

13
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores
"CUAUTITLAN"

"NIQUELADO DE ACERO INOXIDABLE Y ALEACIONES DE COBRE COMO PROTECCION A LA CORROSION".

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO QUIMICO

Presenta:

Jorge Francisco Molina Martínez



FALLA DE ORIGEN

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1989.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

No. de Pag.

1.- INTRODUCCION	1
1.1 Importancia y aplicación del Niquelado.	
1.2 Características físicas de los depósitos metálicos.	
1.3 Corrosión metálica.	
1.4 Normalización y control.	
2.- OBJETIVOS	10
3.- MATERIAL Y METODOS	11
3.1 Material y equipo para la preparación de las seis formulaciones y el depósito.	
3.2 Material para la preparación de la cámara de corrosión.	
3.3 Reactivos.	
3.4 Procedimiento de preparación y contenido de las seis formulaciones.	
3.5 Condiciones de operación en el depósito - utilizando cada una de las formulaciones.	
3.6 Condiciones de operación y detalle de la prueba de corrosión.	
3.7 Control del espesor.	
3.8 Métodos Estadísticos aplicados al análisis de resultados.	

4.- RESULTADOS	27
4.1 Resultados del depósito electrolítico en - las monedas de cobre y aleaciones de cobre.	
4.2 Resultados del depósito electrolítico en -- monedas de acero inoxidable.	
4.3 Resultados de la oxidación de las monedas - de cobre y aleaciones de cobre en la cámara de humedad.	
4.4 Resultados de la oxidación de las monedas - de acero inoxidable en la cámara de corrosión.	
4.5 Tablas comparativas para cada uno de los re- sultados anteriores.	
4.6 Resultados de la prueba del control del es- pesor, en monedas de cobre y aleaciones de cobre, según la Norma A-91-101 de la AFNOR.	
5.- DISCUSION	49
6.- CONCLUSIONES	51
7.- BIBLIOGRAFIA	52

INTRODUCCION

I.I.- IMPORTANCIA Y APLICACION DEL NIQUELADO.

En toda industria de transformación hay una parte importante y totalmente necesaria, que son los acabados galvanicos. En unos casos se trata de conferir a las piezas la necesaria protección contra la corrosión, en otros además se pretende obtener un aspecto distinto, más agradable; en algunas ocasiones se requiere conseguir en el material características superficiales totalmente diferentes de las propias con el fin de responder a determinadas especificaciones tecnológicas, tales como mayor dureza, menor resistencia al rozamiento, etc.(2)(25)

Cuando los acabados electrolíticos se obtienen, es decir cuando se produce como consecuencia del paso de una corriente eléctrica continua a través de una rectificación de la misma, la gama de acabados se amplía enormemente.

Níquel brillante, para la gran mayoría de acabados industriales en los que se desea una buena protección contra la corrosión, dá un aspecto brillante y agradable con bajo contenido en azufre.(16)

Níquel semibrillante, exento de azufre, proporciona una capa de níquel puro, sin aleación, que la hace más resistente a la corrosión, aunque su aspecto sea semibrillante.

Níquel " Seal" es el tipo de acabado microporoso, cuya misión principal estriba en hacer una pequeña capa de gran porosidad(unos 2000 poros/cm²) destinada a que, cuando penetre la corrosión, ésta se disperse de tal manera que no produzca un ataque puntual, con lo que se retarda considerablemente la corrosión; éste acabado ha sido adaptado en las partes exteriores de los automóviles, para elementos de contacto de productos domésticos, es decir aquellas piezas-

que sufren una gran variedad de condiciones ambientales.

El material de base es muy variado: cobre, latón, aluminio acero, acero inoxidable, plástico ABS, materiales no metálicos diversos, etc.(25)

Las aplicaciones electrolíticas del níquel se hayan ampliamente difundidas; los recubrimientos decorativos del níquel son siempre de poco espesor : de 1-4 micras aproximadamente.

También se realizan aplicaciones gruesas de níquel , que pueden alcanzar varios milímetros de espesor. Esto se hace cuando se trata de proteger determinadas piezas contra la corrosión y el desgaste o bien cuando se trata de rellenarlas(aumentar alguna de sus dimensiones). Pueden señalarse como aplicaciones electrolíticas espesas de níquel las que suelen realizarse en álabes de turbinas, hélices, ejes de bombas, varillas de embolos, etc.(2)

La dureza de los recubrimientos electrolíticos de níquel es bastante variable . Suele ser de 130-425 Brinell, según el tipo de baño que haya sido utilizado.

Con lo anterior se intenta poner de relieve la importancia de los acabados galvánicos, tanto del acabado final como la protección que es necesaria aportar a los materiales para que aumenten su vida útil y para la mejora de su aspecto decorativo. En base a todo esto resulta evidente que la corrosión es un factor importante a considerar y que los acabados galvánicos son una solución para este tipo de problemas.(25)

I.2.- CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS DEPOSITOS METALICOS.

La electrodeposición puede tener lugar gracias a los siguientes elementos : una solución conductora (electrolito) constituida por sales del metal a depositar y con una composición adecuada al efecto; unos ánodos (polo positivo), solubles e insolubles, según se trate del mismo metal que se quiera depositar o de otro que solo se utilice para dar paso a la corriente; un rectificador de corriente de bajo voltaje (1.5 a 24.0 v) pero de gran amperaje (30 000 A o más) - por último el cátodo (polo negativo), es decir la pieza a tratar. (3)(12)

Es importante conducir la electrólisis en condiciones que aseguren que el depósito sea puro, adherente al electrodo y cuantitativo.

Esto requiere la consideración de los factores que influyen en la naturaleza del depósito : densidad de la corriente naturaleza del ión en solución, velocidad de agitación, temperatura y la presencia de despolarizadores para minimizar el desprendimiento de gases. Por lo general la adherencia al electrodo es la característica física más importante en un depósito. Por lo general un depósito terso corresponde a una buena adherencia. (30)

El no considerar alguno de estos factores afecta por lo tanto al depósito y su aspecto físico.

I.3.- CORROSION METALICA.

La corrosión metálica se define como la alteración destructiva de un metal por reacción con el medio ambiente. La causa que la hace progresar es la diferencia de energía libre entre el metal refinado y los minerales de donde se ha extraído. Al corroerse el metal se oxida y adquiere cargas positivas. Pueden medirse diferencias de potencial y flujo de corriente entre áreas discretas de una superficie del mismo metal o entre metales distintos dentro de un ambiente corrosivo. Esto es una gran evidencia en favor de la suposición que la corrosión es fundamentalmente un proceso electroquímico. La energía libre de la mayoría de los metales y la de sus productos de corrosión son tales que, en la mayoría de los casos, la reacción es espontánea y de cinética rápida.

