

DETERMINACION DE VELOCIDAD DE CORROSION  
DE ALEACIONES DENTALES MEDIANTE RESISTENCIA  
DE POLARIZACION (Rp)\*

Cárdenas Z. Pablo<sup>1</sup>; Salas C. Ricardo<sup>1</sup>; Díaz T. Isabel<sup>1</sup>; Fosca P. Carlos;<sup>1</sup>  
Beltrán A. Cecilia<sup>2</sup>; Garagatti G. Román<sup>2</sup>; Wong Ch. Zelig<sup>2</sup>; Saravia R. Miguel<sup>2</sup>.

RESUMEN

En la práctica odontológica se utilizan aleaciones diversas como sustitutas al oro, dado el alto costo de éste; entre estas aleaciones existe un tipo muy difundido en uso: las aleaciones a base de cobre, las cuales se dividen en aleaciones cobre-aluminio y cobre-zinc.

Una mayoría significativa de odontólogos utiliza estas aleaciones debido a su bajo costo, siendo por esto de suma importancia realizar investigaciones que permitan un conocimiento más claro y preciso de la microestructura de estos materiales así como de su resistencia frente a la corrosión. Para estudiar dicho comportamiento es apropiado el uso de un método potencioestático de aplicación sencilla, el de Resistencia de Polarización (Rp).

---

\* Los aspectos relevantes desde el punto de vista odontológico de este trabajo fueron motivo de su presentación en la 55ª Reunión Anual de la Academia de Estomatología del Perú y II Reunión Anual de la Asociación Internacional de Investigación Dental - Sección Perú (nov. 1992).

1. Laboratorio de Corrosión - Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú.
2. Facultad de Estomatología. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

El procedimiento se basa en la linealidad de las curvas de polarización en un pequeño entorno del valor de potencial de reposo en un sistema, teniendo la pendiente de la curva, relación con la velocidad de corrosión. Y su aplicación exige hallar ciertos parámetros adecuados para su desarrollo.

El método  $R_p$  permitió medir el grado de corrosión en aleaciones dentales en un medio salino (saliva artificial), siendo importante el uso de este método debido a que utiliza una técnica electroquímica, rápida y a la vez cuantitativa y fiable.

Adicionalmente, el análisis metalográfico de estas aleaciones permitió identificar las fases y constituyentes presentes en las microestructuras, con lo que se logró un mejor conocimiento de las características de las aleaciones estudiadas.

## DETERMINACION DE VELOCIDAD DE CORROSION DE ALEACIONES DENTALES MEDIANTE RESISTENCIA DE POLARIZACION ( $R_p$ ).

### I. INTRODUCCION

La técnica de Resistencia de Polarización es un método potencioestático al cual dieron forma en 1957 Stern y Geary [1]. La linealidad de las curvas de polarización en un pequeño entorno del valor del potencial de reposo en un sistema es la base de esta técnica electroquímica que permite obtener resultados en forma rápida, cuantitativa y confiable.

Con el objeto de estimar velocidades de corrosión electroquímica que permitan un conocimiento más claro y preciso del comportamiento corrosivo de aleaciones metálicas utilizadas en la práctica odontológica, se realizaron medidas de resistencia de polarización ( $R_p$ ) de probetas de diferentes tipos de estas aleaciones en saliva artificial.

La importancia de realizar estas investigaciones radica en que el proceso de corrosión es más complicado cuanto menos homogénea sea la aleación y más complejo el medio circundante. Depende de la composición, estado físico y estado superficial del metal, así como de los componentes químicos del medio. Esto implica tener un conocimiento claro de los factores que intervienen en el proceso debido a que los productos de corrosión se han encontrado en las superficies de las aleaciones y en los alrededores de los tejidos blandos

y duros. Estos productos de corrosión pueden interferir con diferentes reacciones bioquímicas del cuerpo por vía sanguínea. Así mismo, restauraciones metálicas de diferente composición colocadas conjuntamente en la cavidad bucal pueden desencadenar diferencias de potencial, provocando reacciones electrogalvánicas teniendo como consecuencia dolores, leucoplasias, glositis, queilitis y problemas neurológicos, además de muchos otros trastornos orgánicos que se producen por depósitos de los productos de corrosión en diferentes áreas del cuerpo.

