión.

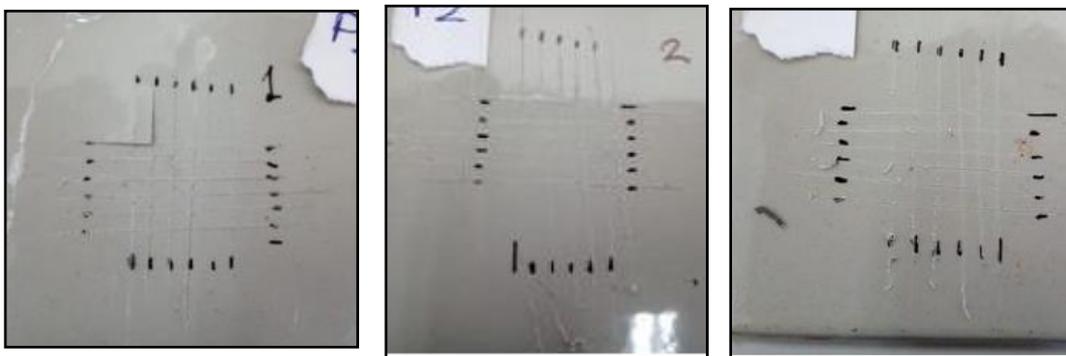


Figura 92. Muestra Imprimación. + Laca Poliuretano ensayo de enrejado tras corrosión.

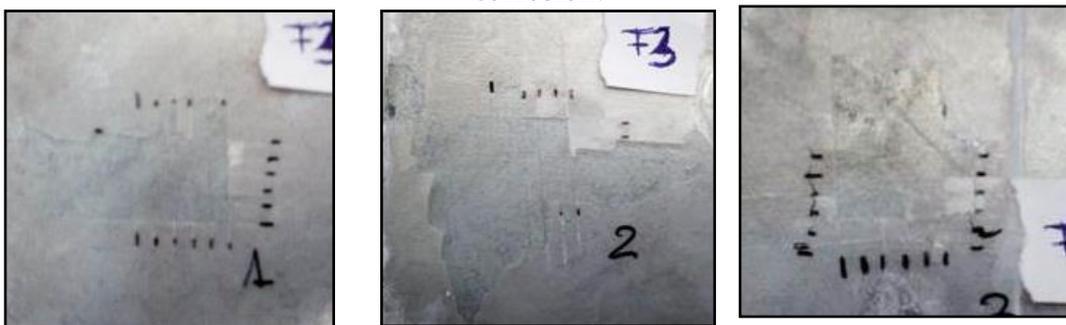


Figura 93. Muestra Laca Poliuretano ensayo de enrejado tras corrosión

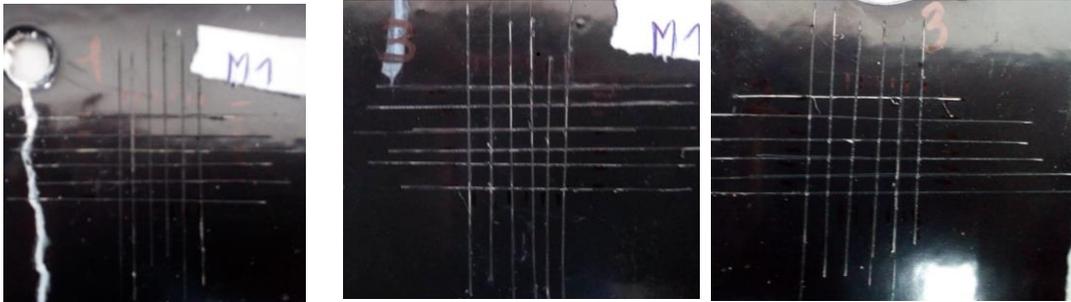


Figura 94. Muestra Imprimación. + 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 95. Muestra TIGER ensayo de enrejado tras corrosión.

**MUESTRAS: CHAPA GALVANIZADA / DISOLVENTE**

Figura 96. Muestra COLOR 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.

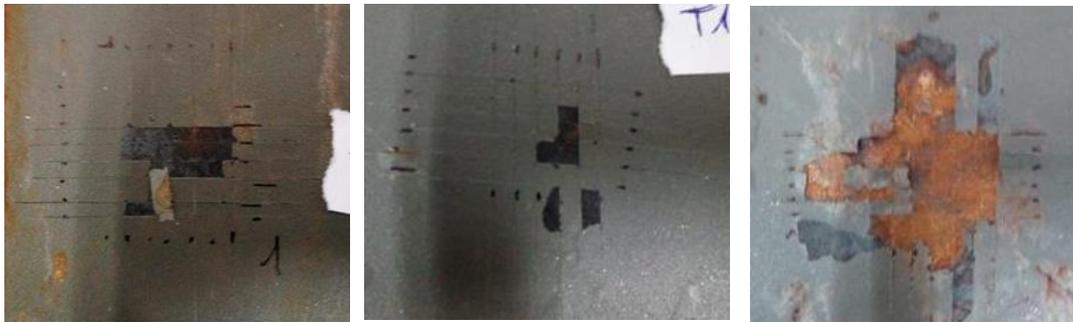


Figura 97. Muestra TITAN 2700 ensayo de enrejado tras corrosión.

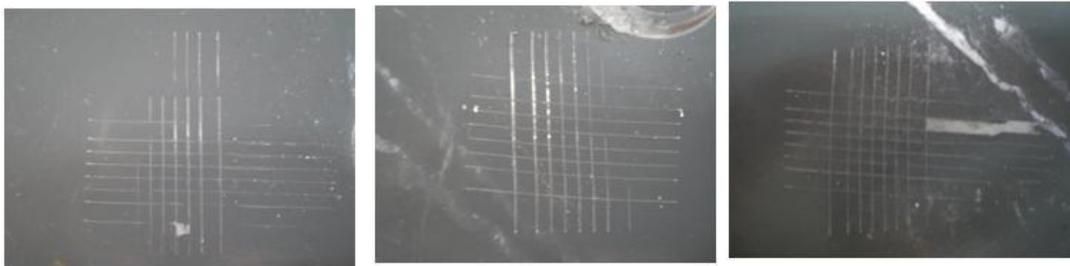


Figura 98. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión

A continuación, se muestran los datos e imágenes de los ensayos realizados para la serie de subgrupo 2 muestras no galvanizadas conocidas también como chapa negra

Chapa negra y desengrasante	MUESTRAS NO GALVANIZADAS CON DESENGRASANTE						MUESTRAS NO GALVANIZADAS CON DISOLVENTE			
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011	
	G.1.2.1.	G.1.2.2	G.1.2.3	G.1.2.4	G.1.2.5	G.1.2.6	G.1.2.7	G.1.2.8	G.1.2.9	
1	5	3	5	2	1	0	3	0	1	
2	5	3	5	2	2	0	3	1	1	
3	5	2	5	2	1	1	4	0	1	
<b>Media</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	

Tabla 28. Subgrupo 2 chapa no galvanizada Adherencia de corte por enrejado tras corrosión.

De la tabla anterior se desprende que la clasificación de la adherencia de los recubrimientos orgánicos empleando desengrasante varía entre 0 (los bordes son perfectamente lisos) y 5, (el recubrimiento se ha desprendido en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o algunos cuadrados se han desprendido parcial o totalmente. El área de enrejado afectada es mayor del 65%).

El valor que más se repite es el 1.

Los resultados, ordenados por categoría, han sido:

MUESTRAS NO GALVANIZADAS		
Categoría	Desengrasante	Disolvente
0	0	4
1	2	5
2	5	0
3	2	2
4	0	1
5	6	0
TOTAL	15	12

Tabla 29. Resultados obtenidos en el ensayo de corte por enrejado. Subgrupo 2 muestras sin galvanizar.

De la tabla 29 se desprende que la clasificación de la adherencia de los recubrimientos orgánicos empleando disolvente varía entre 0 (los bordes son perfectamente lisos) y 4, El valor que más se repite es el 1.

Las imágenes de los resultados obtenidos:

MUESTRAS: CHAPA NEGRA / DESENGRASANTE



Figura 99. Muestra COLOR 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 100. Muestra TITAN 2700 ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 101. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión.

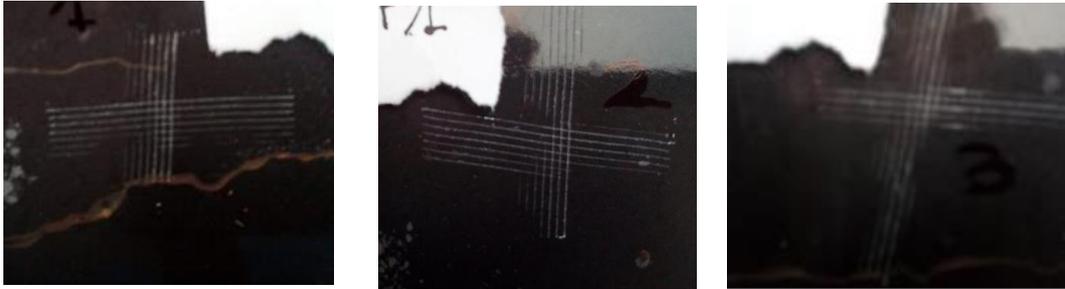


Figura 102. Muestra LACA POLIURETANO ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 103. Muestra IMPRIMACIÓN + 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.

## MUESTRAS SUBGRUPO 2, SIN GALVANIZAR CON DISOLVENTE



Figura 104. Muestra ADAPTA 7011 ensayo de enrejado tras corrosión.



Figura 105. Muestra IMPRIMACION+ 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.

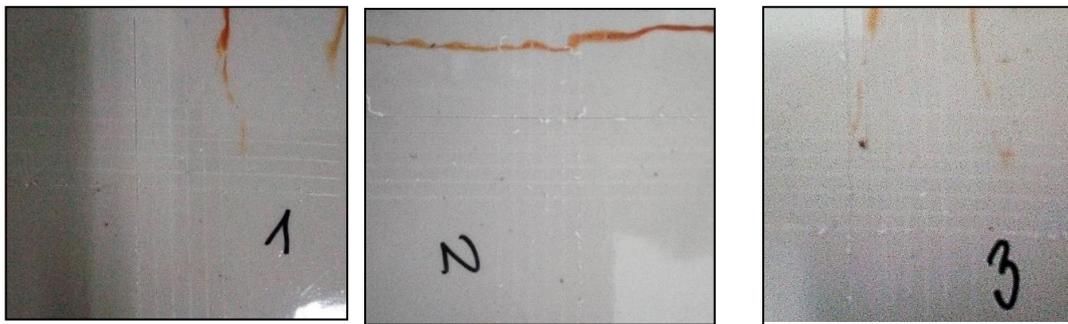


Figura 106. Muestra IMPRIMACION+ LACA POLIURETANO ensayo de enrejado tras corrosión.