Los óxidos protectores y la pasividad tienen mayor importancia al determinar la resistencia a la corrosión de los metales y aleaciones metálicas. (3)(21)

El hidrógeno y el oxígeno desempeñan un papel importante en la corrosión, pueden acelerarla participando en las reacciones catódicas o pueden retardarla mediante la formación de óxidos protectores y películas pasivas. El papel del oxígeno es uno de los factores que complican el proceso de corrosión, la interpretación de las reacciones y las precauciones que hay que tomar para evitarlos inconvenientes de la misma.

I.3.I.- FORMAS DE CORROSION.

a) Picaduras.- Resultantes de la acción de corrientes locales en las soluciones de continuidad de la película protectora o pasivadora, debajo o alrededor del depósito con lo -

que se establecen pilas de concentración.

- b) Corrosión con-rotura-de tensión . Resulta de los efectos combinados de la corrosión de un medio ambiente determinado y de las fuerzas tensoras aplicadas o internas.
- c) Corrosión de fatiga que resulta de los efectos combinados de la corrosión y de las tensiones cíclicas.
- d) Intergranular, originada por el ataque preferente sobre o alrededor de una fase o compuesto que ocupa la superficie de los gránulos.
- e) Erasión : es una combinación de corrosión y desgaste mecánico.
- r) General o uniforme : es la disminución uniforme del volumen de un metal por la acción química (electroquímica) - acción que generalmente entraña la formación de productos solubles, es comparable con la corrosión lenta en determinados ambientes de materiales duraderos como el techado de cobre en las atmósferas sub-urbanas, tubos de cuproníquel en los condensadores de barco.

I.4 NORMALIZACION Y CONTROL.

Los espesores de níquel empleados para recubrir acero, hierro fundido, aleaciones no ferrosas, aluminio, etc. han sido precisadas en normas .

La Asociación Francesa de Normalización en la norma -- A-91-101 " recubrimientos electrolíticos de Níquel y Cromo " incluye los recubrimientos electrolíticos de níquel de espesores comprendidos entre 2 y 50 micras. Las calidades se designan con los símbolos : N2 -N50 o NC10-NC50, - las cifras indican el espesor mínimo del recubrimiento en micras, el símbolo N se refiere al recubrimiento de níquel y el símbolo NC a los recubrimientos formados por una capa de cobre recubierta con una capa de níquel .

En general, puede decirse que una buena protección del acero y el hierro fundido puede ser conseguido con un espesor de 20 μ , de níquel. En los Estados Unidos los espesores provistos para la industria del automóvil son de 40--50 μ . Para el cobre y las aleaciones cuprosas debe contarse con 10 μ . Para las aleaciones de zinc y de aluminio con 20 μ .

La AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL(A.S.T.M.)ha publicado normas que permiten elegir la calidad del níquelado en función del empleo de las piezas. Para el acero por ejemplo, existen cuatro calidades con 11,19,31 y 51 μ de níquel solo o de níquel y cobre. Son interesantes los detalles sobre los espesores del níquelado en la industria del automóvil americana, que se dan a continuación :

TIPO DE PIEZA	SERVICIO	ESPESOR(m)
en acero	(I)muy duro	5I-76 m
"	exterior	38
"	interior	I3
en latón	exterior	I3
"	interior	8
en zinc moldeado a presión	exterior	3I
en zinc moldeado a presión	interior	6

(I) Parachosques por ejemplo.

La BRITISH STANDARD I224-1953 (Electroplated Coating of níquel and Chromium) precisa los espesores locales mínimos de níquel sobre acero, cobre y zinc, tal que lo podemos observar en la tabla siguiente :

Níquel sobre acero	Níquel sobre cobre o aleaciones de cobre	Níquel so bre zinc .
0.03 mm	0.012 mm	0.015 mm
0.02	0.0075	0.0075
0.015(sobre 0.0075de cobre)		
0.01	0.0025	
0.05		

Para el rápido control, del espesor de los recubrimientos de níquel, la norma A 91-101 de la APNOR, indica la prueba de la gota con el reactivo siguiente :

agua destilada	40 cm ³
ácido sulfúrico	20 cm ³ (d=1.83)
ácido nítrico conc.	80 cm ³ (d=1.49)

La prueba se efectúa de la manera siguiente: la pieza se desengrasa con una mezcla eter-alcohol, acto seguido, por medio de un cuenta gotas, se deposita una gota del reactivo sobre un punto de la pieza ; se deja actuar durante un minuto exactamente y se limpia con un trapo seco. Si el metal recubierto , o el cobre intermedio, no se dejan ver, se deposita en el mismo punto una segunda gota a la que se deja actuar durante un minuto, y así sucesivamente. Para una temperatura de 20°C el espesor del níquel electrolítico disuelto es aproximadamente de 2 μ m por minuto, para temperaturas no muy distantes la corrección es de $\pm 0.1 \mu$ m . Conviene advertir que esta velocidad de ataque corresponde a los recubrimientos realizados en baños corrientes, conteniendo sulfato de níquel, cloruro de níquel y ácido bórico. Pero para los recubrimientos brillantes de níquel, logrados en baños utilizando abrillantadores la velocidad de ataque puede ser muy diferente.

El control del espesor puede también realizarse por el método de Clarke. Se utiliza la misma solución que en el caso del cobre. La norma APNOR indica que la medición del espesor local puede hacerse disolviendo una superficie exactamente medida (2cm²) de recubrimiento y dosando el níquel contenido en la solución resultante del ataque. Para medir el espesor medio, se puede disolver la totalidad del recubrimiento electrolítico y dosar el níquel, de igual modo.

en la solución. Se obtiene así el espesor medio del recubrimiento de níquel . Si P=metal dosado, d=densidad del metal y S= superficie del recubrimiento, tenemos :

$$\text{Espesor Medio} = \frac{P}{S \cdot d}$$

Los reactivos convenientes para los ataques varían con el metal base. Para el níquelado sobre hierro fundido, acero y aluminio, se emplea ácido nítrico concentrado.

Existen otros métodos de control del espesor del recubrimiento, por ejemplo por comparación del color de soluciones patrón con el color del electrolito obtenido de la corrosión en presencia de un indicador de pH.(2)

2.- OBJETIVOS :

Conforme a lo expuesto anteriormente, este trabajo consiste en crear un marco de referencia más amplio acerca del electrodepósito de níquel en superficies tales como el cobre y acero inoxidable, para ello se plantean los siguientes pasos :

- a/ Se dará protección, a monedas de acero inoxidable y aleaciones de cobre, a la corrosión mediante seis formulaciones distintas(24).
- b/ Se someterán a un ambiente corrosivo, las monedas protegidas en el paso anterior, mediante una cámara de humedad, según especificaciones de la A.S.T.M.(31).

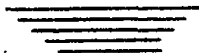
Lo anterior para cubrir el siguiente objetivo

" DETERMINAR LAS CONDICIONES MAS FAVORABLES PARA PROTEGER CONTRA LA CORROSION A SUPERFICIES DE ACERO INOXIDABLE Y ALEACIONES DE COBRE, MEDIANTE RECUBRIMIENTOS DE NIQUEL ".