## II. PROCEDIMIENTO

Los materiales estudiados (aleaciones de uso en la práctica odontológica) son identificados como: DC; ID; OC; OP; GL, y cumplen con la composición química mostrada en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química de las aleaciones estudiadas

ALEACION	%Cu	%Al	%Ni	%Zn	%Mn	%Fe	%Otros
DC	81,6	8,3	4,1	—	1,2	3,9	—
ID	85,2	8,5	4,8	—	—	—	1,5
OC	82,4	9,0	4,6	—	—	—	3,0
OP	52,3	0,9	<0,001	46,9	—	—	—
GL	74,9	6,0	4,5	14,1	—	—	1,5

### Elaboración de las muestras:

Los especímenes fueron elaborados en el Laboratorio Dental de la Universidad Peruana Cayetano Heredia siguiendo las recomendaciones del fabricante, llevándose a cabo los siguientes procedimientos para su confección:

- 1.- Encerado: se confeccionó el patrón de cera.
- 2.- Revestido: se revistió el patrón con yeso, dejándolo fraguar.
- 3.- Recalentamiento del cilindro y el crisol refractario en un horno a 300°C durante 30 minutos. Luego se continuó elevando la temperatura hasta 700°C manteniéndose constante por una hora.

- 4.- Calentamiento del metal: en una centrifuga se colocó el crisol refractario caliente, donde se colocó la aleación y mediante el uso de un soplete se le dio a toda la superficie del metal un calentamiento uniforme.
- 5.- Colado: al llegar el metal al rojo vivo antes de que pierda su forma, conservando la llama sobre el metal se retiró del horno el cilindro y se le posicionó en la centrifuga. Al desmoldarse el material se liberó la centrifuga.
- 6.- Enfriamiento y desmoldado: se retiró el colado de la centrifuga y se dejó enfriar.

Fueron obtenidos especímenes de 2 mm de espesor por 15 mm de diámetro aproximadamente; sin embargo, no eran del todo homogéneos, pues presentaban pequeños poros en la superficie.

### Electrólito de ensayo:

El electrolito utilizado para el estudio electroquímico de las aleaciones mencionadas ha sido saliva artificial, preparada en el Laboratorio de Corrosión PUCP a partir de la composición química dada en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición del medio de ensayo

Saliva Artificial	(g/L)
NaCl	0,400
KCl	0,400
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,795
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,690
Na <sub>2</sub> S. 9H <sub>2</sub> O	0,0005
Urea	1,000
pH de la solución: 5,2	

En la composición de la saliva artificial figura el reactivo NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, pero no habiendo sido posible conseguir este reactivo en el mercado nacional, ha sido sustituido por KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, no esperándose una variación significativa debida a este cambio. Todos los reactivos fueron de alta pureza (especificación: p.a.);

## Preparación de la superficie de las muestras:

La preparación fue similar a la realizada para el análisis metalográfico, en dos etapas:

- 1.- Desbaste: papel abrasivo de granulometría 120, 180, 240, 320, 600 y 1200.
- 2.- Pulido: utilizando alúmina  $\alpha$ , de tamaño promedio 1 micra.

## III. ENSAYOS ELECTROQUIMICOS

### Equipos utilizados:

- Potenciostato Wenking LT-87 GBE
- Multímetro digital Keithley - Modelo 175
- Celda electroquímica
- Celda de referencia
- Electrodo de calomelanos saturado
- Electrodo auxiliar de platino
- Conexiones mediante mordazas y cables
- Sistema de desaireación mediante gas nitrógeno.