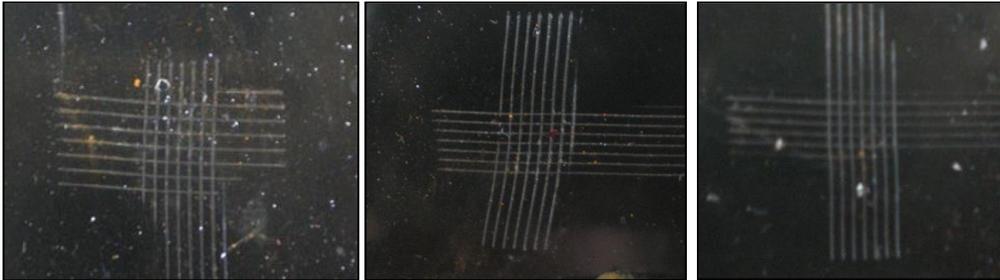


Figura 107. Muestra COLOR 9011 ensayo de enrejado tras corrosión.

#### **4.5.2 Adherencia por tracción tras corrosión**

Tras la realización del acondicionamiento en niebla salina se repite en ensayo de adherencia por fuerza de tracción para comparar los resultados con los obtenidos antes de dicho acondicionamiento. Como era de esperar se han reducido estos valores, la variación de la adherencia, frente a la inicial es un parámetro que refleja la calidad de cada uno de los tratamientos y recubrimientos efectuados al acero base.

##### PROCEDIMIENTO:

Norma UNE-EN 13144:2020 “Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos. Métodos para la medición cuantitativa de la adherencia mediante el ensayo de tracción.”

Se ha realizado el ensayo sobre el recubrimiento en la superficie de cada una de las muestras mediante el probador de adherencia, obteniendo los siguientes resultados:

RESULTADOS		CHAPA GALVANIZADA - DESENGRASANTE (1 CAPA)																						
		Color 9011			Color AXALTA6005			TITAN 2700			ADAPTA 7011			Laca			TIGER							
		G.1.1.1.			G.1.1.2.			G.1.1.3.			G.1.1.4.			G.1.1.6.			G.1.1.8.							
A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA					
Tensión de la rotura (MPa)	0	0	0,3	0,1	1,1	2,4	1,7	1,7	1,1	1	2,2	1,4	3,1	2	0	1,7	1,7	0,9	1,8	1,5	0,5	0	0,8	0,4
Naturaleza rotura																								
A/B	100	100	95	98	100	100	95	98	95	95	95	95	30	80	100	70	A/B	95	100	65	100	100	45	82
B				0			0				0					0	B	70		23				0
B/C				0			0				0					0	B/C			0				0
C/Y				0			0				0					0	C/Y			0				0
Y				0			0				0					2	Y			0				0
Y/Z				2			5	2	5	5	5	5	70	15		28	Y/Z	30	5	12				18
% Área	%			Área	%			Área	%			Área	%			Área	%			Área	%			Área

Tabla 30. Subgrupo 1 con desengrasante 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión.

CHAPA GALVANIZADA - DESENGRASANTE (2CAPAS)									
Imp+Laca PU					Impl+9011				
G.1.1.5.					G.1.1.7.				
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	
Tensión de la rotura (MPa)	2,2	2,8	4,9	3,3	3,9	3,1	2,4	3,1	
Naturalaleza rotura	% Área				% Área				
A/B				0				0	
B				0				0	
B/C	100	100	100	100	95	100	95	97	
C/Y				0	5		5	3	
Y				0				0	
Y/Z				0				0	

Tabla 31. Subgrupo 1 con desengrasante 2 capas. Adherencia por tracción tras corrosión

RESULTADOS	CHAPA GALVANIZADA - DISOLVENTE											
	Color 9011				TITAN 2700				ADAPTA 7011			
	G.1.1.9.				G.1.1.10.				G.1.1.11.			
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	1,6	1,9	1,2	1,6	0	1,7	0,6	0,8	6,6	6,9	2,4	5,3
Naturaleza rotura	% Área				% Área				% Área			
A/B	100	100	95	98	50	90	95	78	5	5	50	20
B				0	45		5	17	85	80	10	58
B/C				0				0				0
C/Y			5	2			10	3				0
Y				0				0	10	15	40	22
Y/Z					5			2				

Tabla 32. Subgrupo 1 con disolvente 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión.

RESULTADOS	NO GALVANIZADA + DESENGRASANTE															
	Color 9011				TITAN 2700				ADAPTA 7011				LACA			
	G.1.2.1				G.1.2.2.				G.1.2.3.				G.1.2.4.			
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	0,9	1,4	0	0,8	1,7	2,9	0,0	1,5	0,7	0,8	0,6	0,7	3,7	3,3	1,9	3,0
Naturaleza rotura	% Área				% Área				% Área				% Área			
A/B	90	90	100	93	95	95	100	97	100	100	85	95	85	50	100	78
B				0				0			15	5	15	50		22
B/C				0				0				0				0
C/Y	10	10		7				0				0				0
Y				0	5			2				0				0
Y/Z				0		5		2				0				0

Tabla 33. Subgrupo 2 con desengrasante 1 capa.  
Adherencia por tracción tras corrosión

	NO GALVANIZADA + DESENGRASANTE (2 CAPA)			
	Imprimación +9011			
	G.1.2.5.			
	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	3,2	1,1	4	2,8
Naturaleza rotura	% Área			
A/B	10	35	40	28
B		5	55	20
B/C	90	60	5	52
C/Y				0
Y				0
Y/Z				0

Tabla 34. Subgrupo 2 con desengrasante 2 capa. Adherencia por tracción tras corrosión

RESULTADOS	NO GALVANIZADA + DISOLVENTE (1 CAPA)									
	Color 9011					ADAPTA 7011				
	G.1.2.6.					G.1.2.7.				
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA		
Tensión de la rotura (MPa)	2,2	3,9	2,1	2,7	3,7	3,7	2,1	3,2		
Naturaleza rotura										
A/B	15	20	30	22	50	15	5	23		
B	85	80	70	78	50	85	95	77		
B/C				0				0		
C/Y				0				0		
Y				0				0		
Y/Z				0				0		

Tabla 35. Subgrupo 2 con disolvente 1 capa. Adherencia por tracción tras corrosión

NO GALVANIZADA + DISOLVENTE (2 CAPA)									
Imp+Laca PU					Impl+9011				
G.1.2.8.					G.1.2.9.				
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	
	4,9	2,6	4,1	3,9	1,5	2,7	4	2,7	
Naturaleza rotura									
A/B				0					0
B	100	100	100	100		100			33
B/C				0	95		95		63
C/X				0	5		5		3
Y				0					0
Y/Z				0					0

Tabla 36. subgrupo 2 con disolvente 2 capas. Adherencia por tracción tras corrosión

**NOMENCLATURA:**

**A: fallo de cohesión del sustrato**

**A/B: fallo de adherencia entre el sustrato y la primera capa de recubrimiento.**

**B** Fallo de cohesión de la primera capa del recubrimiento.

**B/C** Fallo de adherencia entre la primera capa y la segunda capa de recubrimiento.

**C/Y** Fallo de adherencia entre la última capa y el adhesivo

**Y** Fallo de cohesión del adhesivo.

**Y/Z** Fallo de adherencia entre el adhesivo y el bloque de ensayo.

El número indica el porcentaje de área de cada una de las roturas en cada ensayo.



## **V - DISCUSIÓN**



## V - DISCUSIÓN

A continuación, se establece una comparativa de los distintos parámetros medidos antes y después de los acondicionamientos de niebla salina.

### 5.1 TIEMPO HASTA LA APARICIÓN DE LA CORROSIÓN

La corrosión aparecida en todos los casos ha sido corrosión uniforme, no se han presentado en ningún caso corrosión filiforme, ni tan siquiera en las muestras del grupo 1.1 (con recubrimiento orgánico sin galvanizado) que sería de esperar este tipo de corrosión. Esto indica una buena adherencia en todos los casos de la aplicación de los recubrimientos orgánicos, así como que, el tratamiento previo con desengrasante o disolvente no afecta de modo distinto, a la adherencia del recubrimiento orgánico en el sustrato.

Antes de comenzar a establecer relaciones entre los distintos valores estudiados en los recubrimientos se va a exponer en una única tabla (Tabla 37) el tiempo hasta la aparición de la corrosión en cada uno de ellos, lo que da una idea, al menos desde la inspección visual, de cuál puede ser el comportamiento de cada uno de los recubrimientos frente al ambiente salino.

Sin embargo, será necesaria la evaluación de los parámetros analizados para poder determinar de un modo más profundo las diferentes características de cada uno de los recubrimientos.

Las siguientes tablas reflejan el tiempo que ha tardado en aparecer la corrosión en cada una de las muestras, así como el tipo de corrosión aparecida. Remarcar que la corrosión roja es del sustrato (óxido de hierro) mientras que la corrosión blanca pertenece al recubrimiento (óxido de zinc).

El porcentaje de tiempo de aparición de la corrosión se ha tomado respecto al tiempo máximo de aparición de la corrosión. Para la corrosión roja el tiempo máximo de aparición de la corrosión es de 792 horas en la muestra imprimación +

Laca Poliuretano. Para la corrosión blanca el tiempo máximo de aparición es, de 648 horas en la misma muestra.

Para establecer una relación entre el resto de valores de tiempos hasta la aparición de la corrosión se toman estos dos valores como el 100% y el resto de tiempos, que son menores se van a considerar un porcentaje de estos. Por tanto, una muestra que tuviera un tiempo de aparición de corrosión roja de 396 horas tendrá un tiempo de aparición de dicha corrosión del 50%.

MUESTRAS CON DESENGRASANTE									
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	
	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	
BLANCA	240	480	480	240	648	480	480	480	480
ROJA	336	480	648	336	792	480	792	480	480
en % (blanca)	37	74	74	37	100	74	74	74	74
en % (roja)	42	61	82	42	100	61	100	61	61

Tabla 37 Tiempo hasta la aparición de corrosión Muestras galvanizadas con desengrasante

	MUESTRAS CON DISOLVENTE		
	<b>Color Akzonobel 9011</b>	<b>TITAN 2700</b>	<b>ADAPTA 7011</b>
	<b>G.1.1.9.</b>	<b>G.1.1.10.</b>	<b>G.1.1.11.</b>
BLANCA	240	480	240
ROJA	336	648	336
en % (blanca)	37	74	37
en % (roja)	42	82	42

Tabla 38. Tiempo hasta la aparición de corrosión. Muestras galvanizadas con disolvente

Muestras NO galvanizada									
MUESTRAS CON DESENGRASANTE									
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011
	G.1.2.1.	G.1.2.2.	G.1.2.3.	G.1.2.4.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.8.	G.1.2.9.
ROJA	240	144	240	144	480	240	240	144	480
en % (roja)	30	18	30	18	61	30	30	18	61

Tabla 39. Tiempo hasta la aparición de corrosión Muestras no galvanizadas con desengrasante y disolvente

Incremento tiempo de aparición de corrosión roja muestras galvanizadas y pintadas frente a el tiempo de las muestras sólo pintadas.						
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011
HORAS	96	504	96	336	312	96
%	40	350	40	233	65	40

Tabla 40. Diferencia hasta la aparición de corrosión roja. Muestras galvanizadas / muestras sin galvanizar.

Comparando los valores de tiempo hasta la aparición de la corrosión del sustrato (corrosión roja) de las muestras galvanizadas frente a las no galvanizadas se observa que la duración máxima del recubrimiento de las muestras galvanizadas y pintadas ha sido de 792 horas, frente a las 480 horas de las muestras que se encuentran únicamente pintadas. En las tablas anteriores se observa el número de horas hasta la aparición de dicha corrosión roja y se ha calculado el porcentaje de aumento de tiempo frente al tiempo hasta la aparición de la corrosión roja de los recubrimientos orgánicos y galvanizados frente al que se da en cada muestra sin galvanizar. Se observa un incremento mínimo del tiempo del 40% llegando en uno de los recubrimientos hasta el 350%.

