



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

(4)

Tratamiento Electrolítico de Metales como Protección Anticorrosiva.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

José de Jesús Díaz Ruiz



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 esta 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.

LAJ TESIS 1978
NO M. 2. 149 123
PENA 10000
PROG _____



MI AGRADECIMIENTO A MI PADRE Y
A MI MADRE, POR QUIEN PUDE REA
LIZAR CARRERA, TESIS Y TODO LO
QUE ELLOS SABEN.

GRACIAS POR SU APOYO, CARIÑO Y
COMPRESION A MIS HERMANOS RO-
BERTO, GUILLERMO, ERNESTINA, -
VENANCIO Y ANITA.

MI AGRADECIMIENTO A LA SRITA.
ING. QUIMICA ESPERANZA SCHROEDER
(Directora de Tesis) Y AL ING.
QUIM. ALBERTO OBREGON (Asesor del
Tema) LO MISMO QUE A TODOS MIS
MAESTROS.

QUEDO AGRADECIDO AL MAESTRO HUGO
PATIÑO Y AL TECNOLÓGICO REGIONAL
DE AGS. A LOS SRES. RAUL Y LEO--
POLDO JARAMILLO Y A LA FABRICA -
DE CROMADOS DE AGS. A LOS SRES.-
MEDINA Y A LA FABRICA FUNDICION-
INYECTADA DEL CENTRO. A ARSHAW-
DE JUAREZ, S.A.

GRACIAS A LA COMPAÑIA QUIMICA AMEYAL
S.A. A LOS ING. CARLOS BLEDT, HECTOR
VARGAS, JOSE PEREZ. Y A TODAS LAS -
PERSONAS QUE ME BRINDARON SU VALIOSA
AYUDA PARA REALIZAR MI TESIS.

I N D I C E

- A
 - 1.- INTRODUCCION A LA CORROSION.
 - 2.- PRINCIPIOS DE LA CORROSION METALICA.
 - 3.- FACTORES QUE TIENEN INFLUENCIA EN LA CORROSION.
- B
 - 4.- PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CORROSION.
 - a).- METODOS DE CONTROL DE CORROSION INTERNA.
 - b).- METODOS DE CONTROL DE CORROSION EXTE-RIOR.
 - 5.- LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES A TRATAR.
 - a).- NATURALEZA DE LA SUCIEDAD A QUITAR.
 - b).- GRADO DE LIMPIEZA REQUERIDO.
 - c).- PREPARACION DEL MATERIAL BASE A RECU-BRIR.
 - d).- DIFICULTADES Y CORRECCION DEL BAÑO.
- C
 - CALCULO DE EQUIPO
 - 1.- CICLOS DE OPERACION
 - 2.- REQUERIMIENTOS DE EQUIPO
 - a).- TANQUES Y ENSARTA.
 - b).- RECTIFICADORES DE CORRIENTE.
 - c).- FILTROS.

3.- CALENTAMIENTO DE LOS BAÑOS Y PERDIDAS DE CALOR.

- a).- i) BALANCE TERMICO DEL BAÑO DEL DE--
SENGRASE.
ii) BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE NI--
QUEL.
iii) BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE CROMO.
iiii) BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE ORO.
b).- EQUIPO PARA CALENTAMIENTO DE BAÑOS.

4.- REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LA PLANTA.

5.- SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL.

6.- COMPENDIO DE NECESIDADES DE CORRIENTE DE LA PLANTA.

D CALCULO DE GROSORES DE PELICULA.

E CONTROL DE BAÑOS

F CONTROL DE BAÑOS

a).- ANALISIS.

b).- ESTADISTICA.

c).- CONTROL.

G ECONOMIA DEL BAÑO.

H CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO TERMINADO.

I BIBLIOGRAFIA.

Algo muy importante sobre la corrosión nos lo plantea el coloquio sobre corrosión y protección de materiales en los cuáles tomaron parte numerosos científicos nacionales y extranjeros, entre los que se cuentan Jean Brenet, J. O'M Borkris, Manuel Felipe Guerrero, Enrique Villarreal, María-Cristina Castro P. y Yolanda Pliego B.

En su tratado sobre el estudio y la investigación de los fenómenos relacionados con la corrosión y protección de materiales, revisan la importancia tanto científica como económica. Esta última, comentan, no se toma con la debida atención, pues en el mercado mundial solo se tienen los materiales susceptibles de corrosión debidamente protegidos cuando es imprescindible, pose a que el recubrimiento no cuesta más del 5% del precio del artículo, y que su falta origina pérdidas materiales, económicas y hasta humanas.

Esto es más notorio en los países subdesarrollados que importan los equipos sin protección, aumentando así el problema de no fabricarlos ellos mismos, lo que no pasa en países industrializados, que cuentan con organismos gubernamentales y privados para el estudio de la corrosión.

Un ejemplo, es que en México en Mil Novecientos Sesenta y Nueve, se importaron, con un valor de 12,500 millones de pesos, artículos de fierro y acero o que lo contenían en alta proporción, con nula o muy débil protección contra la corrosión, lo que ocasionará grandes pérdidas por la diversidad de climas del país.

La corrosión origina falta de seguridad en estructuras mecánicas, arquitectónicas y equipos de casa, causando en ocasiones pérdidas de vidas y monumentos del acervo cultural de ciertos países.

Esto aunado, a la importancia económica, - hizo que desde el siglo pasado algunos científicos como de la Rive, comenzaran a investigarla, estableciendo la teoría de las celdas galvánicas, que originó las teorías modernas sobre la corrosión, - lo cual contribuyó al desarrollo de diferentes ramas de la física y la química, como la termodinámica, cinética electroquímica y la fisicoquímica de procesos metalúrgicos

Esto ayuda también a las industrias extractivas y de transformación, así en la industria del petróleo deben protegerse los oleoductos y gasoductos, en la industria alimenticia deben protegerse las latas contra la acción de los productos enlatados y durante el embarque y transporte; Las embarcaciones se deben proteger contra la acción de - las aguas, los microorganismos y plantas marinas, - etc..

Tomando esto en cuenta es necesario considerar la formación de especialistas en problemas - de corrosión, laboratorios especializados y cualquier clase de investigación y enseñanza de ciencia y tecnología contra la corrosión como una inversión que evita las pérdidas y su influencia negativa en el desarrollo nacional.

→ PROTECCION DE LOS MATERIALES CONTRA LA CORROSION Y SU IMPORTANCIA ECONOMICA.

Desde el punto de vista económico, la corrosión podría definirse como la destrucción no esperada de los materiales. Su desconocimiento ocasionaria grandes pérdidas a la industria, pues se presenta como transformaciones que se realizan con aportaciones de energía del medio ambiente, sin intervención de la voluntad humana.

Aunque la corrosión no puede evitarse en forma definitiva, el hombre dispone de medios suficientes para disminuirla, como se vera adelante.

→ PRINCIPIOS DE LA CORROSION.

CORROSION DE METALES.- La corrosión de los metales puede definirse brevemente como la acción del medio ambiente sobre ellos dando como resultado su deterioro o destrucción: Por ejemplo la plata se oscurece, el fierro se oxida, el cobre y el bronce desarrollan una cubierta de pátina, el aluminio el zinc el plomo y aún el acero inoxidable se oxidan gradualmente, perdiendo su brillo metálico.

Solo los metales que se encuentran en la parte más baja de la serie de potenciales electroquímicos son inertes a la atmosfera, ejemplo el oro y el platino. Muchos metales son inestables y tienden a regresar a una forma combinada más estable, semejante a las de sus minerales (que corresponde la menor energía).

En condiciones atmosféricas ordinarias los productos de la corrosión más comunes son óxidos - (más o menos hidratados) carbonatos y sulfatos. - A altas temperaturas los productos pueden consistir mayormente en óxidos.

* La corrosión es un fenómeno complejo que puede tomar una o más formas y puede estar completamente confinada a la superficie del metal (corrosión general) o puede atacar al interior del metal ya sea por diferencia en la resistencia al ataque o por acciones electrolíticas locales. Los estudios hechos han demostrado que básicamente el fenómeno de la corrosión es electrolítico, del tipo producido en una celda galvánica con su circuito cerrado, y es la misma para todos los metales y aleaciones, pero puede diferir en grado. De acuerdo a ese concepto se supone la superficie metálica constituida por porciones anódica y catódica que ocurren simultáneamente en puntos discretos de la superficie del metal.

* El potencial electroquímico varía con el metal y el medio ambiente, y determina la tendencia a reaccionar. El hierro es particularmente susceptible a la corrosión pues su superficie es químicamente activa y heterogénea.

Así, el hierro es anódico con respecto a las impurezas metálicas, a las áreas sujetas a tensión y a muchos puntos de naturaleza catódica sobre la superficie del metal, generándose un flujo de electricidad del área anódica a la catódica.

FACTORES QUE TIENEN INFLUENCIA O CONTROLAN LA CORROSION.

Se tienen diferentes tipos de influencias, las que se clasifican como factores primarios, que son los que se relacionan con la tendencia inicial a la corrosión, y están asociados con el metal mismo.

Los factores secundarios son aquellos que influyen en la velocidad subsecuente de corrosión, y usualmente son más importantes que los primarios. Los secundarios dependen principalmente del medio ambiente del metal. Los factores principales que influyen en la corrosión serán enumerados enseguida junto con un breve tratamiento de ellos, considerando su importancia relativa, que cambia materialmente de acuerdo al medio ambiente.

FACTORES PRIMARIOS QUE TIENEN QUE VER PRINCIPALMENTE CON EL METAL O ALEACION.

1.- Potencial efectivo de electrodo del metal en la solución. El potencial Standard de electrodo para cada elemento es fácil de encontrarlo en cualquier electroquímica, además que tiene poco significado en la corrosión, por lo que se tratará brevemente, excepto el hecho que indica la tendencia relativa del metal a entrar en solución en ciertas condiciones específicas.

Por ejemplo: Si se cambia la concentración de la solución, el orden de los metales que se encuentran cerca de la serie electroquímica, por ejemplo el hierro y el cadmio, pueden invertirse. Y como una ilustración, se da la tabla de in-

fluencia relativa de factores importantes en corrosión de acero en agua de diferente acidez. Esta tendencia de los metales de corroerse por desplazamiento de iones hidrógeno de la solución esta indicada de acuerdo a la posición en la serie electro-motriz, en donde la actividad del ión indicado es en solución normal; en soluciones diferentes, se tendrán valores distintos, de ahí la tabla.

Recuerdeser ^(una) que metales arriba del hidrógeno (-) desplazan hidrogeno más rápidamente que los que estan abajo (+).

FACTORES CONTROLADOS.

En zona alcalina (p H > 10)	En zona neutral (4.3 < pH < 10)	En zona ácida (pH < 4.3)
Corrosión lenta	Corrosión media	Corrosión rápida
Películas protectoras. Concentración de oxígeno. Composición de metal concentración H+ sobre voltaje de hidrógeno. concentración del ión metálico.	Concentración de oxígeno. Películas protectoras concentración H+ composición de metal sobre voltaje de hidrógeno concentración de ión metálico.	Concentración H+ sobre voltaje de hidrogeno composición de metal concentración de oxígeno concentración del ión metálico. Películas protectoras.

Los factores listados arriba denotan su influencia en cada caso, y son llamados FACTORES CONTROLANTES. Estos en la zona alcalina, demuestran que las películas protectoras son de más influencia que todos los demás; por mientras que en la zona ácida se forman dichas películas protectoras con mucha dificultad y son fácilmente removidas, por lo que tienen poca influencia en zonas ácidas.

Una pequeña pero también considerable cantidad de corrosión es encontrada en la ausencia de oxígeno. La reacción dominante entonces es $2\text{H} - (\text{átomo}) \rightarrow \text{H}_2$ (gas), acompañada por el escape de hidrógeno.

Esto puede dar, en condiciones ácidas, sulfuro de hidrógeno o altas concentraciones de cloruros. El mecanismo de corrosión a altas temperaturas es más complicado probablemente por ataque químico directo y puede ser acelerado por acciones electroquímicas cuando hay presente algo de humedad. Todo esto incluye, junto con la tabla anterior, la totalidad de los factores primarios los que se podrían detallar solo por un estudio más profundo de fisicoquímica de superficie, difusión, interfases y películas, cristalografía, etc., y estas son:

- 2.- Homogeneidad física y química y textura de la superficie.
- 3.- Habilidad inherente para formar una película protectora insoluble.

- 4.- Sobre voltaje de hidrógeno en la superficie del metal.

FACTORES SECUNDARIOS, O QUE VARIAN CON EL AMBIENTE.

- 5.- Concentración del ión hidrógeno (pH) - en la solución, dada la descarga de iones hidrógeno que tiene lugar en las más de las reacciones de corrosión y - que la acidez de la solución esta representada por la concentración de iones hidrógeno (pH), es ese uno de los factores más importantes, pues por lo general las soluciones ácidas (de bajo pH) son más corrosivas que las neutras (pH = 7), o las soluciones alcalinas - (de pH alto). En el caso de hierro ordinario y acero la línea divisoria entre la corrosión rápida en soluciones ácidas y la corrosión moderada o lenta en soluciones casi neutras o alcalinas ocurre alrededor de (pH = 4.5) pero - para los metales anfotéricos, como el aluminio y el zinc, las soluciones muy alcalinas (alto pH) serán mucho más corrosivas que las ácidas.
- 6.- Proporción efectiva de oxígeno en la solución adyacente al metal.
- 7.- Distribución del oxígeno disponible en la superficie del metal.

En general por problemas de difusión en las soluciones, y porque en los más de los casos la concentración y la velocidad a la cual el oxígeno

no se difunde hacia el metal es el factor controlante, cuando el metal se encuentra sumergido o enterrado en suciedad o impureza.

La parte sobre la cual el oxígeno se difunde más rápidamente es la catódica respecto a las áreas adyacentes que se encuentran defendidas por películas protectoras u otro material. Esto es, los puntos a los cuales tiene menor acceso el oxígeno se corroen más rápidamente que las áreas a las cuales tiene libre acceso. Este principio, lo mismo que el efecto galvánico del contacto entre metales disimilares es lo que generalmente causa la corrosión local o agujeramiento.

Debido a la gran velocidad de corrosión que usualmente acompaña el desprendimiento del hidrógeno los metales son raramente usados en las soluciones en las cuales desprenden hidrógeno a más o menos apreciable velocidad. Como resultado, las más de las corrosiones observadas en la práctica ocurre bajo condiciones donde la oxidación del hidrógeno para formar agua es necesariamente parte del proceso de corrosión.

Por esta razón los agentes oxidantes son muchas veces los aceleradores en potencia de la corrosión y en muchos casos, la fuerza oxidante de la solución es la más importante y simple propiedad concerniente a la corrosión.

Los agentes oxidantes que aceleran la corrosión de algunos materiales pueden también retardar la corrosión de otros a través de la formación, en sus superficies, de óxidos o capas de oxí

geno adsorbido que lo hace más resistente al ataque químico. Esta propiedad del cromo es la responsabilidad de su principal característica de resistencia a la corrosión, al tipo de acero inoxidable.

Se tiene entonces, que las sustancias oxidantes, como el aire disuelto, puede acelerar la corrosión de una clase de material, pero retardarla de otro. En el último caso, el comportamiento del material usualmente representa un balance entre la fuerza del compuesto oxidante que preserva una película protectora y su tendencia a acelerar la corrosión cuando el agente tiende a romper la película protectora.

8.- Naturaleza específica, concentración y distribución de otros iones en la solución; pues entre los principales agentes de la corrosión están los gases disueltos, como el O_2 y el anhídrido carbónico y además de la acidez, la presencia de algunas sales fácilmente hidrolizables, como el $CaCl_2$, $MgCl_2$, $NaCl$, etc. (cloruros alcalinos y alcalinotérreos).

9.- La velocidad efectiva de flujo de líquido que pasa por la superficie metálica, que con un incremento en el movimiento relativa entre la solución corrosiva y la superficie metálica, tiende a acelerarse. Este efecto es debido a que la gran velocidad a la cual los productos químicos corrosivos, incluyendo las sustancias oxidantes (aire), son llevados a la superficie que se corroe y a la gran velocidad a la cual los productos de la corrosión, (que podrían de otra manera acumularse y

amortiguar la corrosión) son retirados.

Entre mayor sea la velocidad, más delgada será la película al través de la cual las sustancias corrosivas deben penetrar, y al través de la cual los productos solubles de la corrosión deben difundirse.

Si no resulta alguna resistencia a la corrosión, de la acumulación de capas de productos de corrosión insolubles sobre la superficie metálica, el efecto de la gran velocidad puede ser, o bien prevenir su formación, o bien, removerla después de formada. Cada efecto produce corrosión inevitablemente. Esto ocurre frecuentemente en tubos de diametro pequeño o conductos al través de los cuáles deben circular líquidos corrosivos a alta velocidad (tubos de condensadores y evaporadores), en las cercanías de medidores de líneas de tubería, en propelas, agitadores y bombas centrífugas. De efectos similares a la erosión por cavitación.

10.- La presencia de impurezas (suciedad o partículas sólidas), o la presencia de recubrimientos de un grupo como escama molida en la superficie del metal; o el contacto con otros materiales-conductores en presencia de un electrolito.

Pero las impurezas en un corroyente pueden ser buenas o malas desde el punto de vista de la corrosión, pues una impureza puede actuar como un inhibidor, pero si es removida por algun cambio en el proceso o alguna imprudencia, se pondra entonces tener marcado incremento en la velocidad de corrosión.

Otras impurezas, por supuesto pueden tener efectos muy deteriorantes en el material. El ión - cloruro es un buen ejemplo, pues pequeñas cantidades de cloruros en la corriente del proceso pueden romper la película pasiva de óxido del acero inoxidable.

Así el efecto de las impurezas es variado y complejo, pero uno debe estar enterado de cuales son, que cantidad está presente, y saber de donde vienen antes de intentar recomendar algún material de construcción.

11.- Temperatura.

La velocidad de corrosión tiende a incrementarse con el aumento de temperatura.

La temperatura también tiene un efecto secundario a través de su influencia en la solubilidad del aire (y el oxígeno), que es la substancia oxidante que más comunmente afecta a la corrosión. Si todo el aire disuelto es evaporado en una solución de ácido sulfúrico, la velocidad de corrosión en base a aleaciones de cobre, que no son dependientes del mantenimiento de una película protectora de óxido, decrece considerablemente.

De otra manera la velocidad de corrosión - del acero inoxidable decrece considerablemente con la pérdida de la substancia oxidante (oxígeno disuelto) necesario para mantener su película protectora.

12.- Habilidad del ambiente para formar una película protectora sobre el metal.

Las superficies metálicas limpias expuestas al aire adquieren rápidamente una película de óxido que a temperaturas ordinarias puede ser delgadas e invisibles, pero a altas temperaturas es más gruesa y llega a dar color característico bien conocido, variando con la temperatura. Pero la naturaleza y propiedades de esa película depende de la composición del metal mismo y su medio ambiente.

Y una vez que la corrosión se ha iniciado, su progreso casi siempre está controlado por la naturaleza de la película, que se puede formar o acumular en la superficie del metal. El ejemplo clásico es el aluminio y el acero inoxidable, que deben su gran duración en ciertos ambientes a la formación de una película continua y permanente que es estable en ciertas condiciones de exposición. En otros ambientes la película puede no formarse o ser fácilmente disuelta; entonces el metal tendrá una vida corta.

Todo esto debido a que los productos insolubles de la corrosión pueden ser completamente impermeables al líquido corrosivo, y así pues completamente protectores. O pueden ser un poco permeables, y presentar una corrosión local o general esto debido a que las películas no uniformes o discontinuas tienden a facilitar la corrosión localizándola en áreas particulares o a inducirla y acelerarla en ciertos puntos con la iniciación de efectos electrolíticos del tipo celda-concentración.

Las películas pueden tender a absorber humedad y así por aumento del tiempo de secado se extiende la corrosión resultado de la exposición a la atmósfera o a vapores corrosivos.

Se considera generalmente que las características de la película de herrumbre que se forma en los aceros es lo que determina su resistencia a la corrosión atmosférica. La película de herrumbre que se forma en aceros poco aleados es más protectora que aquella que se forma en aceros no aleados.

La adición de 0.25% de cobre al acero ordinario incrementa su vida en la atmósfera de dos a cuatro veces, debido a la formación de una densa película adherente, que aparentemente consiste de óxido de hierro con un poco de óxido de cobre, en la superficie del metal.

Cuando el acero cuprado es sumergido en agua o enterrado no se forma la película protectora. Pero además de la película que se origina en el metal que se corroe hay otras que se forman en la solución corrosiva; por lo que si el metal no posee la fuerza inherente para formar una película protectora en la solución, la película puede ser formada por la solución corrosiva, por efectos de varias sales, como carbonatos y sulfatos, que pueden precipitar de la solución o por la adición de reactivos formadores de películas como cromatos, alka~~lis~~is o compuestos insolubles que forman dicha película al contacto de la superficie del metal con dichos productos.

Además hay películas de aceite y grasa que pueden proteger el metal del contacto directo con las sustancias corrosivas.

Al quitarse el material de esa solución, dicha película es solo temporal, por lo que para una protección permanente y segura es necesario mantener en la solución la concentración apropiada del cromato u otro material empleado para este propósito.

Estas películas son regenerables por sí mismas, de forma que si son rotas o removidas, se forma una nueva película que viene a proteger el metal.

El cromo puede formar una película invisible muy resistente bajo condiciones de oxidación, pero en solución diluida de ácido clorhídrico, donde dicha película no puede existir, el cromo se disuelve más rápido aún que el hierro.

Los metales que adquieren una película estable por contacto con una solución oxidante, se llaman pasivos.

En esta condición, pueden existir temporalmente, resistiendo la corrosión, después de quitarse de la solución formadora de película.

La presencia de una película delgada de óxido en materiales pasivos ha sido determinada por el cambio de potencial en el metal, y por la remoción de películas de la superficie por disoluciones selectivas en el metal a prueba.

Cuando los productos de la corrosión forman capas esponjosas de grosor irregular, estas capas no protegen, sino que más bien pueden acelerar la acción normal por interferencia con la velocidad de difusión del oxígeno en la superficie del metal.

ATAQUES Y FALLAS.

Es de tomarse en cuenta que la corrosión - de un metal por acción química o electroquímica es frecuentemente acompañada de ciertas fuerzas mecánicas, las cuales aceleran la destrucción del metal, cómo la:

CORROSION POR ESFUERZOS DE TENSION.