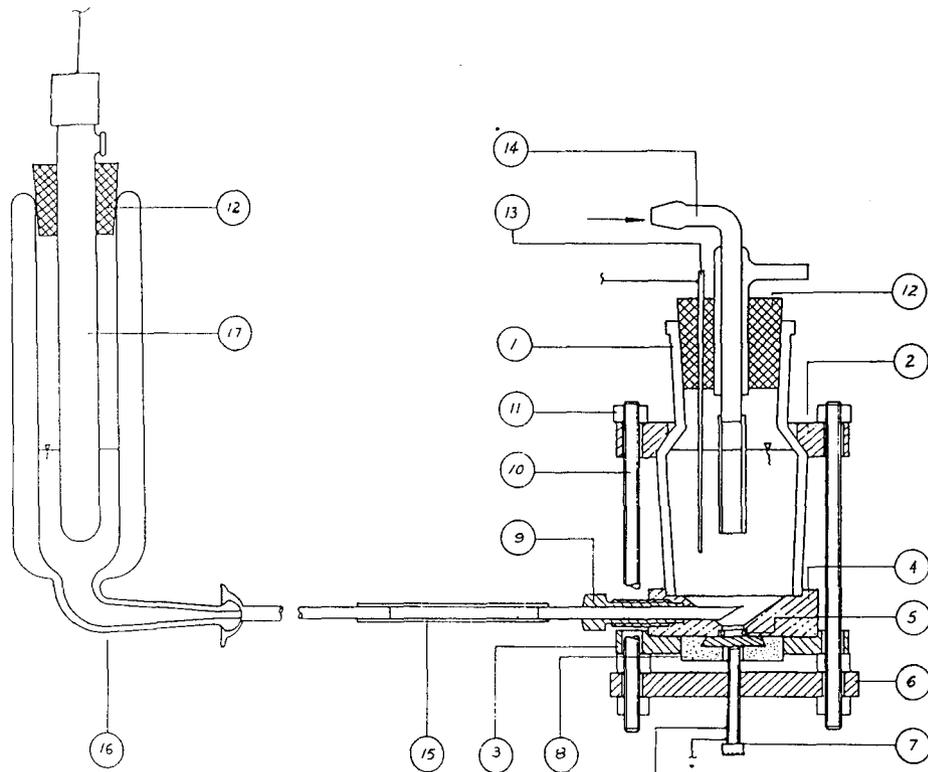
La instalación del sistema de trabajo fue tal como se describe en la Figura 1.

### Procedimiento en los ensayos:

- i) Estabilización del potencial de reposo ( $E_{\text{corr}}$ ).
- ii) Polarización de  $-10\text{mV}$  respecto a  $E_{\text{corr}}$  hasta estabilización de corriente (registro de valores de corriente cada 30 segundos) ( $I_c$ ).
- iii) Estabilización de  $E_{\text{corr}}$  (sobre superficie nueva).
- iv) Polarización de  $+10\text{mV}$  respecto a  $E_{\text{corr}}$  ( $I_a$ ).  
Área de superficie ensayada (constante):  $0,23 \text{ cm}^2$ .

### Cálculo de la velocidad de corrosión ( $I_{\text{corr}}$ ):

A partir de los resultados de intensidad de corriente catódica ( $I_c$ ) y de corriente anódica ( $I_a$ ) se calculó la intensidad de corriente promedio ( $I_{\text{prom}}$ ). Teniendo en cuenta el área de superficie ensayada, se calculó la densidad de corriente promedio ( $i_{\text{prom}}$ ).



17	ELECTRODO DE CALOMEL SATURADO
16	CELDA DEL ELECTRODO DE REFERENCIA
15	PUNTE SALINO
14	CONECTOR DE VACIO
13	CONTRAELECTRODO DE PLATINO
12	TAPON DE GOMA
11	TUERCA
10	ESPARRAGO
9	TORNILLO SELLADOR
8	BRIQUETA
7	TORNILLO DE SUJECION
6	SOPORTE DE SUJECION
5	ANILLO TOROIDAL SELLADOR
4	BASE DE TEFLON
3	SOPORTE INFERIOR
2	SOPORTE SUPERIOR
1	CELDA DE VIDRIO
ITEM	DESIGNACION

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FIGURA Nº 1

#### IV. ANALISIS METALOGRAFICO DE LAS ALEACIONES ESTUDIADAS

Las probetas empleadas fueron preparadas por el método de colada a la cera perdida, con un diámetro de 15 mm y un espesor de 2 mm, en el Laboratorio Dental de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

##### 1) Aleación OP: (Fotografía 1)

Su composición indica que se trata básicamente de una aleación Cu-Zn. *Fases y/o constituyentes observados:* Se aprecia una matriz de fase  $\beta$  con precipitados finos de fase  $\alpha$ . El reactivo de ataque usado fue el "Klemm II". *Microdureza Vickers:* 169 HV<sub>0,1</sub>

##### 2) Aleación GL: (Fotografía 2)

*Fases y/o constituyentes observados:* Se observa solución sólida  $\alpha$  (color amarillo-verde) y el constituyente eutectoide Cu-Al (zona de color rojizo-aproximadamente 30 %), cuya morfología laminar no es resoluble a 500X. Se aprecian precipitados finos dentro del eutectoide, probablemente compuestos de Al-Ni. Por ser una aleación cuaternaria, es difícil el estudio a través de diagramas de fase binarios, debido a que no se puede analizar la influencia de cada elemento de aleación por separado. Reactivo empleado: "Klemm II". *Microdureza Vickers:* 183 HV<sub>0,1</sub>

##### 3) Aleación OC: (Fotografía 3)

Se trata de una aleación ternaria Cu-Al-Ni.