M A T E R I A L

Y

M E T O D O S



3.- MATERIAL Y METODOS

3.I Material y equipo para la preparación de las seis formulaciones y el depósito.

-- Se utilizaron 40 monedas de cobre con diámetro de 2 cm aproximadamente; el cobre se encuentra en forma de aleación cuyo contenido y composición se tratará de la siguiente forma : 0.050 de cobre, 0.010 estaño y 0.040 zinc, se escogieron monedas de superficie homogénea para el depósito.

-- Se usaron 20 monedas de acero inoxidable con diámetro aproximado de 2.5 cm, también de superficie homogénea para el depósito.

-- Se usó como fuente de energía de corriente directa para la electrodeposición un electroanalizador Sargent Welch, ...

-- Se pesaron los reactivos necesarios en una balanza analítica Sauter..

-- Para la preparación de las formulaciones se utilizaron vasos de precipitados, vidrios de reloj, probetas, etc.(material de vidrio) todos pyrex.

-- El mezclado y calentado(en algunos casos) de los reactivos para preparar las soluciones (formulaciones) se efectuó en parrillas con agitador magnético

3.2 MATERIAL PARA LA PREPARACION DE LA CAMARA DE CORROSION

Cabe señalar que dicha cámara se construyó con material accesible a cualquier laboratorio, significando además una innovación en preparado y condiciones de trabajo respecto a las reportadas en la A.S.T.M.

Considerando la figura anexa, el material para su construcción es el siguiente :

cantidad	material	especificaciones
1	base de unicel	30 X 15 cm
1	caja de acrilico	20X12X12 cm
1	motor de pila(1.5v)	
1	aspas	cartón de 1/2 cm
2	pilas	1.5 v
2	termómetros	-10 a 160 °C
1	bulbo	
2	focos	100 Watts
1	soquets	
1	extensión	3 metros de alambre duplex
1	roceador	
1	píncel de cerdas	
1	franela	1 metro.

Vista Lateral de la Cámara de Corrosión

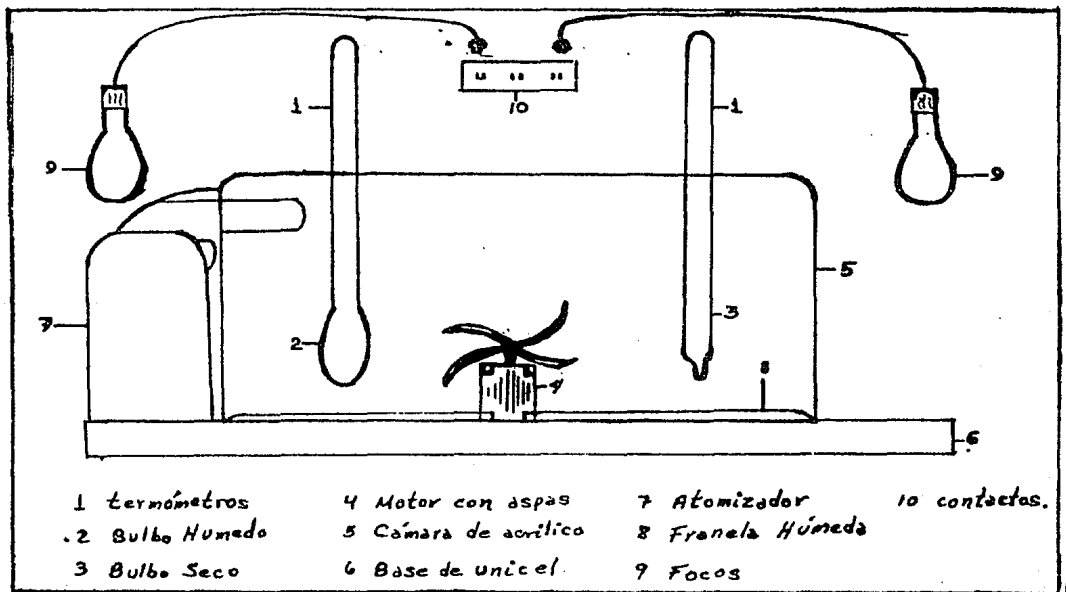
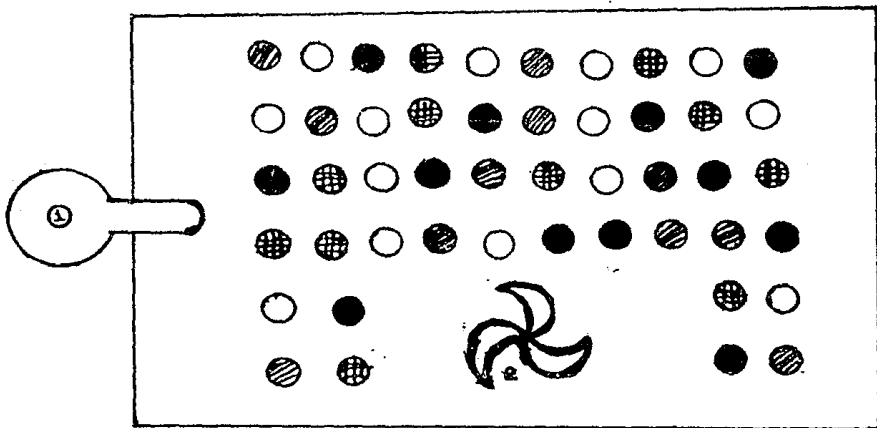


Figura Nº 1

Vista Superior de la Cámara de Corrosión



- Cobre con capa de caolín
- control de acero inoxidable
- Acero Inox. con caolín

- Control de cobre
- 1 atomizador
- 2 motor con aspas

Fig. 2

3.3 REACTIVOS.

Todos los reactivos usados son de grado reactivo.

REACTIVO	FORMULA	PESO MOLECULAR
I/ Cloruro de Níquel	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	237.71
Sulfato de Níquel	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	262.88
Cloruro de amonio	NH_4Cl	53.5
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246.50
ácido bórico	H_3BO_3	61.84
II/ Solución limpiadora de cobre		
Tetracloruro de carbono	CCl_4	154.82
Eter de petróleo		
ácido nítrico	HNO_3	63.0
ácido sulfúrico	H_2SO_4	98.0
Caolín		

3.3.1 PAPEL DE CADA REACTIVO UTILIZADO EN LAS FORMULACIONES :

CLORURO DE NIQUEL : Derrance y Gardier (24) han demostrado que estando presente una cantidad suficiente de ión cloruro se reduce la polarización del ánodo, evitando su corrosión y haciéndolo más eficiente. Se ha encontrado que un ligero aumento en la concentración de iones cloruro, aumenta la cantidad de la corrosión del ánodo(la tersura -- del depósito), y por el cátodo pasa una mayor den

sidad de corriente; pero si por el contrario hay una dis-
minución de iones cloruro, la película del cátodo es más-
delgada de la que se obtiene normalmente; además que con-
tribuye como $NiCl_2$ con iones níquelosos a aumentar la con-
centración del baño.