La corrosión puede ser acelerada por fuerzas de tensión, tanto las internas residuales del propio metal, como por las aplicadas exteriormente. Las tensiones internas son producidas por deformaciones no uniformes durante el trabajo en frío (doblado, cortado, golpeado) por enfriamiento disparejo cuando se encuentra a altas temperaturas y por rearrreglos estructurales internos que incluyen cambio de volumen.

También pueden ser clasificadas como tensiones internas las inducidas por remachado y atornillado.

En estas tensiones es necesario que ocurran también en ambiente corrosivo, y que haya en la superficie una tensión para que se lleguen a formar roturas de tensión originadas por corrosión.

Si llegan a producirse a cuasa de leves tensiones, esto nos dice que la verdadera falla es interna, y pudo ser causada por corrosión.

Virtualmente, los sistemas constituidos por las aleaciones tienen su propio medio ambiente

corrosivo, el cual puede producir roturas por tensión, siendo el tiempo de exposición necesario para la falla desde un minuto, hasta años; lo mismo pasa en metales más o menos puros, pero con algunas impurezas residuales, así el acero con 18 Cr - 8Ni en presencia de iones cloruro se rompe a una velocidad de 1 cm./hr. y la densidad de corriente requerida para disolver el material es equivalente en C.A. de 1 Amp./cm² lo que indica que es una reacción muy violenta.

Ejemplos típicos de estas fracturas (roturas) es la del bronce forjado en frío en ambiente amoniacal o la del acero inoxidable en presencia de cloruros, o la del acero monel o plata alemana en ácido hidro-fluosilico, y el hecho de que el acero se vuelva quebradizo en soluciones cáusticas. Todo este problema se evita usando inhibidores específicos, o por medio de soluciones reguladoras de fosfatos de sodio lo que elimina la posibilidad de condiciones alcalinas o formando aleaciones específicas o eliminando las altas tensiones, sobre todo en la fabricación y durante la soldadura, o cuidando el medio ambiente al que se exponga el metal, pues es específico, para que se produzca este tipo de fallas en cada aleación; lo mismo que tanto la temperatura como la concentración influyen, pues por ejemplo los aceros no sufren esta falla en presencia de cloruros si la temperatura es inferior a 120° F (50°C) pero si es mayor, una concentración de unas cuantas partes por millón de cloruros en el medio puede causar fracturas (como en los tubos de los cambiadores de calor) lo mismo que en medio cáustico con concentración de 30%.

Si esto pasa lo primero que ocurre al espécimen que se encuentran sometido a tensión es que se le elimina su película protectora de óxido lo que puede hacer variar su potencial, originando un ataque o picadura.

El paso siguiente de la propagación de la rotura es un mecanismo que ha sido objeto de largas investigaciones, pero no se tiene un resultado general, pues varía de ambiente a ambiente y es diferente para cada aleación.

Pero más o menos, lo que se cree que pasa es que la reacción electroquímica produce un aumento en la tensión sobre el agujero y acto seguido la rotura recorre una corta distancia, la que aumenta al continuar la reacción electroquímica sobre esa distancia que se había recorrido.

Pero normalmente el tiempo en que falla la aleación está relacionado con la tensión aplicada y con el tipo de cristal pues cada cristal tiene su punto de falla, correspondiente a una tensión específica y ese punto de falla que corresponde a donde el metal comienza a romperse en proporcional a (diámetro de grano) $- 1/2$; aunque esta relación ha sido establecida solo para unos cuantos elementos y los puede localizar en fundamentales of corrosión, J.C. SCULLY M.A. Ph. D.A.I.M. Leeds-University, Pergamon press.

El mecanismo electroquímico de la iniciación de la fractura por tensión corrosiva es usualmente más lento que su propagación, llegándose a pensar que aquí llegan a influir los productos de la corrosión en forma similar al hielo que rompe -

las rocas al formarse este a partir del agua que -
quedo en sus fisuras, siendo aumentada la veloci-
dad de fractura por polarización anódica, pero dis-
minuida por polarización catódica, como para cual-
quier tipo de corrosión.

CORROSION INTERGRANULAR.

Otro de los tipos de ataque es la corro-
sión intergranular, pero este será mejor tratado en
la sección de la corrosión de aleaciones.

CORROSION SOBRE HENDIDURAS.

La corrosión sobre hendiduras ocurre sobre
grietas (y lugares adyacentes) formadas por contac-
to con otra pieza del mismo u otro metal o con ma-
teriales no metálicos, siendo más severa sobre la
superficie de la misma pieza, pues habrá mayor de-
ficiencia de oxígeno, cambios en la acidez, forma-
ción de iones o agotamiento de inhibidores en caso
de haberlos.

CELDA DE AERACION DIFERENCIAL O DE CONCENTRACION- DE OXIGENO.

La celda de concentración de oxígeno, es -
una celda electrolítica donde la fuerza directoras-
que causa la corrosión es la diferencia en la can-
tidad de oxígeno en solución de un punto comparado
con otro. La corrosión es acelerada donde la con-
centración de oxígeno es menor, por ejemplo en luga-
res de relleno.

Esta forma de corrosión puede ocurrir tam-
bién en sustancias sólidas que se depositan en -

una superficie metálica, lo que les dificulta el acceso fácil de oxígeno. Esto se evita con un cambio mecánico de dicha situación.

CORROSION DE ALEACIONES.

El hecho de alear ocasiona algunos efectos sobre la corrosión.

- a).- Cambios en la cinética de la disolución anódica del metal que hace las veces de soluto.
- b).- El efecto de las impurezas que ocasionan celdas locales.
- c).- Cambios en el ataque sobre el límite del grano causado por segregación y tratamiento térmico.

Los cambios en la cinética de la disolución anódica; deberá ser considerada tanto para aleaciones simples como multifásicas, pues de cualquier forma el componente más activo tenderá a disolverse a mayor velocidad que el menos activo, pues por ejemplo, el Bronce:

En varias soluciones es dezincado en cuanto es puesto en contacto con ellas, por lo que la disolución del cobre será la velocidad controlante donde el paso más lento es la oxidación de los iones cuproso a cuprico.

De cualquier forma, el resultado general es el enriquecimiento en el elemento menos activo-

que origina una reducción gradual en la velocidad de disolución, y que para cada aleación existe la relación Elemento Noble/Elemento activo que es propia y específica, aunque la aleación sea homogénea pero falla si hay un exceso de componente activo.

En aleaciones heterogéneas, la disolución anódica depende del área relativa de las fases expuestas, que puede ser calculado de la fracción en volumen.

Si en el límite del grano (entendiéndose por grano la unidad de volumen que contiene a los distintos elementos en la proporción que da las características a la aleación), se segrega uno de los elementos que forman la aleación, la diferencia en concentración dará como resultado una caída de potencial entre el límite y el interior del grano, lo que originará corrientes corrosivas de gran magnitud, o producirá regiones activas locales, esto es aún más marcado si uno de los componentes existe como impureza, por ejemplo en el aluminio que contiene impurezas de fierro, al ponerse en contacto con un alkali.

Otro de los problemas se origina cuando se somete a la aleación a un tratamiento térmico por ejemplo al soldarse el acero inoxidable que contiene 18 Cr -8Ni, lo que origina que se precipite un compuesto de carbón con cromo (especie de carburo) en la frontera del grano y las áreas adyacentes a ella son agotadas de cromo, lo que lo convierte en zona activa respecto al interior del grano.

Si el ataque originado es muy severo, y existe un control anódico por ser muy grande las áreas catódicas, tendremos como resultado fallas intergranulares o agujeramiento.

Una forma de evitar esto, es aleando con el acero algún fuerte formador de carburos, (titanio o niobio), que al precipitar como carburo, permite al cromo permanecer en la solución sólida lo que estabiliza el acero.

Otro problema en las aleaciones de cobre y aluminio es la precipitación de partículas de Cu-Al que forman parte constituyente de la frontera del grano que origina el agotamiento del cobre en las zonas adyacentes de solución sólida de cobre-aluminio convirtiendo al metal agotado en zona anódica respecto al atacado y a la solución sólida, promoviendo la corrosión intergranular por el tipo galvánico.

De hecho, las fronteras de los granos son regiones activas por lo que no es sorpresa que las capas de átomos que estén desarregladas sean más rápidamente atacadas que las capas de átomos que están bien arregladas en el grano, lo mismo que son preferenciales al ataque cuando tiene dislocaciones sobresalientes, frontera en subgrano, o frontera gemela, todo lo cual aumenta el ataque corrosivo.

Pero todo ello es relativo, pues depende de si el metal presenta o no alguna película que recubra la superficie, pues si no es así, por ejemplo si alguna solución remueve el óxido, toda su

superficie se verá atacada, pero si el óxido solamente sufre fracturas, solo ahí se verá atacado el metal; por ejemplo el aluminio, que se agujera - por ese hecho, pero también debido a factores geométricos y del medio ambiente, pues de acuerdo a la orientación cristalográfica y las imperfecciones de los cristales puede formarse un tipo de agujero, el cuál puede ser específico en tamaño y orientación para algún tipo de solución corrosiva.

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CORROSIÓN:

Por consideraciones prácticas podemos dividir los métodos de prevención y control de la corrosión en corrosión interna, que es la que se presenta generalmente en los equipos de proceso o en los de explotación de recursos, y de corrosión externa, la que se presenta en todos los materiales. Así existen:

- 1).- Métodos de control de corrosión interna.
- 2).- Métodos de control de corrosión exterior.

Pero en ambos tipos de deterioraciones pueden ser prevenidos, reducidos o por lo menos controlados de tres formas:

- a).- Usando materiales más resistentes,
- b).- Por aplicación de películas protectoras.
- c).- Haciendo menos corrosivo el ambiente.

PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA:

Esta se logra mediante una barrera entre el material y el medio corrosivo, o bien, por un tratamiento del metal que se quiere proteger por alguno de los siguientes métodos:

- 1).- Aplicando recubrimientos impermeables como resinas, pinturas, lacas, barnices, esmaltes vitreos, etc. todo es-

te conjunto de recubrimientos abarcan una serie de parámetros que no son de la especialidad de la tesis, pero para la persona que se interese en ellos puede consultar las publicaciones de la American Paint and Varnish mfrs. Assoc., distribuido por el instituto del laboratorio de Investigación de Pinturas y Barnices de Washinton D.C., o algún otro tipo de publicación similar.

- 2).-Otro de los métodos, es el de producir recubrimientos inertes o no corrosivos (esto en forma aproximada) por calor o tratamiento químico de la superficie del metal, como pueden ser los recubrimientos de oxido, o tratamiento con material aceitoso, el acero se obtiene por oxidación del mismo mediante calor o tratamiento químicos, los que generalmente se recubren algún material aceitoso, como una protección adicional contra la corrosión.

Con el calor se logra elevando la temperatura a 200° C en presencia de vapor y de hidrocarburos, hasta que quedan de una coloración oscura; La química utiliza agentes químicos hasta que se obtiene una película de herrumbre más o menos gruesa la que es removida, dejando una delgada película de oxido que protege el metal, lo que se repite hasta que se obtiene el grosor deseado, pudiéndose recubrir después de aceite.

TERMINADO DE ACEITE QUEMADO.- Recubrimiento negro de oxido al calentar el acero en vapores de aceite a temperaturas de (200° C).

RECUBRIMIENTOS DE FOSFATOS.- Son muy utilizados para proteger el acero pues aparte de que inhiben la corrosión, facilitan el pintado subsecuente, a excepción del aluminio, que se trata con solución de cromatos.

Estos baños de fosfatos contienen mezclas de fosfatos de hierro, magnesio y zinc; en soluciones de ácido fosforico forman una película protectora.

Hay muchas variaciones en estos tipos de tratamientos, lo mismo en composición, forma de aplicación, grosor de película y tamaño de grano, pero generalmente son base para pintura, un ejemplo es el:

Cosletizado.- Este proceso es para prevenir el manchado, y es base de pinturas y lacas, y consiste en la inmersión del acero en una solución de fosfato ferrico que contiene ácido fosfórico, lo que da una capa de color blanco, que se ennegrece con los aceites y grasas.

PARKERIZADO.- En este proceso se sumerge el acero durante 45 minutos en una solución caliente (85°C) de fosfato dihidrogenado de manganeso en una mezcla con fosfato ferrico. Una variación de este proceso es el bonderizado, y el granodizado.- que es un proceso en el que el elemento a recubrir se utiliza como cátodo en la solución caliente de fos

fato de zinc y fosfato de fierro, lo que produce - una capa obscura sobre el fierro, zinc, cadmio, y otros metales, resistente a la interperie.

ANODIZADO:

Otro de los métodos de protección contra - la oxidación en el anódizado, mediante el cual se forma electrolíticamente una capa de oxido del metal, que generalmente es aluminio, pero tambien se puede hacer sobre tatanio o tántalo.

CALORIZADO:

Este es un proceso para proteger el acero - de la oxidación a altas temperaturas (como en hornos, secadores, refineries), por medio de la forma ción a altas temperaturas de una película protecto ra de oxido de aluminio.

ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL:

Es la aplicación de un metal a una superfi cie en desgaste, lo que le proporciona alta resis tencia a la abrasión; Esto se logra depositando - metales más resistentes en los puntos debiles.

Las características que se modifican en el metal, son la dureza que es el párametro más senci llo de determinar, la resistencia a la abrasión y - al impacto, pero estos métodos no incluyen los tra tamientos térmicos que producen una superficie - dura interior.

4 RECUBRIMIENTO METALICO:

Los metaes son recubiertos con metales - por una gran variedad de técnicas, pero uno de los más usados es el de depositar películas impermeables y adherentes de algún metal sobre alguna superficie conductora por electrolisis, pero de cualquier forma, el caso del recubrimiento metálico: -

- a)prevenir en cuanto sea posible la corrosión y:
- b).- Incrementar la resistencia al desgaste (el cromo)
- c).- Compatibilizar pequeñas resistencias-al contacto electrico (el oro, la plata).
- d).- Lograr una alta reflectividad.
- e).- Mejorar la resistencia a la oxidación.

DIFERENTES DEPOSITOS UTILIZADOS.

GALVANIZADO:

Es un recubrimiento de zinc, que se utiliza para proteger al acero debajo carbono del deterioro atmosférico en forma muy económica, la cual además de resistir el desgaste y la corrosión, tiene un buen aspecto. La protección mediante el zinc se logra debido a que es zinc, el anódico con respecto al fierro.

Debido a esto es muy usado el fierro galvanizado en ambientes acuosos, pues en presencia del oxígeno el hidroxido de zinc es precipitado de los productos de las reacciones anódicas y catódicas, - lo que actúa como una barrera para la reacción de reducción del oxígeno.

Como se ve, el galvanizado es un buen recubrimiento, y algo que mejora aún su apariencia es el "efecto de estrellado", que se logra añadiendo pequeñas cantidades de estaño y aluminio a los baños calientes (460° C) de zinc.

Este recubrimiento es bueno pero si se deposita en exceso, se puede eliminar la cantidad de seada por medio de rodillos y escobillas de metal, lo cual se logra también si el recubrimiento se hace por atomizado del metal fundido.

RECUBRIMIENTO DE CADMIO:

El cadmio es un metal blanco que también se usa como recubrimiento para prevenir la corrosión, con una pequeña y delgada capa se logra una buena protección, sobre todo si se exigen rangos de terminados de protección (debido a seguridad o a control de calidad en equipo).

Además el cadmio resiste mejor que el zinc los ambientes marinos pues su cloruro es menos soluble, pero como su sulfato es más soluble, tiene un menor uso industrial, donde los productos de la corrosión muchas veces son sulfatos:

RECUBRIMIENTOS DE ESTAÑO:

El estaño es más noble que el acero, pero aunque el estaño mismo es resistente a la corrosión, el plaqueado de estaño representa una situación diferente al galvanizado, pues el estaño es catódico al fierro en condiciones normales, por lo que acelera la corrosión en las áreas expuestas de las fracturas de las películas protectoras, produ-

ciendo una gran área catódica eficiente, lo que puede ocasionar agujeramiento.

Dado que el estaño es resistente a la corrosión, y algunos ácidos orgánicos forman complejos con él, y dichos ácidos es común encontrarlos en los alimentos como la leche, jugos de frutas, en cuyo ambiente es disminuida la actividad del ion estañoso, lo que hace que el estaño venga a ser catódico respecto al fierro, es muy utilizado como recubrimiento sobre láminas de acero usadas como recipientes para alimentos.

4 La fabricación de botes estañados utiliza aproximadamente el 90% del estaño producido en México. El estaño se aplica por Electro Estañado, donde las piezas se sumergen en un electrolito y se hace pasar corriente desde un electrodo a la pieza y por el método de inmersión en el estaño fundido (aprox. 315° C), que no afecta al metal base, logrando espesores de película de 0.0025 mm. y en el electro estaño de 0.00075 mm., donde la porosidad es mayor, por lo que si se utiliza para alimentos necesitan un baño de laca como recubrimiento, o un baño de inmersión en Dicromato de Potasio, pero si el bote se va a etiquetar, hay que evitar el uso de pegamentos corrosivos.

Otra de las cualidades del estaño es su alto sobrepotencial de hidrógeno, pero lo que en ausencia de oxígeno es difícil que se efectúen algunas otras reacciones catódicas, las que en caso de ocurrir son muy lentas.

El estaño reacciona con los compuestos del azúfre, lo que produce una película que interfiere

con la labor protectora del estaño: También se han encontrado fases intermedias de Hierro-Estaño, con propiedades diferentes a cada uno; y el ión estañoso en solución tiende a disminuir la disolución del acero al afectar el grado de inhibición anódica.

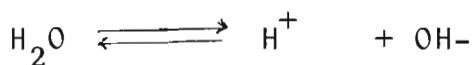
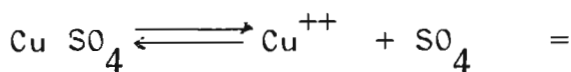
El estaño también se usa para recubrir cobre y bronce, lo mismo que en mezcla con el zinc para disminuir el ataque galvánico, o con níquel para resistir el ataque de los compuestos del azufre.

4 DEPOSITOS DE COBRE:

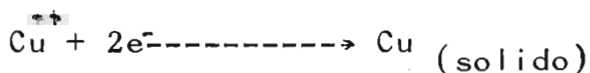
Debido a su resistencia a las influencias corrosivas, el cobre es muy usado como recubrimiento metálico, sobre todo por sus propiedades adherentes, por lo que puede recibir un baño subsecuente de otros metales.

El cobrizado puede ser tanto por atomizado del metal sobre la superficie preparada, como por electrolisis siendo la electrolisis aplicada a un baño que contiene una solución de cianuros, (baño alcalino), o a una solución ácida de sulfato de cobre.

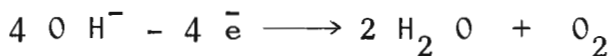
Si en la celda electrolítica se utiliza una solución de sulfato de cobre y electrodos de platino tenemos los procesos siguientes:



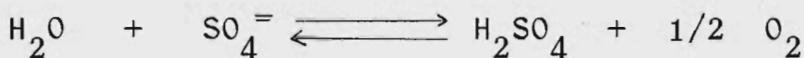
A pasar la corriente, los iones cobre e hidrogeno se dirigen al cátodo, en donde se deposita cobre con más facilidad, debido a que tiene un potencial más electronegativo que el hidrógeno.



Los iones Oxhidrilo y sulfato se dirigen al anodo insoluble en donde los oxhidrilo se descargan selectivamente con más facilidad desprendiendo oxígeno.



Mientras que el $\text{SO}_4 =$ se combina con el hidrógeno, dando H_2SO_4 pero como la eliminación modifica el equilibrio.



BAÑO DE NIQUEL:

Para proteger superficies, las chapas tienen espesor de 0.00254---0.0508 mm. o menores si tienen otras bases. Para aplicaciones de ingeniería, el espesor puede llegar a ser de 1.524 mm. o más. Se puede obtener una variedad de valores de resistencia y ductilidad, pudiendo algunas ser blandas pero sumamente dúctiles, o muy duras y fuertes.

Por esta gran adaptabilidad, se usa el níquel para protección, electroformación, renovación de piezas delgadas o labradas excesivamente a máquina y otras operaciones de ingeniería.

Uno de los baños más usados, y que da un acabado mate, es el baño Watts, (N. SO_4 .7 H_2O - 30%, N. Cl_2 CH_2O 4.5%, H_3BO_3 3%, $\text{pH} = 2.0$ ---- 5.0 , Temp. = $49 - 66^\circ \text{C}$, densidad de corriente catódica = 0.54 ---- 6.5 amp/dm^2 , lo mismo la anódica, y eficiencia de corriente de 92 - 95%).

Para evitar la formación de hoyuelos, se agrega algún humectante que reduzca la tensión superficial (Ej. 0.5 a 1.0 gr/l laurilato sódico). Estos agentes han reemplazado al peróxido de hidrógeno para el mismo efecto, dado que era difícil mantener la concentración, e introduce esfuerzo de tensión en el depósito.

Para evitar la quemadura de áreas sujetas a gran densidad de corriente, se usa la agitación.

La naturaleza de la chapa, depende del pH, que si es alto, se depositan chapas más uniformes-

y duras, (fáciles de pulir), siendo necesario aplicar menor densidad de corriente.

El pH, la densidad de corriente y la temperatura se ajustan cuidadosamente en concordancia - con otros factores, como el espesor de chapa y la forma de las piezas.

Se agrega cloruro de níquel ($NiCl_2$) para - fomentar la corrosión de anodos laminados y despolarizados, de carbon laminado o níquel electrolítico, que son casi pasivos en baños exentos de cloruro. Pero si uso cloruro de amonio, potasio o sodio, la chapa se endurece y se introduce mayor esfuerzo de tensión.

Los anodos se ponen en sacos de tela de algodón para evitar que resulte áspera la chapa por adherencia de partículas que se desprenden del anodo. Es necesario la filtración frecuente o continua por razón de que la suciedad suspendida en el baño ocasiona chapas asperas.

La mayoría de los baños para níquelado brillante que tienen principalmente el objeto de eliminar o reducir costos de pulimento, contienen algún agente para refinar el grano y dar brillo a la chapa, la cual así se endurece, y puede volverse quebradiza.

Los agentes abrillantadores son de dos clases: La una comprende ácidos arilsulfónicos y aril polisulfónicos y sus sales sódicas, etc.. La otra clase comprende el formato sódico, aldehídos y cetonas, aldehídos halogenados, sales de

zinc, cadmio, selenio, etc. (procesos patentados).