*Fases y/o constituyentes observados:* Se observa solución sólida (color claro) y el constituyente eutectoide Cu-Al (zonas oscuras); dentro de la fase se aprecian zonas de color rojizo debido a segregaciones ocurridas durante la solidificación y enfriamiento del material. Se empleó el reactivo Klemm II; porcentaje aproximado de eutectoide: 50 %. *Microdureza Vickers:* 170 HV<sub>0,1</sub>

##### 4) Aleación DC: (Fotografía 4)

*Fases y/o constituyentes observados:* Se observan los mismos constituyentes que en la aleación anterior: solución sólida (color claro) y el consti-

tuyente eutectoide Cu-Al (zonas oscuras). En este caso se empleó cloruro férrico para revelar la microestructura. Porcentaje aproximado de eutectoide: 30 %.

*Microdureza Vickers:* 137 HV<sub>0,1</sub>

### 5) Aleación ID: (Fotografía 5)

Se trata de una aleación ternaria Cu-Al-Ni, similar a OC.

*Fases y/o constituyentes observados:* También se observan los mismos constituyentes que en las aleaciones anteriores, sin embargo con diferente aspecto: agujas gruesas de solución sólida  $\alpha$  (color claro) embebidas en una matriz de constituyente eutectoide Cu-Al (zonas oscuras). La presencia de agujas posiblemente se debe a un enfriamiento diferente a las otras probetas. Reactivo empleado: Klemm II.

*Microdureza Vickers:* 205 HV<sub>0,1</sub>

## V. RESULTADOS

**Tabla 3. Material DC**

Ensayo	1	2	3	4	5
t = 10 min					t = 3 min
$i_a(\mu A)$	0,192	0,027	0,138	0,100	0,072
$i_c(\mu A)$	0,008	0,038	0,044	0,021	0,065
$i_{prom}(\mu A)$	0,100	0,032	0,091	0,061	0,0685
$i_{PROM}(\mu A/cm^2)$	0,625	0,203	0,569	0,378	0,428
$1/R_p (\Omega.cm^2) \times 10^3$	0,062	0,020	0,057	0,038	0,0428

