

# ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO A LA CORROSIÓN DE MUESTRAS DE Al 6061 RECUBIERTAS DE ALEACIONES Ni – P OBTENIDAS POR MÉTODO AUTOCATALÍTICO.

CASTRO María Eugenia <sup>(1)(2)(3)</sup>, BARBERO José Alfredo <sup>(1)</sup>, BUBACH Ernesto <sup>(1)</sup>

- (1) U de A TECNIN – Centro Atómico Bariloche – CNEA – Bariloche – Argentina.
- (2) Instituto Balseiro – Universidad Nacional de Cuyo – CNEA – Bariloche – Argentina.
- (3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET – Bs As – Argentina

e-mail: [castrome@ib.cnea.gov.ar](mailto:castrome@ib.cnea.gov.ar)

## ABSTRACT

There are many ways to keep safe an industrial material from corrosion attack. One is covering the piece with a layer of another material which corrosion resistance is higher to the one of the element to protect. The anticorrosion protection mechanism is achieved by the formation of a physical poreless barrier without any defects. This avoid the arrival of those agents from environment responsible of electrochemical attack.

In this paper, corrosion resistance of metallic coatings over nuclear usage aluminum samples is analyzed. Our interest is aimed on nickel – phosphorous alloy coatings (Ni – P) obtained by electroless method (autocatalytic) over Al 6061 alloy samples. A comparative study es carried on with different phosphorous contents but always under 12 %. This job is completed with other nickel coating, Vitrovac 0080 (with no phosphorous content) in order to compare structures and anticorrosive properties. Besides, the comparison between mencioned materials and aluminum samples is made.

The study is carried on using superficial characterization of each sample with or without coating through a serie of complementary techniques such as chemical, electrochemical (linear sweep voltammetry, cyclic voltammetry, polarization resistance determination) and physical (scanning electronic microscopy, hardness determination) techniques. Finally, variable correlation is made as a function of the phosphorous content in the samples used in the experiencies.

The coating structure obtained is amorphous. It presents no pore or failure and its hardness shows important values. The electrochemical analysis allows to check that anticorrosive protection capacity of Ni-P alloy increases with the phosphorous content in the coat. Al 6061 by itself demonstrate an electrochemically bad behaviour. Substrate – coating adherence is very good .

## RESUMEN

Una de las formas de resguardar un material metálico de importancia industrial contra la corrosión se logra cubriendo la pieza de interés con una capa de aproximadamente 100 µm de un material cuya resistencia a la corrosión es superior que la del elemento a proteger. El mecanismo por el cual se logra la protección anticorrosiva es mediante la formación de una barrera física libre de poros y sin defectos que impide la llegada de los agentes responsables del medio que producen el ataque electroquímico.

En este trabajo se estudia la resistencia a la corrosión de revestimientos metálicos sobre sustratos de aluminio de uso nuclear. La atención se centra en recubrimientos de aleaciones de níquel – fósforo (Ni-P) obtenidos por el método electroless (autocatalítico) sobre aleación de Al 6061. Se lleva a cabo el estudio comparativo de una serie de revestimientos de níquel electroless con diferente contenido de éste último elemento, pero sin superar el umbral del 12 % del mismo. El trabajo se completa con el estudio de otro recubrimiento de níquel, tal como el Vitrovac 0080 (amorfo sin presencia de fósforo) con el fin de cotejar estructuras y propiedades anticorrosivas. Además se realiza la comparación de los mencionados materiales frente al sustrato de Al 6061 sin ningún tipo de revestimiento.

El estudio se realiza a través de la caracterización superficial de cada una de las muestras con o sin recubrimientos a través de una serie de técnicas complementarias, tales como técnicas químicas, electroquímicas (voltamperometría de barrido lineal, voltamperometría cíclica, determinación de la resistencia de polarización) y físicas (microscopía SEM, determinación de microdureza). La correlación de variables de lleva a cabo, posteriormente, en función del contenido de fósforo de las muestras empleadas en los ensayos.

Las estructuras obtenidas del revestimiento son amorfas. No presenta poros ni fallas y su dureza muestra valores importantes. El estudio electroquímico permite comprobar que la capacidad de protección anticorrosiva de la aleación Ni-P aumenta con el porcentaje de este último elemento en el recubrimiento. El sustrato sólo demuestra un comportamiento electroquímicamente malo.

## 1. MOTIVACIÓN

Nuestro interés está centrado en lo que se refiere a la protección anticorrosiva dada por revestimientos metálicos, particularmente sobre las placas combustibles tipo MTR para reactores de investigación contra la corrosión y la abrasión de los elementos nuevos. Estas placas están construidas en aleación de aluminio denominada Al 6061 de uso nuclear [1]. En este trabajo se investiga la resistencia a la corrosión de un determinado revestimiento metálico sobre dicho material empleado como sustrato. La deposición de níquel sobre la aleación de aluminio se realiza sin el empleo de ningún tipo de revestimiento intermediario (tales como microcapas de Zn o Cu).