ACIDO BORICO : Funciona como una solución reguladora de pH-
(su variación puede aumentar o disminuir la porosidad)
que ayuda a producir depósitos más delgados y da tersura
al depósito, la ausencia de éste ácido trae como resulta-
do un depósito duro, quebradizo, lustroso y generalmente
picado.

SULFATO DE NIQUEL : La función principal es la de proporci-
onar iones metálicos y ayuda a la mejor distribución del -
níquelado.

CLORURO DE AMONIO : aumenta la conductividad del baño.

En general, todos los reactivos que se utilizan en la -
formulación correspondiente estabilizan un potencial -
de la solución conductora para el electrodepósito ya que
este depende de la composición y cantidad de especies-
en la solución, siendo esto un factor de importancia en-
el depósito y las características de este.

3.4 Procedimiento de preparación y contenido de las 6-
formulaciones .

Se disuelve en agua destilada sulfato de níquel a-
gregándose con agitación constante cloruro de amonio-
hasta disolución completa. Por otro lado, en otro va-
so de precipitados se disuelve ácido bórico ésta solu-
ción se añade a la anterior sin dejar de agitar y cui-
dando que el volumen no sobrepase a los 50 ml, una --
vez disueltos perfectamente se afora a 50 ml con a--
gua destilada. Posteriormente se lleva a la temperatu-
ra de trabajo respecto a cada método trabajado.

El sulfato de magnesio se utiliza solo en un método
y se disuelve también en agua destilada y se adiciona
de la misma manera que los otros tres componentes.

FORMULACIONES PARA LOS BAÑOS EN LAS MONEDAS DE COBRE

FORMULACION I

REACTIVOS	intervalo de trabajo	óptimo
Sulfato de Níquel		7.4895 g
cloruro de amonio		1.4979 g
ácido bórico		1.4979 g

FORMULACION II
REACTIVOS

	intervalo de trabajo(g)	cantidad óptima(g)
Sulfato de Níquel		8.9874
Cloruro de Níquel	2.2469-2.6213	2.2469
ácido bórico		I.4979
Sulfato de magnesio	8.0874-II.983	8.9874

FORMULACION III

Sulfato de Níquel	II.983-14.979	II.983
Cloruro de Níquel	2.9958-3.7448	2.9958
ácido bórico	I.8724-2.0596	I.8724
Sulfato de magnesio	8.9874-II.9832	8.9874

FORMULACION IV

Sulfato de Níquel	14.979 - 18.7238	14.9790
Cloruro de Níquel	3.7448- 4.4937	3.7448
ácido bórico	I.8724-2.2469	I.8724

FORMULACION V

Sulfato de Níquel	6.7406-7.4895	6.7406
Cloruro de Níquel	I.4230-I.5728	I.4230
ácido bórico	I.4230-I.5728	I.4230

FORMULACION VI

MATERIAL	Intervalo de Trabajo (g)	Cantidad óptima
Sulfato de Níquel	7.4895-8.3619	7.4895
Cloruro de Níquel	7.4895-8.3619	7.4895
Ácido Bórico	1.8724-2.0596	1.8724

FORMULACIONES PARA LOS BAÑOS DE LAS MONEDAS DE ACERO - INOXIDABLE : (para este caso solo se realizó la prueba con tres formulaciones distintas) :

FORMULACION I

Sulfato de Níquel	7.4895 g.
Cloruro de amonio	2.9958 g.
Acido Bórico	1.4979 g.

FORMULACION 2:

Sulfato de Níquel	3.9874 g.
Cloruro de Níquel	4.4938 g.
Acido Bórico	1.4979 g.
Sulfato de Magnesio	8.9874 g.

FORMULACION 3

Sulfato de Níquel	6.7406 g.
Cloruro de Níquel	2.8460 g.
Acido Bórico	1.4230 g.

3.5 Condiciones de operación en el depósito para cada una de las formulaciones para las monedas de cobre o aleaciones de cobre :

	TEMPERATURA (° C)	TIEMPO (seg)	pH	DENSIDAD DE CORRIENTE TE(D.C.A.)	VOLTAJE (D.C.V.)
F I	22	60	5.0	0.25	2.5
F II	24	60	5.4	0.30	2.5
F III	52	60	4.8	0.20	3.0
F IV	44	60	4.0	0.20	2.0
F V	24	60	5.5	0.20	2.5
F IV	52	60	4.5	0.20	2.0

Condiciones de operación en el depósito, para las monedas de acero inoxidable, en las tres formulaciones utilizadas.

	TEMPERATURA (° C)	TIEMPO (seg.)	pH	DENSIDAD de CORRIENTE (D.C.A.)	VOLTAJE (D.C.V.)
F I	52	60	2.5	0.20	2.0
F 2	52	60	2.5	0.2	2.0
F 3	52	60	2.5	0.25	2.0

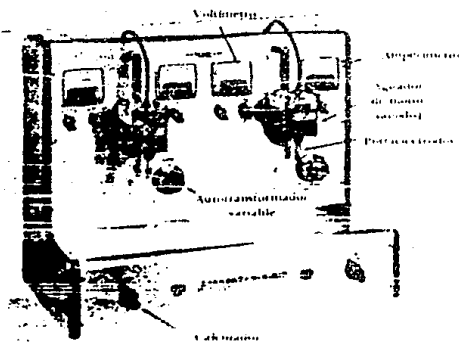


Fig. N° 3. - ELECTROANALYZEUR

3.6 Condiciones de operación y detalle de la prueba de corrosión.

Una vez efectuado el niquelado, de ambos tipos de monedas empleadas, se procede a efectuar la prueba de corrosión utilizando el método corrodokte (3/), modificado a las condiciones de trabajo, las modificaciones se detallan al final de esta parte.

PRUEBA DE CORROSION para plating de cromo decorativo en el proceso de corrodokte :

USOS: Este método de determinación de resistencia a la corrosión en las cubiertas de plating con cromo decorativo es en un principio aplicable a las partes plateadas de Ni-Cr o Cu-Ni-Cr.

APARATOS : Consisten en una cámara de humedad, soportes de muestras, recirculadores de aire, homogenizadores de humedad y calentadores.

SUSPENSION : Se prepara en un recipiente de vidrio de boca ancha, disolviendo en 50 ml de agua destilada, 0.035 g de nitrato cupríco $Cu(NO_3)_2$, 0.165 g de $PbCl_2$ cloruro férrico, 1.0 g de cloruro de amonio NH_4Cl y 30 g de caolín. Mezclar la suspensión con una varilla de vidrio y dejarla reposar durante 2 minutos hasta que el caolín se sature. Mezclar la suspensión, mediante agita--

ción, con una varilla de vidrio antes de usarse.