Como primera conclusión y tal y como se puede observar en la tabla 41 y 42 el tiempo de aparición de corrosión roja no se ve afectado por el tratamiento previo del sustrato. Por lo que se puede concluir que la preparación del sustrato (desengrasante o disolvente) no va a influir en la protección del recubrimiento orgánico a un sustrato metálico de acero de construcción. En las muestras que, con el mismo recubrimiento orgánico, se han tratado con desengrasante y con disolvente, ha aparecido la corrosión, tanto blanca como roja al mismo número de horas con los dos tratamientos. Por tanto, **el tiempo hasta la aparición de la corrosión roja, para las muestras observadas, es independiente del tipo de preparación del sustrato (desengrasante frente a disolvente).**

Como segunda conclusión que el galvanizado aumenta considerablemente el tiempo hasta la aparición de la corrosión roja. En la tabla 40 se observa que el tiempo hasta la aparición de la corrosión roja en los recubrimientos orgánicos y galvanizados, se ve incrementado frente a los mismos recubrimientos sin galvanizar un mínimo de un 40 por ciento. Llegando hasta un 350 por ciento de aumento del tiempo. No se observa una correlación entre el incremento del tiempo con la preparación del sustrato.

MUESTRAS GALVANIZADAS						
	Desengrasante			Disolvente		
	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
	G.1.1.1.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
BLANCA	240	480	240	240	480	240
ROJA	336	648	336	336	648	336
en % (blanca)	37	74	37	37	74	37
en % (roja)	42	82	42	42	82	42

Tabla 41. Tiempo hasta aparición de corrosión. Comparativa desengrasante –disolvente en muestras galvanizadas.

MUESTRAS NO GALVANIZADAS						
	Desengrasante			Disolvente		
	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprimación + 9011
	G.1.2.1.	G.1.2.3.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.9.
ROJA	240	240	480	240	240	480
en % (roja)	30	30	61	30	30	61

Tabla 42. Tiempo hasta aparición de corrosión Comparativa desengrasante –disolvente en muestras no galvanizadas.

## 5.2 VARIACIÓN DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

### 5.2.1 Variación del espesor del recubrimiento orgánico

Realizando la diferencia entre los valores de los recubrimientos orgánicos obtenidos antes y después de corrosión, esto es, la diferencia de los valores de los recubrimientos orgánicos que se reflejan en la Tabla 4, (los espesores de los recubrimientos orgánicos medidos por corte metalográfico antes de corrosión), con el mismo parámetro tras corrosión, cuyos valores quedaron recogidos en la Tabla 22, se ha obtenido los valores reflejados en la tabla 45.

La totalidad de las muestras expuestas con todos los recubrimientos orgánicos (*pintura, imprimación o laca*) perdieron espesor de la capa orgánica tras el acondicionamiento de niebla salina neutra. Se observaron, diferencias significativas entre los valores de las muestras preparadas con desengrasante y las que han tenido un tratamiento previo con disolvente. Una de las muestras (G.1.1.6.) perdió totalmente la adherencia del recubrimiento orgánico, desprendiéndose por completo. Aunque existe dicho recubrimiento, pero se ha evaluado como inexistente puesto que ya no ejerce ninguna función protectora sobre las capas inferiores.

La disminución del espesor en % respecto al espesor inicial de cada recubrimiento ha sido de una media del 48 por cien. Dicha disminución varía entre un mínimo del 13% para la muestra G.1.1.7 y un máximo del 78 por cien para la muestra G.1.1.2. La muestra G.1.1.6. al perder la totalidad del espesor se considera una disminución del 100 por cien.

Al comparar los resultados entre las muestras tratadas con desengrasante y disolvente se observó que las muestras tratadas con disolvente tienen una mayor merma del recubrimiento orgánico que las tratadas con desengrasante. Sin embargo, según se vio en el apartado 5.1.1. el tiempo hasta la aparición de la corrosión roja era el mismo independientemente de la preparación del sustrato, para las muestras con el mismo recubrimiento orgánico. Un análisis más detallado reveló que las muestras con disolvente tienen un recubrimiento orgánico menor que las muestras con desengrasante lo que nos lleva a concluir

que, independientemente del sustrato un mayor recubrimiento orgánico resulta un menor porcentaje de merma del mismo tras el acondicionamiento en niebla salina.

Como conclusión del anterior párrafo se concluye que un mayor recubrimiento orgánico, no sólo va a tardar más tiempo en degradarse mientras protege al sustrato (metal base) sino que, además, su velocidad de merma se va a reducir respecto al mismo recubrimiento con menos espesor.

Para las muestras sin galvanizar (grupo 1, subgrupo 2), como se puede observar en la tabla 46 a modo de resumen obtenida de la diferencia de los valores que se obtuvieron en la tabla 6 y en la tabla 24 (espesores del recubrimiento orgánico antes y después de corrosión) se ha producido un desprendimiento mayor que en las muestras galvanizadas. Se han desprendido 6 pinturas de 10 muestras. Mientras que en las muestras galvanizadas únicamente se ha desprendido una pintura por ello podemos concluir que el galvanizado, aumenta significativamente la durabilidad de los recubrimientos orgánicos posteriores.

El alto número de desprendimiento total de los recubrimientos orgánicos nos permite comparar en este subgrupo de muestras únicamente un mismo recubrimiento orgánico tratado con desengrasante y disolvente, nuevamente el recubrimiento tratado con disolvente (G.1.2.9) tiene una mayor merma que el tratado con desengrasante (G.1.2.5.), pero, en este caso también la muestra con mayor merma tiene un espesor menor, esto unido a que el tiempo hasta la aparición de corrosión roja en ambas muestras fue el mismo, de 480 horas de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 42 y Tabla 43 confirma que el aumento en el espesor del recubrimiento disminuye el porcentaje de merma de dicho recubrimiento frente al recubrimiento inicial. Por otra parte, la disminución media de la capa orgánica ha sido del 83 por ciento sobre el espesor inicial.

A continuación, para tratar de establecer una velocidad en la desaparición de recubrimiento orgánico por tiempo hasta corrosión se establece la relación para cada una de las muestras de pérdida de micras entre el número de horas hasta la aparición de la corrosión en la capa inmediatamente inferior a la orgánica.

Muestras galvanizadas+ pintadas										
Muestras galvanizadas+ pintadas										
MUESTRAS CON DESENGRASANTE						MUESTRAS CON DISOLVENTE				
Color	Color	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER Akzonobel 9011	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
0,61	0,21	0,43	0,52	0,38	0,33	0,48	0,30	0,53	0,18	0,43
perdida orgánica (μ/h)										

Tabla 43. Velocidad de penetración de la capa orgánica. Muestras galvanizadas.

Muestras NO galvanizadas										
Muestras NO galvanizadas										
MUESTRAS CON DESENGRASANTE						MUESTRAS CON DISOLVENTE				
Color	Color	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011	
G.1.2.1.	G.1.2.2.	G.1.2.3.	G.1.2.4.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.8.	G.1.2.9.		
0,65	1,44	0,63	0,90	0,69	0,54	0,53	1,50	0,63		
perdida orgánica (μ/h)										

Tabla 44. Velocidad de penetración de la capa orgánica. Muestras no galvanizadas

Para tratar de establecer un parámetro que determine la mejora de la protección del recubrimiento frente a la corrosión se ha establecido la relación entre el espesor de recubrimiento orgánico inicial por hora hasta la aparición de corrosión en la capa inmediatamente inferior a la orgánica.

Los resultados para los recubrimientos orgánicos se exponen en la tabla 43 y tabla 44. donde se pueden comparar la pérdida de la protección de la capa orgánica en función del tiempo hasta la aparición de la corrosión blanca para las muestras galvanizadas y pintadas (tabla 43) y en función del tiempo hasta la aparición de la corrosión roja para las muestras únicamente pintadas (tabla 44)

La media de los valores de estas “velocidades de corrosión” en las muestras galvanizadas pintadas es de una velocidad de penetración en la capa orgánica de 0.40 micras por hora de niebla salina. Sin embargo, en las muestras no galvanizadas velocidad de penetración de este recubrimiento orgánico es de 0.83 micras por hora de niebla salina.

Esto lleva a una doble conclusión, por un lado, se refuerza la tesis que pese a estar bajo la capa orgánica, el galvanizado protege al recubrimiento orgánico frente a la corrosión. Por otro lado, se establece un parámetro que nos da un valor objetivo y que se puede comparar entre distintos recubrimientos orgánicos que es la velocidad de penetración de la niebla salina en la capa orgánica.

	DIFERENCIA ESPESOR CAPA ORGÁNICA										
	DESENGRASANTE					DISOLVENTE					
	Color Akzonobel 9011 G.1.1.1.	Color AXALTA 6005 G.1.1.2.	TITAN 2700 G.1.1.3.	ADAPTA 7011 G.1.1.4.	Inprim. + Laca Poliur. G.1.1.5.	Laca Poliur. G.1.1.6.	Inprimación + 9011 G.1.1.7.	TIGER G.1.1.8.	Color Akzonobel 9011 G.1.1.9.	TITAN 2700 G.1.1.10.	ADAPTA 7011 G.1.1.11.
Merma (mm)	54,02	78,45	100,20	25,12	42,66	159,67	28,90	43,71	86,00	68,58	34,62
Merma (%)	37	78	49	20	17	100	13	31	68	80	33

Tabla 45. Diferencia entre espesor capa orgánica tras corrosión. Muestras galvanizadas

DIFERENCIA ESPESOR CAPA ORGÁNICA									
DESENGRASANTE					DISOLVENTE				
	Color Akzonobel 9011	TITIAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011
	G.1.2.1.	G.1.2.2.	G.1.2.3.	G.1.2.4.	G.1.2.5.	G.1.2.6.	G.1.2.7.	G.1.2.8.	G.1.2.9.
<b>Media (mm)</b>	Desprendida	34,50	Desprendida	Desprendida	183,56	Desprendida	Desprendida	Desprendida	238,36
<b>MERMA (% SOBRE ESPESOR INICIAL)</b>	100	16,68	100	100	55,71	100	100	100	78,55

Tabla 46. Diferencia entre espesor capa orgánica tras corrosión. Muestras no galvanizadas

### 5.2.2 Variación del espesor del recubrimiento metálico

Para obtener los valores de la diferencia en el espesor de galvanizado antes y después del acondicionamiento en niebla salina se compararon los valores de la Tabla 3 Espesor del recubrimiento de galvanizado antes de corrosión. Método por corte macrográfico, con los de la Tabla 21, Espesor capa de galvanizado bajo pintura tras corrosión. Los resultados han sido expuestos en la tabla 47. Se observó que, pese a que únicamente una muestra de este subgrupo 1 (muestras galvanizadas y pintadas) había perdido el recubrimiento orgánico tras corrosión (la muestra G.1.1.6.) la totalidad de las mismas mostraron una disminución del recubrimiento metálico.

Esto nos lleva a la conclusión en la que el recubrimiento metálico bajo el recubrimiento orgánico se ve afectado por la corrosión externa, pese a que no haya una pérdida de éste.