En los procesos para producir chapas totalmente brillantes se emplean uno o más agentes de adición de cada clase. La investigación de chapas brillantes indican una estructura estriada que tiene pequeñas cantidades de azúfre introducido como inclusión o el depósito simultáneo de algún abrillantador de la primera clase.

Si uso solo abrillantador de la primera clase, es semibrillante pero quebradizo, los de la segunda clase producen chapas semilustrosas, ductiles y fáciles de pulir.

El brillo, la ductibilidad y la susceptibilidad al pulimento dependen de la concentración y naturaleza del agente de adición.

Los baños para niquelado brillante son particularmente sensibles a las impurezas metálicas y orgánicas, los efectos de estas impurezas varían un tanto según la composición del baño y la clase de agentes de adición. Basta 100 ppm. de fierro ferroso para aumentar la resistencia de la chapa a la tracción, y la concentración de 0.0075 % puede dar chapas oscuras o negras. (lo mismo de zinc y cobre) un 0.000525 % de cromo (Cr^{6+}) suspende la depositación del níquel. Los aceites y grasas ocasionan defectuosa adhesividad.

BAÑO DE LATÓN:

El espesor más general es de 0.00127 a 0.00762 mm. se usan exclusivamente baños de cianuro que requieren regulación minuciosa para mante-

ner color y composición uniformes. Las especificaciones estan en el análisis del baño y calculo de equipo si después hay que aplicar una chapa-caucho a menudo se recomienda una aleación de 75% de cobre y 25% de zinc, que es la mejor para que se adhiera el caucho; otros autores aconsejan 78% de cobre 22% de zinc etc.. no se debe añadir amoniaco a baños que produzcan chapas para que se adhiera el caucho, más en otras aplicaciones se añade el amoniaco para "amortiguar el color, en una amplia serie de composiciones. (Ejem. $\text{pH} = 12 \pm 0.4$).

BAÑO DE ORO.

El espesor suele ser 0.0000254 - 0.000254-mm., pero puede variar. A menudo los artículos dorados se cubren con una mano de laca que coopere con el enchapado a proteger el metal básico contra el empañamiento y desgaste. El acero y fierro se enchapan primero con cobre, níquel, latón, etc. - Un baño usual es K (Au) (CN)_2 0.375%. +

NaCN 2.8125%, $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ 0.75% Temp. de 49 - a 71°C y densidad de corriente de 0.54 - 1.62 - Amp/dm² usando anodos de oro puro (24 kilates), para reponer el oro extraído del baño, el que se deposita. Pero se puede usar anodos de acero inoxidable o carbón para mantener constante la concentración de oro, o como en nuestro caso, la misma tina actua como anodo cambiando la composición del baño.

Las aleaciones de oro blanco se producen depositando simultáneamente níquel o estaño con el oro, para obtener oro verde se agrega plata.

El oro rosado contiene cobre. Los enchapados de oro amarillo de 24 kilates son de cobre y níquel depositados simultáneamente con el oro.

BAÑO DE CROMO:

Las delgadas chapas brillantes de cromo para acrecentar la resistencia contra el empañado y mejorar el efecto decorativo suelen ser de 0.000254 --- 0.00127 mm. de espesor.

El cromo es más duro que las demás chapas comerciales, y como endurecimiento superficial esperecido a la nitruración y la carburización. El cromo duro es quebradizo, y no se puede labrar con herramientas cortantes, pero se puede pulir por esmerilado.

El cromo se deposita en forma de hidruro hexagonal estable, que se transforma rápidamente en cristales de cromo cúbicos de cuerpo centrado e hidrógeno. Esta mutuación ocasiona agrietamiento con contracción. La dureza se debe al pequeño tamaño del grano. Se puede expulsar la mayor parte del hidrógeno encerrado en el pequeño grano cúbico centrado, mediante un calentamiento a bajas temperaturas (245° C), el cuál no llega a reblandecer la chapa.

Se puede lograr una chapa de cromo resistente al maquinado si se eleva la temperatura de recubrimiento (85° C), lo mismo que la densidad de corriente.

El baño es de ácido crómico, y se utiliza otro ácido (sulfúrico) como catalizador, en concen

tración de 100: 1 a 80: 1, para tener buen poder de distribución.

Para obtener cromado denso y brillante de calidad aceptable, es necesario adecuar la densidad de corriente, la concentración de cromo trivalente y temperatura.

A altas densidades de corriente mejora un poco de eficiencia catódica que generalmente es menor de 20%. Este baño no es agitado, debido a la generación de gas hidrógeno que es violenta.

Las impurezas de fierro, cobre y exceso de cromo reducido reducen la brillantes de la chapa. No se conoce método para eliminar el cobre y el fierro.

Para obtener un buen cromado, es elemental la preparación del metal base, debido a esto, haré un breve tratado de las impurezas y preparación del metal.

NATURALEZA DE LA SUCIEDAD A QUITAR:

SUCIEDADES ORGANICAS.- Los aceites minerales puros son fáciles de eliminar por medio de hidrocarburos clorados, y con limpiadores alcalinos.

ACEITES ANIMALES Y VEGETALES.- Son saponificables, aunque la reacción es usualmente lenta e incompleta. Estos aceites son solubles en benceno e hidrocarburos clorados. Este tipo de suciedad proviene del uso de compuestos pulidores, aceites para corte, compuestos a base de grasa, aceites protectores y lubricantes para troqueles y moldes.

ACEITES COMPUESTOS.- La mayoría de los aceites que se usan son de esta clase, como los aceites lubricantes para motor, aceites minerales sulfurado y aceite de manteca sulfurado. La mayoría de los aditivos empleados se escogen por su capacidad para adherirse tenázmente al metal, y por tanto, son más difíciles de remover que los aceites sencillos.

SUCIEDAD INORGANICA:

Las manchas que resultan del decapado o de algún otro tratamiento previo son en general muy difíciles de eliminar, como lo son también las virutas de metal y otras partículas grandes y pequeñas de desperdicio mezcladas con lubricantes dejados por las operaciones de maquinado esmerilado o pulido.

SUCIEDADES MEZCLADAS:

RESIDUOS DE COMPUESTO PULIDOR.- Estas impurezas son difíciles de eliminar, pues están compuestas de aceites animales, vegetales y otros, y grasas con partículas de abrasivo. Los métodos normales empleados para remover el aglutinante orgánico pueden dejar parte del material abrasivo adherido a la superficie del metal.

El calor generado durante la operación de pulido pueden también descomponer parcialmente a los aglutinantes, causando una reacción química con el metal base, haciendo que el trabajo de limpieza resulte todavía más difícil.

ACEITES PIGMENTADOS PARA EMBUTICION.- Estas impurezas son similares a las anteriores en lo que respecta a sus características, para ser eliminadas.

DEPOSITOS DE ACEITES CARBONIZADO.- La carbonización de los aceites de enfriamiento en las operaciones de tratamiento térmico y los depósitos de carbón que se encuentran normalmente en los motores de combustión interna, constituyen otra clase de impureza mezclada, cuya eliminación requiere una consideración especial.

SOCIEDAD DEL TALLER.- Este nombre se aplica a todos los tipos de residuos que se acumulan sobre los artículos mientras están en el taller. - Su acumulación raramente ocasiona dificultades mayores de eliminación.

RESIDUOS DE LIMPIEZA DE DECAPADO.- Varias operaciones de limpieza pueden dejar películas de óxido, sulfatos, fosfatos, silicatos y otras películas inhibidoras, capas pasivas, manchas etc..

Los gases tales como el hidrógeno pueden ser adsorbidos en el interior de los metales o en la superficie de los muros durante la limpieza catódica.

GRADO DE LIMPIEZA REQUERIDO.- No todas las operaciones de electro recubrimiento requieran el mismo grado de limpieza para que la operación tenga éxito. En general, las soluciones ácidas y neutras requieren que la superficie del metal base esté totalmente libre de grasa y aceites. Por otra-

parte, muchas de las soluciones alcalinas, tales - como las de los baños cianuros, operan como una - combinación de limpiador alcalino y solución electro-
lítica.

Sin embargo, no es buena práctica emplear-
objetos sucios en estos baños, pues la suciedad -
removida ensuciará la solución, resultando más eco-
nómico hacer buena limpieza mecánica y luego elec-
troquímica.

Al estudiar el nuevo equipo, deberán tomar-
se en consideración el tamaño, peso y configura- -
ción de las piezas, así como el grado de limpieza-
requerido. Las partes pequeñas se colocan de ordi-
nario en soportes o en canastas para su inmersión-
en tanques o su transportación, para el lavado, -
que a veces se hace en tambores o barriles rotato-
rios.

Entonces el equipo deberá seleccionarse -
para que proporcione los resultados deseados.

Limpieza a mano.- donde el volumen de tra-
bajo a limpiar es demasiado pequeño (o las piezas-
demasiado grandes) para justificar el gasto del -
equipo especial, la limpieza se hace generalmente-
a mano. Las soluciones limpiadoras se deben apli-
car con cepillos, escobillazos. Debido a que cada
tarea presenta los propios problemas específicos,-
el método exacto de aplicar la limpieza se deja a
escojer por lo común al operario. Si los materia-
les limpiadores fueran perjudiciales, se usará -
equipo protector, y tener neutralizadores a la ma-
no, pero no se debe usar disolventes inflamables o

tóxicos para la limpieza a mano.

LIMPIEZA EN TANQUE.- Gran parte de la limpieza de metales se hace sumergiendo las piezas en tanques de solución limpiadora. Expuesto a grandes rasgos, un buen procedimiento para limpiar piezas-cubiertas con gruesas capas de suciedad sería:

- 0).- Pulido y preparación inicial.
- 1).- Remoción del grueso de la suciedad, - remojando las piezas en un tanque con una mezcla de disolvente y que emulsione (la suciedad) por sí misma.
- 2).- Enjuague.
- 3).- Remover el aceite, grasa y otras impurezas remanentes remojando la pieza - en un tanque con solución alcalina caliente.
- 4).- Enjuagar.
- 5).- Decapado, para quitar la cascarilla, - oxido u otra corrosión.
- 6).- Enjuagar y neutralizar (si es necesario).
- 7).- Continuar el proceso.

ELECTRO LIMPIEZA.- Esta es la limpieza más segura que se puede utilizar para limpiar superficies que se preparan para recubrimiento electrolítico con metales como latón, cadmio, cromo, cobre,

oro, plomo, níquel, plata, estaño y zinc..

→ En la limpieza electrolítica, el humedecimiento, emulsificación y otras acciones físicas y químicas de la solución limpiadora alcalina son ayudadas por la agitación de la solución, resultante de la liberación de gases durante la electrólisis.

Cuando la corriente pasa a través de la solución limpiadora, el agua de la solución se descompone y libera hidrógeno sobre el cátodo y oxígeno sobre el ánodo. Estos gases se elevan hasta la superficie de la solución que se agita con el movimiento ascendente de aquellos, acelerando así la remoción de las partículas de suciedad de las partes del metal.

Esta agitación de la solución limpiadora - en contacto inmediato con la superficie sucia, remueve la película de solución (incluyendo la delgada capa de suciedad que humedece o a la que esta unida) y la reemplaza con una película de solución limpiadora fresca no contaminada, que estará lista para humedecer o unirse a la siguiente capa de suciedad.

La repetición de esta acción transfiere - eventualmente la suciedad de la superficie a la solución limpiadora, en donde es retenida en emulsión o suspensión temporal.

Una pieza de metal es cargada en forma negativa cuando actúa como cátodo en el circuito eléctrico, y recibirá carga positiva cuando sea el ánodo. En consecuencia, atraerá las partículas -

con cargas opuestas, y repelerá las de cargas similares.

La suciedad que tiene una carga igual a la de la pieza que se limpia está sujeta a una fuerza que tiende a empujarla fuera de la superficie del metal. La aplicación de este principio explica la extraordinaria efectividad de la limpieza electro-lítica para eliminar suciedad.

La mayoría de las moléculas de los ingrediente del material electrolimpiador se ionizan en soluciones acuosas; Cationes = sodio, metales, etc., y Aniones = hidróxido, (patética) carbonatos y fosfatos).

Las cationes emigran hacia el cátodo, los aniones hacia el anodo. Dependiendo de si sus cargas son positivas o negativas, los coloides (partículas finas suspendidas en la solución) también emigran hacia los cátodos o hacia los anodos, durante la limpieza electrolítica:

La concentración de estas partículas cargadas en la solución, cerca de la superficie del metal, ayuda igualmente a la eliminación de la suciedad.

LIMPIEZA CON CORRIENTE DIRECTA (CATODICA):

El volumen de hidrógeno liberado en el cátodo es dos veces al del oxígeno liberado en el anodo. En esta forma el movimiento ascendente de las burbujas de gas proporciona una mayor agitación, que ayuda a aflojar la suciedad de la superficie de una pieza conectada como catodo.

La limpieza es ayudada por el hecho de que la pieza de metal cargada en forma negativa repele las partículas de suciedad con cargas también negativas.

Pero la desventaja, es que se atraen hacia esa superficie negativa los cationes o coloides de carga positiva, depositandolos como mancha aislada en la superficie del metal, y el hidrógeno liberado pueden absorberse en la superficie, volviéndola quebradiza.

LIMPIEZA CON CORRIENTE ANODICA:

Debido a que el volumen de oxígeno liberado en el anodo es la mitad del hidrogeno liberado en el cátodo, se tiene menor agitación si la pieza se conecta como anodo, pero esto se evita si se aumenta la densidad de corriente, lo que ayuda a repelar las partículas cargadas positivamente (como el carbón).

No hay peligro de fragilización por hidrógeno, pues los únicos átomos liberados son los de oxígeno, los cuales son demasiado grandes para poder penetrar la estructura molecular de los metales:

LIMPIEZA CON INVERSION PERIODICA DE LA CORRIENTE (I P).- Una modificación de los métodos normales de electrolimpieza, es el uso de ciertos número de ciclos de inversión de corriente, eliminando los productos indeseables en el ciclo anterior.

CALCULO DE EQUIPO.

CICLOS DE OPERACION.- En los depósitos -
electrolíticos de cobre brillante, cobre alcalino,
níquel, oro, cromo, latón, etc., se necesitan -
otras operaciones auxiliares, como son: Prepara- -
ción mecánica, de las superficies, lavado con gaso -
lina u otro solvente, desengrase, el decapado, en -
juagues, secado, pulido, etc., con objeto de ver -
las necesidades de equipo de la planta, a continua -
ción se dan los ciclos de operación que debe de -
seguir una pieza para su acabado electrolítico. -
Así:

1.- Ciclo de cobrizado alcalino;

- a).- Pulido.
- b).- Secado.
- c).- Machueleado.
- d).- Lavado con gasolina.
- e).- Ensertado.
- f).- Desengrase.
- g).- Enjuague.
- h).- Decapado.
- i).- Enjuague.
- j).- Cobrizado alcalino.
- k).- Enjuague.

2.- Cobrizado ácido.

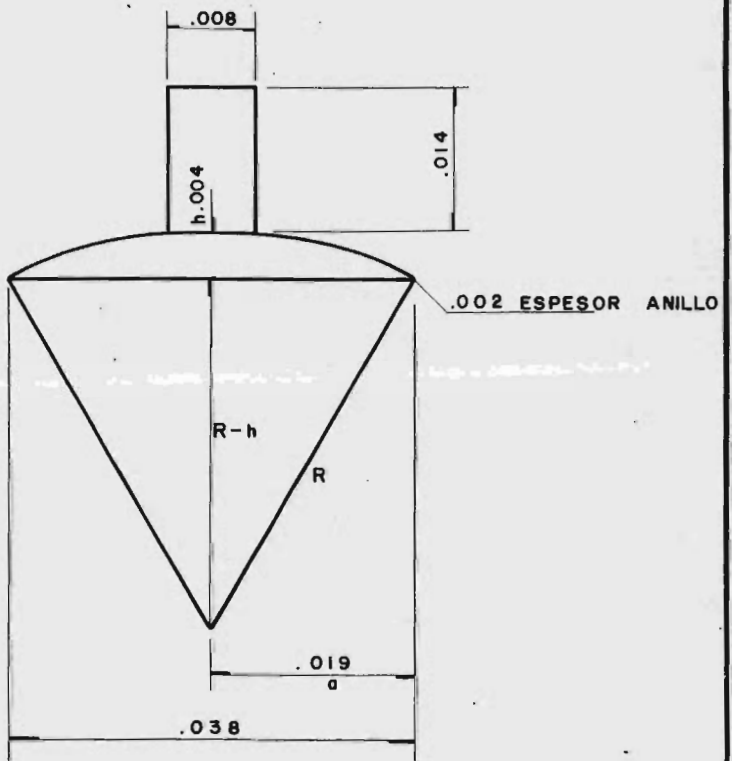
- l).- Enjuague

3.- Niquelado;

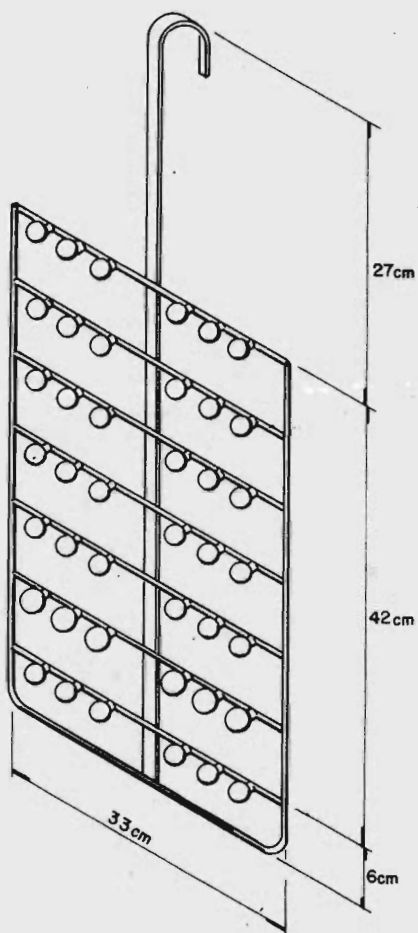
4.- Latonado.

5.- Dorado.

6.- Cromado.



ENSARTA Ó JALADERA



$$(R - h)^2 + a^2 = R^2$$

$$R^2 - 2Rh + h^2 + a^2 = R^2$$

$$h^2 + a^2 = 2Rh$$

$$R = \frac{h^2 + a^2}{2h}$$

$$R = \frac{(0.004)^2 + (0.019)^2}{2(0.004)}$$

$$R = \frac{0.000016 + 0.000361}{0.008}$$

$$R = 0.047125$$

$$\text{ANILLO} = r d \times 0.002$$

$$= 3.1416 \times 0.038 \times 0.002$$

$$= 0.000238 \text{ M}^2$$

$$= 2.38 \text{ Cm}^2$$

AREA DEL CASQUETE

$$A = 2 \pi Rh$$

$$= 2 \times 3.1416 \times 0.047125 \times 0.004$$

$$= 0.001181 \text{ m}^2$$

$$= 11.81 \text{ Cm}^2$$

A RESTANDO EL AREA DEL CILINDRO SUPERIOR

$$A_{cs} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_{cs} = \frac{3.1416 \times (0.008)^2}{4} = 0.000502 \text{ m}^2$$

$$A = 11.81 - 0.0502 \text{ Cm}^2$$

$$A = 11.75 \text{ Cm}^2$$

AREA LATERAL DEL CILINDRO:

$$A_l = \pi d l$$

$$A_l = 3.1416 \times 0.008 \times 0.014$$

$$= 0.0352 \text{ Cm}^2$$

$$A_T = 11.81 + 11.75 + 0.0352 + 2.38$$

$$A_T = 25.9752$$

En la parte superior, las ensartas están suspendidas por un tramo de varilla, que a la vez sirve de contacto eléctrico y que está colgada de la barra catódica, con esta longitud (23 cm), la altura total viene a ser 75 cm.

Un tanque de 80 cm. de altura será el más conveniente, dado que aún habrá 5 cm. de margen de

seguridad entre la base de la ensarta y el fondo del tanque; Si los tanques para el calculo del volumen los tomamos al nivel del liquido, a 10 cm. abajo del borde (87.5 % del volumen total), tendremos un buen margen para evitar derrames de la solución, a la vez que las piezas quedarán sumergidas 17 cm. dentro de la solución, lo que preveerá que las piezas estarán siempre dentro del electrolito. Así:

Altura de trabajo del tanque (su solución)
 $= 0.8 - 0.1 = 0.7$ m. volumen total del tanque = 250
 cm. x 70 cm. x 80 cm. = 1.4×10^6 cm. = 1400 lts.

La solución es alcalina, por lo que el material utilizado para su construcción es fierro de 3/16 "con refuerzos de angulo en los bordes y esquinas.

TANQUES DE ENJUAGUE:

T - 2, 3, 4 y 6.

Estos tanques son de dimensiones mucho menores, dado que el enjuague se hace por cada ensarta en forma individual, mediante operación manual, por lo que un tanque de:

0.70 m. x 0.90 m. x 0.50 m. = 315 lts.

es suficiente; la ensarta permanece aproximadamente 5 seg. en cada uno de los tanques de enjuague.- Se hacen tres enjuagues, con objeto de que la mayor parte de impurezas quede en el primer tanque, - y después de pasar por el segundo y el tercero, - las piezas estan limpias.

Además, el agua de abastecimiento llega al tercer tanque, el cuál se la proporciona al segundo, hasta el primero, evitandose así, perdidas de las substancias desengrasantes.

Así disminuimos las pérdidas de solución - al mismo tiempo que evitamos la posible contaminación de las aguas por metales pesados (cromo, oro, níquel, etc.), y otros contaminantes (alkalis, cianuros etc.).

T - 5 TANQUE DE DECAPADO:

Tiene las mismas dimensiones que los anteriores, pero puesto que va a contener una solución de ácido nutrico, se cubre de fibra de vidrio o alguna resina, para evitar su destrucción.

T - 6 y 7.

Los tanques 6º y 7º eliminan el baño ácido, pero en el 7º permanecen las ensartas hasta completar las 5 que se introdujeron en el baño de desengrase.

T - 8 Cobrizado alcalino (1400 lts).

T - 9, 10 y 11 Enjuagues (315 lts.)

T - 11 Cobre brillante. similar a T - 1, - pero recubierto de fibra de vidrio. (1400 lts).

T - 15, 16, 17 Enjuagues (315 lts.).

T - 18 Niquelado. recubierto de fibra de vidrio (1400 lts.).

T - 19, 20, 21 Enjuague (315 lts.)

En este punto se decide si la pieza se va a cromar, latonar o dorar.

T - 22 Tanque para dorado.