## 2. CORROSIÓN: INTRODUCCIÓN

La corrosión hace referencia a reacciones químicas espontáneas [2] que producen la pérdida o conversión a otro compuesto de capas superficiales de un sólido en contacto con un fluido. El sólido, por lo general, es un metal y el fluido es agua o solución acuosa. [3] Debido al tremendo costo por daños que puede generar, la corrosión es, y seguirá siendo, el objetivo de estudios extensos especialmente apuntando a la minimización de los costos económicos y ambientales a valores aceptables. [4]

La protección anticorrosiva de determinados materiales metálicos de importancia industrial se logra cubriendo la pieza de interés con una capa de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$  de un material cuya resistencia a la corrosión es superior que la del elemento a proteger, por su comportamiento electroquímicamente más noble.

## 3. EL REVESTIMIENTO

Desde su invención en 1946 por Brenner y Riddell, el proceso de deposición electroless de las aleaciones de níquel ha sido modificado para lograr resolver las diversas necesidades planteadas en la industria. La técnica de deposición de Ni utilizando hipofosfito como agente reductor logra recubrimientos de aleaciones de Ni-P en diversas proporciones de fósforo (dependiendo de las condiciones en que se realiza el depósito) de considerable dureza y gran inercia química.

Los revestimientos hechos con la aleación Ni-P poseen muy buenas características, las cuales han encontrado un gran número de aplicaciones en muchos campos de la industria. Entre sus rasgos principales resaltan alta resistencia a la corrosión, gran resistencia al desgaste, buena lubricación, gran dureza y ductilidad aceptable.

De acuerdo al contenido de fósforo, las deposiciones que se logran en el proceso electroless se clasifican en: depósitos con bajo contenido (1 – 5 % en peso); medio (5 – 8 % en peso) y alto (más de 9 % en peso). Estos depósitos distintos presentan propiedades físico-químicas diferentes. Los depósitos hechos con bajo contenido en fósforo están compuestos por una mezcla de níquel microcristalino y amorfo, pero cuando el contenido en fósforo es alto se forma una microestructura totalmente amorfa. Estas últimas tienen una mayor resistencia a la corrosión debido a que el depósito no presenta ningún tipo de inhomogeneidad, defecto o camino de corrosión preferencial como se da en el caso de los bordes de grano en los materiales cristalinos. Esto asegura la formación de un film pasivo altamente protector y uniforme.

La porosidad del depósito de Ni electroless se controla a partir de variables relacionadas a las condiciones superficiales del sustrato. Cuanto más uniforme se encuentre la superficie de una muestra, menor será el número de poros obtenidos sobre el recubrimiento. Además, es fundamental la limpieza del sustrato previa a la deposición.

Una vez acondicionadas y limpias las superficies a depositar el recubrimiento, se realiza un tratamiento térmico al sustrato a 300°C para aliviar tensiones del material. Posteriormente se procede a la deposición de la aleación Ni-P y finalmente se lleva a cabo un nuevo tratamiento térmico a 160°C para liberar el hidrógeno que queda en la estructura. Este tratamiento térmico no debe ser prolongado ni a temperatura excesiva ya que no se desea que la estructura amorfa del recubrimiento evolucione a una más ordenada.

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL REVESTIMIENTO

En este trabajo se estudian comparativamente tres tipos de muestras de Al 6061 recubiertas con la aleación Ni-P con distintos contenidos de este último elemento (bajo, medio y alto) para analizar su respuesta a diversos ensayos y poder establecer una correlación. A modo de patrones de comparación, se realizan los mismos estudios frente al sustrato sólo de Al 6061 y frente también a una muestra de Vitrovac 0080, material amorfo conformado por Ni en un alto grado de pureza.

#### 4.1. Análisis químico

Para la determinación del contenido de fósforo de las muestras se empleó el método químico del fosfomolibdato de amonio. En él, se disuelve el recubrimiento de la muestra con ácido nítrico, se oxidan todas las formas presentes del fósforo a fosfato con permanganato de potasio. Posteriormente, con los reactivos adecuados se precipita el fósforo como fosfomolibdato de amonio. Se procede a la disolución del precipitado, una vez filtrado, con hidróxido de sodio y finalmente se realiza una titulación del exceso de la base con ácido clorhídrico.