La merma media es del 17 por ciento sobre el espesor inicial, siendo este parámetro un valor muy cercano en todas las muestras con excepción de la muestra G.1.1.6 que tiene una pérdida del espesor del galvanizado de 57,29 mm lo que supone un 61% el espesor inicial de recubrimiento y la muestra G.1.1.8. con una merma de, únicamente, 7.21 mm en valor absoluto que supuso un 8 por ciento sobre el valor de galvanizado inicial.

En cuanto a las muestras galvanizadas sin recubrimiento orgánico (el grupo 2) los resultados de las diferencias del espesor de galvanizado antes y después de corrosión, quedan reflejados en la tabla 48. Se observa que la merma en porcentaje sobre el espesor del galvanizado antes de corrosión en cada muestra es, de media, un 46% con un máximo de un 78,16 por ciento para la muestra G.2.7. y un mínimo de un 19,67 por ciento para la muestra G.2.1.

En la Tabla 49 se exponen las diferencias de los valores de merma en % sobre el espesor de recubrimiento inicial de galvanizado de las muestras pintadas frente a las no pintadas. Se observa que en todas las muestras no pintadas ha aumentado el espesor de galvanizado pedido frente a las muestras pintadas, con un mínimo de un 7 por ciento de pérdida en la muestra G.2.1. y un máximo de un 43.75 por ciento para la muestra G.2.5.

Siguiendo con los resultados de la tabla 49, comparando los valores medios de la merma del galvanizado de las muestras con recubrimiento orgánico (Grupo 1.1.) con las muestras galvanizadas (Grupo 2), la pérdida media de espesor de galvanizado bajo pintura ha sido del 17 por ciento, (de la media de merma de la tabla 47) en las muestras analizadas frente al 46 por ciento de media de reducción del espesor de las muestras no pintadas (de la media de pérdida de la tabla 48), se puede concluir que el recubrimiento orgánico incrementa en todos los casos la durabilidad del galvanizado, con una diferencia media de pérdida de espesor del recubrimiento del galvanizado de un 29 por ciento menor respecto al espesor de galvanizado inicial. Esto lleva a otra conclusión que el recubrimiento orgánico sobre el galvanizado es permeable a la corrosión.

DIFERENCIA ESPESOR GALVANIZADO BAJO PINTURA											
DESENGRASANTE											
DISOLVENTE											
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Laca Poliur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
	G.1.1.1.	G.1.1.2.	G.1.1.3.	G.1.1.4.	G.1.1.5.	G.1.1.6.	G.1.1.7.	G.1.1.8.	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
Merma (mm)	10,49	11,46	17,64	19,12	9,62	57,29	14,14	3,18	7,21	7,21	5,83
Merma (% sobre inicial)	13	14	21	23	11	61	15	4	9	8	6

Tabla 47. Diferencia entre espesor galvanizado muestras con pintura

DIFERENCIA ESPESOR GALVANIZADO SIN AFECTAR												
DESENGRASANTE											DISOLVENTE	
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Politur.	Laca Politur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	
	G.2.1.	G.2.2.	G.2.3.	G.2.4.	G.2.5.	G.2.6.	G.2.7.	G.2.8.	G.2.9.	G.2.10.	G.2.11.	
MERMA	16,33	29,44	39,78	36,90	48,78	73,90	54,66	36,51	29,84	41,60	32,99	
MERMA (% sobre espesor inicial)	19,67	37,04	48,03	44,19	54,49	78,16	58,10	43,90	36,15	48,49	35,66	

Tabla 48. Diferencia entre espesor galvanizado muestras sin pintura

DIFERENCIA MERMA GALVANIZADO MUESTRAS PINTADAS - MUESTRAS NO PINTADAS.											
DESENGRASANTE											
DISOLVENTE											
	Color Akzonobel 9011	Color AXALTA 6005	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Politur.	Laca Politur.	Imprimación + 9011	TIGER	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
	G.2.1.	G.2.2.	G.2.3.	G.2.4.	G.2.5.	G.2.6.	G.2.7.	G.2.8.	G.2.9.	G.2.10.	G.2.11.
diferencia % Pintado no pintado	7,03	22,62	26,74	21,29	43,75	17,57	43,07	40,08	27,42	40,08	29,36

Tabla 49 Diferencia merma (%) sobre el galvanizado inicial muestras pintadas - muestras sin pintar.

### 5.3 VARIACIÓN DE LA ADHERENCIA

#### **5.3.1 Variación de la adherencia por enrejado**

Las siguientes tablas recogen la diferencia entre clases antes y después de corrosión para cada grupo. Se han obtenido los valores por diferencia de la clase media que ha obtenido la muestra tras corrosión con la media de las clases iniciales previas. El valor da una idea del empeoramiento relativo sufrido por cada muestra. Cuanto mayor es el número más clases ha empeorado la muestra y por tanto más se ha visto el recubrimiento afectado por la corrosión.

La totalidad de las muestras han visto reducida su clase tras el acondicionamiento en niebla salina. Nuevamente no se observa diferencia entre las muestras preparadas con desengrasante de las preparadas con disolvente.

MUESTRAS CON DESENGRASANTE									
ADHERENCIA									
	Color Akzonobel 9011 G.1.1.1.	Color AXALTA 6005 G.1.1.2.	TITAN 2700 G.1.1.3.	ADAPTA 7011 G.1.1.4.	Imp. + Laca Poliur. G.1.1.5.	Laca Poliur. G.1.1.6.	Imp. + 9011 G.1.1.7.	TIGER G.1.1.8.	
Chapa galvanizada + desengrasante									
Media	4	2	3	4	2	2	1	3	

Tabla 50. Variación clasificación por enrejado muestras galvanizadas con desengrasante

MUESTRAS CON DISOLVENTE			
ADHERENCIA			
Chapa galvanizada +DIS	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011
	G.1.1.9.	G.1.1.10.	G.1.1.11.
Media	1	4	4

Tabla 51. Variación clasificación por enrejado muestras galvanizadas con disolvente

MUESTRAS NO GALVANIZADAS CON DESENGRASANTE					
Chapa negra y desengrasante	Color Akzonobel 9011	TITAN 2700	ADAPTA 7011	Laca Poliur.	Imprimación + 9011
	G.1.2.1.	G.1.2.2	G.1.2.3	G.1.2.4	G.1.2.5
Media	5	3	5	2	1

Tabla 52. Variación clasificación por enrejado muestras no galvanizadas con  
desengrasante

MUESTRAS NO GALVANIZADAS CON DISOLVENTE				
Chapa negra y disolvente	Color Akzonobel 9011	ADAPTA 7011	Imprim. + Laca Poliur.	Imprimación + 9011
	G.1.2.6	G.1.2.7	G.1.2.8	G.1.2.9
Media	0	3	0	1

Tabla 53 Variación clasificación por enrejado muestras no galvanizadas con disolvente.

La adherencia en la totalidad de las muestras ha empeorado en el ensayo de enrejado. La totalidad de las muestras han empeorado varias clases. No se observa un patrón en el empeoramiento que permita concluir que el galvanizado o el tratamiento previo del sustrato han influido significativamente en la evolución de la adherencia frente a la corrosión.

### 5.3.2 Variación de la adherencia por tracción

Valor de la adherencia por tracción ha empeorado en todas las muestras. No se ha observado diferentes valores para los mismos recubrimientos de muestras tratadas con desengrasante o con disolvente.

Las muestras que tienen dos capas de recubrimiento orgánico muestran una menor reducción del valor de adherencia que las muestras que tienen una capa de recubrimiento orgánico con una reducción del valor de adherencia inicial 15, 10, 11, 19 y 48 por ciento, cuando en el resto de muestras la media de la reducción sobre el valor inicial es del 63 por ciento. esta gran diferencia nos lleva a concluir que dos capas de protección orgánica garantizan una mejor adherencia tras el acondicionamiento salino que una única capa.



CHAPA GALVANIZADA - DESENGRASANTE (2CAPAS)									
Impl+Laca PU					Impl+9011				
G.1.1.5.									
G.1.1.7.									
RESULTADOS	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	
Previa	3,8	4,2	3,7	3,9	3,4	4,3	2,8	3,5	
Posterior	2,2	2,8	2,9	2,6	3,9	3,1	2,4	3,1	
Diferencia (MPa)				1,3				0,4	
Variación (% sobre inicial)				32				10	

Tabla 55. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras galvanizadas con desengrasante (2 Capas)

	CHAPA GALVANIZADA - DISOLVENTE											
	Color 9011						TITAN 2700			ADAPTA 7011		
	G.1.1.9.						G.1.1.10.			G.1.1.11.		
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA
previa	4,4	4,2	3,4	4	4,9	5,7	4,4	5,0	7,2	4,9	6,8	6,3
posterior	1,6	1,9	1,2	1,6	0	1,7	0,6	0,8	6,6	6,9	2,4	5,3
Diferencia (MPa)												
Variación (% sobre inicial)				2,4				4,2				1,0
				61				85				16

Tabla 56. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras galvanizadas con disolvente

	NO GALVANIZADA + DESENGRASANTE															
	Color 9011				TITAN 2700				ADAPTA 7011				LACA			
	G.1.2.1				G.1.2.2.				G.1.2.3.				G.1.2.4.			
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA		MEDIA		
previa	6,2	6,4	6,7	6,4	2,9	3,1	3,7	3,2	8,6	7,7	7,2	7,8	7,9	5,1	6,6	6,5
posterior	0,9	1,4	0	0,8	1,7	2,9	0,0	1,5	0,7	0,8	0,6	0,7	3,7	3,3	1,9	3,0
Diferencia (MPa)				5,7				1,7				7,1				3,6
Variación (% sobre inicial)				88				53				91				55

Tabla 57. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con desengrasante

	NO GALVANIZADA + DESENGRASANTE (2 CAPAS)			
	Imprimación +9011			
	G.1.2.5.			
	A1	A2	A3	MEDIA
Tensión de la rotura (MPa)	2,8	3,1	3,4	3,1
Tensión de la rotura (MPa)	3,2	1,1	4	2,8
Diferencia (MPa)				0,3
Variación (% sobre inicial)				11

Tabla 58. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con desengrasante (dos capas)

		NO GALVANIZADA + DISOLVENTE (1 CAPA)									
		Color 9011					ADAPTA 7011				
		G.1.2.6.					G.1.2.7.				
		A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA		
previa	Tensión de la rotura (MPa)	4,9	4	4,9	4,6	4,2	4,9	3,2	4,1		
posterior	Tensión de la rotura (MPa)	2,2	3,9	2,1	2,7	3,7	3,7	2,1	3,2		
Diferencia (MPa)											0,9
Variación (% sobre inicial)					1,9						23

Tabla 59. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con disolvente (1 capa)

NO GALVANIZADA + DISOLVENTE (2 CAPA)									
Imp+Laca PU					Impl+9011				
G.1.2.8.					G.1.2.9.				
	A1	A2	A3	MEDIA	A1	A2	A3	MEDIA	
Previa	4,2	5,2	4,9	4,8	4,7	5,6	5,6	5,3	
Posterior	4,9	2,6	4,1	3,9	1,5	2,7	4	2,7	
Variación (MPa)				0,9				2,6	
Variación (% sobre inicial)				19					48

Tabla 60. Diferencia de los valores de adherencia por tracción de las muestras evaluadas, antes y después de corrosión. Muestras no galvanizadas con disolvente (2 capas)

## **VI - CONCLUSIONES**



## VI - CONCLUSIONES

Para finalizar la redacción de esta tesis, y tras el trabajo desarrollado en los ensayos, tras nuestro trabajo de desarrollo de los ensayos en Laboratorio de Material del Centro Tecnológico del Metal, con los resultados obtenidos y las discusiones planteadas durante todo el periodo de investigación, se procede a emitir las siguientes conclusiones:

1.- El tiempo transcurrido hasta la aparición de la corrosión roja, es independiente del tipo de preparación del sustrato (desengrasante frente a disolvente). No se ha observado ninguna relación entre el tipo de preparación del sustrato, con la resistencia a la corrosión. Esta conclusión se sustenta en los datos comparados en el apartado, V DISCUSIÓN, en concreto, en las tablas 41 y 42. En dichas tablas se compara cada uno de los recubrimientos orgánicos tratados con desengrasante y con disolvente. El tiempo hasta la aparición de corrosión roja es el mismo para cada una de las muestras, independientemente de la preparación del sustrato.