Este tanque es para una sola ensarta por lo que con 80 cm. x 45 cm. x 25 cm. será suficiente y el vólumen de solución debido a las consideraciones hechas en el tanque uno, será solo de 70 cm. de altura con lo que el volúmen del trabajo será:

$$70 \text{ cm.} \times 45 \text{ cm.} \times 25 \text{ cm.} = 78.75 \text{ lts.}$$

T - 23 Enjuague (315 lts.)

T - 24 Latonado (1400 lts.)

T - 25 Enjuague.

T - 26 Cromado (1400 lts.)

Aquí se enjuaga con manguera, y fuera de cualquier recipiente.

Si el latonado se hace sin cobre brillante el camino a seguir es:

T - 27

Cobrizado alcalino 2.

En este tanque se van a procesar 6 ensartas, las que dan 1.98 M. con cinco espaciamentos de 15 cm. y a 12.5 cm. de la orilla:

$$W = (0.33)6 + (0.15) 5 + (0.125) 2 = 3.0 \text{ M.}$$

$$H = 80.$$

total

$$H \text{ trabajo} = 70$$

$$\text{Volumen de trabajo} = 3.0 \times 0.7 \times 0.8 = 1680\text{-lts.}$$

Todas las demás dimensiones son idénticas, dado que es el mismo tipo de ensarta.

$$T = 28 \text{ Enjuague.}$$

RECTIFICADORES DE CORRIENTE:

Para los procesos electroquímicos se pueden utilizar rectificadores de selenio o silicio - pues ya están en desuso los rectificadores de Germanio. Para su elección deben de considerarse los factores siguientes:

- a).- EFICIENCIA.- Para trabajos con voltajes bajos como 4,6,9, 12 y 15 volts, - la vida y la eficiencia son semejantes.

- b).- SOBRECARGA.- Los rectificadores de selenio pueden soportar prolongadas sobrecargas sin destrucción instantánea. Los de silicio son muy susceptibles a las sobrecargas y pueden destruirse instantáneamente sino están protegidos contra las mismas.
- c).- COSTO.- Los rectificadores de selenio son más económicos que los de silicio ya que estos últimos aún cuando son muy buenos para altos voltajes, se les tiene que proteger contra las sobrecargas, lo que eleva su precio.

Por lo anterior, es de recomendarse los rectificadores de selenio, destinando uno a cada baño para poder controlar las densidades de corriente que cada uno necesita. Si se prefiere, se puede utilizar un rectificador para varios baños en los cuales es similar la carga necesaria.

La fuente de energía para la planta es corriente comercial de 220/110 Volts, 60 ciclos, 1 y 3 fases adecuada para los rectificadores, filtros, bombas, máquinas, máquinas de oficina y lámparas.

El área del botón que nos servirá como base de cálculo tiene un área de depósito de 25.9752 cm^2 (0.0279 Ft^2). Dado que la ensarta cuenta con 42 botones, el área por ensarta será de 1090.9584 cm^2 (10.90 dm^2 ó 1.1718 ft^2) y las 5 ensartas a procesarse simultáneamente sumarán un área de $5454.792 \text{ cm}^2 \pm 5455 \text{ cm}^2$ (54.5 dm^2 ó 5.86 ft^2).

- R-1.-Rectificador para desengrase.- El área es de 5455 cm^2 (5.86 ft^2) y la carga de 220 Amp. a 5.8 volts de corriente continua, con una densidad de corriente de 4.03 Amp/dm^2 . Se puede utilizar un rectificador de 250 Amp.-6 volts. S; $W = V \times A = 1500$.
- R-2.-Rectificador para cobre alcalino. Igual que R-1, de 250 Amp. 6 V. 1500-Watts.
- R-3.-Rectificador para cobre ácido.- Igual que R-1, de 250 Amp. 6 V., 1500 Watts.
- R-4.-Rectificador para Niquel. El área efectiva de depósito es de 54.55 dm^2 (5.86 ft^2), y la carga de 75 A, con una densidad de corriente de 1.37 Amp/dm^2 a 6.2 V. Se puede utilizar un rectificador de 9V 75 Amp. por seguridad es más recomendable uno de 9V, 100 Amp. o sea 900 Watts.
- R-5.-Rectificador para cromo.- El área efectiva de depósito es de 54.55 dm^2 (5.86 ft^2), con una carga de 165 Amp. y una densidad de corriente de 3.05 Amp/dm^2 a 6V cc. Se puede utilizar un rectificador de 6V 200 Amp. o sea 1200 Watts.
- R-5.-Rectificador para latonado.- El rectificador es similar a R-1.

R-7.-Rectificador para Dorado.- Aquí el -
area efectiva para depósito es de -
10.90 dm², con una carga de 10 amp. y
una densidad de corriente de 0.735 -
Amp/dm² a 7 Volts, se puede utilizar
un rectificador de 9 volts 20 ampers.
que da 280 Watts.

Si el latonado se hace por un camino-
diferente, se puede usar el mismo ba-
ño de desengrase, y para los rectifi-
cadores será:

R-8.-Rectificador para cobrizado, alkali--
no.- Similar al R-1, de 250 amp. a -
6V. a 1550 Watts.

R-9.-Rectificador para latonado.- Rectifi-
cador similar a R-1.

NOTA: En la práctica se puede utilizar un
rectificador de capacidad diferente a las necesida-
des de un baño individual para suministrar la co-
rriente a dos o más baños simultáneamente, siempre
y cuando las densidades cargas sean muy aproxima--
das.

Por otro lado tomese en cuenta que el bo--
tón que utilizamos como base de cálculo no es la -
única pieza que se procesa aquí, por lo que las ne-
cesidades reales de la planta son muy diferentes,-
dada la existencia de otras muchas piezas mayores.

FILTROS:

Las soluciones de los baños de cobre ácido (o cobre brillante) y níquel deben filtrarse continuamente para purificarse y proporcionarles una agitación moderada. Los demás baños ocasionalmente lo requieren. Con este objeto se usarán tres - filtros - bombas circulares de doce unidades filtrantes cada una, provisto con ayuda - filtro comercial y carbón activado en relación 2: 1. Es de recomendarse que el tambor del filtro y el cuerpo de la bomba esten recubiertos con plástico, sobre todo la que se usará para los baños diferentes al de cobre brillante o níquel. dado que indistintamente se filtrarán soluciones ácidas y alcalinas.

Las bombas proveerán un gasto de 40 Lts/mm. (10.56 Gal/min y estarán acopladas a motores trifásicos de 1 H P 440/220 volts 60 ciclos. Los filtros, bombas estarán equipados con mangueras de - descarga y succión resistente a soluciones ácidas-fuertes.

CALENTAMIENTO DE LOS BAÑOS:

Para calcular la cantidad de calor necesario primero para alcanzar la temperatura de operación y luego para mantenerla, tomando en cuenta - las pérdidas de calor por superficie y por paredes laterales, se tiene que hacer un balance térmico, - para lo cual daremos la siguiente aceptación a los términos que usaremos.

M = Masa

d = Densidad

C_p = Calor específico a presión constante.

T_i = Temperatura Ambiente.

T_2 = Temperatura de Operación.

$Q_t = Q_1 + Q_2$ En donde:

Q_1 = Cantidad necesaria de calor para elevar la temperatura desde la ambiente hasta la de operación.

Q_2 = Cantidad necesaria de calor para mantener la temperatura de operación.

T = Tiempo de calentamiento desde T_1 a T_2

Y = Pérdidas de calor, ver tabla siguiente, en $BTU/Ft^2/hr.$

$$Q_1 = M C_p (T_2 - T_1) / t$$

$$M = Vd$$

$$Q_2 = P_1 + P_2$$

P_1 = Pérdida por paredes laterales = Área de la superficie x Y .

P_2 = Pérdidas por paredes laterales = Área total de paredes laterales x Y .

Para este cálculo vamos a tomar el calor específico del agua.

Los valores de Y los encontramos en la tabla siguiente, Y son valores de pérdidas de calor en tanques abiertos, en el cuál se han basado los cálculos que por el mismo concepto se harán en los baños que llevan calentamiento.

PERDIDAS DE CALOR EN TANQUES ABIERTOS:

TEMPERATURA LIQUIDO OF.	PERDIDAS POR EVAPORACION	PERDIDAS POR RADIACION	PERDIDAS SUPERFICIE TOTAL.	AREA DE ACERO.	AISLAMIENTO 1" GRUESO.	AISLAMIENTO 3" GRUESO.
50	80	50	130	50	12	4
100	160	70	230	70	15	6
110	240	90	330	90	19	7
120	360	110	470	110	23	9
130	480	135	615	135	27	10
140	660	160	820	160	31	12
150	860	180	1040	180	34	13
160	1100	210	1310	210	38	15
170	1380	235	1615	235	42	16
180	1740	260	2000	260	46	17
190	2160	290	2450	290	50	19
200	2680	320	3000	320	53	20
210	3240	360	3590	360	57	22

GRAMM, S. A.

ELECTRO PLATING ENGINEERING HANDBOOK

BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE DESANGRASE:

El volumen del tanque T- es de 1400 litros o sea, a $d=1$, hay 1400 Kg., donde:

$$M = V \times d$$

$$M = 1400 \times 1 \times \frac{1}{0.454} = 3083.7 = 3084 \text{ Lbs.}$$

$t = 1$ hora (para alcanzar la temperatura de operación).

$$C_p = 1 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F} = 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 176 \text{ } ^\circ\text{F} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 77 \text{ } ^\circ\text{F} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 3084 \times 1 (176 - 77)/1\text{hr.} = 305,316 \text{ BTU/hr.}$$

$$Q_2 = P_1 + P_2$$

$$\begin{aligned} \text{Area de la superficie} &= 250 \times 80 = 20,000 \text{ cm}^2 \\ &= 250 \times 80 \times 1.076 \times 10^{-3} = 21.52 \text{ FT}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area de las paredes laterales} &= (250 \times 70 \times 2) + (80 \times 70 \times 2) = 46,200 \text{ cm}^2 \\ &= 49.71 \text{ FT}^2 \end{aligned}$$

NOTA: Utilizé la altura de la solución en el tanque (70 cm) en lugar de la altura del tanque, y dado que las pérdidas están para 180° F, y tenemos 176° F, extra polamos.

$$P_1 = 21.52 \times 1846 = 39\ 726 \text{ BTU/hr}$$

$$P_2 = 49.71 \times 250 = 12\ 427.5 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_2 = 39\ 726 + 12\ 427.5 = 52\ 154 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_t = 305\ 316 + 52\ 154 = (\text{BTU}) = 0.293 \text{ Watt-hr} = 357\ 470 \text{ BTU/hr}$$

$$S_i = 3412 \text{ BTU} - 1 \text{ Kw H}$$

$$\therefore = 357\ 470 - 104.76 \text{ Kw hr}$$

Si deseamos calentar el baño por medio de vapor, lo podemos hacer mediante alguna caldera; - Nosotros tenemos a la mano una caldera de 140 - kg/cm^2 (1989.48 lb/in^2), la que alcanza una temperatura de 335° C (635° F), proporcionando 1139 - BTU/Lb de vapor (287028 caloría-gramo). Si deseo - Lb de vapor.

357 470 BTU/hr, necesitaré 313.85 Lb/hr (142.49 - kg/hr) de vapor. Si se desea trabajar la caldera a alguna eficiencia menor al 100% mediante unas ta - blas de vapor se lograrán los calculos con mucha - fac - ilidad.

BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE NIQUEL.

El volumen del tanque T - 18 es de 1400 - litros;

a $d = 1$, hay 1400 kg, donde

$$M = V \times d$$

$$M = 1400 \times \frac{1}{0.454} = 3084 \text{ lb}$$

$T = 1$ hora (para alcanzar la Temp. de operación).

$$C_p = 1 \text{ BTU/lb}^\circ \text{ F (1 cal/gr}^\circ \text{ C)}$$

$$T_1 = 77^\circ \text{ F (25}^\circ \text{ C)}$$

$$T_2 = 104^\circ \text{ F (40}^\circ \text{ C)}$$

$$Q_1 = 3084 (104 - 77)/1\text{hr} = 83,268 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_2 = P_1 + P_2$$

$$\text{Area de la superficie} = 250 \times 80 = 20\,000 \text{ cm}^2 \text{ (21.52 FT}^2\text{)}$$

$$\text{Area de las Paredes Laterales} = (250 \times 70 \times 2) + (80 \times 70 \times 2) = 46\,200 \text{ cm}^2 \text{ (49.71 FT}^2\text{)}.$$

$$P_1 = 21.52 \times 270 = 5810.4 \text{ BTU/hr.}$$

$$P_2 = 49.71 \times 78 = 3877.38 \text{ BTU/hr.}$$

$$Q_2 = 5810.4 + 3877.38 = 9687.78 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_t = 83268 + 9687.78 = 92955.78 \text{ BTU/hr}$$

$$S_i = \frac{3412 \text{ BTU} \text{-----} 1 \text{ K W H} +}{92955 \text{ BTU} \text{-----} x} = 27.24 \text{ K W H}$$

Y con la caldera descrita anteriormente, - necesitaremos 81.61 lb vapor (37.05 kg vapor), que nos proporcionen esos 92955 BTU-23424,660 Cal-gr).

BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE CROMO:

Este baño tiene características idénticas - a las del tanque desengrase, por lo que también - requiere 104.76 K W H ó 313.85 lb vapor (142.49 - Kg vapor) en la misma caldera).

BALANCE TERMICO DEL BAÑO DE ORO:

$$M = V \times d \quad \text{Si 78 litros son 78 kg.}$$

$$M = 78 \times 1 \times \frac{1}{0.454} = 171.81 \text{ Lbs.}$$

T = 1 hora (para alcanzar temperatura de - operación).

$$C_p = 1 \text{ BTU/Lb } ^\circ\text{F} = 1 \text{ cal/gr}^\circ \text{ C}$$

$$T_1 = 77^\circ \text{ F (} 25^\circ \text{ C)}$$

$$T_2 = 131^\circ \text{ F } (55^\circ \text{ C})$$

$$Q_1 = 171.81 \times 1 (131-77)/\text{hr} = 9277.74 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_2 = P_1 + P_2$$

$$\text{Area de la superficie} = 45 \times 24 = 1112 \text{ cm}^2 (1.21 \text{ ft}^2)$$

$$\begin{aligned} \text{Area de las paredes laterales} &= (70 \times 45 \times 2) + (70 \times 25 \times 2) \\ &= 9800 \text{ cm}^2 (10.55 \text{ Ft}^2) \end{aligned}$$

$$P_1 = 1.21 (635.5) = 768.96$$

$$P_2 = 10.55 (137.5) = 1450.63$$

$$Q_2 = P_1 + P_2 = 768.96 + 1450.63 = 2219.59 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_t = Q_1 + Q_2 = 9277.74 + 2219.59 = 11497.33 \text{ BTU/hr.}$$

Si 3412 BTU son 1 K W H, 11497,33 BTU -
son 3.37 KWH.

Con la caldera ya mencionada necesitamos -
10.04 Lb vapor/hr (4.56 kg vapor por hora), que -
nos proporcionen esos 11497.33 BTU/hr (2874332.5 -
cal-gr/hr).

EQUIPO PARA CALENTAMIENTO DE BAÑOS:

- a).- Para el baño del desengrase, con la -
caldera es suficiente, pero si lo de-
seamos hacer mediante calentadores -
electricos, necesitamos calentadores -
suficientes para dar un total de -

104.76 K W. Pero sí aumentamos el tiempo de calentamiento a 9 horas, con 11.64 K W será suficiente y entonces con solo 4 calentadores de 3 KW lograremos operar el baño. Así gastaremos menos en adquisición de equipo, sin elevar el costo de operación.

De todo esto concluimos que el equipo necesario es:

- 4 calentadores de 3 K W
- 1 Termostado con $1/2$ °F de exactitud.
- 1 Arrancador magnético con capacidad de 15 K W, para 220 Volts, 3 fases, 60 ciclos, o el inmediato superior en el mercado.

b).- Para el baño de níquel la caldera también dará buen resultado, y para calentamiento eléctrico con 9 calentadores de 3 K W también, lo logramos con una hora, pero con objeto de disminuir el gasto inicial del equipo, podemos calentar el baño en 5 Hrs. Con lo que las necesidades serían de 5.45 KW, y así será suficiente con:

- 2 Calentadores de 3 KW.
- 1 Termostato de $1/2$ °F de exactitud.
- 1 Arrancador de 9 KW para 220 V, 3 fases, 60 ciclos.

- c).- Para el baño de cromo, el equipo es idéntico al baño de níquel.
- d).- Para el baño de oro, la caldera también es útil, pero yo prefiero el calentamiento eléctrico en función del espacio, pues este tanque es de muy reducidas dimensiones. Y para obtener los 3.37 KW necesitados usaremos:

- 1 Calentador de 3 KW
- 1 Termostato de 1/2 °F de exactitud.
- 1 arrancador magnético con capacidad de - 5 KW, 220 V, 3 fases, 60 ciclos.

Pués aunque no obtendremos el calentamiento en una hora exacta, lo logramos en unos minutos más, pero disminuye bastante la adquisición de equipo.

REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LA PLANTA:

En este tipo de plantas el mayor consumo de agua es originado por los tanques de enjuague, dado que para que esté constantemente limpia, debe estar siempre corriendo; Así, se considera que el flujo ideal que mantendrá el tanque limpio es igual a 10 veces el volumen del tanque por hora.

En nuestra planta contamos con 23 tanques de enjuague, de donde se puede deducir que el gasto de agua es muy grande, por lo que se debe buscar una forma de disminuirlo.

Nosotros vemos dos posibles formas de hacerlo. Una de ellas, es mediante el reuso del agua de los tanques. Para esto, después de cada baño pondremos 3 tanques de enjuague en serie. Al sacar la ensarta de la tina de baño se pasa al primer tanque de enjuague en donde se elimina gran parte de la solución electrolítica que haya quedado sobre las piezas o la jaladera. De ahí se pasa la jaladera a un segundo tanque de enjuague, a donde pasa solo una muy pequeña cantidad de impurezas saliendo prácticamente limpia de este tanque, en donde la concentración de impurezas es mucho menor.

La ensarta pasa a un tercer tanque de enjuague, como prevención de contaminación si hubiera quedado pegada alguna impureza, pero este tanque generalmente está casi completamente libre de impurezas, con un agua bastante clara y limpia.

De aquí, para consideraciones prácticas, la consideramos limpia y dado que pretendemos un -

ahorro de agua, vamos a utilizar el agua de este tanque para surtir el segundo tanque de enjuague del agua necesaria, dado que la operación hace que se pierda por derrame cierta cantidad de la misma; También bajo la consideración de que el agua de este segundo tanque de enjuague esta prácticamente limpia en comparación del primer tanque de enjuague, utilizaremos el agua del segundo tanque para surtir de agua al primer tanque de enjuague por las pérdidas debidas a la operación.

Ahora, considerando que las impurezas que contiene el primer tanque de enjuague son todas debidas a las sales de la solución electrolítica podemos utilizar el agua de este tanque de enjuague para suplir algo del agua perdida debido a la operación y a la evaporación (en donde exista), con lo que además estamos recuperando una cantidad considerable de sales, lo que debido a su alto costo, representa un gran ahorro; Pero no se pierde de vista que la concentración, aún después de este tipo de adición se controla mediante un análisis de cada uno de los elementos de la solución.

Como ya lo vimos, contamos con 23 tanques de enjuague de 315 litros cada uno, y si lo consideramos para una jornada de trabajo de 8 horas, el costo de agua será:

$$G = 23 \times 315 \times 10 \times 8 = 579600 \text{ litros.}$$

Como se ve, es un gasto muy grande por lo que consideramos otro camino para ahorro de agua, el cual consiste en la instalación o en los tanques de enjuague de unos aparatos llamados "Solu--

bridges", que son básicamente un puente de Wheatstone" que mide la conductividad del agua, que es proporcional a los solidos totales, y cuando la concentración de solidos en un tanque es mayor de 2 gr/litros, se cierra un circuito que acciona las valvulas de entrada de agua, permitiendo el paso de esta a los tanques; cuando la concentración total de solidos disminuye de 2 gr/L se habre el circuito, lo que de nuevo acciona las valvulas para impedir el paso del liquido.

Mediante este tipo de sistema se llega a disminuir en 100 veces o más el gasto de agua. Si por seguridad consideramos una disminución de 75 veces el gasto de agua será:

$$G_c = \frac{579600}{75} = 7728 \text{ litros}$$

Ahora considerado el gasto de agua por evaporación, partimos de las perdidas de calor por evaporación y por medio de la ecuación del calor encontramos la masa de agua que se evapora.

a).- Evaporación en el desengrase
Pérdidas de calor por superficie = pérdidas por evaporación + pérdidas por radiación.

Pérdidas por evaporación = pérdidas por superficie - pérdidas por radiación.

$$P_e = P_s - P_r$$

del balance térmico:

$$P_r = 12427 \text{ BTU/hr} \quad T_1 = 77^\circ\text{F} (25^\circ\text{C}) \quad C_p = 1$$

$$P_s = 39726 \quad T_2 = 176^\circ\text{F} (80^\circ\text{C}) \quad M=X$$

$$P_e = 39726 - 12427 = 27,299$$

$$Q = m C_p (T_2 - T_1) \quad P_e = Q$$

$$M_1 = \frac{Q}{C_p (T_2 - T_1)} = \frac{27299}{1(276-77)} = 275.75 \text{ kg} = 275 \text{ litros.}$$

b).- Evaporación en el baño de níquel.

$$P_s = 5811 \text{ BTU/hr} \quad T_1 = 77^\circ\text{F} (25^\circ\text{C}) \quad C_p=1$$

$$P_r = 3877 \text{ BTU/hr} \quad T_2 = 104^\circ\text{F} (40^\circ\text{C}) \quad m = x$$

$$P_e = Q = 5811 - 3877 = 1934 \text{ BTU/hr}$$

$$M_2 = \frac{Q}{C_p (T_2 - T_1)} = \frac{1934}{1(104-77)} = 71.6 \text{ kg.}$$

$$M_2 = 72 \text{ litros.}$$

c).- Evaporación en el baño de cromo idéntico a baño de níquel.

$$M_3 = 72 \text{ litros.}$$

d).- Evaporación en el baño de oro:

$$P_r = 768 \text{ BTU/hr} \quad T_1 = 77^\circ\text{F} (25^\circ\text{C}) \quad C_p=1.$$

$$P_s = 1450 \text{ BTU/hr} \quad T_2 = 131^\circ\text{F} (55^\circ\text{C}) \quad M=x.$$

$$P_e = 1450 - 768 = 682 \text{ BTU/hr} = Q$$

$$M_4 = \frac{682}{1(131-77)} = 12.63 \text{ kg.}$$

$$M_4 = 13 \text{ litros.}$$

Y las pérdidas totales por evaporación.

$$P_t = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$$

$$P_t = 276 + 72 + 72 + 13$$

$$P_t = 433 \text{ kg (litros)}$$

Como densidad=1, y en jornada de 8 horas.

$$G_e = \frac{P_t \times 8}{\text{densidad}} = \frac{433 \times 8}{1} = 3464 \text{ litros.}$$

$$G_t = G_c + G_e = 7728 + 3464 = 11192 \text{ lit.}$$

Como se podrá ver mediante cualquiera de los dos sistemas de ahorro de agua se logra economizar en forma muy considerable. Además, sería una buena precaución contar con un tanque de almacenamiento de agua de 15000 litros, que si está en forma subterránea, tendrá una bomba de (40 litros/min) conectado a un motor de 1/2 HP de una línea de 220 volts, 3 fases y 60 ciclos.

SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL:

En cualquier negocio, la seguridad y la higiene son materia básica para el buen funcionamiento del mismo, pero más aun en éste, en el que se manejan substancias químicas, caustíficas, oxidantes etc. además de los altos voltajes necesarios para la operación de la misma, por lo que es necesario un equipo de seguridad adecuado para condiciones de:

- a).- Fuerte alcalinidad en los baños de desengrase, croma alcalino, oro y en el de Ebonol, (que es un poco menor) - así como una alcalinidad menor del baño de latón ($pH = 10$).
- b).- Fuerte acidez en los baños de decapado, cobre ácido, croma, y una acidez menor ($pH = 4.5$) en el baño de níquel.
- c).- Alta toxicidad de los vapores cianurados de los baños de cobre alcalino, latón, y oro.
- d).- Corrientes de alimentación al equipo.
- e).- Otros productos químicos empleados en los procesos.

Por lo que contra los factores mencionados anteriormente se necesita el equipo siguiente:

- a).- Guantes de hule resistentes a soluciones tanto ácidas como alcalinas.

- b).- Mascarillas contra polvos y humos.
- c).- Anteojos de seguridad.
- d).- Bata gruesa o mandil de hule o cuero.
- e).- Guantes de cuero (los pulidores).
- f).- Botas de hule.
- g).- Regaderas con agua a presión antes y después del área de proceso.
- h).- Equipo de primeros auxilios, siendo indispensable en este el bicarbonato de sodio, el cual actúa como solución reguladora sobre la zona de quemadura química, tanto ácida como básica.
- i).- Camillas.
- j).- Extinguidores útiles para toda clase de fuegos (fuego en materiales sólidos, líquidos, fase gaseosa o polvos).
- k).- Extractores, con objeto de eliminar los vapores cianurados.
- l).- Y constante mantenimiento al equipo eléctrico, lo mismo que a los materiales aislantes, para evitar descargas eléctricas.

Otra buena medida, es proporcionar ropa gruesa y limpia por lo menos una vez a la semana a los trabajadores, así como la material para su aseo personal.

El total es de $11280 + 2700 = 38280$ Watts.

Si un Kw=1.34 HP, entonces $38.28 \times 1.34 = 51.3$ HP.

También:

1 motor de 1/4 HP para taladro	0.25	HP
1 motor de 1 HP para centrífuga de secado.	0.5	HP
1 compresora de 1 HP	1.0	HP
1 motor de 1/2 HP para el extractor.	0.5	HP
1 pulidora de 4 HP	4.0	HP
2 motor de 1 HP, abrillantador.	2.0	HP
3 motores de 1 HP para bomba de filtro.	<u>3.0</u>	<u>HP</u>
Corriente necesaria para el equipo total.	11.75	HP

$$C_t = 51.3 + 11.75 = 63.05 \text{ HP}$$

Si damos un 10% de la capacidad total como corriente necesaria para luz eléctrica, máquinas - de oficina, y algún aparato utilizado eventualmente, el consumo global será de 70 HP.

CONTROL DE BAÑOS Y CONTROL DE CALIDAD:

Comenzando por el control de baños, iremos revisando cada uno de los baños de acuerdo a los parámetros cuyo análisis es factible en forma analítica elemental, por lo que los metales pesados - (cromo, oro) serán encomendados a un laboratorio - especializado que cuente con aparatos de precisión.

DESENGRASE ELECTROLITICO:

Se usa un desengrasador electrolítico comercial a una concentración de 75 gr/L, con una densidad de corriente de 4.03 Amp/dm² a 5.8 Volts (o puede ser 4.23 Amp/dm² a 6 Volts).

En la práctica se pueden usar varios tipos de desengrasadores pues en el mercado existe una gran diversidad de sales comerciales a base de sosa caústica, ortosilicato de sodio, metasilicato de sodio, fosfato trisódico, metaborato de sodio, carbonato de sodio, etc. Estas sales comerciales están preparadas a base de dos o más de las sales anteriormente mencionadas, siendo de las más comunes las "Oxiprep".

Para controlar su concentración, se hace un patrón a base de esa sal, a la concentración a que se va a operar en el baño, y se titula con HCl al 0.1 N: Se obtiene una lectura patrón de ácido, dividiendola con contracción teórica de operación - entre esta lectura se obtiene un factor, el cual - multiplicado por la lectura real en trabajo nos da la concentración real de operación.

Para la determinación de esta lectura patrón, se pesan 7.5 gr de la sal comercial y se diluyen con agua destilada en un vaso de precipitados; pasarlos a un matraz aforado de 100 ml y aforar hasta la marca. tomar 10 ml de muestra con una pipeta volumétrica y pasarla a un Erlenmeyer de 250 ml. Diluirla con 100 ml. de agua destilada, y agregarle unas gotas de anaranjado de metilo, titulando con HCl 0.1 N hasta color canela anotando la lectura de HCl 0.1 N, que llamaremos V.

ANALISIS DEL DESENGRASADOR:

Con un tubo de vidrio sacar una muestra del baño de aproximadamente 250 ml; si no se tiene dicho tubo, se puede usar un matraz Erlen meyer de 250 ml, al cual se le tapa la boca con la mano con objeto de tomar muestra de cada rincon en todos los niveles, para que al homogeneizar estemos seguros de que es una muestra representativa, o inmediatamente se debe lavar el brazo con abundante agua y jabón, procediendo inmediatamente a aplicar bicarbonato de sodio en forma homogénea, para evitar quemadura.

Tomar 10 ml. con una pipeta y pasarla a un erlenmeyer de 250 ml diluyendola luego con 100 ml de agua. Agregar unas gotas de anaranjado de metilo y titular con HCl 0.1 N hasta color canela, anotando la lectura que llamaremos V_2 .

$$\frac{V_1}{75 \text{ gr/1}} : \frac{V_2}{X}$$

X = Concentración del desengrasador electrolítico (gr/L).

DECAPADO:

Para el decapado se usa ácido nítrico al 2% en volumen. Si el volumen del tanque es de 315 litros, necesitaremos 6.3 litros de ácido nítrico concentrado. Si nuestro ácido nítrico lo tenemos al 84%, con 7.5 litros cubriremos nuestras necesidades, lo que equivale a una concentración de ácido nítrico libre.

Para determinar su concentración titulamos con $\text{Na OH } 0.1 \text{ N}$ utilizando naranja de metilo como indicador, donde $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$.

COBRIZADO ALKALINO:

Se lava perfectamente el material con agua destilada primero, y luego con la misma muestra, procediendo luego a muestrear a diferentes profundidades a todo lo largo y ancho de la tina, homogeneizándola (por agitación), tomando aproximadamente 100 ml.

Se lavan las pipetas en la misma muestra, tomando luego una alícuota de 10 ml, los que se pasan a una matraz erlenmeyer de 250 ml, y el sobrante se regresa a la tina, y procedo a analizar el:

a).- CIANURO DE COBRE (COBRE METALICO)

- 1).-A esos 10 ml. de muestra.
- 2).-Agrego 10 ml. de H_2SO_4 concentrado.
(P = 1.841 con 95---98% H_2SO_4).
- 3).-Agrego 10 ml. HCl concentrado.
(P = 1.417 con. 69 - 71% HCl).

Con lo que la solución da un color verde - con vapores cafés. Se pasa a calentar sobre una - resistencia eléctrica para que se eliminen los sulfatos, lo que se consigue cuando desaparecen los - vapores cafés (de cuya cantidad depende la contaminación de la muestra) siendo el tiempo de calentamiento proporcional a la contaminación. Caliento - la muestra durante 1 ó 2 minutos más para que disminuya la acidez, pero cuidado, si comienzan a salir vapores blancos, se comienza a eliminar el - $S O_3$.

- 4).-Diluyo con 100 ml. de H_2O Dest.
- 5).-Agrego 1 gr. (Aprox) de Bi-floururo de amonio, y agito.
- 6).-Agrego 25 ml. de KI al 10%, lo - que da una coloración café fuerte.
- 7).-Título con tiosulfato de sodio -
($N_{a_2S_2O_3}$ 0.1 N) hasta un color -
amarillo claro.

- 8).-Adiciono 2 ml. de almidón al 1%, -
lo que produce una coloración azul
fuerte.
- 9).-Continuo la titulación hasta un -
color blanquecino o crema depen--
diendo de la concentración.
- 10).-Calculos $\text{gr/l} = \frac{N \text{ Na}_2 \text{ S}_2\text{O}_3 \times X}{0.1} = 0.89$
x ml $\text{Na}_2 \text{ S}_2\text{O}_3$ gastados.

CIANURO LIBRE (NaCN)

- 1).- Tomo 10 ml. de la muestra repre--
sentativa.
- 2).- Le adiciono 90 ml de H_2O Dest.
- 3).- Como indicador agrego 5 ml yodu--
ro de potasio (KI)
- 4).- Título con AgNO_3 0.1N desde una--
muestra incolora hasta turbidez--
(precipitado ligeramente amari--
llo).
- 5).- Calculos.

Dado que onzas/galon $\times 7.49 = \text{gr/l}$

$\text{gr/l NaCN} = .131 \times 7.49 \times \text{ml AgNO}_3$

NOTA: Este baño no tiene sosa caústica ni carbonatos, pero se pueden formar espontáneamente por la reacción del aire y la solución, lo que causa una gran contaminación, que puede ocasionar que falle el baño, debido a lo cual se checan carbonatos y sosa, determinándose esta última durante la misma titulación anterior; El calentamiento es en campana de extracción por los vapores cianurados que se liberan.

Hidroxido de sodio (N_aOH)

- 6).- Adiciono 50 ml. de cloruro de bario - ($BaCl_2$) al 10%.
- 7).- Como indicador agrego 0.5 ml. de fenolfateina al 2% en solución alcohólica, lo que da un color rosa fuerte - (casi rojo).
- 8).- Título con HCl 0.25 N hasta desaparición del color rosa, quedando un color amarillo verdoso igual al original.
- 9).- $gr/l N_aOH$ en solución = ml HCl gastados.

$$= ml HCl \times N_{HCl} \times 1.0 \times 0.040 \times 100$$

CARBONATOS:

- 1).- Tomar con pipeta 10 ml. de muestra y pasarlo a un erlenmeyer de 250 ml.
- 2).- Diluir con 100 ml. de H_2O destilada y calentar.

- 3).- Agregar solución de nitrato de bario - $Ba(NO_3)_2$ al 10%, agitando hasta que ya no se forme precipitado. Cada ml. de solución de nitrato de bario precipitará una cantidad de carbonato equivalente a 3.75 gr/1 de (Na_2CO_3) carbonato de sodio. Dejar reposar.
- 4).- Filtrar, agregando unas gotas de solución de nitrato de Bario a la primera porción del filtro, para determinar si la precipitación fue completa, lavar con agua caliente.
- 5).- Pasar el papel filtro y el precipitado al vaso en que se hizo la precipitación.
- 6).- Agregar 50 ml. de agua destilada y unas gotas de solución de anaranjado de metilo al 0.2%
- 7).- Titular con HCl 1.0N hasta obtener un color rosa constante.
- 8).- Cálculos.

$$\frac{gr}{1} Na_2CO_3 = ml\ HCl \times 1.0 \times 0.053 \times 100$$

BAÑOS DE LATONADO:

Se toman 100 ml. de la muestra representativa, y se lava la pipeta en la misma solución 2 ó 3 veces, y paso 5 ml. de muestra a un matraz erlenmeyer para determinar el:

1.- ZINC METALICO Z_n $(CN)_2$

- 1).- A la muestra agrego 90 ml. H_2O - Dest.
- 2).- Agrego 6 ml. de HCl 1:4 (25 HCl - ajustados a 100 ml. con H_2O Dest).
- 3).- Agrego 10 ml. de NH_4OH conc. - (27-29% NH_3 y Sp gr=0.904)..
- 4).- Adiciono 0.2 gr (Aprox.) de ENT - (eriocromo negro T) de una mezcla- 1:100(de $NaCl$).
- 5).- Adiciono 10 ml. de formaldehido - diluido al 10% del 35% comercial - como lo obtengo.
- 6).- Titulo con sol. de EDTA desde vio- leta a azul y que regrese a viole- ta.
- 7).- Forma de preparar la solución de - EDTA (puede ser al 0.0575 M).

La solución de EDTA se prepara pesando exac- tamente 74.42 gr de la sal pura y disolviendo en - una solución de 9 gramos de N_4OH en 200 ml de H_2O - Dest. y diluyendo con H_2O Dest., para luego aforar a 1 litro.

Esta solución se standariza con 25 ml. de - una solución 0.2 M de zinc, que se preparará disol- viendo 13.08 gramos de zinc disolviendo en la míni ma cantidad de HCl, y aforando a 1 litro. Se sigue

el procedimiento descrito anteriormente para titular esta solución de zinc.

La molaridad del EDTA se calcula dividiendo el volumen usado para titular, entre 5.

8).- Calculos.

$$\text{gr/1 Zn} = \text{ml edta} \times \text{molaridad EDTA} \times 6.54.$$

2.- Cobre metálico (CuCN)

se analiza igual que en el baño cobrizado alcalino.

3.- Cianuro libre (NaCN)

se analiza igual que en el baño de cobrizado alcalino.

4.- Hidroxido de sodio

igual que en baño de cobrizado alcalino.

5.- Carbonatos

igual que en cobrizado alcalino.

BAÑO DE COBRE ACIDO:

(BAÑO DE COBRE BRILLANTE)

Este es un baño agitado por aire, por lo que la muestra se puede tomar en cualquier punto de la tina, siendo dicha muestra de un volumen de 200 ml.

Esta muestra sirve para análisis de sulfato de cobre, abrillantadores o ácido sulfúrico.

NOTA.- Este baño no trabaja si llega a una concentración de 40 ppm de cloruros- (Cl-)

SULFATO DE COBRE (CuSO₄)

Se lava la pipeta con H₂O destilada, y después con la misma solución, para que se impregne de ella. Se toman 2 ml. de muestra, y lo demás se regresa a la tina.

Adiciono 100 ml. de H₂O Dest.

Adiciono Aprox. 1 gr de bifluoruro de amonio (NH₄)₂ F₂ se lava la bureta con la misma solución de tiosulfato de sodio de una "normalidad" - de 3.15 ml del tiosulfato para titular 0.2 gr de - cobre puro (*)

Adiciono 15 ml de ioduro de sodio al 10% - (KI) en agua.

Adiciono de 4 a 5 ml de almidón al 1% Sol.- acuosa (esto da coloración azul fuerte).

Título con tiosulfato de sodio Aprox. 0.1 N- (*) hasta color crema (blanco claro).

CALCULOS: mg/l CuSO₄ = $\frac{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 12.5 \times \text{N-}}{0.1}$
tiosulfato.

(*) Titulación del tiosulfato.

-----Peso aprox. 0.2 gr de cobre

- Los disuelvo en HNO_3 conc.
- Adiciono 5 ml. de H_2SO_4 conc.
- Los pongo a ebullición, hasta que desaparezcan los vapores de SO_3 (blancos).
- Enfrio.
- Adiciono 100 ml de agua.
- Agrego hidróxido de amonio (NH_4) OH concentrado (29 - 29%) hasta que aparece un color azul fuerte.
- Adiciono solución al 30% de ácido acético (CH_3COOH) hasta que se vuelva azul claro.
- Enfrio.
- Adiciono 25 ml de ioduro de potasio (K I) - al 20% en solución acuosa.
- Título con tiosulfato, hasta que la solución de hace más clara.
- Agrego 2 ml de almidón al 1% en solución acuosa.
- Título con tiosulfato de sodio hasta coloración crema.

La normalidad se calcula de acuerdo a la formula anterior.

SULFATOS ($\text{SO}_4=$)

Una forma de determinar la cantidad total de sulfatos es:

- Pipetear 10 ml de muestra en un tubo de kour.
- Agregar 10 ml de agua destilada.
- Adicionar 5 ml. de ácido clorhidrico (Q.P.) y
- 5 ml de solución de cloruro de bario al 30%
- Agitar perfectamente, hasta que resulte una mezcla homogenea.

- Llevar a la centrífuga y colocarlo en una de las fundas de aluminio, usando como contrapeso otro tubo de kour, al cual se le ha agregado 10 ml. de muestra y agua destilada hasta el mismo nivel del otro. Esto se hace no sólo con el objeto que sirva de contrapeso, sino que además si la muestra original tiene materia en suspensión que se precipita al contrifugar, esta cantidad se resta del precipitado obtenido en el otro tubo, y de esta manera queda eliminado un posible error.

Se precipita hasta que el nivel del precipitado en el vástago sea konstante.

Cálculos:

$$\text{No. de rayas} \times 0.3 = \text{gr/Lt de H}_2\text{SO}_4.$$

ACIDO SULFURICO:

La muestra es superficial, pues el baño es agitado por aire. Se lava la pipeta con agua destilada y posteriormente con la misma solución.

- Tomar 10 ml. de muestra (regresar lo demás a la tina).
- Agregar 150 ml. de H₂O dest.
- Agregar 5 gotas de naranja de metilo al 0.2% en solución acuosa. (color guinda, tipo grosella).
- Título con sosa (NaOH) (*) hasta color verdoso.

(*) $N_{\text{sosa}} = 31.7/\text{ml.}$ gastados para titular el ácido.

Cálculos:

0.749 x 10 (factor)

$$\text{mg/1 H}_2\text{SO}_4 = \frac{20.8}{\text{ml de sosa gastados para titular 2 gr de ácido oxálico}} \times \text{ml sosa gastados para titular la muestra.}$$

BAÑOS DE NIQUEL:

ACIDO SULFURICO (H_2SO_4)

Se analiza en forma idéntica a la del baño de cobre ácido (brillante), y la muestra, que es de 100 ml, se toma en cualquier punto, pues baño agitado.

SULFATO DE NIQUEL (NiSO_4)

Se lava la pipeta con la misma solución, para que se impregne de la muestra.

- Tomo 2ml de muestra (lo demás lo regreso de la tina)
- Adiciono 90 ml de H_2O destilada.
- Adiciono 10 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH) concentrado, de 27-29 % y densidad (ρ) = 0.904. Esto torna azul el color verde de níquel, lleno la bureta con EDTA sol. al 0.115M EDTA después de haberla lavado con la misma.
- Agrego aprox. 0.5 gr de muxerida, pasa a color canela
- Titulo con EDTA hasta color uva (azul morado)

Calculos:

$$\text{mg/1 NiSO}_4 = \frac{0.45 \times \text{ml EDTA}}{0.223} \times 7.49 \text{ factor}$$

CLORURO DE NIQUEL (NiCl₂)

Tomo una muestra superficial en cualquier punto, dado que el baño es agitado por aire, esa muestra puede ser de 100 ml. y el exceso lo regresaré a la tina, después de tomar:

- Tomo 5 ml de muestra (color verde)
- Adiciono 50 ml de H₂O destilada (continúa verde)
- Agrego 1 ml al 2 % de cromato de sodio (Na₂CrO₄) con esto el color se hace más verde. Se lava la bureta con la solución titulante de nitrato de plata (AgNO₃ 0.1N)
- Titulo hasta que comienza a formarse una turbidez, debido a la precipitación de la plata, en forma de cloruro de plata: La solución pasa a amarillo cremoso, y con una gota más, a rojo ladrillo.

Este es el fin de la titulación

Calculos:

$$\text{mg/1 (Ni Cl}_2) = \frac{0.143 \times \text{ml AgNO}_3 \times 7.49}{0.247}$$

(*) 7.49 = factor

ACIDO BORICO (H_3BO_3)

Misma forma de tomar la muestra.

- Tomar 5 ml de muestra
- Adicionar 25 ml de glicerina ($P=1.259$)
- Agregar 1 ml de purpura bromocresol al 2 % con solución alcoholica. Esto hace que la solución pase a color caoba oscuro.
- Lavo la bureta con la solución titulante * (* $N_{NaOH} = 0.1N$)
- Título con $N_{NaOH} = 0.1N$ hasta color azul verdoso.

Calculos:

$$N = \frac{N_{NaOH} \times V_{NaOH \text{ titulación}}}{5ml \text{ muestra}} = \frac{No \text{ Eq} \cdot \text{gr}/\#oxid}{vol. \quad vol.}$$

$$= \frac{gr/3}{vol.}$$

(*) Normalidad de la sosa (N_{NaOH})

- Peso 40 gr de $NaOH$ (Q.P.)
- Disolverlos en 1 l H_2O destilada
- Pesar 2 gr de acido oxálico (Q.P.)
- Agregar el ácido 5 ó 6 gotas de fenol-taleña al 2 % en solución alcoholica.
- Titular la solución de $NaOH$ (sosa), - hasta coloración rosa, que es el punto final.
- Calculo de la normalidad:

$$N_{NaOH} = \frac{31.7}{ml \text{ ácido paratitular}}$$

BAÑOS DE CROMO:

ACIDO SULFURICO (H_2SO_4)

El ácido sulfúrico (H_2SO_4) se determina de manera similar a como se indica en el baño del cobre brillante (cobre ácido).

CARBONATO DE BARIO ($BaCO_3$).

El análisis es idéntico a como se indicó anteriormente para los carbonatos.

SULFATOS ($SO_4^{=}$) TOTALES

El análisis es idéntico a como se indicó anteriormente para los sulfatos en el baño de cobre-ácido.