#### 4.2. Técnicas electroquímicas: Voltamperometría de barrido lineal.

La mayoría de los fenómenos de corrosión, son de naturaleza electroquímica y consisten en reacciones sobre la superficie del metal que se corroe. Más aún, los métodos de ensayos electroquímicos pueden usarse para la caracterización de los mecanismos de corrosión y para predecir las velocidades de corrosión. [5]

Todas las experiencias electroquímicas tanto de barrido lineal como cíclico que se informan en el presente trabajo fueron realizadas en un potenciostato Autolab PGSTAT 30 empleando solución de NaCl al 3,5% (P/P) y se usa el arreglo de tres electrodos (de trabajo, de referencia y contraelectrodo). Como electrodo de referencia se utiliza un electrodo de calomel saturado ubicado dentro de un capilar de Luggin. Como contraelectrodo se usa un alambre de platino policristalino. A cada muestra se le deja expuesta un área conocida para el cálculo de la densidad de corriente y el resto de la superficie se recubre con resina epoxi para evitar el contacto con el medio.

##### 4.2.1. Determinación de la velocidad de corrosión.

Cuando sobre un electrodo están ocurriendo varias reacciones, como es el caso de un metal que se corroe, las relaciones entre corrientes y sobrepotenciales sigue una ley del tipo de la ecuación de Butler-Volmer (1), donde  $i_{corr}$  es la densidad de corriente de corrosión y los sobrepotenciales ( $\eta$ ) están medidos respecto del potencial de corrosión del sistema ( $E_{corr}$ ) y del potencial aplicado. [6]

$$i = i_+ + i_- = i_{corr} \left( e^{\frac{2.303}{b_a} \eta} - e^{-\frac{2.303}{b_c} \eta} \right) \quad (1)$$

$$\eta = E - E_{corr} \quad (2)$$

donde  $i$  es la densidad de corriente medida,  $i_+$  es la densidad de corriente anódica,  $i_-$  es la catódica,  $b_a$  es la pendiente de Tafel anódica y  $b_c$  es la catódica,  $\alpha$  es el coeficiente de transferencia. Las pendientes de Tafel se definen como:

$$b_a = \frac{2.303RT}{\alpha_a nF} \quad (3)$$

$$b_c = -\frac{2.303RT}{\alpha_c nF} \quad (4)$$

La densidad de corriente que fluye al potencial de corrosión o potencial de circuito abierto ( $E_{corr}$ ) se denomina densidad de corriente de corrosión ( $i_{corr}$ ) y está directamente relacionado con la constante de velocidad de reacción del electrodo.

La velocidad de corrosión depende de la cinética tanto de la reacción anódica (oxidación) como de la catódica (reducción). De acuerdo a la Ley de Faraday, existe una relación lineal entre la velocidad de disolución del metal (o corrosion rate,  $R_M$ ) y la corriente de corrosión  $i_{corr}$ :

$$R_M = \frac{M}{zF\rho} i_{corr} \quad (5)$$

donde  $M$  es el peso atómico del metal,  $\rho$  es la densidad del mismo,  $z$  es el número de electrones intercambiados en la reacción de disolución y  $F$  es la constante de Faraday,  $F = 96485$  C/mol. Esta ecuación transforma la  $i_{corr}$  (dato obtenido experimentalmente en laboratorio) en una velocidad lineal de ataque corrosivo considerando que el electrodo está sufriendo corrosión generalizada. La gran ventaja es que se puede estimar la velocidad del ataque (o el tiempo que determinado material puede resistir en ciertas condiciones de servicio y operación) a partir de un simple y corto ensayo electroquímico en laboratorio.

#### 4.2.2. Determinación de la Resistencia de Polarización

Se define como Resistencia de polarización ( $R_p$ ) a la pendiente de la curva de polarización al potencial de corrosión, es decir, para  $\eta=0$ , a:

$$\left. \frac{\partial i}{\partial \eta} \right|_{\eta=0} = \frac{1}{R_p} = i_{corr} 2.303 \frac{b_a + b_c}{b_a \cdot b_c} \quad (6)$$

La resistencia de polarización se define como la resistencia de una muestra a la oxidación durante la aplicación de un potencial externo. La velocidad de corrosión está directamente relacionada a esta variable.

#### 4.3. Técnicas electroquímicas: Voltamperometría cíclica.

Esta técnica mide la tendencia de una muestra a sufrir corrosión por el mecanismo de picado o pitting en sistema dado metal – solución. [7] Se aplica un barrido de potencial comenzando en el potencial de corrosión ( $E_{corr}$ ) y se continúa en la dirección positiva (anódica) hasta que sobreviene un incremento determinado en el valor de la corriente. El potencial al cual ocurre dicho incremento se denomina como potencial de picado ( $E_{pitt}$ ). Cuando el barrido llega a un valor de densidad de corriente dado por el usuario, se invierte el sentido del barrido de potencial hacia la izquierda (catódica). Por lo general se forma un ciclo de histéresis en la gráfica cuya área es representativa de la tendencia a sufrir pitting de esa muestra. El potencial al cual el loop se cierra en el barrido inverso se denomina potencial de protección o de repasivación ( $E_{pro}$ ). Si el loop no cierra,  $E_{pro}$  puede estimarse extrapolando el barrido de vuelta a corriente cero.