Otra manera de preparar la mezcla:

2.5 g de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aforar a 500ml, tomar 7 ml

2.5 g de FeCl_3 aforar a 500 ml, tomando 33 ml

50.0 g de NH_4Cl aforando a 500 ml, tomar 10 ml

La suma de los volúmenes son 50 ml a los cuales se le agregan 30 g de caolín. Mezclar la suspensión agitando, con una varilla de vidrio, dejándola reposar durante 2 minutos hasta que el caolín se sature.

La solución de FeCl_3 debe de estar dentro de un frasco ámbar tapado con tapón de hule ó vidrio.

3.6.I Preparación de las muestras de prueba :

A/ Las muestras metálicas y de cubierta metálica deben limpiarse con un solvente antes de la prueba como alcohol, éter etílico, acetona o éter de petróleo.

B/ Aplicar la pasta a la muestra utilizando una brocha y con movimiento circular completar la cubierta en toda la muestra .

C/ Cepillar suavemente en una sola dirección para hacer la superficie uniforme.

D/ Dejar secar la pasta a temperatura ambiente con una humedad relativa menor al 50%, durante una hora, antes de pasarla a la cámara de corrosión.

Nota: durante el tiempo que dure la prueba no deben tocarse cubierta con cubierta, ni moverse para evitar falsear resultados.

3.6.2 Condiciones de Humedad en la Cámara de Corrosión.

Ver figura I y 2. En la zona de exposición deben mantenerse entre $37.1 \pm 1.1^\circ\text{C}$ a $37.1 - 2.2^\circ\text{C}$ y con una humedad relativa entre el 80% y 90% (no habiéndose condensación de agua en la cámara para evitar goteo sobre las muestras).

Limpieza de las muestras probadas:

Remover de la muestra la capa de suspensión amarilla, en algunos casos, con agua corriente fresca y una pieza de algodón o una esponja sintética apropiada. Puede usarse un abrasivo suave para remover cualquier material adherido.

3.6.3 Modificación al método Corrodokte.

Al utilizar este método tal cual lo especifica la norma, el ataque fue demasiado lento, por lo que para acelerar el proceso, se efectuó la siguiente modificación, a la formulación planteada se le adiciona HNO_3 , I.I, 5 ml al volumen de la mezcla y el procedimiento se sigue como lo indica la norma.

La humedad de la cámara fue del 40%, de acuerdo a la tabla psicométrica de la PES-C[&].

& Estas tablas fueron elaboradas en el L.E.M. de la PES-C por alumnos del I.Q. Fdo. Orozco.

3.7 CONTROL DEL ESPESOR.- Se efectúa siguiendo la prueba de la gota, reportada en la norma A-91-101 de la AF-NOR : La pieza(moneda) se desengrasa y deposita una gota del reactivo preparado(&), si el metal recubier to no se deja ver se deposita una segunda gota en el mismo punto y así sucesivamente. Para una temperatura de 20°C, el espesor del níquel depositado electro líticamente es de 2 micras/minuto (2).

(&) Es una mezcla de: ácido sulfúrico 20 ml(d=1.83), ácido nítrico 30 ml(d=1.49) y agua destilada 40 ml.

3.8 METODOS ESTADISTICOS APLICADOS AL ANALISIS DE RESULTADOS.(23)

$$3.8.1 \text{ MEDIA ARITMETICA} = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots X_n}{N}$$

$$3.8.2 \text{ DESVIACION ESTANDAR} = S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n |X_j - \bar{X}|^2}{N-1}}$$

3.8.3 INTERVALO DE CONFIANZA.- Como en este caso se tiene un número reducido de mediciones, es de esperarse que el promedio no sea una estimación muy confiable de μ (promedio o valor "verdadero") por lo que se calcula el intervalo de confianza (Δ), para expresar el resultado como sigue: $\mu = \bar{X} \pm \Delta$; siendo $\Delta = t \cdot S/\sqrt{N}$

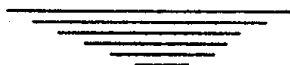
donde :

N = número total de datos o mediciones individuales.

$|X_j - \bar{X}|$ es el valor absoluto de las desviaciones.

t = t de Student para un nivel de confianza dado, en este caso al 95%.

R E S U L T A D O S



4.- RESULTADOS.

4.I resultados del depósito electrolítico para cada -- una de las monedas de cobre o aleaciones de cobre-- con cada una de las seis formulaciones:

CON FORMULACION I .- Se recubrieron 3 monedas.

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD & DEPOSITADA (miligramos)
2.7551	2.7609	4.8
2.7402	2.7438	3.6
2.7708	2.7752	4.4
2.7046	2.7093	4.7
2.7694	2.7737	4.3
2.7017	2.7065	4.3
2.8000	2.8046	4.6
2.7376	2.7424	4.3

Intervalo de confianza : (al 95 %)

$$4.2475 \leq \mu \leq 4.7525$$

$$\bar{X} = 4.5$$

$$S = 0.3340$$

$$N = 8$$

& La cantidad depositada se obtiene por la diferencia entre el peso de la moneda después del baño y antes del baño.

CON FORMULACION II .- Se recubrieron 10 monedas (de -
cobre o aleaciones de cobre).

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BANO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BANO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
2.7161	2.7204	4.3
2.7536	2.7562	2.6
2.7428	2.7454	2.6
2.8369	2.8404	3.4
2.7255	2.7273	1.3
2.8046	2.8060	1.4
27774	2.7800	2.6
2.7300	2.7332	3.2
2.3060	2.7030	3.3
2.7004	2.7030	2.6

$$\bar{X} = 2.78$$

$$S = 0.7833$$

$$N = 10$$

Intervalo de confianza :

$$2.35 \leq \mu \leq 3.223$$

CON FORMULACION III . Se recubrieron 10 monedas de c^2
bre o aleaciones de cobre .

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
2.8193	2.8238	4.5
2.7091	2.7153	6.2
2.7619	2.7693	7.4
2.7477	2.7526	4.9
2.7500	2,7550	5.0
2.8042	2.8126	8.4
2.7790	2.7853	5.3
2.8016	2.8095	7.3
2.7990	2.8043	5.3
2.7281	2.7335	5.4

$$\bar{X} = 6.36$$

$$s = 0.19$$

$$N = 10$$

$$\text{Intervalo de confianza : } 6.27 \leq \mu \leq 6.463$$

CON FORMULACION IV . Se recubrieron 10 monedas de cobre o aleaciones de cobre .

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
2.7435	2.7437	5.2
2.7253	2.7311	5.3
2.6951	2.7005	5.4
2.6654	2.6722	6.8
2.7119	2.7156	3.7
2.7123	2.7136	1.3
2.7476	2.7522	4.6
2.7125	2.7160	4.1
2.7315	2.7356	4.1
2.7900	2.7345	4.5

$$\bar{X} = 4.5$$

$$S = 1.3579$$

$$N = 10$$

Intervalo de confianza: $3.75 \leq \mu \leq 5.25$

Depósito electrolítico en monedas de cobre o aleaciones de cobre con FORMULACION V. Se recubrieron 3 monedas.