ACIDO CROMICO (Cr_2O_3)

- Tomar 10 ml de muestra en un matraz volumétrico de 500 ml.
- Aforar a la marca con agua destilada.
- Agitar.
- Pipetear de esta solución 10 ml en matraz erlenmeyer de 500 ml.
- Adicionar 200 ml de agua destilada.
- Agregar bajo campana de extracción (si la hay), 15 ml de HCl (reactivo analítico) y 15 ml de ioduro de potasio al 30%.
- Agitar la solución.
- Agregar indicador, Aprox. 1 ml de solución al 1% de almidón.

----- Titular con solución valorada de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N) hasta vire a azul claro transparente.

Calculos:

$$\text{gr/1 ac. crómico} = \text{ml } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 16.6$$

COBRE METALICO:

El muestreo se realiza con la misma forma que ya se indicó.

Para el análisis =

- Pipetee 10 cc de una muestra cualquiera a un matrz de 250 ml.
- Adiciono 5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, y 1/2 ml de ácido nítrico (HNO_3), y después agite con una madera. (hágase exclusivamente con madera, pues los metales envenenan a los cianuros y desprenden vapores) caliente a ebullición hasta que los humos blancos y densos del trióxido de azúfre (SO_3) dejan de aparecer. (si no se remuebe el ácido nítrico, se dificulta la titulación posterior).
- Enfrie, y agregue 100 ml de agua destilada.
- Agregue hidroxido de amonio concentrado (NH_4OH) hasta que la solución se coloree de azul oscuro y ebulle por 15 min.

- Agregue 10 ml al 30% de ácido acético (CH_3COOH). (la solución pasa a azul claro).
- Enfrie a temperatura ambiente.
- Agregue 25 ml al 20% de ioduro de potasio (KI)
- Agite
- Titule con solución Standard de tiosulfato ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), hasta que el color café comienza a ser amarillo.
- Agregue 2 ml al 1% de almidón (*) y continúe titulando hasta desaparecer durante 1 minuto el color azul.

Calculos:

$$\text{Cobre metálico} = \frac{2.67 \times \text{ml } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{\text{ml } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ para titular 2 gr de cobre.}} \times 7.49 \text{ para titular la muestra.}$$

- (*) Para preparar el almidón, haga una pasta de 1 gr de almidón con muy poca agua a ebullición, y luego afore a 100 ml.

ZINC METALICO (Zn)

- Pipetee a un erlenmeyer de 250 ml de la muestra de 5 ml.
- Agregue 90 ml de agua destilada, y ácido clorhídrico (al 25%), hasta que se forme una turbidez, y después agregue 10 ml de hidróxido de amonio concentrado (NH_4OH).

- Agregue suficiente mezcla del indicador eriocromo negro T (1 gr de indicador seco en polvo mezclado con 100 gr de cloruro de sodio seco (NaCl) hasta producir un color obscuro. Solo se requieren unos gramos. Agite hasta disolverlos.
- Agregue 10 ml de solución de formaldehído (1 parte de formaldehído al 36% (HCHO), y 9 partes de agua destilada).
- Titule con solución standard de EDTA (0.0575 M) hasta que el color cambia de rojo a café o azul.
Es importante titular inmediatamente después de agregar la solución de formaldehído, pues de no ser así, se enmascara el punto final.

$$\text{mg/l Zn} = 0.10 \times \text{ml EDTA} \times 7.49.$$

ORO METALICO (Au)

- Pipetee, a un matraz de 250 ml, 10 ml de muestra.
- Agregue 15 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl) y agite con una madera hasta formar un jarabe, en un baño de agua.
- Adicione 150 ml de agua destilada.
- Adicione 25 ml al 20 % de ioduro de potasio (KI) y 2 ml al 1 % de solución de almidón.
- Titule con solución standard de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01N)

hasta que desaparezca el color.

El exceso de tiosulfato es después titulado con solución standard de iodo - (I_2 0.01N) hasta que el color aparece de nuevo.

Calculos:

$$\text{gr/1 Au} = \frac{0.608}{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ requeridos en 0.05 gr Au}} \times \text{ml. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (muestra)} \times 7.49$$

NIQUEL METALICO (Ni)

- Pipetee 2 ml de muestra a un erlenmeyer de 250 ml.
- Agregue 90 ml de agua destilada y 10 ml de hidroxido de amonio concentrado (NH_4OH)
- Agregue aprox. 1/2 gr de la mezcla de indicador seco mezclado (con 100 gr de Na Cl seco y 0.2 gr de murexida)
- Titule con solución standar de EDTA 0.115 M hasta que el color cambia de verde a azul - obscuro.

$$\text{gr/1 Ni} = 0.45 \times \text{ml EDTA} \times 7.49.$$

CONTROL DE BAÑOS

Baño	Elemento	Concentración (gr/l)
	CuCN	45
CuOH	NaCN	15
	NaOH	5

Baño	Elemento	Concentración (gr/l)
	pH	12.2 - 12.8
CuH ⁺	Cu ₂ SO ₄	200
	H ₂ SO ₄	50
	Abrillantador	5
Ni	NiSO ₄	300
	NiCl ₂	90
	H ₃ BO ₃	45
	pH	4.0-4.5
La	Cu CN	30
	NaCN	20
	Zn (CN) ₂	10
	pH	10.5

CALCULO DE GROSORES DE PELICULA:

Como ejemplo tenemos el baño recomendado para cobrear al cianuro con corriente continua trabaja esencialmente a eficiencias de anodo y catodo al 100%. Todos los cálculos que siguen son para un baño que es 100% eficiente.

En producción puede haber una ligera diferencia entre el peso real del depósito y el peso calculado para el mismo; Sin embargo, esa diferencia es tan pequeña que no se la considera en los cálculos. Cuando se considera que el baño es 100% eficiente, tomará 8.89 Amp - hr ó 533.4 Amp - min, depositar una milésima de pulgada de cobre sobre un pie cuadrado de superficie (0.025 mm, sobre aproximadamente 9 dm²).

El espesor de un depósito por recubrimiento convencional con corriente continua puede ser calculado por la siguiente ecuación, suponiendo 100% de eficiencia de cátodo:

$$T = \frac{tC}{533.4} = \frac{(4)(4.03)}{533.4} = 0.03022 \text{ mils por Ej.}$$

Donde:

T = Espesor del depósito en milésimas de pulgada

t = Tiempo total de recubrimiento, en minutos

C = Densidad de Corriente del catodo, en Amp./ft²

CALCULOS REALES:

Utilizaré las ecuaciones:

- 1 Coulombs utilizados = X Amp. X t. seg =
C coulombs
 - 2 # Electrones = $\frac{C \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs/electron}} \# \epsilon$
 - 3 # Faradays = $\frac{C \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/Faraday}} = F \text{ faradays}$
 - 4 1 Faraday (F) libera un equivalente gramo (Eq-gr) de un elemento.
 - 5 Peso equivalente = masa depositadas por 1 faraday = $\text{gr}/F \text{ faradays} = \text{gr}/\text{Eq} \cdot \text{gr}$
 - 5' Peso equivalente = P.M./# oxidación
 - 5'' # oxidación = $\frac{\text{P.M}}{\text{peso equivalente}} = \text{estado de oxidación}$
- # electrones necesarios para formar un átomo del elemento X, por reducción.
- 6 Equivalente gramo (eq-gr) = $\frac{\text{gr liberados}}{\text{gr/eq} - \text{gr}} =$
 $\frac{\text{gr liberados}}{\text{peso equivalente}}$
 - 7 Masa depositada = # Eq-gr x # gr/eq-gr
 - 8 Área = cm^2

- 9 Volumen = $\frac{\text{masa}}{\text{densidad}} = \frac{\text{gr}}{\text{gr/cm}^3} = \text{cm}^3$
- 10 Espesor de depósito = $\frac{\text{volumen}}{\text{Area}} = \frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^2} = \text{cm}$.
- 11 Energía suministrada = volts x amp x seg = masa x calor esp. x At = joules/4.18 Joules/cal = calorías.
- 12 Potencia = Amp x Volts = Watt = Kw x 10^{-3}
- 13 Energía en KW - hr = AMP x Volt x horas
- 14 Costo = KW - hr x \$/KW - hr

Con lo que se tendrá:

Desengrase.

$$\begin{aligned} \text{Area} &= 54.5 \text{ cm}^2 & \text{corriente} &= 4.03 \text{ Amp/dm}^2 \\ \text{Carga} &= 220 \text{ Amp} \\ \text{Voltaje} &= 5.8 \text{ volts} \\ T &= 60 \text{ seg.} \end{aligned}$$

Coulombs utilizados:

$$C = \text{Amp} \times \text{seg} = 220 \times 60 = 13200 \text{ coulombs}$$

Número de electrones

$$\# e = \frac{13200 \text{ C coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs/electron}} = 825 \times 10^{20} \text{ electron}$$

Número de Faradays

$$F \text{ faradays} = \frac{13200 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faraday}} = 0.1367 \text{ Faradays}$$

Energía suministrada y

$$E = V \times A \times T = 5.8 \text{ Volts} \times 220 \text{ Amp.} \times 60 \text{ seg} = \\ \text{Watt} - \text{seg} = \text{Jouls}$$

$$E = 76560 = \text{masa} \times C_p \times \Delta T$$

$$E = 76560 \text{ Jouls} / 4.18 \frac{\text{jouls}}{\text{caloría}} = 18315.78 \text{ calorías}$$

Si $C_p = 1 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}$ (el del agua)

$$\text{masa} = 1400 \text{ lts} = 1400 \text{ Kg.} = 1400 \times 10^3 \text{ gr}$$

$$\Delta T = \frac{E \text{ calorías}}{m \ C_p} = \frac{18316}{1400 \times 10^3 \times 1} = 13 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C} = \\ 0.013 \text{ }^\circ\text{C}$$

si Temp. Ambiente = 25°C

$$\Delta T = 13 \times 10^3 = T - T_{\text{amb.}} = T - 25$$

$$T = 25.013 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Potencia} = \text{Amp} \times \text{volts} \\ = 220 \times 5.8 = 1276 \text{ Watts} = 1.276 \text{ KW} \\ \text{Amp} \quad \text{volts}$$

$$\text{Energía} = \text{Amp} \times \text{volts} \times \text{hora} \\ = 220 \text{ Amp} \times 5.8 \text{ volts} \times 0.0166 \text{ hs} \\ = 365 \text{ watts} - \text{hr} = 0.365 \text{ KW} - \text{hr}$$

Costo energía

a \$ 3.75 al KW - hr el 25-VII-77

$$\text{Costo} = 0.365 \text{ KW} - \text{hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{KW} - \text{hr}} = 1.36 \text{ pesos}$$

Por corrida de 5 ensartas.

BAÑO DE COBRE ALKALINO UNO (CO_{OH}^-)

$$\text{AREA} = 54.55 \text{ cm}^2 \quad \rho \text{ corriente} = 4.03 \text{ Amp/dm}^2$$

$$\text{Carga} = 220 \text{ Amp.} \quad \text{volumen} = 1400 \text{ lts}$$

$$\text{Dif de Pot.} = 6.0 \text{ volts}$$

$$\text{Tiempo} = 4 \text{ min.}$$

Coulombs utilizados =

$$C = 220 \text{ Amp} \times (4 \times 60) \text{ seg} = 52200 \text{ coulombs}$$

Número de \bar{e} electrones

$$= \frac{52800 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs/electron}} = 3300 \times 10^{20} \bar{e} \text{ electrones}$$

Número de Faradays

$$= \frac{52800 \text{ Coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faraday}} = 0.547 \text{ Faradays}$$

Número de oxidación

$$\# \text{Oxid.} = 1$$

Peso equivalente

$$= \frac{63.57 \text{ gr/mol}}{1 \text{ Faradays eq-gr}} = \frac{63.57 \text{ gr}}{1 \text{ Faradays eq-gr}} = \underline{\text{gr}}$$

Masa liberada

$$= \frac{63.57 \text{ gr}}{1 \text{ faraday}} \times 0.547 \text{ faradays} = 34.77 \text{ gr}$$

Equivalente gramo

$$= \frac{34.77 \text{ gr}}{63.57 \text{ gr/eq}} = 0.547 \text{ eq-gr.}$$

Masa depositada

$$= 0.547 \text{ eq - gr} \times 63.57 \text{ gr/eq-g} = 34.77 \text{ gr}$$

∴ Se toma eficiencia de 100%

$$\text{Volumen} = \frac{34.77 \text{ gr}}{8.92 \text{ gr/cm}^3} = 3.897 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Area} = 54;55 \text{ cm}^2 \times 10^2$$

Espesor del depósito

$$= \frac{3.897 \text{ cm}^3}{54.55 \text{ cm}^2 \times 10^2} = 0.01714 \text{ cm} \times 10^{-2} = .714 \times 10^{-2} \text{ mm} \\ = 0.00714 \text{ mm.}$$

Energía suministrada

$$= 6.0 \text{ volts} \times 220 \text{ Amp.} \times (4 \times 60) \text{ seg.}$$

$$= 316\,800 \text{ joules} / 4.18 \text{ jols/cal.}$$

$$= 75789 \text{ calorías}$$

Energía = masa \times Cp \times ΔT

T ambiente = 25°C

Cp = 1 cal/gr°C

$$\Delta T = \frac{75789 \text{ calorías}}{1400 \text{ lts} \times 1 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}} = \frac{75789 \text{ cal}}{14000 \times 10^3 \text{ gr} \times \frac{1 \text{ cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}}}$$

$$\Delta T = 0.05^\circ\text{C} = T - T_{\text{amb.}}$$

$$T = 25.05^\circ\text{C}$$

Potencia

$$= 220 \text{ Amp} \times 6.0 \text{ volts} = 1320 \text{ Watts} = 1.32 \text{ Kw}$$

$$\text{Energía} = 220 \text{ Amp.} \times 6.0 \text{ volts} \times 0.066 \text{ hs} = 87.12 \times 10^{-3} \text{ Kw-hr}$$

$$\text{Costo} = 87.12 \times 10^{-3} \text{ Kw - hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{Kw - hr}} = \$0.327$$

COBRE ACIDO (Cu^{++})

$$\text{Volumen} = 1400 \text{ lts} \quad \text{Area} = 54.55 \text{ dm}^2 = 5455 \text{ cm}^2$$

$$\text{P.M} = 63.57 \text{ gr/mol} \quad \text{Carga} = 250 \text{ Amp.} \quad \text{Tiempo} = 4 \text{ min.} \\ = 240 \text{ seg.}$$

$$\# \text{Oxid.} = 1 \quad \text{Dif. Pot} = 6 \text{ Volts}$$

$$\text{corriente} = 4.03 \text{ Amp/dm}^2 = 8.92 \text{ gr/ml}$$

Coulombs utilizados

$$= 250 \text{ Amp.} \times 240 \text{ seg.} = 6 \times 10^4 \text{ coulombs}$$

Electrones utilizados

$$= \frac{6 \times 10^4 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs/electron}} = 3750 \times 10^{20} \text{ electrones'}$$

NUMERO DE FARADAYS.

$$= \frac{6 \times 10^4 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/Faraday}} = 0.622 \text{ Faradays}$$

Número de oxidación = 1

Peso equivalente

$$= 63.57 \text{ gr/mol} = \frac{63.57 \text{ gr}}{\text{Faraday}} = \text{gr/eq} - \text{gr}$$

Masa liberada.

$$= 63.57 \frac{\text{gr}}{\text{Faraday}} \times 0.622 \text{ Faradays} = 39.54 \text{ gr}$$

$$\text{Equivalente gramo.} = \frac{39.54 \text{ gr}}{63.57 \text{ gr/eq} - \text{gr}} = 0.622 \text{ Eq} - \text{gr}$$

Masa depositada

$$= 0.622 \text{ Eq-gr} \times 63.57 \text{ gr/Eq-gr}$$

$$= 39.54 \text{ gr}$$

$$\text{Area} = 5455 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \frac{39.54 \text{ gr}}{8.92 \text{ gr/ml}} = \frac{39.54 \text{ gr}}{8.92 \text{ gr/cm}^3} = 4.432 \text{ cm}^3$$

Espesor del Depósito

$$= \frac{4.432 \text{ cm}^3}{5455 \text{ cm}^2} = 0.008 \text{ mm.}$$

Energía suministrada

$$\begin{aligned}
 &= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ Amp} \times 240 \text{ seg} \\
 &= 360000 \text{ joules} / 4.18 \frac{\text{joules}}{\text{caloría}} \\
 &= 86124 \text{ cal} \\
 &= 86.124 \text{ Kcal.}
 \end{aligned}$$

$$86\ 124 \text{ cal} = m C_p \Delta T$$

$$\Delta T = T - 25 = \frac{86\ 124 \text{ cal}}{1400 \times 10^3 \text{ gr} \times 1 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}} = 0.0615^\circ\text{C}$$

$$T = 25.0615^\circ\text{C}$$

Siempre y cuando parta de Temp. ambiente

Si parta de la Temp de la tina

$$T = T_{\text{tina}} + 0.0615^\circ\text{C}$$

$$\text{Potencia} = 250 \text{ Amp.} \times 6 \text{ volts} = 1500 \text{ Watts} = 1.5 \text{ KW}$$

$$\text{Energía} = 250 \text{ Amp} \times 6 \text{ volts} \times 0.066 \text{ hs} = 0.100 \text{ Kw} - \text{hr}$$

$$\text{Costo} = 0.100 \text{ Kw} - \text{hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{Kw} - \text{hr}} = \$ 0.375$$

BAÑO DE NIQUEL (Ni^{++})

$$\text{Vol. tina} = 1400 \text{ litros} \quad \text{Densidad Corriente} = 1.37 \text{ Amp/dm}^2$$

$$\text{Area pieza} = 5455 \text{ cm}^2 \quad \text{Carga} = 75 \text{ Amp.}$$

$$\text{P.M. Ni} = 58.69 \quad \text{Dif. Pot} = 6.2 \text{ volts}$$

$$\text{Densidad } (\rho) = 8.90 \text{ gr/cm}^3 \quad \text{Tiempo} = 2 \text{ min} = 120 \text{ seg.}$$

Coulombs utilizados:

$$= 75 \text{ Amp} \times 120 \text{ seg.} = 9000 \text{ coulombs.}$$

Número de e^- electrones:

$$= \frac{9000 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs/electrón}} = 562.5 \times 10^{20} \text{ electrones}$$

$$\text{Número de Faraday} = \frac{9000 \text{ C}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faraday}} = 0.09325 \text{ Faradays.}$$

Oxidación = 2

peso equivalente

$$= \frac{58.69 \text{ gr/mol}}{2} = 29.345 \frac{\text{gr}}{\text{eq-gr Faradays}}$$

Masa liberada:

$$= 29.345 \frac{\text{gr}}{\text{faraday}} \times 0.09325 \text{ Faradays} = 2.736 \text{ gr}$$

Equivalente gramo

$$= \frac{2.736 \text{ gr}}{29.345 \text{ gr/eq - gr}} = 0.0932 \text{ eq - gr}$$

Masa depositada:

$$= 0.0932 \text{ eq-gr} \times 29.345 \text{ gr/eq - gr} \\ = 2.736 \text{ gr}$$

Area = 5455 cm²

Volumen:

$$= \frac{2.736 \text{ gr}}{8.90 \text{ gr/cm}^3} = 0.307 \text{ cm}^3$$

$$\text{Espesor de depósito} = \frac{0.307 \text{ cm}^3}{5455 \text{ cm}^2} = 0.00056 \text{ mm}$$

Energía suministrada:

$$\begin{aligned} &= 6.2 \text{ volts} \times 75 \text{ amp} \times 120 \text{ seg.} \\ &= 55800 \text{ joules} / 4.18 \text{ joules/cal} \\ &= 13349 \text{ calorías} \end{aligned}$$

$$13349 \text{ calorías} = m \times C_p \times \Delta T$$

$$\Delta T = T - T_{\text{tina}} = \frac{13349}{1400 \times 10^3 \text{ gr} \times 1 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}} = 0.009535^\circ\text{C}$$

$$\text{Potencia:} = 75 \text{ amp} \times 6.2 \text{ volts} = 465 \text{ Watts} = 0.465 \text{ Kw}$$

Energía en Kw - hr:

$$= 75 \text{ amp} \times 6.2 \text{ volts} \times 0.033 \text{ hr} = 0.0155 \text{ Kw-hr}$$

Costo:

$$= 0.0155 \text{ Kw-hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{Kw} - \text{hr}} = \$ 0.058 = 6.0 \text{ cent.}$$

BAÑO DE CROMO:

$$\text{Vol. Tina} = 1400 \text{ lts.} \quad \text{Densidad de corriente} = 3.05 \frac{\text{Amp.}}{\text{dm}^2}$$

$$\text{Area Pieza} = 54.55 \text{ dm}^2 \quad \text{Carga} = 165 \text{ Amp.}$$

$$\text{P.M. Cr} = 52.01 \quad \text{Dif. de Pot.} = 6 \text{ Volts}$$

$$\text{Densidad } (\rho) = 7.1 \text{ gr/cm}^3 \quad \text{Tiempo} = 7 \text{ segundos.}$$

$$\# \text{ oxidación} = 3$$

Coulombs Utilizados:

$$= 165 \text{ Amp} \times 7 \text{ seg} = 1155 \text{ coulombs}$$

Número de \bar{e} electrones:

$$= \frac{1155 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs}/\bar{e} \text{ electron}} = 72.187 \times 10^{20} \bar{e} \text{ electrones}$$

Número de Faradays:

$$= \frac{1155 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faraday}} = 0.1197 \text{ Faradays.}$$

oxidación = 3

Peso equivalente:

$$= \frac{52.01 \text{ gr/mol}}{3} = 17.336 \frac{\text{gr}}{\text{eq-gr}} = \frac{\text{gr}}{\text{faraday}}$$

Masa liberada:

$$= 17.336 \frac{\text{gr}}{\text{faraday}} \times 0.1197 \text{ faradays} = 2.075 \text{ gr}$$

$$\text{Equivalente gramo: } \frac{2.075 \text{ gr}}{17.336 \text{ gr/eq - gr}} = 0.1197 \text{ Eq - gr}$$

Masa depositada:

$$= 0.1197 \text{ eq - gr} \times 17.336 \frac{\text{gr}}{\text{eq-gr}} = 2.075 \text{ gr}$$

Area: = 5455 cm^2

Volumen:

$$= \frac{2.075 \text{ gr}}{7.1 \text{ gr/cm}^3} = 0.2922 \text{ cm}^3$$

Espesor de depósito:

$$= \frac{0.2922 \text{ cm}^3}{5455 \text{ cm}^2} = 0.000535 \text{ mm}$$

Energía suministrada:

$$= 6 \text{ volts} \times 165 \text{ Amp} \times 7 \text{ seg} = 6930 \text{ joules} / 4.18 \frac{\text{joules}}{\text{cal.}}$$

$$= 1657.89 \text{ calorías}$$

Potencia:

$$= 165 \text{ Amp} \times 6 \text{ volts} = 990 \text{ Watts} = 0.99 \text{ Kw}$$

Energía:

$$= 165 \text{ Amp} \times 6 \text{ volts} \times 0.0019 \text{ hr} = 1.925 \text{ a } 10^{-3} \text{ Kw - hr}$$

Costo:

$$= 0.001925 \text{ Kw - hr} \times 3.75 \frac{\$}{\text{Kw. - hr}} = 0.0072 \text{ \$ } 1 \text{ centavo}$$

BAÑO 1 DE LATON

$$\text{Vol. Tina} = 1400 \text{ lts} \quad \text{Densidad de corriente} = 4.03 \frac{\text{Amp}}{\text{dm}^2}$$

$$\text{Area Pieza} = 5455 \text{ cm}^2 \quad \text{Carga} = 220 \text{ Amp.}$$

P.M. dr	85% cobre	= 0.85	(63.57)	Dif. Pot = 6 volts
	15% zinc	= 0.15	(65.38)	Tiempo. = 20 seg.
			<u>63.8415</u>	

$$\text{Densidad (g/cm}^3\text{)} = \frac{0.85 (8.92)}{8.653 \text{ gr/cm}^3} \#_{\text{ox}} = \frac{0.85 (1)}{0.15 (7.14)} + \frac{0.15 (2)}{1.15}$$

Todo en promedio, aunque realmente es separado y simultáneo.