Si  $E_{pitt}$  y  $E_{pro}$  tienen el mismo valor, habrá una pequeña tendencia del material a sufrir picado. Si  $E_{pro}$  es positivo (más anódico) que  $E_{pitt}$ , no habrá tendencia al picado por parte del material. Si  $E_{pro}$  es negativo respecto a  $E_{pitt}$  (más catódico), el picado *podría* ocurrir. Generalmente, el barrido inverso tiene lugar a valores de corrientes superiores respecto de los del barrido hacia delante. A un potencial entre medio de los mencionados, se propaga el fenómeno de pitting, pero no aparecen nuevos puntos de picado. [8]

#### 4.4. Microscopía Electrónica de Barrido

Las muestras se sometieron a microscopía electrónica de barrido para la caracterización del recubrimiento de las mismas, observando no sólo el corte de las muestras, sino también el aspecto superficial. Las características que se buscan son la presencia de granos, poros y/o fallas en el revestimiento y el acabado superficial. Cada muestra fue pulida con discos abrasivos de grano 240, 320, 400 y 600 y posteriormente con pasta de diamante hasta 1  $\mu\text{m}$ . Para el ataque químico se empleó Nital al 2% (ácido nítrico y alcohol) durante 1 minuto, luego se lavaron las muestras con alcohol al 96% y finalmente se secaron mediante la aplicación de calor.

#### 4.5. Ensayo de difracción de Rayos X

Con el objeto de encontrar características de cristalinidad en el revestimiento se realizó una serie de ensayos de difracción de rayos X a las muestras. Se realizó un barrido en 2 theta desde 10 a 90°.

#### 4.6. Determinación de microdureza

Otro parámetro industrialmente relevante de este tipo de revestimientos es la microdureza debido a que indica integridad de mismo en condiciones de servicio.

### 5. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 5.1. Análisis químicos

Los resultados de los ensayos químicos indicaron que la composición de las muestras con bajo contenido de fósforo contienen en promedio 4,2 % de fósforo; las de medio contenido 7,3 % y las de alto contenido 9,6 %.

#### 5.2. Voltamperometría de barrido lineal

Para cada una de las series de muestras con contenido de fósforo diferente se obtuvo el gráfico semi-logarítmico de densidad de corriente en función del potencial aplicado que se muestra en la figura 2.

Los datos que se extraen característicos de cada una de las muestras son: potencial de corrosión ( $E_{\text{corr}}$ ), densidad de corriente de corrosión ( $i_{\text{corr}}$ ), velocidad de corrosión ( $R_M$ ) y resistencia a la polarización ( $R_p$ ). Todos ellos se muestran en la tabla I.

Seguidamente, se presentan en las figuras 3 y 4 con las correlaciones de los valores particulares obtenidos en función al porcentaje de fósforo de la muestra.

### 5.3. Voltamperometría cíclica

Los resultados obtenidos en este ensayo para las muestras conteniendo diferentes porcentajes de fósforo se muestran en el gráfico 5 donde se representa la densidad de corriente en función del potencial aplicado.

La principal información lograda con este ensayo,  $E_{\text{pitt}}$ ,  $E_{\text{pro}}$  y áreas relativas de los loops de histéresis se muestran en la tabla II. Nótese que en todos los casos el  $E_{\text{pitt}}$  es mayor que el  $E_{\text{pro}}$ .

En la figura 6 se muestra la variación del área relativa de cada loop de histéresis para muestras con diverso contenido de fósforo.

### 5.4. Microscopía Electrónica de Barrido

Las imágenes obtenidas por SEM se muestran en las figuras 7 a 11. En todas las imágenes que se presentan el área gris oscura corresponde al sustrato de Al 6061 y la porción gris clara a la del recubrimiento Ni-P. En ellas se observa la ausencia de poros en los recubrimientos lo que indica la aptitud del mismo para protección anticorrosiva debido a que actúa como una barrera física. Los distintos mecanismos de corrosión se propagan a través de los bordes de granos que es la zona de mayor energía libre por ser la zona donde se acumulan todos aquellos elementos que no conforman el grano de una estructura cristalina. Para el caso de los recubrimientos Ni-P la estructura es amorfa.

Tampoco se advierten poros o fisuras en el recubrimiento por donde pudieran ingresar agentes corrosivos y afectar el material que esta siendo protegido.

La adherencia entre el sustrato y la protección anticorrosiva queda puesta de manifiesto al observar en cada una de las muestras para cualquier contenido de fósforo.