2.- El tiempo transcurrido hasta la aparición de la corrosión roja, en las muestras con los recubrimientos orgánicos y galvanizados, se ve incrementado frente a las muestras con recubrimientos sin galvanizar, en un mínimo de un 40 %, llegando, en algún caso, al 350%. Se ratifica que pese a estar bajo la capa orgánica, el galvanizado protege al sustrato frente a la corrosión.

3.- De acuerdo con la tabla 45 y la discusión del apartado 5.1.2.1., se confirma que, a mayor espesor de recubrimiento orgánico, menor porcentaje de reducción del espesor de dicho recubrimiento.

4.- Se ha establecido un parámetro que es la velocidad a la que el recubrimiento orgánico se pierde como protección frente a la

corrosión para la capa inmediatamente inferior a este. En las tablas 43 y 44 se refleja este parámetro para las muestras galvanizadas y pintadas y únicamente pintadas respectivamente. Este valor, en el caso de ser conocido, para un recubrimiento dado, puede predecir el intervalo de mantenimiento con precisión, de modo que se puede determinar el periodo del necesario repintado de estructuras sometidas a ambientes corrosivos. El valor medio es de 0.40 micras por hora para las muestras galvanizadas y pintadas y de 0.83 micras por hora para las muestras no galvanizadas, por tanto, el galvanizado influye determinantemente en la duración de un recubrimiento orgánico, en este estudio se ha determinado una duración del dicho recubrimiento orgánico sobre galvanizado del doble de tiempo frente al únicamente pintado y no galvanizado (0.40 micras por hora frente a 0.83 micras por hora).

Las muestras que se encuentran galvanizadas y pintadas presentan una velocidad de pérdida de la protección del recubrimiento orgánico de 0,40 micras por hora, frente a las 0.83 micras que pierden las que están únicamente pintadas. Esta conclusión queda también confirmada por los resultados recogidos en las tablas 45 y 46, que muestran la pérdida del espesor de la capa orgánica (frente al espesor inicial) que para las muestras galvanizadas es, de media, de 48 % frente al espesor inicial y que se ve incrementado hasta el 83% en las muestras no galvanizadas.

5.- El recubrimiento orgánico incrementa en todos los casos la durabilidad del galvanizado que se encuentra bajo el mismo, con una diferencia media de pérdida de espesor del recubrimiento del galvanizado de un 29 % menor respecto al espesor de galvanizado inicial (Con un 46% de pérdida de sección de recubrimiento orgánico frente al espesor inicial de las no pintadas, frente a una merma – reducción del 17 % del espesor de galvanizado, en las muestras pintadas). Esta situación confirma también la importante conclusión expuesta a continuación.

6. El recubrimiento orgánico sobre el soporte galvanizado, es permeable a la corrosión, puesto que se ha perdido sección del recubrimiento galvánico, tal y como se muestra en la tabla 47, sin haber llegado a perder la totalidad de la capa de recubrimiento orgánico que se encuentra sobre el mismo.

7. El recubrimiento orgánico sobre el galvanizado disminuye la pérdida del espesor del galvanizado del del 46 por ciento al 17 por ciento de media, tal y como se expuso en el apartado 5.2.2.

A modo de síntesis, se puede resumir, que se ha propuesto un método para la comparativa de la resistencia a la corrosión de distintas protecciones de aceros de construcción y se han comparado varios tipos de recubrimientos, estableciendo relaciones entre las protecciones estudiadas frente a la corrosión en aceros de construcción. Con ello puede establecerse el mecanismo-sistema más adecuado para la protección de las estructuras metálicas en ambientes agresivos, para la consecución de la máxima durabilidad.



**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS Y  
NORMATIVAS**



**VII – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y NORMATIVAS**

- (1) <https://www.nace.org/>
- (2) Martínez Baena, M.A., Palacios Repáraz, J.M. (2010). Tratamientos térmicos de los materiales metálicos. Vol. 2. Madrid: Pedeca Press Publicaciones.
- (3) ASM International Handbook Committee (1996) Specialty Handbook Carbon and Alloy Steels. ASM International. Ohio, United States of America: ASM International.
- (4) Otero Huerta, Enrique (2001). Corrosión y degradación de materiales. Madrid: Editorial Síntesis.
- (5) <https://www.worldsteel.org/>
- (6) <https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/NACE/cedda8a4-c3c0-4583-b1b6-3b248e6eb1f2/UploadedImages/Resources/pdf/ccsupp.pdf>
- (7) Gonzalez Fernandez, J.A. (1989) Control de la corrosión. Estudio y medida por técnicas electroquímicas. Madrid: C. N. de Investig. Metalúrgicas. C.S.I.C.
- (8) di Caprio, G. Los Aceros Inoxidables, (1999). Barcelona: Grupinox
- (9) ASM International Handbook Committee (2004) Volume 9: Metallography and Microstructures. ASM International. Ohio, United States of America: ASM International
- (10) ASM International Handbook Committee (2003) Volume 13A: Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection. ASM International. Ohio, United States of America: ASM International

- (11) ASM International Handbook Committee (2005) Volume 13B: Corrosion: Materials. ASM International. Ohio, United States of America: ASM International
- (12) ASM International Handbook Committee (1994) Specialty Handbook: Stainless Steels. ASM International. Ohio, United States of America: ASM International
- (13) Woolley Tom (2008), La Galvanización y la construcción sostenible. Guía para proyectistas. Madrid: Asociación Técnica Española de Galvanización.
- (14) UNE-EN 10088-1:2014. Aceros inoxidables. Parte 1: relación de aceros inoxidables. Madrid: AENOR
- (15) UNE-EN 10088-2:2014: Aceros inoxidables. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de chapas y bandas de acero resistentes a la corrosión para usos generales. Madrid: AENOR
- (16) UNE-EN ISO 9227:20017. Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina. Madrid: AENOR
- (17) UNE-EN 14868:2006 "Protección de los materiales metálicos contra la corrosión. Guía para la evaluación del riesgo de corrosión en los sistemas cerrados de circulación de agua". Madrid: AENOR
- (18) UNE-EN ISO 12944-1:2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 1: Introducción general. Madrid: AENOR.
- (19) UNE-EN ISO 12944-2:2020. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 2: Clasificación de ambientes. Madrid: AENOR.

- (20) UNE-EN ISO 12944-3:2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. Madrid: AENOR.
- (21) UNE-EN ISO 12944-4:2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 4: Tipos y preparación de superficies. Madrid: AENOR.
- (22) UNE-EN ISO 12944-5:2020. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores. Madrid: AENOR.
- (23) UNE-EN ISO 12944-6:2018. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio. Madrid: AENOR.
- (24) UNE-EN ISO 4624:2016. Pinturas y barnices. Ensayo de adherencia por tracción. Madrid: AENOR.
- (25) UNE-EN ISO 16276-1:2008. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Evaluación y criterios de aceptación de la adherencia/cohesión (resistencia a fracturas) de un recubrimiento. Parte 1: Ensayo de tracción. Madrid: AENOR.
- (26) UNE-EN ISO 16276-2:2008. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Evaluación y criterios de aceptación de la adherencia/cohesión (resistencia a fracturas) de un recubrimiento. Parte 2: Ensayo de corte por enrejado y ensayo de corte en X. Madrid: AENOR.
- (27) UNE-EN ISO 2808:2020. Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película. Madrid: AENOR.

- (28) UNE-EN 13144:2020. Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos inorgánicos. Métodos para la medición cuantitativa de la adherencia mediante el ensayo de tracción. Madrid: AENOR.
- (29) UNE-EN ISO 2409:2013. Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado. Madrid: AENOR.
- (30) UNE-EN ISO 1463:2005 “Recubrimientos metálicos y capas de óxido. Medida del espesor. Método de corte micrográfico”. Madrid: AENOR.
- (31) UNE-EN 10025-5:2020. Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 5: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica. Madrid: AENOR.
- (32) UNE-EN 10088-1. Aceros inoxidables. Parte 1: Relación de aceros inoxidables. Madrid: AENOR.
- (33) UNE-EN ISO 1461:2010 Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
- (34) UNE-EN ISO 14713-1:2017 Recubrimientos de cinc. Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Parte 1: Principios generales de diseño y resistencia a la corrosión.
- (35) UNE-EN ISO 14713-1:2017 Recubrimientos de cinc. Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Parte 2: Galvanización en caliente.
- (35) Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

**ANEXO. FICHAS TÉCNICAS  
PINTURAS EMPLEADAS**



## Especificaciones Técnicas

Bu Powder Coatings


**AkzoNobel**  
 Tomorrow's Answers Today

## Interpon D1036 Brillante (85)

La información contenida en esta hoja es general para los productos **Interpon D1036 Brillante**. Ésta puede variar para productos específicos de la gama. En ese caso, están disponibles fichas específicas de producto.

**Descripción del producto:** **Interpon D1036 Brillante (85)** es una gama de recubrimientos en polvo para aluminio arquitectónico y acero galvanizado.

Disponible en un amplio rango de stock, **Interpon D1036 Brillante (85)** ha sido específicamente diseñada sin TGIC. Como parte de la serie **Interpon D** de recubrimientos para la arquitectura **Interpon D1036 Brillante (85)** consigue una excelente durabilidad en el exterior y retención del color, cumpliendo totalmente con los requisitos de los principales estándares europeos para acabados arquitectónicos.

Todos los recubrimientos en polvo **Interpon D1036 Brillante (85)** están exentos de plomo y cumplen los requisitos de GSB, Qualicoat Clase 1 y EN 12206 (anteriormente BS6496), BS6497:1984.