Coulombs utilizados:

$$= 220 \text{ Amp.} \times 20 \text{ seg.} = 4400 \text{ coulombs}$$

Número de electrones

$$= \frac{4400 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs/electron}} = 275 \times 10^{20} \text{ electrones}$$

Número de faraday:

$$= \frac{4400 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faraday}} = 0.04559 \text{ faradays.}$$

Oxidación = 1.15 (irreal, pero calculado)

$$\text{Peso equivalente} = \frac{63.8415 \text{ gr/mol}}{1.15} = 55.514 \text{ gr} = \frac{\text{gr}}{\text{Farady eq-gr}}$$

Masa liberada:

$$= 55.514 \frac{\text{gr}}{\text{farady}} \times 0.04559 \text{ faradays} = 2.53 \text{ gr.}$$

Equivalente gramo:

$$= \frac{2.53 \text{ gr}}{55.514 \text{ gr/eq-gr}} = 0.04557 \text{ Eq - gr.}$$

$$\text{Masa depositada} = 0.04557 \text{ eq-gr} \times 55.51 \frac{\text{gr}}{\text{faraday}} = 2.52059 = 2.53 \text{ gr}$$

Area: 5455 cm²

$$\text{Volúmen} = \frac{2.52959 \text{ gr}}{8.653 \text{ gr/cm}^3} = 0.2919 \text{ cm}^3$$

Espesor de depósito:

$$= \frac{0.2919 \text{ cm}^3}{5455 \text{ cm}^2} = 0.0005353 \text{ mm}$$

Energía suministrada:

$$= 6 \text{ volts} \times 220 \text{ Amp} \times 20 \text{ seg} = 26400 \text{ Joules} / 4.18 \frac{\text{joules}}{\text{caloría}}$$

$$= 5315.79 \text{ calorías} = M \text{ Cp } \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{5315.79 \text{ cal.}}{1400 \times 10^3 \text{ gr} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ \text{e}}} = 0.00379 \text{ }^\circ \text{C}$$

Potencia:

$$= 220 \text{ Amp.} \times 6 \text{ volts} = 1320 \text{ watts} = 1.32 \text{ Kw}$$

Energía:

$$= 220 \text{ Amp.} \times 6 \text{ volts} \times 0.0055\text{-hr} = 7.333 \text{ kw-hr} \times 10^3$$

Costo:

$$= 0.00733 \text{ kw-hr} \times \$ \frac{3.75}{\text{kw-hr}} = \$ 0.0275 = 2.75 \text{ centavos}$$

BAÑO DE ORO:

Vol. tina = 78.75 lts.	Densidad de corriente = 0.735 $\frac{\text{Amp}}{\text{dm}^2}$
Area pieza = 1090 cm ²	Carga = 19 Amp.
P.M. = 197.20 gr/mol	Dif. Pot. = 7 volts.
Densidad = 10.3 gr/cm ³	Tiempo = 30 seg.

$$\# \text{Oxid.} = 1$$

Coulombos utilizados:

$$= 19 \text{ Amp.} \times 30 \text{ seg} = 570 \text{ coulombs.}$$

Número de electrones:

$$= \frac{570 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{19} \text{ coulombs/electron}} = 35.625 \times 10^{20} \bar{\text{elect.}}$$

Número de Faradays:

$$= \frac{570 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faradays}} = 0.0059 \text{ Faradays.}$$

$$\# \text{oxidación} = 1$$

Peso equivalente:

$$= \frac{197.20 \text{ gr/mol}}{1} = 197.20 \frac{\text{gr}}{\text{Faraday}} = \text{gr/Eq} - \text{gr}$$

Masa liberada:

$$= 197.2 \frac{\text{gr}}{\text{Faraday}} \times 0.0059 \text{ faradays} = 1.16348 \text{ gr}$$

Equivalente gramo:

$$= \frac{1.16348 \text{ gr}}{197.2 \text{ gr/eq-gr}} = 0.005896 \text{ eq} - \text{gr}$$

Masa depositada:

$$= 0.005896 \text{ eq-gr} \times 197.2 \frac{\text{gr}}{\text{eq-gr}} = 1.162 \text{ gr}$$

$$\text{Area} = 1090 \text{ cm}^2$$

Volúmen:

$$= \frac{1.162 \text{ gr}}{19.3 \text{ gr/cm}^2} = 0.0602 \text{ cm}^3$$

Espesor del depósito:

$$= \frac{0.0602 \text{ cm}^3}{1090 \text{ cm}^2} = 0.0005523 \text{ cm}$$

Energía suministrada:

$$= 7 \text{ volts} \times 19 \text{ Amp} \times 30 \text{ seg.} = 3990 \text{ joules} / 4.18 \frac{\text{joules}}{\text{caloría}}$$

$$= 954.55 \text{ calorías.}$$

$$954.55 \text{ calorías} = m C_p \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{954.55 \text{ calorías}}{78.75 \times 10^3 \text{ gr} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr } ^\circ\text{C}}} = 0.012 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Potencia:

$$= 19 \text{ Amp} \times 7 \text{ volts} = 133 \text{ watts} = 0.133 \text{ kw}$$

Energía:

$$= 19 \text{ Amp} \times 7 \text{ volts} \times 0.00833 \text{ hr} = 1.1083 \times 10^3 \text{ kw-hr}$$

Costo:

$$= 1.1083 \times 10^3 \text{ kw-hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{kw-hr}} = 0.0041 = 0.5 \text{ centavos}$$

Como la corrida es de 5 ensartas, multiplico - por 5.

BAÑO DE COBRE ALKALINO No. 2 (Cu OH^{-2})Vol. tina=1680 Lts. Densidad de corriente=4.03 Amp/dm²Area pieza=6540 cm² Carga = 250 Amp.

P.M. = 6357 gr/mol Dif. Pot = 6 volts.

Densidad () = 8.92

gr/cm³

Tiempo = 1.5 min=90 seg.

oxidación = 1

Coulombs utilizados:

$$= 250 \text{ Amp.} \times 90 \text{ seg} = 22,500 \text{ coulombs}$$

Número de electrones:

$$= \frac{22,500 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{19} \text{ coulombs}/\bar{e}} = 1406.25 \times 10^{20} \bar{e} \text{ electrones}$$

Número de faradays:

$$= \frac{22500 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faradays}} = 0.233 \text{ faradays}$$

oxidación = 1

Peso equivalente:

$$= \frac{6357 \text{ gr/mol}}{1} = 6357 \text{ gr/eq-gr=gr/faraday}$$

Masa liberada:

$$= 63.57 \text{ gr/faraday} \times 0.233 \text{ faradays} = 14.81 \text{ gr}$$

Equivalente gramo:

$$= \frac{14.81 \text{ gr}}{63.57 \text{ gr/eq-gr}} = 0.233 \text{ eq-gr}$$

Masa depositada:

$$= 0.233 \text{ eq - gr} \times 63.57 \frac{\text{gr}}{\text{eq - gr}} = 1481 \text{ gr}$$

$$\text{Area} = 6540 \text{ cm}^2$$

volúmen:

$$= \frac{14.81 \text{ gr}}{8.92 \text{ gr/cm}^3} = 1.66 \text{ cm}^3$$

Espesor del depósito:

$$= \frac{1.66 \text{ cm}^3}{6540 \text{ cm}^2} = 0.00254 \text{ mm}$$

Energía suministrada:

$$= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ Amp} \times 90 \text{ Seg} = \frac{135000 \text{ joules}}{4.18 \text{ joules/caloría}}$$

$$= 32296.65 \text{ calorías}$$

$$32296.65 \text{ calorías} = mCp\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{32296.65 \text{ cal.}}{1680 \times 10^3 \text{ gr} \times 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}} = 0.0192 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Potencia:

$$= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ Amp.} = 1500 \text{ watts} = 1.5 \text{ kw}$$

Energía:

$$= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ amp} \times 0.025 \text{ hr} = 37.5 \times 10^3 \text{ kw-hr}$$

Costo:

$$= 0.0375 \text{ kw-hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{kw - hr}} = \$ 0.1406 = 14 \text{ centavos}$$

BAÑO # 2 DE LATON.

Vol. tina=1680 Lts Densidad de corriente=4.03 Amp/dm²

Area pieza=6540 cm² Carga = 250 Amp.

P.M.=63418 gr/cmol Dif. Pot. = 6 volts

Densidad (ρ)=8.653-
gr/cm³

Tiempo = 30 min=1800 seg.

Oxidación = 1.15

Coulombs utilizados:

$$= 250 \text{ Amp} \times 1800 \text{ seg} = 450000 \text{ coulombs}$$

Número de \bar{e} electrones:

$$= \frac{450000 \text{ coulombs}}{1.6 \times 10^{19} \text{ coulombs}/\bar{e}\text{electron}} = 2.813 \times 10^{24}$$

Número de faradays:

$$= \frac{450000 \text{ coulombs}}{9.65 \times 10^4 \text{ coulombs/faraday}} = 4.66 \text{ faradays}$$

Número de oxidación = 1.15

Peso equivalente:

$$= \frac{63.8418 \text{ gr/mol}}{1} = 63.8423 \frac{\text{gr}}{\text{Faraday eq-gr}} = \frac{\text{gr}}{\text{Faraday eq-gr}}$$

Masa liberada:

$$= 63.8418 \frac{\text{gr}}{\text{faraday}} \times 4.66 \text{ faradays} = 297.5 \text{ gr}$$

Equivalente gramo:

$$= \frac{297.5 \text{ gr}}{63.8418 \frac{\text{gr}}{\text{eq-gr}}} = 4.66 \text{ eq-gr} = 4.66 \text{ eq - gr}$$

Masa depositada:

$$= 4.66 \text{ eq-gr} \times 63.8418 \frac{\text{gr}}{\text{eq-gr}} = 297.5 \text{ gr.}$$

Area: = 6440 cm²

Volumen:

$$= \frac{297.5 \text{ gr}}{8.653 \text{ gr/cm}^3} = 34.38 \text{ cm}^3$$

Espesor del depósito:

$$= \frac{34.88 \text{ cm}^3}{6540 \text{ cm}^2} = 0.053 \text{ mm}$$

Energía suministrada:

$$= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ amp} \times 1800 \text{ seg} = \frac{2.7 \times 10^6 \text{ joules}}{4.18 \text{ joules/cal.}}$$

$$= 645933 \text{ calorías} = M C_p \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{645933 \text{ cal.}}{1850 \times 10^3 \text{ gr} \times 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}} = 0.349 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Potencia:

$$= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ amp} = 1,500 \text{ kw}$$

Energía:

$$= 6 \text{ volts} \times 250 \text{ Amp.} \times 0.5 \text{ hr} = 750 \times 10^3 \text{ kw-hr}$$

Costo:

$$= 0.75 \text{ kw-hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{kw-hr}} = \$ 2.8125$$

Si asumo que el proceso es 100 % eficiente, -
la masa liberada será igual a la masa depositada, -
y no habra pérdidas en la solución.

Pero en realidad no es eficiente al 100%, -
por lo que debería ser menor la masa depositada que
la masa liberada.

Además, hay pérdidas de cianuros por evapora
ción, por derrame, etc., por lo que en realidad -
si se debe de tener adiciones de las diferentes -
substancias que componen el baño.

En seguida se hace un estudio de las especi-
ficaciones en que permanecio el baño (de cobre alka
lino 1 y 2, de cobre ácido, de níquel, latón 1 y 2)
observandose unas buenas condiciones finales en -
los depositos, por lo que el estudio nos lleva a -
considerar que un baño que se encuentre dentro de -
un rango, llamado banda de seguridad, trabajará -
bien.

Además se establece una condición, llamada -
limite de seguridad, más alla de la cual, se consi-

dera que el depósito ya no es seguro quedará dentro de las especificaciones correctas, lo que nos dará correctas las especificaciones del producto terminado (depósito).

Los análisis de los baños de cromo, oro, etc. no fueron practicados por no contar con los reactivos necesarios para ese fin.

TIEMPO 2 MESES	BAÑO CU OH	ELEMENTO Cu CN	DIA	conc	ADICION	ADICION TOTAL
"	"	"	5/XI /76	21.75	8.25	9.075
"	"	"	5/XI /76	33.11	11.89	8.323
"	"	"	8/XI /76	32.54	12.46	8.722
"	"	"	16/XI /76	30.93	14.07	9.849
"	"	"	17/XI /76	24.80	15.20	10.640
"	"	"	24/XI /76	28.43	16.57	11.590
"	"	"	(28/XI /76)	30.36	14.64	10.248
"	"	"	6/XII/76	27.70	17.30	12.110
"	"	"	7/XII/76	44.17	.83	.581
"	"	"	8/XII/76	45.52	-----	-----
"	"	"	13/XII/76	45.33	-----	-----
"	"	"	24/XII/76	41.28	3.72	2.604
"	"	"	30/XII/76	39.91	5.09	3.563
<hr/>						
"	"	Na CN	3/XI /76	7.06	7.44	8.734
"	"	"	4/XI /76	5.59	9.41	6.587
"	"	"	8/XI /76	4.80	10.20	7.140
"	"	"	16/XI /76	6.86	8.14	5.698
"	"	"	17/XI /76	5.10	9.90	6.930
"	"	"	24/XI /76	3.43	11.57	8.099
"	"	"	(28/XI /76)	3.33	11.67	8.169
"	"	"	6/XII/76	1.86	13.14	9.198
"	"	"	7/XII/76	10.10	4.9	3.430
"	"	"	8/XII/76	12.55	2.45	1.715
"	"	"	13/XII/76	9.91	5.09	3.563
"	"	"	24/XII/76	6.21	8.73	6.111
"	"	"	30/XII/76	4.9	10.1	7.070

TIEMPO o meses	BAÑO	ELEMENTO	DIA	CONC.	ADICION	ADICION TOTAL
"	"	NaOH	3/XI /76	3.0	2.	2.2
"	"	"	5/XI /76	4.2	0.8	00.56
"	"	"	8/XI /76	5	-----	-----
"	"	"	16/XI /76	4.0	1	.7
"	"	"	17/XI /76	4.70	.3	.21
"	"	"	24/XI /76	3.5	1.5	1.05
"	"	"	(28/XI /76	3.5	1.5	1.05
"	"	"	6/XII/76	2.85	2.15	1.505
"	"	"	7/XII/76	5.8	-----	-----
"	"	"	8/XII/76	6.32	-----	-----
"	"	"	13/XII/76	6.60	-----	-----
"	"	"	24/XII/76	5.0	-----	-----
"	"	"	30/XII/76	5.0	-----	-----
<hr/>						
"	"	P H	3/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	5/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	8/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	16/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	17/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	24/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	(28/XI /76	12.2 - 12.8		
"	"	"	6/XII/76	12.2 - 12.8		
"	"	"	7/XII/76	12.2 - 12.8		
"	"	"	8/XII/76	12.2 - 12.8		
"	"	"	13/XII/76	12.2 - 12.8		
"	"	"	24/XII/76	12.2 - 12.8		
"	"	"	30/XII/76	12.2 - 12.8		

TIEMPO 2 MESAS	BAÑO	ELEMENTO	DIA	CONC	ADICION	ADIC. TOTAL
	6a 1	" Cu CN	3/XI /76	14.09	15.91	11.137
	"	"	10/XI /76	14.25	15.75	11.025
	"	"	16/XI /76	17.72	12.28	8.596
	"	"	17/XI /76	17.37	12.63	8.841
	"	"	24/XI /76	17.48	12.52	8.764
	"	"	(28/XI /76	18.21	11.29	8.253
	"	"	7/XII/76	16.83	13.17	9.213
	"	"	8/XII/76	27.04	2.96	3.256
	"	"	13/XII/76	16.91	13.09	9.163
	"	"	24/XII/76	15.72	14.28	9.996
	"	"	31/XII/76	15.75	14.28	9.996
		Na CN	4/XI /76	7.84	12.16	8.512
		"	8/XI /76	8.04	11.96	8.372
		"	16/XI /76	10.69	9.31	6.517
		"	17/XI /76	10.00	10.00	7.000
		"	24/XI /76	10.001	10.00	7.000
		"	(28/XI /76	9.71	10.29	7.203
		"	7/XII/76	7.45	12.55	8.785
		"	8/XII/76	14.22	5.78	6.358
		"	13/XII/76	8.83	11.17	7.819
		"	24/XII/76	17.35	2.65	1.855
		"	31/XII/76	6.96	13.14	9.198

TIEMPO 2 MESES	BANO La 1	ELEMENTO Zn(CN) ₂	DIA	CONC.	ADICION	ADIC. TOTAL
			4/XI /76	6.72	3.28	2.296
"	"	"	3/XI /76	6.38	3.62	2.554
		"	16/XI /76	10.0	-----	-----
		"	17/XI /76	9.14	0.86	0.602
		"	24/XI /76	8.74	1.26	0.882
		"	(28/XI /76	8.74	1.26	0.882
		"	7/XII/76	8.06	1.94	1.358
		"	13/XII/76	8.33	1.67	1.169
		"	24/XII/76	8.47	1.53	1.071
		"	31/XII/76	7.66	2.34	1.638
pH = 10.5 mismas fechas						

Cu OH^-	Cu CN	3/XI /76	36.77	8.23	9.053
	"	10/XI /76	34.64	10.36	11.396
	"	16/XI /76	30.61	14.39	15.829
	"	19/XI /76	30.45	14.55	16.05
	"	2/XII/76	35.60	9.40	10.340
	"	7/XII/76	42.42	2.58	2.838
	"	24/XII/76	42.56	2.44	2.684
	"	30/XII/76	42.47	2.53	2.783

$(\text{Cu OH}^-)_2$	Na CN	3/XI /76	7.06	7.44	8.734
		10/XI /76	6.18	8.82	9.702
		16/XI /76	6.86	8.14	8.954
		19/XI /76	6.37	8.63	9.493
		2/XII/76	7.55	7.45	8.195
		7/XII/76	12.08	2.92	3.212
		24/XII/76	10.59	4.41	4.851
		30/XII/76	9.81	5.19	5.709

TIEMPO 2 MESES	BAÑO CuOH ⁻²	ELEMENTO Na OH	DIA	CONC.	ADICION	ADIC.TOTAL
			3/XI /76	3.0	2.0	2.200
			10/XI /76	2.8	2.2	2.420
			16/XI /76	2.0	3.0	2.100
	pH = 12.2 - 12.8		19/XI /76	2.5	2.5	2.750
			2/XII/76	4.20	0.80	0.880
			7/XII/76	5.5	-----	-----
			24/XII/76	4.0	1.0	1.100
			30/XII/76	4.0	1.0	1.100
<hr/>						
2 MESES	La 2	Cu CN	5/XI /76	21.75	8.25	9.075
			11/XI /76	21.34	8.66	9.526
			19/XI /76	19.65	10.35	11.385
			2/XII/76	21.37	8.63	9.493
			8/XII/76	27.04	2.96	3.256
			(28/XII/76	27.86	2.14	2.354
			31/XII/76	28.46	1.54	1.694
<hr/>						
2 MESES	La 2	Na CN	4/XI /76	10.79	9.21	10.131
			11/XI /76	9.02	10.98	12.078
			19/XI /76	11.47	8.53	9.383
			2/XII/76	7.84	12.16	13.376
			8/XII/76	11.22	5.78	6.358
			(28/XII/76	11.97	8.03	8.833
			31/XII/76	10.40	9.60	10.560

TIEMPO 2 MESES	BAÑO L _a 2	ELEMENTO Zn (CN) ₂	DIA	CONC.	ADICION	ADIC.TOTAL
			4/XI /76	7.93	2.07	2.277
			19/XI /76	9.68	0.32	0.352
			2/XII/76	9.41	0.59	0.649
pH = 10.5			8/XII/76	9.14	0.86	0.946
			(28/XII/76	9.14	0.86	0.946
			31/XII/76	8.87	1.13	1.243

2 MESES	H ⁺ Cu H ⁺	ELEMENTO Cu ₂ SO ₄	DIA	CONC.	ADICION	ADIC.TOTAL
			4/XI /76	124.46	75.54	83.094
			11/XI /76	118.03	81.97	90.167
			17/XI /76	115.40	84.60	93.060
			22/XI /76	114.50	85.50	94.050
			(28/XI /76	108.66	91.34	100.474
			6/XII/76	108.66	91.34	100.474
			14/XII/76	108.66	91.34	100.474
			24/XII/76	174.06	25.94	28.534
			31/XII/76	172.86	27.14	29.854

2 MESES	BAÑO Cu _H ⁺	ELEMENTO H ₂ SO ₄	DIA	CONC.	ADICION	ADIC.TOTAL
			4/XI /76	47.12	2.88	3.168
			11/XI /76	46.16	3.84	4.224
			17/XI /76	45.19	4.81	5.291
			22/XI /76	39.42	10.58	11.638
			(28/XI /76	36.54	13.46	14.806
ABRILLANTADOR U V A C.			6/XII/76	39.42	10.58	11.638
5 gr/cc.			14/XII/76	35.10	14.90	16.390
			24/XII/76	43.45	6.55	7.205
			31/XII/76	47.75	2.25	2.475