Los espesores de las capas de recubrimiento Ni- P que se muestran en las figuras 7 a 9 son, respectivamente: figura 7: 112  $\mu\text{m}$ ; figura 8: 80  $\mu\text{m}$ ; figura 9: 73  $\mu\text{m}$ .

En las figuras 10 y 11 se presentan correspondientemente un detalle de la capacidad de rellenado de fisuras que tiene el revestimiento y uno del acabado superficial de la muestra recubierta.

### 5.5. Difracción de rayos X

Los picos de los patrones de difracción que se muestran en la figura 12 son anchos lo que nos está indicando una estructura amorfa en concordancia con lo advertido en las imágenes de SEM.

En la figura 13 se compara una muestra de Vitrovac 0080 y de la aleación Ni-P de bajo contenido en este último elemento. Como puede observarse, la primera muestra posee un grado de cristalinidad superior que la muestra con Ni-P.

### 5.6. Determinación de microdureza

Los resultados de microdureza obtenidos para las muestras estudiadas se dan en la tabla III. Se dan los valores de dureza Rockwell C y su equivalente en dureza Vickers.

## 6. CONCLUSIONES

- A medida que aumenta el contenido de fósforo de las muestras el comportamiento anticorrosivo mejora.
- De los materiales estudiados y observando el  $E_{\text{corr}}$ , la muestra de Al con mayor contenido de fósforo es la más noble.
- Todas las muestras examinadas tienen cierta tendencia a sufrir corrosión por pitting.
- Con el aumento del contenido de fósforo, el sistema se vuelve más estable electroquímicamente, presenta mayor integridad frente a los cambios de potencial debido a que la diferencia entre  $E_{\text{pitt}}$  y  $E_{\text{corr}}$  es mayor.
- La tendencia a sufrir corrosión por picado disminuye con el contenido de fósforo de las muestras.
- La adherencia y ausencia de orden cristalino y de poros en la estructura no varían con el contenido de fósforo tal como se verifican en las imágenes de SEM y en los ensayos por difracción de rayos X.
- La capacidad de revestimiento y cubrimiento de geometrías complicadas de la aleación Ni-P es excelente.

7. FIGURAS Y TABLAS

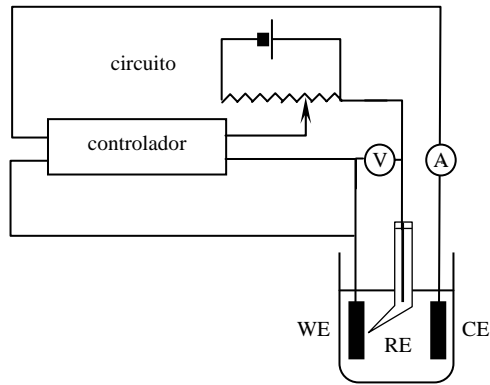


Figura 1: Esquema del circuito empleado para las experiencias electroquímicas.

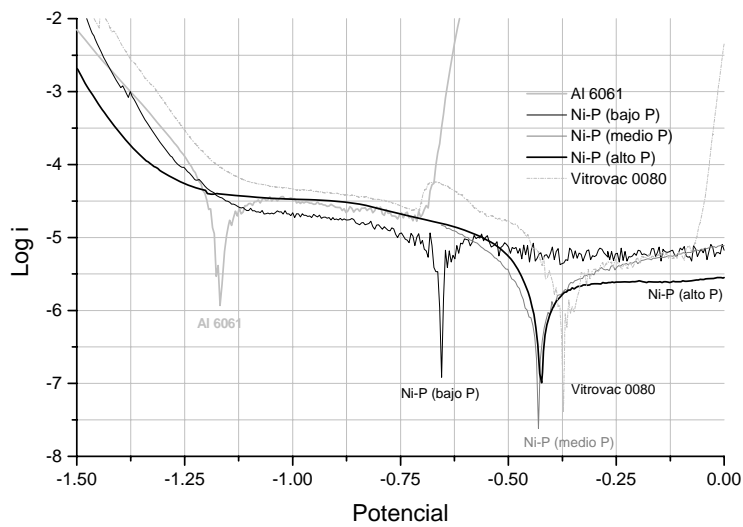


Figura 2: Comparación de voltagramas de barrido lineal para muestras con diferente contenido de fósforo y para el sustrato