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
2.7058	2.7112	5.4
2.8200	2.3245	4.5
2.7539	2.7583	4.9
2.7470	2.7514	4.4
2.8157	2.8200	4.3
2.7635	2.7667	3.2
2.7463	2.7504	4.1
2.7476	2.7515	3.9

$$\bar{X} = 4.3375$$

$$s = 0.6142$$

$$N = 8$$

Intervalo de confianza : $3.9 \leq \mu \leq 4.7$

4.2 Resultados del depósito electrolítico para cada una de las monedas de acero inoxidable, con cada una de las tres formulaciones :

CON FORMULACION I. Se recubrieron 4 monedas.

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
5.9380	5.9395	1.5
5.9305	5.9323	1.8
6.0087	6.0113	2.6
5.8360	5.8389	2.9

intervalo de confianza: $1.6 \leq \mu \leq 2.3$; $\bar{X} = 2.2$
 $S = 0.5700$
 $N = 4$

CON FORMULACION 2. Se recubrieron 4 monedas.

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
6.0355	6.0405	5.0
5.8506	5.8559	5.3
5.9317	5.9363	4.6
5.9367	5.9422	5.5

intervalo de confianza: $4.7 \leq \mu \leq 5.46$; $\bar{X} = 5.1$
 $S = 0.3391$
 $N = 4$

CON FORMULACION 3. Se recubrieron 4 monedas.

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (Gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DEL BAÑO (gramos)	CANTIDAD DEPOSITADA (miligramos)
5.9602	5.9618	1.6
5.8377	5.8400	2.3
5.9191	5.9208	1.7
6.0264	6.0288	2.4

$$\bar{X} = 2.0$$

$$S = 0.3535$$

$$N = 4$$

intervalo de confianza: $1.6 \leq \mu \leq 2.4$

4.3 Resultados de la oxidación en monedas de cobre y aleaciones de cobre en la cámara de corrosión(C.C.)

Se sometieron a la cámara de humedad 4 de las B a 10 monedas recubiertas con cada una de las formulaciones utilizadas para el baño.

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON F I (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
2.7613	2.7605	0.80
2.7433	2.7425	0.80
2.7746	2.7731	1.50
2.7083	2.7075	1.30

intervalo de confianza: $0.78 \leq \mu \leq 1.42$; $\bar{X} = 1.1$

S = 0.3032

N = 4

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON F II (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
2.7200	2.7187	1.3
2.8096	2.8081	1.5
2.7027	2.7012	1.7
2.7831	2.7820	1.1

intervalo de confianza: $1.2 \leq \mu \leq 1.6$

$\bar{X} = 1.4$

S = 0.2236

N = 4

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON P III (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
--	--	--

2.7147	2.7139	0.80
2.7691	2.7685	0.60
2.7849	2.7846	0.30
2.8129	2.8114	1.5

intervalo de confianza: $0.38 \leq \mu \leq 1.2$; $\bar{X} = 0.80$

S = 0.4415

N = 4

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON P IV (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
---	--	--

2.7309	2.7300	0.9
2.7002	2.6988	1.2
2.7517	2.7505	1.2
2.7151	2.7140	1.1

intervalo de confianza: $0.98 \leq \mu \leq 1.2$; $\bar{X} = 1.1$

S = 0.1124

N = 4

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON F V (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER <u>SO</u> METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
2.8239	2.8231	0.80
2.7581	2.7574	0.70
2.7500	2.7410	1.0
2.8191	2.8182	0.9

intervalo de confianza: $0.73 \leq \mu \leq 0.96$; $\bar{X} = 0.85$
 $S = 0.1118$
 $N = 4$

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON FVI (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER <u>SO</u> METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
2.7692	2.7684	0.80
2.7233	2.7234	0.40
2.3224	2.8220	0.40
2.7208	2.7204	0.40

intervalo de confianza: $0.37 \leq \mu \leq 0.68$; $\bar{X} = 0.50$
 $S = 0.1732$
 $N = 4$

PESO DE LA MONEDA SIN NIQUELAR (CON- TROL) (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
2.7193	2.6375	31.8
2.7451	2.7019	43.2
2.7811	2.7450	36.1
2.7352	2.7012	34.0

intervalo de confianza : $31.7 \leq \mu \leq 40.8$; $\bar{X} = 36.275$
 $S = 4.2774$
 $N = 4$

4.4 RESULTADOS DE LA OXIDACION en monedas de acero -
inoxidable, sometidas a la cámara de corrosión -
(C.C.), previo recubrimiento en cada una de --
las formulaciones usadas para el baño.

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON F I (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO por OXIDACION (miligramos)
5.9335	5.9373	1.7
5.9322	5.9307	1.6
6.0113	6.0076	3.7
5.8389	5.8355	3.4

intervalo de confianza: $1.6 \leq \mu \leq 3.6$; $\bar{X} = 2.6$
 $S = 0.9565$
 $N = 4$

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON F 2 (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER SO METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
6.0405	6.0376	2.9
5.3553	5.3519	4.0
5.9363	5.9324	3.9
5.9425	5.9393	3.2

intervalo de confianza: $3.0 \leq \mu \leq 4.0$; $\bar{X} = 3.5$
 $S = 0.4636$
 $N = 4$

PESO DE LA MONEDA NIQUELADA CON P 3 (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER <u>SO</u> METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
--	---	---

5.9618	5.9603	1.5
5.8400	5.8381	1.9
5.9208	5.9197	1.1
6.0288	6.0269	1.9

intervalo de confianza: $1.25 \leq \mu \leq 1.9$; $\bar{X} = 1.6$

S = 0.3316

N = 4

PESO DE LA MONEDA SIN NIQUELAR (CON- TROL) (gramos)	PESO DE LA MONEDA DESPUES DE SER <u>SO</u> METIDA A LA C.C. (gramos)	PESO PERDIDO POR OXIDACION (miligramos)
--	---	---

5.9377	5.8219	15.8
5.9875	5.9687	13.3
5.9602	5.9429	17.3
6.0025	5.9863	16.2

intervalo de confianza: $15.9 \leq \mu \leq 18.1$; $\bar{X} = 17.025$

S = 1.01627

N = 4

4.5 TABLAS COMPARATIVAS de resultados para el depósito electrofítico y para la oxidación de las monedas - sometidas a la C.C. (de cobre y aleaciones de cobre y acero inoxidable).

TABLA I.- Depósito en monedas de cobre y aleaciones de cobre para protección a la corrosión.

FORMULACION	I	II	III	IV	V	VI	CONTROL
N	8	10	10	10	8	8	4
\bar{X} (mg) en cantidad depositada	4.5	2.78	6.36	4.5	4.3	3.9	-
S	0.38	0.73	0.19	1.3	0.61	0.45	-

TABLA 2.- Depósito de Níquel en monedas de acero inoxidable, para protección a la corrosión.