<b>Propiedades del producto:</b>	<b>Tipo de resina</b>	Poliéster		
	<b>Brillo (60°) ISO2813</b>	85±5		
	<b>Tamaño de partícula</b>	Adecuado para aplicación electrostática y triboestática		
	<b>Peso Especifico</b>	1.2-1.7 g/cm <sup>3</sup> según el color		
	<b>Almacenamiento</b>	En lugar fresco y seco		
	<b>Tiempo de vida medio</b>	24 meses a 30°C		
		12 meses a 35°C		
<b>Código de venta</b>	Serie S			
<b>Condiciones de curado</b> (temperatura metal)	20-40 minutos a 170°C			
	10-20 minutos a 180°C			
	8-16 minutos a 200°C			
	4-10 minutos a 210°C			
<b>Condiciones de ensayo:</b>	Los resultados que se indican a continuación, están basados en ensayos mecánicos y químicos que, a menos que se indique lo contrario, se han realizado bajo condiciones de laboratorio y sólo se deben tomar como orientativos. El comportamiento real del producto dependerá de las circunstancias bajo las que se utilice.			
	<b>Substrato</b>	Aluminio (0.5-0.8mm Al Mg1)		
	<b>Pretratamiento</b>	Cromatizado		
	<b>Espesor de película</b>	60-80 µm		
	<b>Curado</b>	8 minutos a 200°C (temperatura metal)		
<b>Ensayos mecánicos:</b>	<b>Adherencia</b>	ISO2409	Gt 0 (2 mm de separación)	
	<b>Embutición Erichsen</b>	ISO1520	≥ 6 mm	
	<b>Dureza</b>	ISO2815	≥ 80	
	<b>Impacto</b>	ASTM 2794	Cumple 2,5J directo/reverso	
	<b>Flexibilidad</b>	ISO1519	≤ 4 mm	
<b>Ensayos Químicos :</b>	<b>Niebla Salina</b>	ISO7253 (1000 horas)	Cumple. Corrosión a partir del aspa inferior a 2 mm.	
	<b>Niebla Salina Acética</b>	ISO9227	Cumple 1000 horas y < 16 mm. <sup>2</sup> corrosión/10 cm.	
	<b>Cámara de Humedad</b>	ISO6270 (1000 horas)	Cumple. Sin ampollamiento y ataque <1mm en la aspa	
	<b>Dióxido de Azufre</b>	ISO3231	Cumple 30 ciclos - sin ampollamiento y ataque < 1 mm. desde el aspa.	
	<b>Permeabilidad</b>	Olla a presión	Cumple- sin defectos tras 1 hora (2 horas en agua hirviendo)	
		EN 12206-1:2004 Parte 5.10		

## Especificaciones Técnicas

## Bu Powder Coatings

## Interpon D1036 Brillante (85)



La información contenida en esta hoja es general para los productos **Interpon D1036 Brillante**. Ésta puede variar para productos específicos de la gama. En ese caso, están disponibles fichas específicas de producto.

	<b>Resistencia química</b>		En general buena resistencia a ácidos diluidos, álcalis y aceites a temperatura ambiente.
	<b>Resistencia al mortero</b>	EN12206-1:2004 Parte 5.9	Sin alteración tras 24 horas
<b>Pruebas de exposición a la intemperie:</b>	<b>Durabilidad exterior</b>	ISO2810 (12 meses Florida 5º Sur)	Retención de brillo $\geq 50\%$ . Retención de color de acuerdo con GSB o Qualicoat. El caleo no excede el mínimo de la norma ASTM D 659: 1980
	<b>Test acelerado de exposición al exterior</b>	Suntest Original-Hanau-Lámpara de cuarzo ISO11341 QUV B313	Retención de brillo 50% tras 1000 horas
			Retención de brillo $\geq 50\%$ tras 300 horas
	<b>Resistencia a la luz</b>	DIN54004	$\geq 7$

**Pretratamiento:** Para obtener la máxima protección, es esencial pretratar los materiales utilizados en arquitectura antes de la aplicación de **Interpon D1036 Brillante (85)**. Los materiales de aluminio deberán recibir un pretratamiento cromatizado completo de múltiples etapas, un adecuado pretratamiento libre de cromo o un adecuado anodizado, para limpiar y acondicionar el sustrato. Se debe solicitar consejo al proveedor del pretratamiento. El acero galvanizado requiere que se prepare la superficie, bien con un pretratamiento de múltiples etapas, utilizando o bien fosfato de zinc o bien cromatizado, bien mediante un granallado controlado. Dependiendo del tipo de galvanizado, puede ser necesario desgasificar o usar aditivos antiburbujas. Siga la información técnica de su proveedor de pretratamiento. Los productos **Interpon D1036 Brillante (85)** también pueden utilizarse sobre sustratos de acero fundido o dulce. Para su aplicación en exteriores recomendamos aplicar una imprimación anticorrosiva **Interpon PZ** sobre el soporte, correctamente preparado.

**Aplicación:** **Interpon D1036 Brillante (85)** se puede aplicar con equipos manuales o automáticos, ya sean electrostáticos o triboeléctricos. En los colores sólidos, el polvo no depositado en la pieza puede utilizarse nuevamente si se dispone de una instalación adecuada de recuperación de polvo. En acabados especiales, puede solicitar información más detallada y asesoramiento específico. En algunos colores se debe aplicar un espesor de película mayor para conseguir una buena cubrición.

**Post-Aplicación:** Si desea asesoramiento específico sobre la idoneidad de los distintos procesos que se realizan después de la aplicación, tales como plegado, utilización de selladores, adhesivos, rotura puente térmico, limpieza, etc., consulte a Akzo Nobel.

**Precauciones de seguridad:** Por favor, consulte la Ficha de Seguridad de producto (MSDS).

**Observación importante:** La información contenida en estas hojas no pretende ser exhaustiva. No nos podemos hacer responsables del uso del producto para una aplicación distinta de la que está específicamente recomendada en esta hoja técnica, sin obtener previamente confirmación escrita por nuestra parte. Al no tener control sobre la calidad o condiciones de sustrato o de otros muchos factores que afectan al uso y aplicación del producto, no aceptaremos ninguna responsabilidad sobre el mal comportamiento del producto, a menos que lo acordemos por escrito. Rogamos inspeccionen y prueben nuestros productos antes de su empleo a fin de confirmar las características y su idoneidad. Nada en la presente información constituye una garantía, expresa o implícita. Los datos de esta hoja técnica son susceptibles de modificación en función de nuestra experiencia y nuestra política de continuo desarrollo de productos.

**Ficha Técnica**  
**Alesta® IP**  
**IE70026093527**  
**CA RAL 6005 MOSS GREEN**



**Descripción de producto on**

Alesta® IP es una gama de revestimientos en polvo, libres de triglicidiliscianuratos (TGC), basados en resinas de poliéster carboxílicas para conseguir una buena durabilidad en aplicaciones de exterior.

**Campo de aplicación**

La gama Alesta® IP se recomienda especialmente para aplicaciones industriales, donde se requieren unas buenas propiedades mecánicas y de durabilidad, p.ej. Maquinaria agrícola, mobiliario de jardín, vallas, etc.  
 Embalaje: caja de 15 ó 20 kg (según densidad del producto) en bolsa de plástico y caja de cartón.

**Licencias**

**Qualicoat :**

**GSB :**

Otros

Este recubrimiento en polvo cumple con la Directiva Europea "Restriction of the use of certain hazardous substances" 2002/95/EC - 2011/65/EU (RoHS).

**superficie / efecto / propiedades**

Smooth DEGASSING

**Substratos**

Metales ferrosos o no ferrosos

**Preparación del sustrato**

La adherencia y la protección anticorrosiva de cualquier recubrimiento en polvo Alesta® IP dependen de un buen desengrasado, pretratamiento químico y/o limpieza con chorro de arena. Acero y acero galvanizado - Desengrasar y luego realizar un pretratamiento químico/mecánico adecuado, generalmente con zinc o fosfato de hierro, Aluminio - Desengrasar y luego realizar un pretratamiento químico adecuado, normalmente un proceso de conversión con cromo o libre de cromo. Consulte a su proveedor de pretratamiento para conocer los usos recomendados. Para otros sustratos, póngase en contacto con su representante técnico o con el responsable de producto local.

**Propiedades Físicas**

Peso específico 1,60

Distribución de tamaño de part : 34 - 42 µm

tamaño de partícula del polvo : 95 - 100 %

**Ficha Técnica**  
**Alesta® IP**  
**IE70026093527**  
**CA RAL 6005 MOSS GREEN**



**Descripción de producto on**

Alesta® IP es una gama de revestimientos en polvo, libres de triglicidilisocianuratos (TGIC), basados en resinas de poliéster carboxílicas para conseguir una buena durabilidad en aplicaciones de exterior.

**Campo de aplicación**

La gama Alesta® IP se recomienda especialmente para aplicaciones industriales, donde se requieren unas buenas propiedades mecánicas y de durabilidad, p.ej. Maquinaria agrícola, mobiliario de jardín, vallas, etc. Embalaje: caja de 15 ó 20 kg (según densidad del producto) en bolsa de plástico y caja de cartón.

**Licencias**

**Qualicoat :**

**GSB :**

Otros

Este recubrimiento en polvo cumple con la Directiva Europea "Restriction of the use of certain hazardous substances" 2002/95/EC - 2011/65/EU (RoHS).

**superficie / efecto / propiedades**

Smooth DEGASSING

**Substratos**

Metales ferrosos o no ferrosos

**Preparación del sustrato**

La adherencia y la protección anticorrosiva de cualquier recubrimiento en polvo Alesta® IP dependen de un buen desengrasado, pretratamiento químico y/o limpieza con chorro de arena. Acero y acero galvanizado - Desengrasar y luego realizar un pretratamiento químico/mecánico adecuado, generalmente con zinc o fosfato de hierro. Aluminio - Desengrasar y luego realizar un pretratamiento químico adecuado, normalmente un proceso de conversión con cromo o libre de cromo. Consulte a su proveedor de pretratamiento para conocer los usos recomendados. Para otros sustratos, póngase en contacto con su representante técnico o con el responsable de producto local.

**Propiedades Físicas**

Peso específico 1,60

Distribución de tamaño de part : 34 - 42 µm

tamaño de partícula del polvo : 95 - 100 %

**Ficha Técnica**  
**Alesta® IP**  
**IE70026093527**  
**CA RAL 6005 MOSS GREEN**



*Los datos facilitados se enmarcan en el rango normal de las propiedades del producto y se refieren sólo al material específico designado; Estos datos pueden no ser válidos para tal material si es usado en combinación con otros materiales o aditivos, o en un proceso, salvo que se indique expresamente de otra manera. Los datos facilitados no deben ser utilizados para establecer límites de especificaciones o usados sólo como la base de diseño; no están destinados a sustituir ensayo alguno que pueda necesitar realizar para determinar por usted mismo la idoneidad de un material específico para sus propósitos particulares. Debido a que Axalta no puede anticipar todas las variaciones en las condiciones efectivas de su uso final, Axalta no ofrece garantía alguna ni asume responsabilidad de ningún tipo en conexión con cualquier uso de esta información. Nada en el presente documento debe ser interpretado como una licencia para operar bajo patente o como una recom*

*Copyright 2013, Axalta Coating Systems, LLC y todas sus empresas subsidiarias. El logotipo, Axalta™, Axalta Coating Systems™ y todos los productos con las marcas ™ o ® son nombres comerciales o marcas registradas de Axalta Coating Systems, LLC y sus sociedades subsidiarias. L*



## **TITANPOL 400 P12Y797 GRIS TEXT METALIZ S/M**

Hoja Técnica

### **DESCRIPCIÓN PRODUCTO**

Pintura en Polvo Poliéster Termoendurecible polimerizada sin TGIC, con excelentes propiedades mecánicas y resistencia a los rayos UV. Especialmente desarrolladas para pintar objetos que deban estar en condiciones extremas a la intemperie.