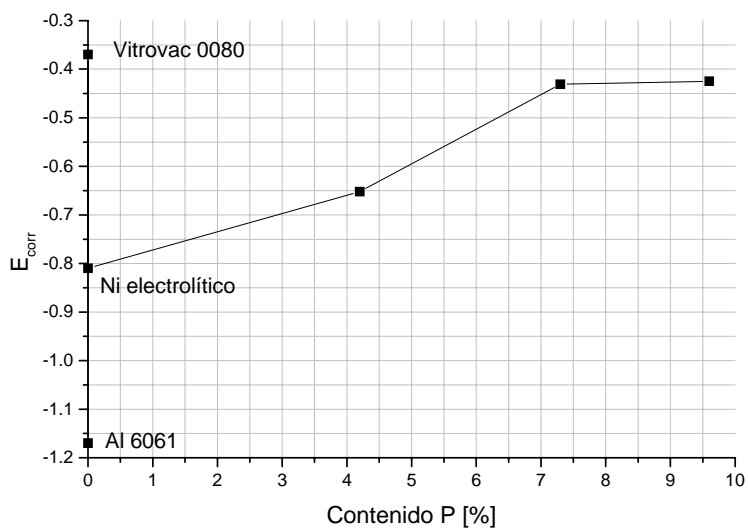


Figura 3: Potencial de corrosión ( $E_{corr}$ ) para muestras con diferente contenido de fósforo y para el sustrato

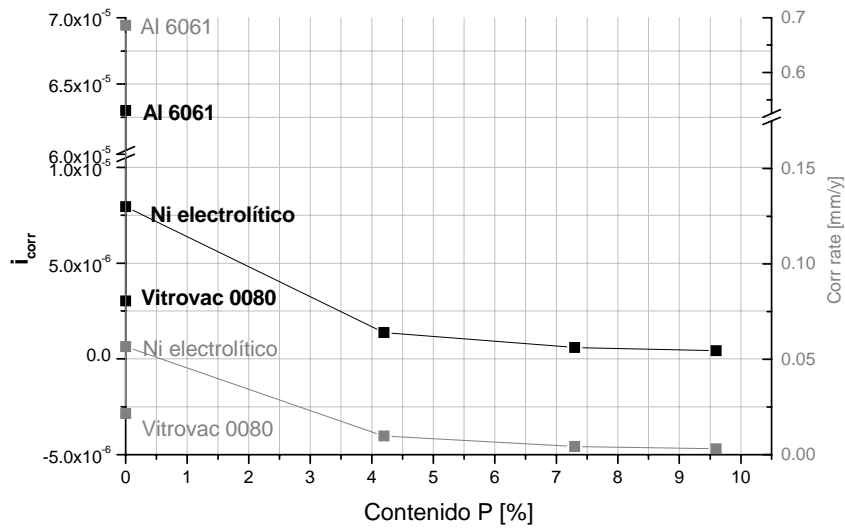


Figura 4: Densidad de corriente de corrosión ( $i_{corr}$ ) y velocidad de corrosión  $R_M$  para muestras con diferente contenido de fósforo

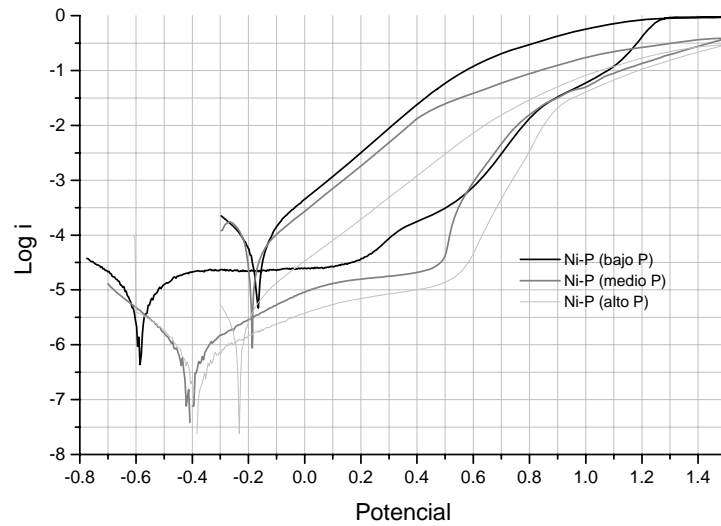


Figura 5: Comparación de voltagramas cíclicos para muestras con diferente contenido de fósforo