FORMULACION	I	2	3
N	4	4	4
\bar{X} (mg) de can tidad deposita da	2.2	5.1	2.0
S	0.57	0.339	0.35

TABLA 3.- Tabla comparativa en la variación de peso en las monedas de cobre y aleaciones de cobre - expuestas a oxidación en la C.C.

FORMULACION	I	II	III	IV	V	VI	CONTROL
\bar{X} (mg) en peso perdido por oxidación	1.1	1.4	0.8	1.1	0.85	0.5	36.27
S	0.3	0.2	0.4	0.11	0.11	0.17	4.27
N	4	4	4	4	4	4	4

TABLA 4.- Tabla comparativa en la variación de peso en las monedas de acero inoxidable expuestas a oxidación en la C.C.

FORMULACION	I	2	3	CONTROL
\bar{X} (mg) en peso perdido por oxidación	2.6	3.5	1.6	17.025
S	0.95	0.46	0.33	1.016
N	4	4	4	4

TABLA 5.- Tabla comparativa de intervalos de confianza (al 95%), para los promedios en cantidad depositada de Níquel, en las monedas de cobre o aleaciones de cobre, con cada una de las formulaciones utilizadas para el depósito:

FORMULACION	\bar{X} (mg)	DIFERENCIA $\Delta = \frac{t S}{\sqrt{N}}$	INTERVALO DE CONFIANZA : ($\mu = \bar{X} \pm \Delta$)
I	4.5	0.2525	$4.247 \leq \mu \leq 4.752$
II	2.78	0.448	$2.35 \leq \mu \leq 3.23$
III	6.36	0.108	$6.27 \leq \mu \leq 6.463$
IV	4.5	0.744	$3.756 \leq \mu \leq 5.244$
V	4.3	0.40	$3.9 \leq \mu \leq 4.70$
VI	3.9	0.2953	$3.6 \leq \mu \leq 4.196$

TABLA 6.- Tabla comparativa de intervalos de confianza (al 95%), para los promedios en cantidad depositada de níquel, en las monedas de acero inoxidable, con cada una de las formulaciones utilizadas para el depósito :

FORMULACION	\bar{X} (mg)	DIFERENCIA $\Delta = tS/\sqrt{N}$	INTERVALO DE CONFIANZA ($\mu = \bar{X} \pm \Delta$)
I	2.2	0.60	$1.59 \leq \mu \leq 2.8$
2	5.1	0.36	$4.74 \leq \mu \leq 5.46$
3	2.0	0.372	$1.62 \leq \mu \leq 2.372$

TABLA 7.- Tabla comparativa de intervalos de confianza (al 95%) para los promedios en cantidad pérdida por oxidación, en monedas de cobre y aleaciones de cobre, expuestas a la C.C.

FORMULACION	\bar{X} (mg)	DIFERENCIA $\Delta = tS/\sqrt{N}$	INTERVALO DE CONFIANZA $(\mu = \bar{X} \pm \Delta)$
I	1.1	0.3195	$0.78 \leq \mu \leq 1.42$
II	1.4	0.213	$1.187 \leq \mu \leq 1.613$
III	0.80	0.436	$0.374 \leq \mu \leq 1.224$
IV	1.1	0.117	$0.98 \leq \mu \leq 1.213$
V	0.35	0.117	$0.733 \leq \mu \leq 0.967$
VI	0.50	0.18	$0.37 \leq \mu \leq 0.68$
CONTROL	36.27	4.54	$31.72 \leq \mu \leq 40.80$

TABLA 8.- TABLA comparativa de intervalos de confianza (al 95%) para los promedios en cantidad pérdida por oxidación, en monedas de acero inoxidable, expuestas a la cámara de corrosión :

FORMULACION	\bar{X} (mg)	DIFERENCIA $\Delta = tS/\sqrt{N}$	INTERVALO DE CONFIANZA $(\mu = \bar{X} \pm \Delta)$
I	2.6	1.011	$1.6 \leq \mu \leq 3.60$
2	3.5	0.4899	$3.0 \leq \mu \leq 4.0$
3	1.6	0.35	$1.248 \leq \mu \leq 1.95$
CONTROL	17.02	1.082	$15.94 \leq \mu \leq 18.1$

4.6 Resultados del control en el espesor, prueba de la gota, según la norma A 91.101 de la NFPOR (2) :

TABLA 9.- Prueba de la gota, en monedas depositadas -- con níquel(formulación III). Se efectuó -- con esta formulación debido a que presentó -- el menor peso perdido por oxidación y mayor depósito.

PESO DE LA MONEDA DEL BAÑO (g)	PESO DE LA MONEDA DESPUES- DEL BAÑO (g)	DIFERENCIA EN PESO (mg)	TIEMPO DE ATQ (min)	ESPAESOR (micras)
3.9100	3.3164	6.4	2	4
2.7246	2.7379	13.3	1	2
3.7830	3.7381	4.5	1.5	1
3.8706	2.9758	5.2	1	2
2.7246	1.7414	10.2	1	2
3.9319	3.9392	7.3	2	4
2.6930	2.7027	9.7	1	2
2.7087	1.7193	10.0	1	2
3.9620	3.9735	10.9	2	4
3.9574	3.9674	10.0	1.8	3.6
3.8537	3.8681	4.4	2	4
3.3466	3.3491	2.5	2	4

PESO DE LA MONEDA ANTES DEL BAÑO (g)	PESO DE LA M <small>U</small> NEDA DESPUES- DEL BAÑO (g)	DIFERENCIA EN PESO (mg)	TIEMPO DE ATAQUE (min)	ESPESOR (micras)
2.7345	2.7446	10.1	1	2
4.0257	4.0363	10.6	2	4
2.6432	2.7033	60.1(*)	1	2
2.7219	2.7334	11.5	1	2
2.7278	2.7353	7.5	1	2
2.7683	2.7734	9.5	1	2
3.3771	3.8820	4.9	1.5	3
2.7360	2.7446	3.6	1	2
3.9630	3.9661	3.1	1	2
3.3963	3.4164	20.1(*)	0.5	1

$$\bar{X} = 3.37 \quad \bar{X} = 1.34 \quad \bar{X} = 2.63$$

Intervalo de confianza para la diferencia en peso :

$$7.0 \leq \mu \leq 9.732$$

intervalo de confianza para el tiempo de ataque :

$$1.15 \leq \mu \leq 1.53$$

intervalo de confianza para el espesor : $2.3 \leq \mu \leq 3.06$

(*) no se consideró en el promedio, por ser demasiado diferentes a la mayoría de los valores.