### **CONDICIONES DE SUMINISTRO / ESTABILIDAD**

Envases: En caja de cartón y bolsa de plástico herméticamente cerrada, con un contenido de 20 kg.

Almacenaje: 24 meses en lugar fresco y seco y a una temperatura inferior a 35°C.

### **APLICACIÓN**

Es factible tanto en aplicación electrostática como triboeléctrica. Cualquiera que sea el sistema de aplicación, las piezas a pintar deben estar exentas de óxido, y perfectamente desengrasadas.

Con el fin de conseguir sus mejores resistencias químicas, se deberá aplicar el correspondiente pre tratamiento superficial de la pieza (fosfatado, cromatizado, etc.)

Para un posterior uso específico del producto como puede ser serigrafía, sellantes, etc contactar con el departamento técnico.

### **TIPOS DE PRODUCTOS**

TITANPOL 400 se puede fabricar en diferentes acabados, brillantes, satinados, mates, oxiron®, metalizados, texturados, texturados metalizados, gofrados, transparentes, transparentes mates, etc.

Los acabados en función del brillo, medidos en Angulo de 60°, ISO 2813, pueden variar desde 5% a 93%, dependiendo del color.

### **CONDICIONES DE ENSAYO**

Sustrato	Hierro 0,8 mm
Pre tratamiento	Fosfatación
Espesor recubrimiento	60 – 80 micras
Polimerizado	Ver gráfica adjunta

Estos ensayos han sido realizados en laboratorio bajo las condiciones especificadas. Los resultados finales del producto pueden variar en función de las variaciones realizadas.



## TITANPOL 400 P12Y797 GRIS TEXT METALIZ S/M

Hoja Técnica

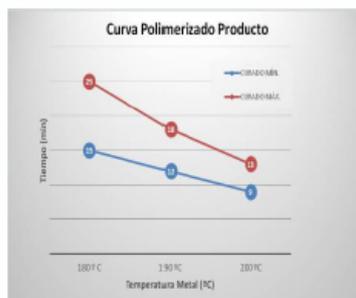
### PROPIEDADES MECÁNICAS

Brillo Ang° 60° (G.U.)	ISO 2813	OK G.U.
Diferencia color $\Delta E$	ISO 7724	OK
Adherencia	ISO 2409	GT0
Embutición Erichsen	ISO 1520	$\geq 5$
Doblado cilíndrico $\varnothing$ 5mm	ISO 1519	OK
Impacto Directo $\varnothing$ 15,9 mm	ISO 6272-2	$\geq 30$
Impacto Indirecto $\varnothing$ 15,9 mm	ISO 6272-2	$\geq 30$

### PROPIEDADES QUÍMICAS

Niebla Salina (ASTM B 117)	ISO 9227	500 horas
Cámara Humedad	ISO 6270	500 h sin cambio de brillo ni ampollamiento

### POLIMERIZACIÓN



Nota: La información de esta Hoja Técnica es para el conocimiento del cliente, basada en ensayos de laboratorio e en experiencia práctica. En todo caso, como el producto es habitualmente utilizado bajo condiciones controladas únicamente por el cliente, sólo la calidad del producto puede ser garantizada. INDUSTRIAS TITAN, S.A. se reserva todos los derechos para alterar y modificar el contenido de esta Hoja Técnica sin notificación alguna.

Esta Hoja Técnica de producto substituye todas las versiones anteriores.

**ADAPTA VIVENDI****DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

Los productos de la colección Vivendi se basan en resinas de poliéster saturadas, endurecedores sin TGIC y pigmentos y aditivos libres de declaración.

Los recubrimientos Vivendi han dado una excelente durabilidad exterior con muy buena retención de brillo y estabilidad de color.

Este tipo de productos cumplen sobradamente las especificaciones internacionales de calidad como Qualicoat, GSB, AAMA... y pueden ser utilizados en los componentes metálicos arquitectónicos.

**RANGO DE PRODUCTOS**

Los productos Vivendi Collection están disponibles en diferentes niveles de brillo y acabados :

	<i>Acabado</i>	<i>Rango de brillo</i>	
<b>RB</b>	Brillante	80 - 95	P-0301
<b>RS</b>	Satinado	30 - 80	P-0599
<b>RM</b>	Mate	3 - 30	P-0560
<b>RT</b>	Texturado fino	3 - 20	P-0472
<b>RX</b>	Metálico liso o efecto mica perlada	3 - 95	P-0301 P-0560 P-0599
<b>RF</b>	Texturado metalico or mica perlada	6 - 20	P-0472

Los productos Vivendi están disponibles en una amplia gama de colores de RAL y NCS.

Podemos producir colores hechos a medida de los pedidos aceptados.

**PRINCIPALES USOS**

Los productos Vivendi son utilizados en:

- Perfiles extrusionados de puertas y ventanas.
- Elementos de automoción y agricultura.
- Fachadas ventiladas y piezas de protección solar
- Fachadas metálicas.
- Mobiliario urbano.
- Componentes de infraestructuras.

**CARACTERÍSTICAS DEL RECUBRIMIENTO**

<b>Producto químico</b>	Poliéster
<b>Granulometría</b>	< 125 micras, adecuada para pulverización electrostática.
<b>Sólidos</b>	> 99%
<b>Densidad específica</b>	Desde 1,2 hasta 1,7 gr/cc dependiendo del color
<b>Estabilidad de</b>	24 meses a 35°C máximo.

<b>almacenaje</b>	
<b>Consumo preferente</b>	24 meses
<b>Envasado</b>	15, 20 o 25 kg (cajas de cartón)

**APLICACION**

El sustrato a recubrir debe limpiarse, desengrasada y pre-tratado con el proceso más adecuado:

*Alum HDG ACERO*

<b>Cromatizado</b>	✓		
<b>Sin cromo</b>	✓	✓	✓
<b>Pre-anodizado</b>	✓		
<b>Fosfatado de zinc</b>		✓	✓
<b>Granallado</b>			✓

El uso de imprimaciones Rustproof de Adapta pueden ser necesarias para mejorar la protección contra la corrosión en varios sustratos como el aluminio, Aço y Aço galvanizado.

Los productos Vivendi Collection pueden ser aplicados electrostáticamente con todas las pistolas Corona del mercado. Consultar para otro tipo de pistolas tipo TRIBO.

Se aconseja aplicar el polvo desde un lecho fluidificado, en lugar de equipos de alimentación directa desde la caja, con el fin de evitar diferencias de color y aspecto.

La presión del aire de fluidificación, la presión del aire de transporte, la presión de aire adicional, la tensión y la distancia de la pistola a la pieza de trabajo deben ser ajustados con el fin de obtener los resultados deseados.

Se recomienda el uso de boquillas de pulverización de chorro plano.

El reciclaje del polvo es posible la mayoría de las veces, pero se recomienda encarecidamente mantener la misma proporción de polvo de reciclado y polvo virgen en el recipiente de lecho fluidificado con el fin de evitar diferencias de color y aspecto.

**CONDICIONES DE CURADO**

<i>Temperature objeto</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
180°C	20'	30'
190°C	15'	25'
200°C	10'	20'

**PROPIEDADES**

Las siguientes propiedades mecánicas y químicas se obtienen cuando se aplica sobre paneles de aluminio con el proceso de pre-tratamiento adecuado y

correctamente al horno, siguiendo las instrucciones de la ficha de datos del producto para obtener una correcta reticulación del sistema.

	<i>Propiedades Mecánicas</i>	<i>Norma</i>
<b>APARIENCIA</b>	De acuerdo con la definición del producto	
<b>ESPESOR de la película</b>	70-80 micras	ISO 2630
<b>BRILLO</b>	De acuerdo con la definición del producto	ISO 2813
<b>ADHERENCIA – corte transversal</b>	PASS GT0	ISO 2409
<b>IMPACTO</b>	> 2,5 Nm	ISO 6272
<b>FLEXIBILIDAD</b>	< 5 mm	ISO 1519
<b>EMBUTICIÓN</b>	> 5 mm	ISO 1520
<b>DUREZA PERSOZ</b>	> 220 seg	ISO 1522
<b>DUREZA BUCHOLZ</b>	> 80	ISO 2815
	<i>Propiedades Químicas</i>	
<b>NIEBLA SALINA FOG</b>	1000 h. PASS avance de la corrosión < 1 mm	ISO 9227
<b>HUMEDAD</b>	1000 h. PASS sin ampollas < 1 mm	ISO 6270
<b>KESTERNICH SO<sub>2</sub></b>	30 ciclos PASS sin ampollas	ISO 3231
<b>MACHU TEST</b>	< 0.5 mm	Qualicoat
<b>RESISTENCIA al MORTERO</b>	PASS	EN 12201
<b>AGUA HIRVIENDO</b>	< 0.5 mm	Qualicoat
	<i>Envejecimiento</i>	
<b>NATURAL – Florida</b>	PASS 1 año > 50% retención de brillo y color	ISO 2810
<b>SUNTEST</b>	PASS 1000 horas > 50% retención de brillo	ISO 16474
<b>QUB 313B</b>	PASS 300 horas > 50% retención de brillo	ISO 16474

#### **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

Recomendamos encarecidamente seguir las instrucciones de la ficha de datos de seguridad personalizada de cada producto.

#### **LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO**

Dependiendo de la temperatura y la concentración, algunos materiales ácidos o alcalinos pueden dañar o atacar la superficie después de sólo unos pocos minutos de contacto. Tomar medidas para evitar que esto ocurra es de suma importancia.

- **Cuidado preventivo:** Proteger las superficies con elementos de barrera, tales como películas, papel y lacas desprendibles antes de la colocación y manipulación

- **Limpieza inmediata:** En el caso de contaminación accidental por salpicaduras de alcalinos fuertes o ácidos, lavar con abundante agua clara, sobre todo en áreas de corte y cavidades.

- **Mantenimiento regular:** La suciedad del depósito o contaminación en los perfiles, puede aumentar el riesgo de corrosión y pérdida de brillo o cambio de color, sobre todo en las zonas cercanas a la costa y en entornos industriales.

Nosotros aconsejamos que siga el consejo establecido en **Estándar AAMA 609 y 610-02 o Qualicoat directrices** (edición de julio de 2011), que incluye esencialmente las siguientes recomendaciones:

1. **Lavar la superficie regularmente en agua tibia con jabón o detergente con un pH neutro.**
2. **Use una esponja no abrasiva o un paño.**
3. **Enjuague con abundante agua inmediatamente después de cada limpieza.**
4. **Preferentemente la limpieza debe ser llevada a cabo evitando temperaturas calientes o frías.**
5. **Dependiendo del entorno, la frecuencia de limpieza de mantenimiento debe cumplir con la siguiente tabla:**

<i>Ambiente</i>	<i>Limpieza regular mínima*</i>
Normal	12 meses
Tropical	9 meses
Piscinas y gimnasios	6 meses
Marino	3 meses
Industrial	3 meses
Peligroso	1 meses

Para limpiar las grasas, aceites, aceites de corte, adhesivos... recomendamos el uso de alcohol isopropílico en combinación con aguarrás, utilizando un paño suave. Sugerimos llevar a cabo una prueba en las zonas no visibles para comprobar que el uso de mezclas de disolventes desconocidos no afecta a la superficie.