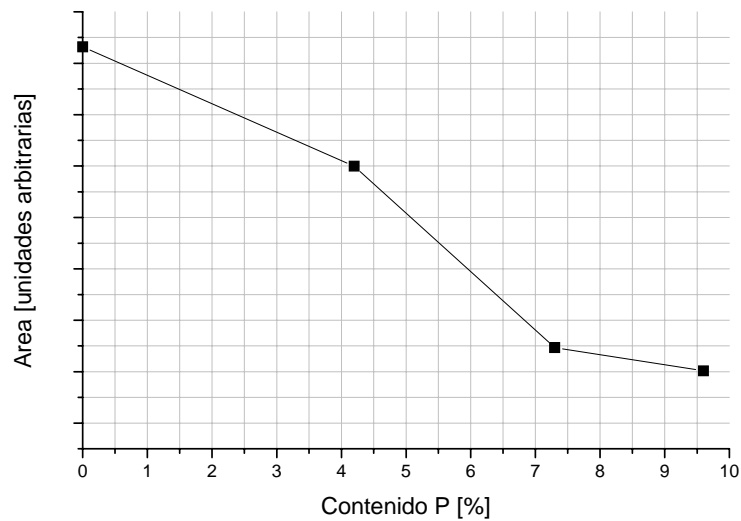
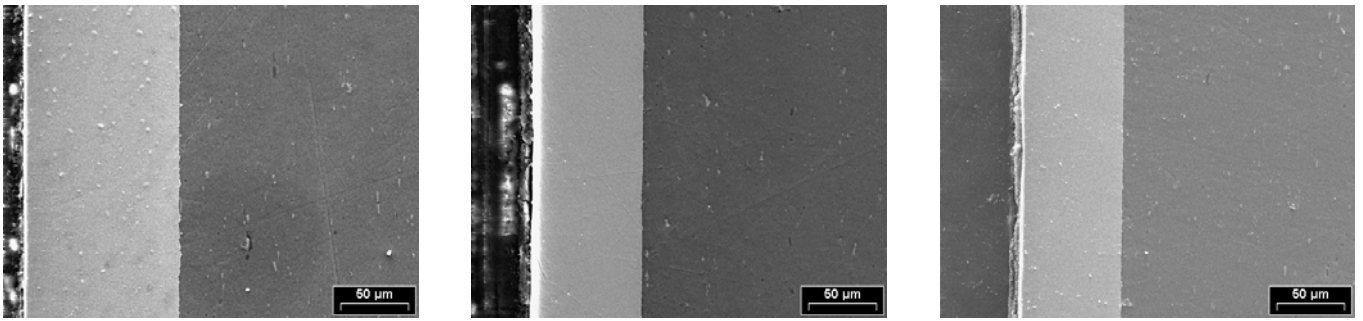
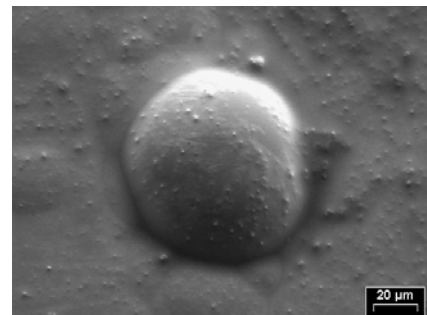
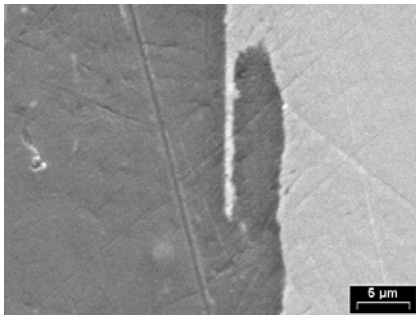


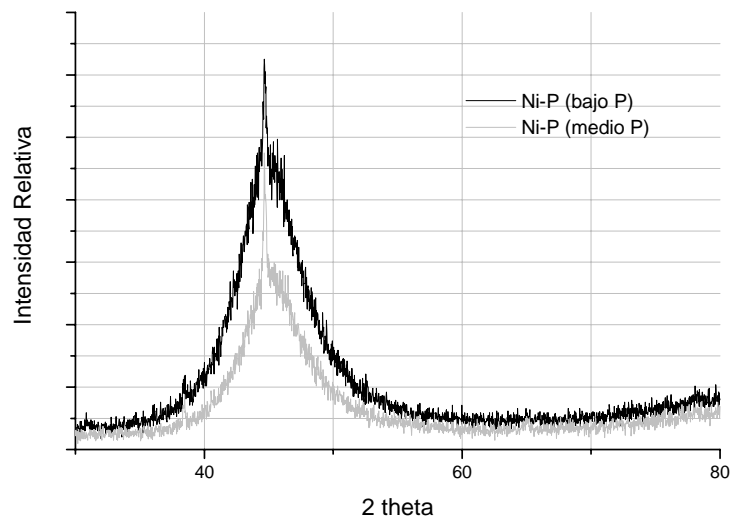
Figura 6: Areas relativas del loop de histéresis para muestras con diferente contenido de fósforo y para Vitrovac 0080



**Figura 7, 8 y 9: Micrografía SEM del corte de una muestra con bajo, medio y alto contenido de fósforo respectivamente.**