$1/R_p/prom) (\Omega.cm^2): 0,0436 \times 10^3$

$i_{CORR} (\mu A.cm^2)$  (B1 = 12mV) : 0,523  
(B2 = 52mV) : 2,267

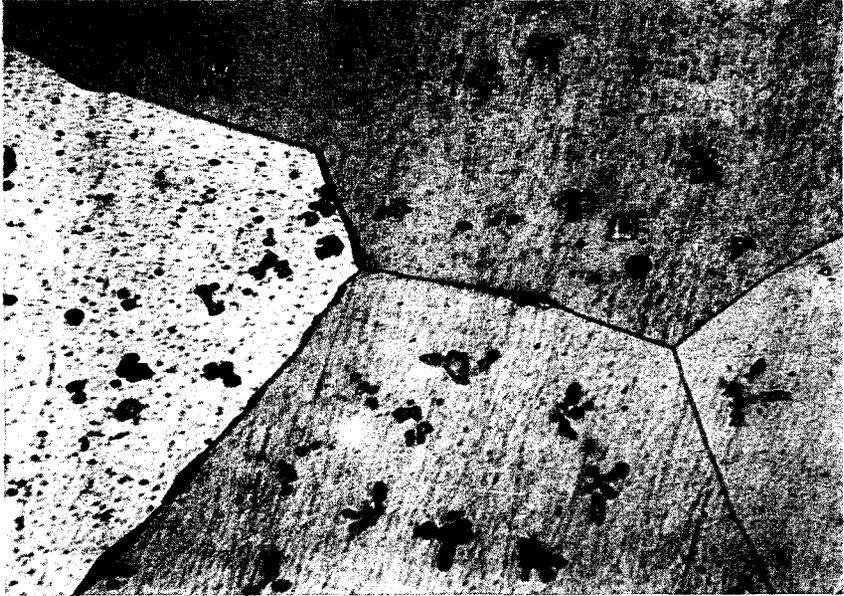


Foto 1  
Aleación OP



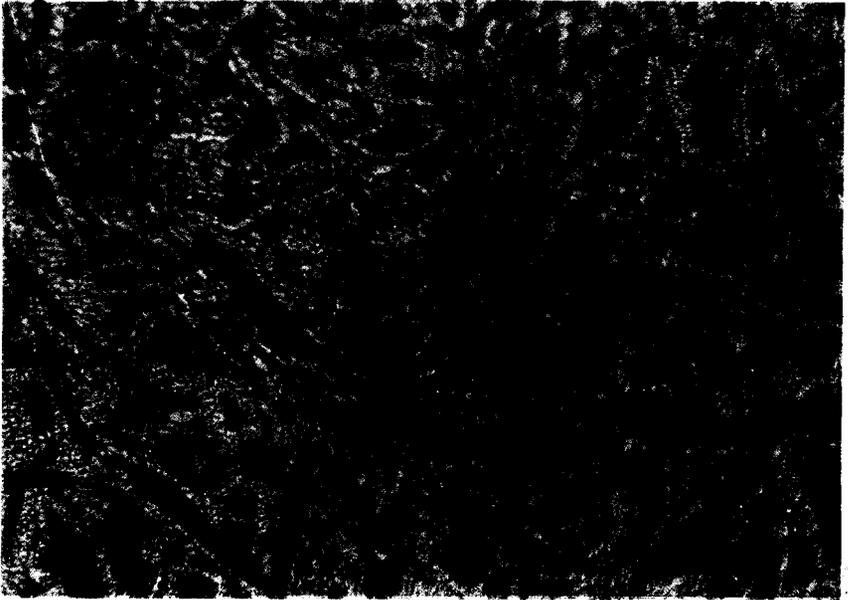


Foto 2 Aleación GL



Foto 3 Aleación OC



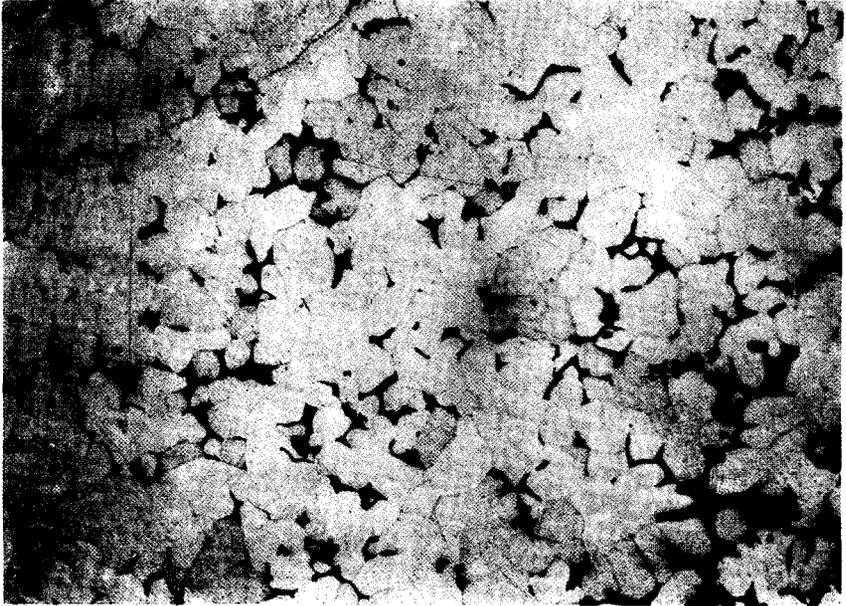


Foto 4 Aleación DC



Foto 5 Aleación ID



**Tabla 4. Material: OC**

Ensayo	1	2	3	4	5
t = 20 min					
la (μA)	0,13	0,139	0,067	0,117	0,131
lc (μA)	0,05	0,060	0,013	0,022	0,017
Iprom (μA)	0,09	0,0995	0,04	0,0695	0,074
i <sub>PROM</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	0,5625*	0,622*	0,25*	0,302	0,322
1/Rp (Ω.cm <sup>2</sup> ) x 10 <sup>3</sup>	0,056	0,062	0,025	0,030	0,032
Ensayo	6		7		8
t = 3 min					
la (μA)	0,097		0,078		0,071
lc (μA)	0,044		0,034		0,074
Iprom (μA)	0,0705		0,056		0,0725
i <sub>PROM</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	0,4406*		0,35*		0,315
1/Rp (Ω.cm <sup>2</sup> ) x 10 <sup>3</sup>	0,04406		0,035		0,0315