**No debe utilizar los siguientes productos:**

- Materiales abrasivos, herramientas o cualquier cosa que puede rayar.
- Ácidos o sustancias alcalinas que puede provocar corrosión.
- Disolventes fuertes, incluyendo gasolina, diésel o queroseno.
- Removedores de grasa, pesticidas o lubricantes cuya composición es desconocida.
- Detergente líquido, limpiadores de hornos u otros agentes similares.
- Productos de limpieza a una temperatura superior a 25°C.
- Limpieza en seco sobre una superficie contaminada por el polvo o los materiales de construcción.

## Especificaciones Técnicas

### Bu Powder Coatings

## Interpon EC



**Descripción del producto:** **Interpon EC** es un recubrimiento en polvo de alta calidad, formulado para ofrecer excelentes cualidades anti-graffiti y de resistencia a la suciedad, y manchas, manteniendo una buena apariencia estética. **Interpon EC** es adecuado para su uso en exteriores. Las pintadas con aerosol se pueden eliminar fácilmente mediante xileno, acetona o tricloroetileno. **Interpon EC** está disponible en un amplio rango de colores así como en barniz transparente, se pueden estudiar otros colores atendiendo a las necesidades del cliente.

<b>Propiedades del producto:</b>	<b>Tipo de resina</b>	Poliuretano
	<b>Brillo</b>	Brillante y Satinado
	<b>Tamaño de partícula</b>	Adecuado para aplicación electrostática
	<b>Peso específico</b>	1,2 - 1,9 g/cm <sup>3</sup> (en función del color)
	<b>Almacenamiento</b>	En lugar fresco y seco. Temperatura ≤ 25°C.
	<b>Tiempo de vida medio</b>	6 meses
	<b>Condiciones de curado</b>	20 minutos a 190°C (temperatura metal) 15 minutos a 200°C

<b>Condiciones de ensayo:</b>	Los resultados que se indican a continuación, están basados en ensayos mecánicos y químicos que, a menos que se indique lo contrario, se han realizado bajo condiciones de laboratorio y sólo se deben tomar como orientativos. El comportamiento real del producto dependerá de las circunstancias bajo las que se utilice.	
	<b>Sustrato</b>	Ensayos mecánicos: acero desengrasado 0,6 mm Ensayos de corrosión: acero fosfatado Zn/MN 0,6mm
	<b>Espesor de película</b>	65±5 micras
	<b>Curado</b>	20 minutos a 190°C (temperatura metal)

<b>Ensayos mecánicos:</b>	<b>Adherencia</b>	ISO2409 DIN53151 (2mm separac.)	GT0 Gt 0 > 95%
	<b>Embutición Erichsen</b>	ISO1520	≥4 mm
	<b>Dureza</b>	ISO15814	2H a 3H
	<b>Impacto</b>	ISO/TR6272	≥ 2,5 J (Directo/reverso) ≥ 25Kg/cm (Directo/reverso)
	<b>Flexibilidad</b>	ISO1519 (mandril cilíndrico) ISO6860 (mandril cónico)	Cumple 3/16" Cumple 3 mm

<b>Ensayos químicos:</b>	<b>Niebla salina</b>	UNI5687	Corrosión a partir del aspa (> 500 horas) ≤3mm
	<b>Cámara de Humedad</b>	UNI8744	Sin formación de ampollas (> 1000 horas)
	<b>Gasolina, diesel fuel-oil y etanol</b>	60 min @ 25°C	Cumple - No hay formación de ampollas ni cambio de aspecto
	<b>Xileno, fluido para frenos Mobil y acetona</b>	10 min. @ 25°C	Cumple - No hay formación de ampollas ni cambio de aspecto
	<b>Acetona / etil-acetato (1:1) y acetona</b>	100 frotaciones @ 25°C	Cumple - No hay formación de ampollas ni cambio de aspecto
	<b>Ácido clorhídrico 0,1N y hidróxido de sodio 0,1N</b>	4 horas @ 60°C	Cumple - No hay formación de ampollas ni cambio de aspecto

## Especificaciones Técnicas

### Bu Powder Coatings

## Interpon EC



#### Resistencia anti-graffiti:

<u>Tipo</u>	<u>Fluido limpiador</u>
Esmalte en aerosol	A, C, D
Rotulador al agua	O
Rotulador permanente	A, B, C, D, E
Barra de labios	O
Abrillantador de calzado	O

Clave:	A	90% alcohol desnaturalizado
	B	1:1 mezcla de alcohol desnaturalizado y detergente
	C	Acetona
	D	Tricloroetileno
	E	Tetracloroetano
	O	Frotar con un paño

#### Pretratamiento:

Si desea más información sobre sustratos y aplicaciones específicas de **Interpon EC**, solicítela a Akzo Nobel.

#### Aplicación:

Los recubrimientos en polvo **Interpon EC** se pueden aplicar con un equipo electrostático manual o automático. El polvo no depositado en la pieza puede utilizarse nuevamente si se dispone de una instalación adecuada de recuperación de polvo.

#### Precauciones de seguridad:

Este producto se suministra para ser utilizado por aplicadores profesionales en plantas industriales, y no debe ser utilizado sin conocer la Ficha de Seguridad que Akzo Nobel suministra a sus clientes. Si por cualquier razón no estuviera en su poder una copia de la misma, rogamos nos la soliciten inmediatamente antes de utilizar el producto.

Las precauciones mínimas de seguridad en la manipulación de todos los recubrimientos en polvo son las siguientes: Todos los materiales pulverulentos son irritantes respiratorios, por consiguiente, debe evitarse la inhalación del polvo o de los vapores formados durante su curado. Evitar el contacto con la piel, pero si dicho contacto se produce, lavar con agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, retirar las lentes de contacto, irrigar con abundante agua fría y limpia durante 20 min y solicitar atención médica. Las nubes de polvo de cualquier material orgánico finamente dividido pueden inflamarse o explosionar con una chispa eléctrica o una llama. Las partículas de polvo no deben acumularse sobre las superficies o repisas. Usar un equipo de recogida de polvo que esté provisto de un adecuado sistema antideflagrante. Conectar a tierra eléctricamente todo el equipo para prevenir la acumulación de electricidad estática. Se recomienda a los usuarios que sigan la normativa "Seguridad en los recubrimientos en polvo" editada por la CEPE European Confederation of Paint, Printing Ink and Artists' Colours Manufacturer's Associations, copias de la cual están disponibles bajo solicitud.

#### Observación importante:

La información contenida en estas hojas no pretende ser exhaustiva. No nos podemos hacer responsables del uso del producto para una aplicación distinta de la que está específicamente recomendada en esta hoja técnica, sin obtener previamente confirmación escrita por nuestra parte. Al no tener control sobre la calidad o condiciones de sustrato o de otros muchos factores que afectan al uso y aplicación del producto, no aceptaremos ninguna responsabilidad sobre el mal comportamiento del producto, a menos que lo acordemos por escrito. Rogamos inspeccionen y prueben nuestros productos antes de su empleo a fin de confirmar las características y su idoneidad. Nada en la presente información constituye una garantía, expresa o implícita. Los datos de esta hoja técnica son susceptibles de modificación en función de nuestra experiencia y nuestra política de continuo desarrollo de productos.

TIGER Drylac®

# Product Specification Sheet



<b>TIGER Drylac®</b>	29/80081 Iron Glimmer P7
<b>Application:</b>	1-coat outdoor
<b>Surface finish:</b>	Fine texture, metallic
<b>Gloss:</b>	Matt <span style="float: right;">visual</span>
<b>Recommended film thickness:</b>	70 – 90 µm <span style="float: right;">acc. to ISO 2360</span>
<b>Cure parameters:</b>	20 min 170 °C – 10 min 200 °C
<b>Application:</b>	Corona
<b>Storage stability:</b>	6 months at no more than 25 °C
<b>Metallic Application Category:</b>	Cat: C
<b>Safety data sheet:</b>	TIGER Drylac® powder coatings are made for industrial applications and should be applied according to guidelines as set forth in our product and safety data sheets which are made available upon inquiry.
<b>Please note:</b>	Metallic effects: application acc. to relevant product data sheet and additionally, to guidelines of application (each in their latest version). See <a href="http://www.tiger-coatings.com">www.tiger-coatings.com</a> / download area / processing guidelines

## Test results

Checked on a chromated aluminum test panel which is 0.7 mm thick. Cure conditions according to the cure curve(s).

Test	Test standard	Test result
Cross cut test 1 mm	ISO 2409	GT 0
Cupping test	ISO 1520	> 5 mm
Impact test (20 Inch-pound)	ASTM D 2794	o.k.
Salt spray resistance 500 hrs.	ISO 9227	max. undercutting ≤ 1 mm
Humidity resistance 500 hrs.	ISO 6270	max. undercutting ≤ 1 mm
Accelerated weathering test (UV-B) 300 hrs.	ISO 11507	> 50% gloss retention
Outdoor exposure 1 year	Florida (5° open back)	> 50% gloss retention

**Date of print : 25.09.12**

This Product Specification Sheet has been produced electronically and is valid without signature.

Date: 15/02/12

Our verbal and written recommendations for the use of our products are based upon experience and in accordance with present technological standards. These are given in order to support the buyer or user. They are non-committal and do not create any additional commitments to the purchase agreement. They do not release the buyer from verifying the suitability of our products for the intended application. We warrant that our products are free of flaws and defects to the extent as stipulated in our Terms of Delivery and Payment.

As a part of our product information program each of our Product Data Sheets are periodically updated, so that the latest version shall prevail. Therefore, please contact our sales department to make sure that this Product Data Sheet is the most current version. The information in our Product Data Sheets is subject to change without notification.

**The Technical Information Sheets and the Terms of Delivery and Payment each in their latest version, available at [www.tiger-coatings.com](http://www.tiger-coatings.com) in the download area, form an integral part of this Product Specification Sheet.**



certified according to  
EN ISO 9001 / 14001

### TIGER Coatings GmbH & Co. KG

Negrellistrasse 36  
4600 Wels | Austria  
phone +43 (0)7242/400-0  
fax +43 (0)7242/650 08  
office@tiger-coatings.com  
www.tiger-coatings.com


**govesan**

## HOJA TÉCNICA

Fecha: 05.10.2015

**PRODUCTO** ..... : **RHM-7856**  
**DESCRIPCION**... : **HIBRIDO MATE SUPERPRIM GRIS**  
**COLOR** ..... : **GRIS**  
**RAL** ..... : **7038SIM**  
**TOXICIDAD** .... :  
**Nº LICENCIA** .. :

### ENSAYOS

### ESPECIFICACIONES

#### \*\*\* PROPIEDADES DEL POLVO \*\*\*

Espesor	UNE EN ISO 2360	60 - 80	µm
Curado	180°C	15	min
Tipo de Aplicación		Triboelectrica / Electrostatica	
Propiedad de Aplicación		Bien / Good	
Granulometría Media	Media	45 - 55	µm
Granulometría < 10	10 µm		%
Granulometría > 100	100 µm		%
Fluidez	Sames	145 - 155	

#### \*\*\* PROPIEDADES DE LA PELICULA \*\*\*

Aspecto		BIEN / GOOD	
Brillo 60°	UNE EN ISO 2813		%
Flexibilidad Mandril	UNE EN ISO 1519	<=5	mm
Impacto Directo	UNE-EN ISO 6272	>=70	cm
Impacto Inverso	UNE-EN ISO 6272	>=70	cm
Adherencia	UNE EN ISO 2409	GTO	