OBSERVACIONES :

- 1.- Hubo diferencias a las condiciones de trabajo indicadas en la norma de la A.S.T.M. para la elaboración de la cámara de corrosión, puesto que se aumentó la concentración del ácido nítrico en la pasta Corrodokte - para aumentar la eficacia en la oxidación.
- 2.- Las diferencias mostradas en las tablas comparativas 1, 2, 3, y 4, nos permiten calcular un % de peso perdido por oxidación de la siguiente manera :

$$\frac{\text{Peso perdido por oxidación}}{\text{Peso de níquel depositado}} \times 100$$

DISCUSIONES

- A/ El cálculo del % en peso perdido por oxidación nos permite considerar que, en monedas de cobre y aleaciones de cobre se tiene con F I 24% de peso perdido por oxidación, con F II 50.36%, con F III 12.57%, con F IV 24% con F V 19.59% y con F VI 12.82 %; para monedas de acero inoxidable, se tiene que con F I se pierde el 118% - por oxidación, con F 2 el 68% y con F 3 el 80%, todo lo anterior nos lleva a observar que para monedas de cobre y aleaciones de cobre la formulación más eficiente es la F III y que para monedas de acero inoxidable la F 2, para protección a la corrosión mediante el níquelado electrolítico.
- B/ Las formulaciones III y 2 presentan intervalos de confianza amplios al 95%, respecto a tablas 5, 6, 7, y 8.

lo que permite suponer que con el aumento de muestras se disminuiría.

- C/ En base a la prueba de control del espesor se observa que no hay una relación directa entre la cantidad depositada de níquel y el espesor, la explicación probable es que el depósito no es homogéneo y por lo tanto al ser sometido al ataque directo da esas variaciones esto además debe considerar que el tamaño de la gota también sea constante y que la superficie de contacto sea la misma, además de un estudio estadístico más amplio.
- D/ El uso de monedas control corrobora que el níquelado ofrece protección a la corrosión ya que sometidas a la cámara de corrosión, junto con las monedas níqueladas, resultan con mayor % de peso perdido por oxidación.
- E/ Respecto a las condiciones de operación del electroanalizador utilizadas con cada una de las formulaciones, en el presente trabajo, no se efectuó comparación entre ellas (dado que en algunos casos son distintas) puesto que no formaban parte de los objetivos planteados, sin embargo es obvio que son importantes para la buena adherencia y aspecto físico del depósito.

CONCLUSIONES

- 1.- La formulación más eficiente para protección a la corrosión, en monedas de cobre y aleaciones de cobre es la no. III
- 2.- La formulación más eficiente para protección a la corrosión por niquelado electrolítico es la no. 2 para monedas de acero inoxidable.
- 3.- La formulación menos eficiente para protección a la corrosión por niquelado electrolítico es la no. II en monedas de cobre y aleaciones de cobre.
- 4.- La formulación menos eficiente para protección a la corrosión es la no. 1 en monedas de acero inoxidable.
- 5.- El recubrimiento de niquelado electrolítico se presenta al parecer no homogéneo, debido a que no hay una relación entre la cantidad depositada y el espesor.
- 6.- En base al % de peso perdido por oxidación y al uso del control se concluye que : a mayor depósito de níquel, menor ataque.
- 7.- La temperatura de trabajo en el depósito, es un factor importante, según comparación entre la temperatura utilizada en las formulaciones más y menos eficientes.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Alexandri, S.
Galvanotecnia y galvanoplastia
2a. edición Barcelona España.
Editorial Sarrahina y Urpi S.L.S.A.
- 2.- Arbellot , L.
Manual práctico de recubrimientos electrolíticos.
Traducción Federico Góncor, Barcelona España.
Editorial Hispano Europea, 1967
- 3.- Atkins, P.W.
Fisicoquímica
Editorial Fondo Educativo Interamericano, 1985.
- 4.- Bastnier, E.
Limpieza y desengrase de los metales.
Editorial Cedel, 1973.
- 5.- Berengovski V., Kistiakovski B.
Metalurgia del níquel y cobre
primera edición
Traducción al español, Editorial Mir, Méx. 1974.
- 6.- Sockris J.O.M., Aedy A.K.N.
Modern Electrochemistry
Editorial Plenum, New York, 1970.

- 7.- Bolaña Gubert, Juan.
Iniciación a la práctica galvánica
Barcelona España. 1970.
- 8.- Clifford, M.
The Encyclopedia of Electrochemistry
Publicaciones Reinhold Corps., 1964.
- 9.- Gharlot, G., Tremillon
Las reacciones electroquímicas
primera edición
Editorial Toray-Masson, S.A., Barcelona 1969.
- 10.- Dassler Adalf.
Electroquímica y sus fundamentos electroquímicos.
primera edición en español, México 1969.
- 11.- Guerrero Valencia N.P.
Electroformado ¿ arte o ciencia ?
Tesis Profesional
FES- Cuautitlán- UNAM , 1979.
- 12.- Glayman, J.
Galvanotecnia, teoría y procedimientos.
Editorial técnico asociados, Barcelona, 1969.
- 13.- Glayman, J.
Manual para la protección de metales y galvanotecnia.
Editorial Palestra, Barcelona, 1962.

- 14.- Graham, A.K.
Manual de ingeniería de los recubrimientos electrolíticos
tercera edición
Editorial C.E.C.S.A. 1979.
- 15.- Ilan & Bruns
Mexico's Modern Coins
Checklist & Price Data
quinta edición Laredo, Texas.
Editorial Harvey Bruns, 1976.
- 16.- Jolue Salvado E.
recubrimientos electrolíticos brillantes.
Editorial Candel, Barcelona , 1968.
- 17.- Kartun, G.
Trevtise on electrochemistry
Amsterdam, 1965.
- 18.- Graham A.K.
Electroplating Engineering Hand Book
Publicaciones Reinhold Corps., New York 1955.
- 19.- Keneth Graham A. (ver no. 14)
- 20.- Kutzelnigg, Artur.
Ensallo de recubrimientos metálicos
Editorial River, Madrid, 1967.

- 21.- Iran Levine
Fisicoquimica
Editorial Mc Graw Hill, México, 1973.
- 22.- Malcolm Dale p.H. D.
Principios de electroquímica experimental y teoría
Editorial Alhambra, Madrid, 1967.
- 23.- Murray R. , Spiegel p.H. D.
Estadística
Editorial Mc. Graw Hill 1970.
- 24.- Parisein F.
Metal Finishing
36 ava. edición
Editorial Metal and Plastic Pub. Inc.
New York, 1965
- 25.- Percegas Alemany Carlos
Los acabados galvánicos en la industria
Editorial Nova Máquina, Mex. , 1984.
- 26.- Robbins , J.
Introducción a la electroquímica
Editorial el Manual Moderno S.A., Mex. , 1976.
- 27.- Siva Escalona Celestino
Manual de anodizado
Tesis Profesional
FES- Cuautitlán UNAM , 1977.
- 28.- Villareal E.D.
Fuentes electroquímicas de corriente
Editorial Limusa Willey, Mex. 1971.

- 29.- William, Blume & George B.
Galvanotecnica y galvanoplastia
cuarta edición
Editorial C.E.C.S.A , Mex. 1982.
- 30.- Willard,
Análisis Instrumental
Nueva edición, en español
Editorial C.C.S.A., Mé x. 1988.
- 31.- A.S.T.M. , norma No. B-380