\* Area ensayada: 0,16 cm<sup>2</sup>

1/Rp(prom) (Ω. cm<sup>2</sup>) : 0,0394 x 10<sup>3</sup>

i<sub>CORR</sub> (μA.cm<sup>2</sup>) (B1 = 12 mV) : 0,473

(B2 = 52 mV) : 2,049

**Tabla 5. Material: ID**

Ensayo	1	2	3
t = 10 min			t = 3 min
la ( $\mu\text{A}$ )	0,102	0,102	0,181
lc ( $\mu\text{A}$ )	0,103	0,014	0,053
Iprom ( $\mu\text{A}$ )	0,0575	0,058	0,117
i <sub>PROM</sub> ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	0,359	0,3625	0,731
1/Rp ( $\Omega.\text{cm}^2$ ) x 10 <sup>3</sup>	0,0359	0,03625	0,0731

1/Rp (prom) ( $\Omega.\text{cm}^2$ ) : 0,0484 x 10<sup>3</sup>

i<sub>CORR</sub> ( $\mu\text{A}.\text{cm}^2$ ) (B1 = 12) : 0,581

(B1 = 52) : 2,52

**Tabla 6. Material : GL**

Ensayo	1	2	3	4
t = 10 min				
la ( $\mu\text{A}$ )	0,155	0,182	0,140	0,162
lc ( $\mu\text{A}$ )	0,053	0,072	0,059	0,096
Iprom ( $\mu\text{A}$ )	0,104	0,1275	0,0995	0,129
i <sub>PROM</sub> ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	0,452	0,554	0,432	0,560
1/Rp ( $\Omega.\text{cm}^2$ ) x 10 <sup>3</sup>	0,045	0,055	0,043	0,056

Ensayo	5	6
--------	---	---

t = 5 min

la ( $\mu\text{A}$ )	0,155	0,134
lc ( $\mu\text{A}$ )	0,081	0,057
Iprom ( $\mu\text{A}$ )	0,118	0,0955
i <sub>PROM</sub> ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	0,513	0,415
1/Rp ( $\Omega.\text{cm}^2$ ) x 10 <sup>3</sup>	0,0513	0,0415

1/Rp(prom) ( $\Omega.\text{cm}^2$ ) : 0,0486 x 10<sup>3</sup>

i<sub>CORR</sub> ( $\mu\text{A}.\text{cm}^2$ ) (B1 = 12 mV) : 0,583

(B2 = 52 mV) : 2,527

**Tabla 7. Material : OP**

Ensayo	1	2	3	4	5
<b>t = 30 s</b>					
la (μA)	0,148	0,098	0,046	0,153	0,070
lc (μA)	0,129	0,104	0,185	0,095	0,066
Iprom (μA)	0,1385	0,101	0,1155	0,124	0,068
i <sub>PROM</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	0,602	0,439	0,502	0,539	0,296
1/Rp (Ω.cm <sup>2</sup> ) x 10 <sup>3</sup>	0,060	0,044	0,050	0,054	0,030
Ensayo	6	7	8	9	10
<b>t = 1 min</b>					
la (μA)	0,143	0,100	0,043	0,170	0,072
lc (μA)	0,128	0,102	0,161	0,099	0,068
Iprom (μA)	0,1355	0,101	0,102	0,1345	0,07
i <sub>PROM</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	0,589	0,439	0,443	0,585	0,304
1/Rp (Ω.cm <sup>2</sup> ) x 10 <sup>3</sup>	0,059	0,044	0,044	0,059	0,0304
Ensayo	11	12	13	14	15
<b>t = 10 min</b>					
la (μA)	0,081	0,116	0,156	0,200	0,240
lc (μA)	0,043	0,125	0,062	0,071	0,092
Iprom (μA)	0,062	0,1205	0,109	0,1355	0,166
i <sub>PROM</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	0,27	0,524	0,474	0,589	0,722
1/Rp (Ω.cm <sup>2</sup> ) x 10 <sup>3</sup>	0,027	0,0524	0,0474	0,059	0,072
1/Rp(prom) (Ω.cm <sup>2</sup> )	: 0,0521 x 10 <sup>-3</sup>				
i <sub>CORR</sub> (μA.cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> (B1 = 22)	: 1,146				