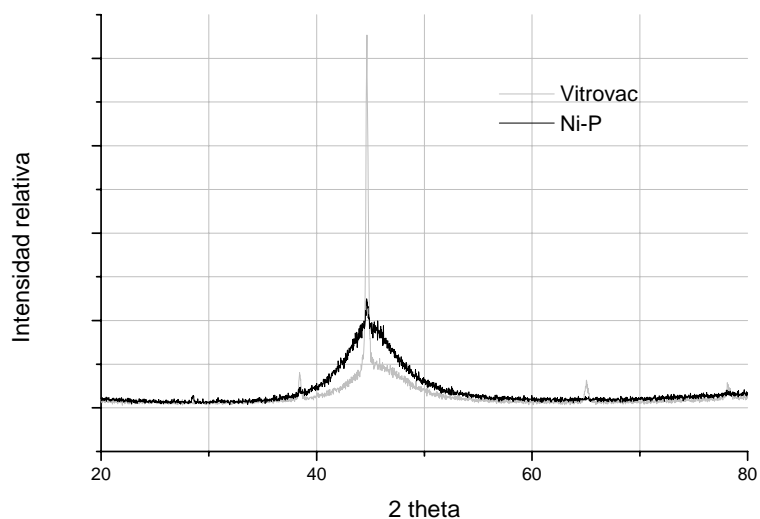


**Figura 10 y 11: Micrografía SEM mostrando la penetración del recubrimiento en geometrías difíciles y un detalle del acabado superficial respectivamente**



**Figura 12: Difractograma de rayos X para muestras con bajo y medio contenido de fósforo**





**Figura 13: Difractograma de rayos X comparativo de muestras de Ni con y sin presencia fósforo**

**Tabla I. Valores característicos obtenidos por la voltamperometría de barrido lineal**

Muestra	$E_{corr}$ [V]	$i_{corr}$ [A/cm <sup>2</sup> ]	$R_M$ [mm/y]	$R_p$ [Ω]
Sustrato Al 6061	-1,17	$6,30 \cdot 10^{-5}$	$6,86 \cdot 10^{-1}$	$1,19 \cdot 10^4$
Vitrovac 0080	-0,37	$3,02 \cdot 10^{-6}$	$2,15 \cdot 10^{-2}$	$1,98 \cdot 10^5$
Ni-P (bajo P)	-0,65	$1,37 \cdot 10^{-6}$	$9,87 \cdot 10^{-3}$	$1,72 \cdot 10^4$
Ni-P (medio P)	-0,43	$5,97 \cdot 10^{-7}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$	$1,08 \cdot 10^5$
Ni-P (alto P)	-0,42	$4,29 \cdot 10^{-7}$	$3,06 \cdot 10^{-3}$	$1,22 \cdot 10^5$

**Tabla II. Valores característicos obtenidos por la voltamperometría cíclica**

Muestra	$E_{corr}$ [V]	$E_{pitt}$ [V]	$E_{pro}$ [V]	Area relativa
Sustrato Al 6061	-1,17	-0,69	-0,78	---
Vitrovac 0080	-0,37	0,18	-0,16	3,66
Ni-P (bajo P)	-0,65	0,12	-0,16	2,50
Ni-P (medio P)	-0,43	0,48	-0,18	0,73
Ni-P (alto P)	-0,42	0,51	-0,22	0,51

**Tabla III. Valores de microdureza para muestras con diferente contenido de fósforo**

Dureza	Ni-P (bajo P)	Ni-P (medio P)	Ni-P (alto P)
Rockell C	55,4	55,3	55,7
Vickers	605	603	610

## 8. REFERENCIAS

1. American Society for Metals. *Source Book on Selection and Fabrication of Aluminum Alloys*. Ohio. (1978), pág. 24
2. Bockris, J. Reddy, A. *Electroquímica Moderna*. Ed. Reverté S.A. Barcelona (1979), pág. 1346.
3. Villullas, H. Ticianelli, E. Macagno, V. González, E. *Electroquímica*. Ed. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. (2000), pág. 170
4. Brett, C. Brett, A. *Electrochemistry. Principles, Methods and Applications*. Oxford University Press. USA. (2002), pág. 353
5. Bard, A. Faulkner, L. *Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Inc. USA. (1980), pág. 56
6. Galvele, J. Duffó, G. *Procesos de Corrosión*. UNSAM – CNEA, Buenos Aires (2004), pág. 4.24
7. Linden, D. *Handbook of Batteries*. Mc Graw-Hill, Inc. USA. (1995), pág. 2.19
8. Princeton Applied Reserchers – Electrochemical Instruments Division. *Electrochemistry and Corrosion. Overview and Techniques*. USA (2000), pág. 9

### **Título en Inglés:**

## **STUDY OF ANTICORROSIVE BEHAVIOUR ON Al 6061 SAMPLES COVERED WITH Ni – P ALLOYS OBTAINED BY AUTOCATALYTIC METHOD**