**Tabla 8** Velocidades de corrosión

	$i_{CORR}$ (A.cm <sup>2</sup> )		
	B = 12 mV	B = 52 mV	B = 22 mV
DC	0,523	2,267	
OC	0,473	2,048	
ID	0,581	2,520	
GL	0,583	2,527	
OP			1,146

## VI. DISCUSION DE RESULTADOS

a) Por los valores de la intensidad (I) o densidad (i) de corriente promedio calculados para los materiales estudiados puede comprobarse que, si bien las diferencias no son de orden de magnitud, las muestras proporcionadas podrían no ser homogéneas en su composición, ya que los ensayos realizados sobre superficies nuevas en una misma muestra, arrojan resultados distintos.

Así, analizando los resultados tenemos que:

- Para el material DC (Tabla 3), las magnitudes de las corrientes anódicas, tienen la misma tendencia en todos los ensayos (excepto el N°2). Asimismo, en las corrientes catódicas se halla también coherencia entre los valores obtenidos en los diferentes ensayos (excepto el N°1). Teniendo en cuenta que las respuestas de corriente frente a una polarización anódica son más significativas en comparación a las respuestas catódicas - se descartaría el conjunto de resultados N° 2.
- Para el material OC (Tabla 4), las respuestas de corriente tanto anódicas como catódicas tienen coherencia. Pero analizando la variación de corriente durante el desarrollo de los experimentos, se encuentra que la respuesta catódica se estabiliza más pronto.  
Teniendo en cuenta, nuevamente, que la polarización anódica produce respuestas más significativas, se descartaría el conjunto de resultados N°3.

- Para el material ID (Tabla 5), se observa que presenta un comportamiento electroquímico más homogéneo. Los resultados algo distintos del Ensayo Nº 3 parecen más bien deberse a un tiempo de polarización insuficiente (estado no estacionario), observándose que la respuesta anódica estabiliza más pronto que la correspondiente catódica.
- Para el material GL (Tabla 6), las respuestas anódicas fueron siempre más significativas que las catódicas. Estabilizando la intensidad de corriente catódica más pronto que la correspondiente respuesta de corriente a la polarización anódica de + 10mV.
- Para el material OP (Tabla 7), el comportamiento es distinto, debido a la diferencia en la composición química. Se encontró que las respuestas a las polarizaciones anódicas fueron mucho mayores que las correspondientes catódicas. Y la corriente de respuesta anódica no se llega a estabilizar, sino que disminuye sólo inicialmente (hasta el primer minuto de medición), para luego continuar en permanente aumento (incluso después de 1 h de medición). Esto dificultó enormemente la elección de un tiempo de ensayo representativo, a la vez que no permite aplicar correctamente el método de resistencia de polarización para la evaluación de la velocidad de corrosión (si se aplica la polarización anódica durante mucho tiempo, a fin de obtener una estabilización de la respuesta de corriente, el potencial de corrosión varía mucho).

b) Se observó que el tiempo de polarización para obtener valores de corriente ( $I_c$ , sobre todo) estables fue variable de un material a otro, así:

- Para el material DC, el tiempo de polarización fue entre 10 a 15 minutos. Considerando que el estado estacionario alcanzado por el sistema ante un pulso de potencial aplicado suele alcanzarse en una fracción de segundo, los largos tiempos necesarios para alcanzar dicho estado pueden atribuirse a tiempos de relajación muy grandes. Debe tenerse presente este hecho, pues un prolongado mantenimiento de la polarización puede cambiar el potencial de corrosión libre durante las mediciones, lo que introduce un factor adicional de error en las determinaciones de  $R_p$ .  
Luego, por un lado es necesario prolongar el tiempo de aplicación de la polarización para alcanzar el estado estacionario y, por otro, no se puede alcanzar demasiado este tiempo a causa de la probabilidad de que otros factores indeseables perturben las medidas (variación del valor de  $E_{corr}$ ). Por tales razones, se suele escoger empíricamente un intervalo de tiempo

intermedio, aun cuando signifique tomar las medidas bajo condiciones no estacionarias y que el valor de  $R_p$  incorpore un error. De ahí los ensayos con tiempo de polarización igual a 3 minutos.

- Para el material OC, se alcanzan valores estables luego de 7 minutos aproximadamente, sin embargo, con la finalidad de comparar el comportamiento con otros materiales en estudio, se han aplicado los mismos tiempos de polarización.
- Para el material ID, similarmente a lo presentado por el material DC.
- Para el material GL, fue suficiente un tiempo de polarización de 10 minutos para obtener valores de corriente estables. Por un análisis similar al hecho para el material DC los ensayos se realizaron con un tiempo de polarización de 5 minutos.
- En el caso del material OP, si bien la respuesta catódica en general, adquiere un valor bastante estable entre los 5 y 7 minutos, la inestabilidad de la respuesta anódica no permite fijar el tiempo de ensayo apropiadamente (y es discutible la validez del método de  $R_p$  para este material, como se indicó anteriormente). Sin embargo, con la finalidad de dar algunos valores referenciales, se llevaron a cabo ensayos durante tiempos en los cuales la respuesta anódica aún iba en descenso (30 segundos y 1 minuto) y, en la misma Tabla 7 se indica los resultados para ensayos realizados a 10 minutos, observándose mayor disparidad en los resultados. Teniendo en cuenta lo mencionado en b), los valores de  $1/R_p$  promedio fueron calculados considerando el promedio de los resultados a  $t = 10$  minutos y  $t = 3$  minutos.

c) Los valores de la constante de corrosividad B, fueron extraídos de la literatura [2].

- El valor de  $B = 12\text{mV}$  corresponde al encontrado para aleaciones de composición similar a las aleaciones estudiadas, a partir de mediciones electroquímicas realizadas en electrolitos conteniendo iones cloruro a pH ácido.

El valor de  $B = 52\text{ mV}$  fue encontrado para aleaciones Cu-Al (5%) en presencia de fluidos orgánicos, lo cual sería un buen valor referencial si se quiere evaluar el caso extremo del contacto de la aleación con sustancias orgánicas durante su aplicación.

En consecuencia, se cita ambos extremos como un rango probable de velocidad de corrosión.

Para el material OP, el valor de la constante B fue tomado de la misma fuente bibliográfica, válido para aleaciones de Cu con alto contenido de Zn (aprox. 40%), en soluciones salinas. No se cuenta con valores de B, para este material, en medios orgánicos.

Si se deseara obtener valores de B experimentalmente para el medio estudiado, (saliva artificial), podría llevarse a cabo mediante el método de intersección (trazado de pendientes de Tafel).

d) Los valores de intensidad de corriente pueden considerarse bajos en términos generales. Así, debe interpretarse que la saliva no constituye un medio considerablemente agresivo para la actuación de estas aleaciones.

e) Sería interesante poder conocer la naturaleza de los elementos de aleación que cae dentro del 3,07% bajo "otros", en la composición química de los materiales.

f) Valores más exactos de la velocidad de corrosión pueden ser determinados contando con mayor número de especímenes (ensayos de Rp a diferentes tiempos de polarización, con intervalos más pequeños), asegurando que la composición de la muestra sea homogénea y determinando la constante B experimentalmente.

g) Sin embargo, es totalmente válido considerar los resultados de este estudio como una aproximación aceptable, teniendo en cuenta las fuentes de error antes mencionadas.

h) Mediciones en atmósfera inerte (Nitrógeno): Para eliminar concentración de oxígeno como parámetro y poder comparar resultados con otros estudios. Resultaría interesante llevar a cabo estudios bajo concentración de oxígeno controlada, la cual ayuda a la pasivación de los materiales y representa condiciones más cercanas a las reales.

## REFERENCIAS

1. L. L. Shreir (1979). **Corrosion**. Vol. 1-2: Metal/Environment Reactions.
2. R. Grauer, P. J. Moreland y G. Pini (1982). **A Literature Review of Polarization Resistance Constant (B) Values for the Measurement of Corrosion Rate**.
3. Heitz. E., Henkhaus, R. y Rahmel, A. (1983) **Korrosionskunde im Experiment**, Verlag Chemie.
4. Heitz, E., Schwenk, W. (1976) "Theoretische Grundlagen der Bestimmung von Korrosionsgeschwindigkeiten aus Polarisationswiderständen", *Werkst. u. Korr.* **27**, 241.
5. Moreland, P.R., Rowlands, J.C. (1977) "Methode und Instrumentierung bei Polarisationswiderstands-Messungen", *Werkst. u. Korr.* **28**, 249.