TIEMPO	BANC	ELEMENTO	DIA	CONC.	ADICION	ADIC.TOTAL
2 MESES	N ₁	N ₁ SO ₄	3/XI /76	331.24	68.76	75.636
			11/XI /76	210.088	89.92	98.912
			17/XI /76	238.80	61.20	67.320
			19/XI /76	234.27	65.73	72.303
			(28/XI /76	235.78	64.22	70.642
			6/XII/76	249.38	50.62	55.682
			14/XII/76	259.96	40.04	40.044
			(24/XII/76	256.24	3.76	4.136
			30/XII/76	288.68	11.32	12.452
2 MESES	N ₁	N ₁ Cl ₂	3/XI /76	54.84	30.16	33.176
			11/XI /76	55.93	34.07	37.475
			17/XI /76	63.74	26.26	28.886
			22/XI /76	62.87	27.13	28.843
			(28/XI /76	65.04	24.96	27.456
			6/XII/76	68.08	21.92	24.112
			14/XII/76	69.38	20.62	22.682
			24/XII/76	84.12	5.88	6.468
			30/XII/76	81.52	8.48	9.328
2 MESES	N ₁	H ₃ BO ₃	3/XI /76	33.98	11.026	12.122
			11/XI /76	33.98	11.02	12.122
			17/XI /76	33.98	11.02	12.122
			22/XI /76	31.55	13.45	14.715
			(28/XI/76	27.91	17.09	18.799
			6/XII/76	29.12	15.88	17.468
			14/XII/76	38.83	6.17	6.787
			24/XII/76	37.33	7.67	8.437
30/XII/76	40.71	4.29	4.217			

ESTADÍSTICA :

Media $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$

Varianza $\sigma_x^2 = \frac{\sum X_i^2}{N} - \frac{(\sum X_i)^2}{N^2}$

Desviación Standard $X = \sqrt{\sigma_x^2 \times \frac{N}{N-1}}$

Distribución de "Student"

$T = \frac{\bar{X} - u}{S} \sqrt{N-1} = \frac{\bar{X} - u}{\hat{S}/\sqrt{N}}$

$\nu = (N - 1)$ = Grados de libertad

Y_0 = KTe según N

N = # de muestras

σ_x = Desviación Standard

σ = Desviación Standard Normal

σ_x^2 = Varianza

\bar{X} = Media Normal Y la Ecuación Graficada

μ = Media de Muestra

$Y = \frac{\bar{Y}_0}{(1 + \frac{t^2}{N-1})^{N/2}} \quad \frac{\bar{Y}_0}{(1 + \frac{t^2}{\nu})^{(\nu+1)/2}} \text{ para } \underline{\underline{Zc.}}$

Nivel de confianza	99.73 %	99 %	98 %	96 %	95.45 %	95 %
Zc	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96
	90 %	80 %	68.27 %		50 %	
	1.645	1.28	1.00		0.6745	

Limites de Confianza

$\bar{X} \pm Zc \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \bar{X} \pm Zc \frac{\hat{S}}{\sqrt{N}}$

Intervalos de confianza

$$\bar{X} \pm Z_c \frac{s}{\sqrt{2N}} \pm S \pm Z_c \frac{s}{\sqrt{2N}}$$

donde $Z_c \frac{s}{\sqrt{2N}}$ ES EL ERROR PROBABLE DE LA ESTIMA.

coeficiente de correlación (de - 1 a + 1)

$$r = \pm \sqrt{\frac{\text{variación explicada}}{\text{variación total}}} = \pm \sqrt{\frac{\sum (Y_{est.} - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

los signos \pm se utilizan para la correlacion lineal positiva y la correlación lineal negativa. Pero r no tiene dimension si la desviación Standard de Y es

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{N}}$$

$$\therefore r = \sqrt{\frac{1 + S_Y^2 X}{S_Y^2 X}} \quad \text{ó} \quad S_Y X = S_Y \sqrt{1 - r^2}$$

r nos da un grado de dependencia que nos dice que tan cerca está la muestra de la media ó valor Standard, del cual será mayor al tender a uno.

BAÑO	Cu OH ⁻¹	Cu CN	\bar{x}	CONC.	ADICION	ADICION TOTAL
				34.67	9.232	6.717
N = 13			$\frac{2}{x}$	54.65	39.557	19.807
$1/\sqrt{2N} = 0.196$			$\frac{1}{x}$	7.694	6.54	4.632
			$\frac{1}{s}$	1.508	1.28	0.907
$1/\sqrt{N} = 0.277$			Σ total	450.83	120.02	87.314
			corr.	.7585	- 0.6167	- 0.73

N _a CN	\bar{x}		6.289	8.672	6.34
	$\frac{2}{x}$		8.489	8.566	4.612
N = 13	$\frac{1}{x}$		3.0324	3.046	2.235
$1/\sqrt{2N} = 0.196$	$\frac{1}{s}$		0.594	0.597	0.438
$1/\sqrt{N} = 0.277$	Σ		81.76	112.74	82.444
	corr.		0.2567	- 0.235	- 0.4262

N _a OH	\bar{x}		4.575	.7115	0.5596
N = 13	$\frac{2}{x}$		1.341	.636	.468
$1/\sqrt{2N} = 0.196$	$\frac{1}{x}$		1.206	.83	.712
$1/\sqrt{N} = 0.277$	$\frac{1}{s}$		0.236	0.162	0.139
	Σ		59.47	9.25	7.275
	corr.		0.5486	- 0.488	- 0.427

pH = 12.2 - 12.8

BAÑO	L _a 1	Cu CN	\bar{x}	17.397	12.56	8.93
N = 11			$\frac{2}{x}$	10.971	11.08	4.04
$1/\sqrt{2N} = 0.213$			$\frac{1}{x}$	3.474	3.49	2.1087
$1/\sqrt{N} = 0.301$			$\frac{1}{s}$	0.739	0.743	0.449
			corr.	0.264	0.262	- .269
			Σ	191.37	138.16	98.24

N _a CN	\bar{x}		10.098	9.91	7.1
N = 11	$\frac{2}{x}$		8.906	8.96	3.575

		CONC.	ADICION	ADICION TOTAL	
$1/\sqrt{2N} = 0.316$	\bar{x}	3.13	3.139	1.98	
$1/\sqrt{N} = 0.301$	s	0.989	0.992	0.626	
	corr.	0.3189	0.3136	0.2999	
	Σ	111.09	109.01	78.619	
$Z_n (CN)_2$	\bar{x}	8.224	1.776	1.245	
$N = 10$	$\frac{2}{x}$	1.06	1.06	0.525	
$1/\sqrt{2N} = 0.223$	\bar{x}	1.09	1.086	0.764	
$1/\sqrt{N} = 0.316$	s	0.243	0.242	0.170	
	corr.	0.194	- 0.194	- 0.197	
	Σ	82.24	17.76	12.452	
$pH = 10.5$					
BAÑO $Cu OH^{-2}$	$Cu CN$	\bar{x}	36.94	8.06	8.87
$1/\sqrt{2N} = 0.250$		$\frac{2}{x}$	22.687	22.69	27.53
$1/\sqrt{N} = 0.353$		\bar{x}	5.09	5.09	5.61
$N = 8$		s	1.272	1.272	1.402
	corr.	0.638	- 0.688	- 0.687	
	Σ	295.52	64.48	70.973	
$Na CN$		\bar{x}	8.31	6.625	7.356
$1/\sqrt{2N} = 0.250$		$\frac{2}{x}$	4.28	4.146	5.173
$1/\sqrt{N} = 0.353$		\bar{x}	2.21	2.177	2.332
$N = 8$		s	0.552	0.544	0.608
	corr.	0.767	- 0.732	- 0.767	
	Σ	66.5	53.0	58.85	
$Na OH$		\bar{x}	3.5	1.563	1.569
$1/\sqrt{2N} = 0.250$		$\frac{2}{x}$	1.123	0.89	0.771
$1/\sqrt{N} = 0.353$		\bar{x}	1.133	1.04	0.939
$N = 8$		s	0.283	0.26	0.235
	corr.	0.648	0.682	- 0.6976	

		CONC.	ADICION	ADICION TOTAL
	Σ	28.0	12.5	12.55
pH = 12.2 - 12.8				
La ²⁺ CN	\bar{x}	23.912	6.076	6.68
$1/\sqrt{2N} = 0.217$	$\frac{2}{x}$	11.71	11.71	14.17
$1/\sqrt{N} = 0.378$	$\frac{1}{x}$	3.696	3.696	4.07
N = 7	s	0.987	0.987	1.086
	corr.	0.847	- 0.847	- 0.847
	Σ	167.47	42.53	46.783
N _a CN	\bar{x}	10.82	9.184	10.103
$1/\sqrt{2N} = 0.267$	$\frac{2}{x}$	3.658	3.658	4.426
$1/\sqrt{N} = 0.378$	$\frac{1}{x}$	2.066	2.066	2.272
N = 7	s	0.552	0.552	0.060
	corr.	0.279	- 0.279	- 0.279
	Σ	57.71	64.24	46.783
Zn (CN) ₂	\bar{x}	9.028	0.972	1.069
$1/\sqrt{2N} = 0.298$	$\frac{2}{x}$	0.304	0.304	0.368
$1/\sqrt{N} = 0.408$	$\frac{1}{x}$	0.604	0.604	0.665
N = 6	s	0.174	0.174	0.191
	corr.	0.248	- 0.248	- 0.248
	Σ	54.17	5.83	6.413
pH = 10.5				
BAÑO C _u H ⁺ C _u 2 SO ₄	\bar{x}	127.25	72.746	80.02
$1/\sqrt{2N} = 0.235$	$\frac{2}{x}$	663.776	633.772	766.861
$1/\sqrt{N} = 0.333$	$\frac{1}{x}$	26.702	26.702	29.372
N = 9	s	6.274	6.274	6.902
	corr.	0.585	- 0.585	- 0.585
	Σ	1145.29	654.71	720.181
H ₂ SO ₄	\bar{x}	42.239	7.761	8.537
$1/\sqrt{2N} = 0.235$	$\frac{2}{x}$	19.898	19.897	24.076

		CONC.	ADICION.	ADICION TOTAL
$1/\sqrt{N} = 0.333$	\bar{x}	4.731	4.731	5.204
$N = 9$	s	1.111	1.111	1.222
	corr.	- 0.249	0.249	0.249
	Σ	380.15	69.85	76.835

ABRILLANTADOR U.V.A.C. 5 gr/cc.

BAÑO N_1 N_2 SO_2	\bar{x}	249.382	50.601	55.236
$1/\sqrt{2N} = 0.235$	$\frac{2}{x}$	694.491	693.166	852.342
$1/\sqrt{N} = 0.333$	\bar{x}	27.952	27.925	30.966
$N = 9$	s	6.568	6.562	7.277
	corr.	0.891	- 0.891	- 0.8968
	Σ	2244.438	455.57	497.127

N_1 Cl_2	\bar{x}	67.28	22.164	24.380
$1/\sqrt{2N} = 0.235$	$\frac{2}{x}$	90.22	78.867	95.423
$1/\sqrt{N} = 0.333$	\bar{x}	10.074	9.419	10.361
$N = 9$	s	2.367	2.213	2.434
	corr.	0.243	- 9.989	0.909
	Σ	605.52	199.48	219.426

H_2 SO_3	\bar{x}	34.154	10.846	11.874
$1/\sqrt{2N}$	$\frac{2}{x}$	16.237	16.237	20.476
$1/\sqrt{N}$	\bar{x}	4.274	4.274	4.799
$N = 9$	s	1.004	1.004	1.127
	corr.	0.472	- 0.473	0.3220
	Σ	307.34	97.610	106.869

pH = 4 - 4.5

BAÑO $\text{CuOH}-1$ Cu CN CONTROL DE BAÑO:

	CONCENTRACION	ADICION	ADICION TOTAL
Lim. Conf de 99 %	40.168 - 29.172	13.905 - 4.559	10.027 - 3.407
" " " 95 %	30.492 - 38.847	5.681 - 12.782	4.197 - 9.226
" " " 90 %	31.164 - 38.175	6.251 - 12.212	4.606 - 8.827
Intervalo Conf.			
99 %	30.779 - 38.560	5.929 - 12.534	4.370 - 9.057
" " " 95 %	31.711 - 37.625	6.723 - 11.740	4.939 - 8.494
" " " 90 %	32.189 - 37.150	7.926 - 11.332	6.224 - 8.209

V	BAÑO $\text{CuOH}-1$ NaCN			
LIM. CONF. DE 99 %	8.456 - 4.122	10.848 - 6.496	7.937 - 4.743	
" " " 95 %	4.642 - 7.935	7.018 - 10.325	5.126 - 7.553	
" " " 90 %	4.907 - 7.670	7.284 - 10.059	5.321 - 7.358	
INT. CONF. 99 %	4.756 - 7.821	7.131 - 10.212	5.209 - 7.470	
" " " 95 %	5.124 - 7.453	7.501 - 9.842	5.481 - 7.198	
" " " 90 %	5.311 - 7.266	7.689 - 9.654	5.619 - 7.060	

	BAÑO $\text{CuOH}-1$ NaOH			
LIM. CONF. DE 99 %	5.436 - 3.714	1.304 - 0.119	1.068 - 0.0512	
" " " 95 %	3.920 - 5.229	0.260 - 1.162	0.173 - 0.946	
" " " 90 %	4.025 - 5.124	0.333 - 1.089	0.235 - 0.864	
INT. CONF. 99 %	3.966 - 5.183	0.293 - 1.129	0.200 - 0.918	
" " " 95 %	4.112 - 5.037	0.393 - 1.029	0.287 - 0.832	
" " " 90 %	4.186 - 4.963	0.445 - 0.977	0.330 - 0.788	

	BAÑO LATÓN 1 Cu CN			
LIM. CONF. DE 99 %	20.084 - 14.71	15.270 - 9.85	10.567 - 7.293	
" " " 95 %	15.347 - 19.446	10.501 - 14.618	7.685 - 10.174	
" " " 90 %	15.676 - 19.117	10.831 - 14.288	7.885 - 9.974	

		CONCENTRACION	ADICION	ADICION TOTAL
INT. CONF. DE	99 %	15.490 - 19.303	10.643 - 14.476	7.771 - 10.088
" " "	95 %	15.943 - 18.840	11.103 - 14.016	8.049 - 9.810
" " "	90 %	16.181 - 18.612	11.337 - 13.782	8.191 - 9.668

BAÑO LATON 1 N_a CN

LIM. CONF. DE	99 %	12.560 - 7.699	7.472 - 12.347	5.562 - 8.637
" " "	95 %	8.251 - 11.944	8.058 - 11.761	5.931 - 8.268
" " "	90 %	8.548 - 11.647	8.355 - 11.464	6.119 - 8.080
INT. CONF	99 %	7.546 - 12.649	7.350 - 12.469	5.484 - 8.715
" " "	95 %	8.159 - 12.036	7.965 - 11.854	5.873 - 8.326
" " "	90 %	8.471 - 11.724	8.278 - 11.541	6.070 - 8.124

BAÑO LATON 1 Z_n (CN)₂

LIM. CONF. DE	99 %	7.336 - 9.112	0.901 - 2.650	0.630 - 1.859
" " "	95 %	7.548 - 8.899	1.103 - 2.448	0.771 - 1.718
" " "	90 %	7.657 - 8.790	1.211 - 2.340	0.847 - 1.642
INT. CONF DE	99 %	7.599 - 8.848	1.091 - 2.340	0.806 - 1.683
" " "	95 %	7.747 - 8.700	1.301 - 2.250	0.911 - 1.578
" " "	90 %	7.824 - 8.623	1.377 - 1.174	0.965 - 1.524

BAÑO Cu OH₂ Cu CN

LIM. CONF DE	99 %	32.304 - 41.575	3.424 - 12.696	4.354 - 13.385
" " "	95 %	33.418 - 40.461	4.420 - 11.612	4.988 - 12.751
" " "	90 %	33.984 - 39.895	5.104 - 11.015	5.612 - 12.127
INT. CONF. DE	99 %	33.658 - 40.221	4.778 - 11.341	5.252 - 12.487
" " "	95 %	34.446 - 39.433	5.566 - 10.553	6.122 - 11.617
" " "	90 %	34.847 - 39.032	5.967 - 10.152	6.563 - 11.176

BAÑO $Cu OH-2 Na CN$

LIM. CONF	DE	99 %	6.297 - 10.322	4.642 - 8.607	5.141 - 9.570
"	"	"	95 %	6.780 - 9.839	5.118 - 8.131
"	"	"	90 %	7.026 - 9.593	5.360 - 7.889
INT. CONF	DE	99 %	6.885 - 9.734	5.221 - 8.028	5.787 - 8.924
"	"	"	95 %	7.228 - 9.391	5.558 - 7.691
"	"	"	90 %	7.401 - 9.218	5.730 - 7.519

BAÑO $Cu OH-2 Na OH$

LIM. CONF	DE	99 %	2.468 - 4.531	0.615 - 2.510	0.713 - 2.424
"	"	"	95 %	2.716 - 4.283	0.843 - 2.282
"	"	"	90 %	2.842 - 4.157	0.959 - 2.166
INT. CONF.	DE	99 %	2.769 - 4.230	0.892 - 2.233	0.962 - 2.175
"	"	"	95 %	2.945 - 4.054	1.053 - 2.122
"	"	"	90 %	3.034 - 3.965	1.135 - 1.990

BAÑO LATON 2 $Cu CN$

LIM. CONF.	DE	99 %	20.315 - 27.524	2.471 - 9.680	2.710 - 10.649
"	"	"	95 %	21.181 - 26.658	3.336 - 8.813
"	"	"	90 %	21.621 - 26.218	3.777 - 8.374
INT. CONF	DE	99 %	21.734 - 26.105	3.529 - 8.622	3.878 - 9.481
"	"	"	95 %	21.985 - 25.854	4.141 - 8.010
"	"	"	90 %	22.296 - 25.543	4.452 - 7.699

BAÑO NATON 2 $Na CN$

LIM. CONF.	DE	99 %	8.805 - 12.834	7.169 - 11.198	7.887 - 12.318
"	"	"	95 %	9.289 - 12.350	7.653 - 10.714
"	"	"	90 %	9.535 - 12.104	7.899 - 10.468
INT. CONF.	DE	99 %	9.395 - 12.244	7.759 - 10.608	8.539 - 11.666
"	"	"	95 %	9.738 - 11.901	8.102 - 10.266
"	"	"	90 %	9.911 - 11.728	8.275 - 10.092

BAÑO LATON 2 $Zn (CN)_2$

		CONCENTRACION	ADICION	ADICION TOTAL
LIM. CONF. DE	99 %	8.392 - 9.663	0.336 - 1.607	0.368 - 1.769
" " "	95%	8.544 - 9.511	0.488 - 1.455	0.537 - 1.600
" " "	90 %	8.622 - 9.433	0.586 - 1.327	0.622 - 1.515
INT. CONF.	99 %	8.597 - 9.476	0.523 - 1.420	0.576 - 1.561
" " "	95 %	8.686 - 9.369	0.630 - 1.313	0.694 - 1.443
" " "	90 %	8.741 - 9.314	0.685 - 1.258	0.754 - 1.383

BAÑO $Cu H^+ Cu_2 SO_4$

LIM. CONF. DE	99 %	104.309 - 150.190	49.805 - 95.686	4.240 - 155.74
" " "	95 %	109.822 - 144.677	95.518 - 90.173	60.849 - 99.19
" " "	90 %	112.623 - 141.876	58.119 - 87.372	63.930 - 96.109
INT. CONF.	99 %	111.063 - 143.436	56.559 - 88.932	62.212 - 97.827
" " "	95 %	114.952 - 139.547	60.448 - 85.043	66.492 - 93.547
" " "	90 %	116.929 - 137.570	62.425 - 83.066	68.666 - 91.373

BAÑO $Cu H^+ Fe_2 SO_4$

LIM. CONF. DE	99 %	38.325 - 46.454	3.696 - 11.825	4.066 - 13.007
" " "	95 %	39.151 - 45.326	4.673 - 10.848	5.140 - 11.933
" " "	90 %	39.647 - 44.830	5.169 - 10.352	5.686 - 11.387
INT. CONF.	99 %	39.372 - 45.105	4.894 - 10.627	5.384 - 11.689
" " "	95 %	40.061 - 44.416	5.583 - 9.938	6.141 - 10.932
" " "	90 %	40.411 - 44.066	5.933 - 9.588	6.444 - 10.629

BAÑO $Ni Ni SO_4$

LIM. CONF. DE	99 %	225.367 - 273.396	26.609 - 74.592	28.631 - 81.840
" " "	95 %	231.138 - 267.625	32.374 - 68.827	35.025 - 75.446
" " "	90 %	234.070 - 264.693	35.304 - 65.897	38.273 - 72.198
INT. CONF. DE	99 %	232.435 - 266.326	33.671 - 67.530	36.461 - 74.010
" " "	95 %	236.508 - 262.255	37.739 - 63.462	40.973 - 69.498
" " "	90 %	238.577 - 260.186	39.806 - 61.395	43.265 - 67.206

BAÑO N_1 N_1 Cl_2			CONCENTRACION	ADICION	ADICION TOTAL	
LIM. CONF. DE	99 %		58.625 - 75.934	14.071 - 30.256	15.478 - 33.281	
"	"	"	95 %	60.925 - 73.434	16.016 - 28.311	17.617 - 31.142
"	"	"	90 %	61.761 - 72.798	17.004 - 27.323	18.704 - 30.055
INT. CONF. DE	99 %		61.173 - 73.386	16.454 - 27.873	18.100 - 30.659	
"	"	"	95 %	62.640 - 71.519	17.826 - 26.501	19.609 - 29.150
"	"	"	90 %	63.386 - 71.173	18.523 - 25.804	20.376 - 28.383
BAÑO N_1-H_3 BO_3						
LIM. CONF. DE	99 %		30.482 - 37.825	7.174 - 14.517	7.750 - 15.997	
"	"	"	95 %	31.364 - 36.943	8.056 - 13.635	8.743 - 15.004
"	"	"	90 %	31.812 - 36.495	8.504 - 13.187	9.245 - 14.502
INT. CONF. DE	99 %		31.563 - 36.744	8.256 - 13.436	8.966 - 14.781	
"	"	"	95 %	32.186 - 36.121	8.799 - 12.892	9.665 - 14.082
"	"	"	90 %	32.502 - 35.805	9.244 - 12.547	9.855 - 13.892

Enseguida se presentan los intervalos de confianza y los límites de confianza, después de lo cual se procede a los cálculos económicos del baño.

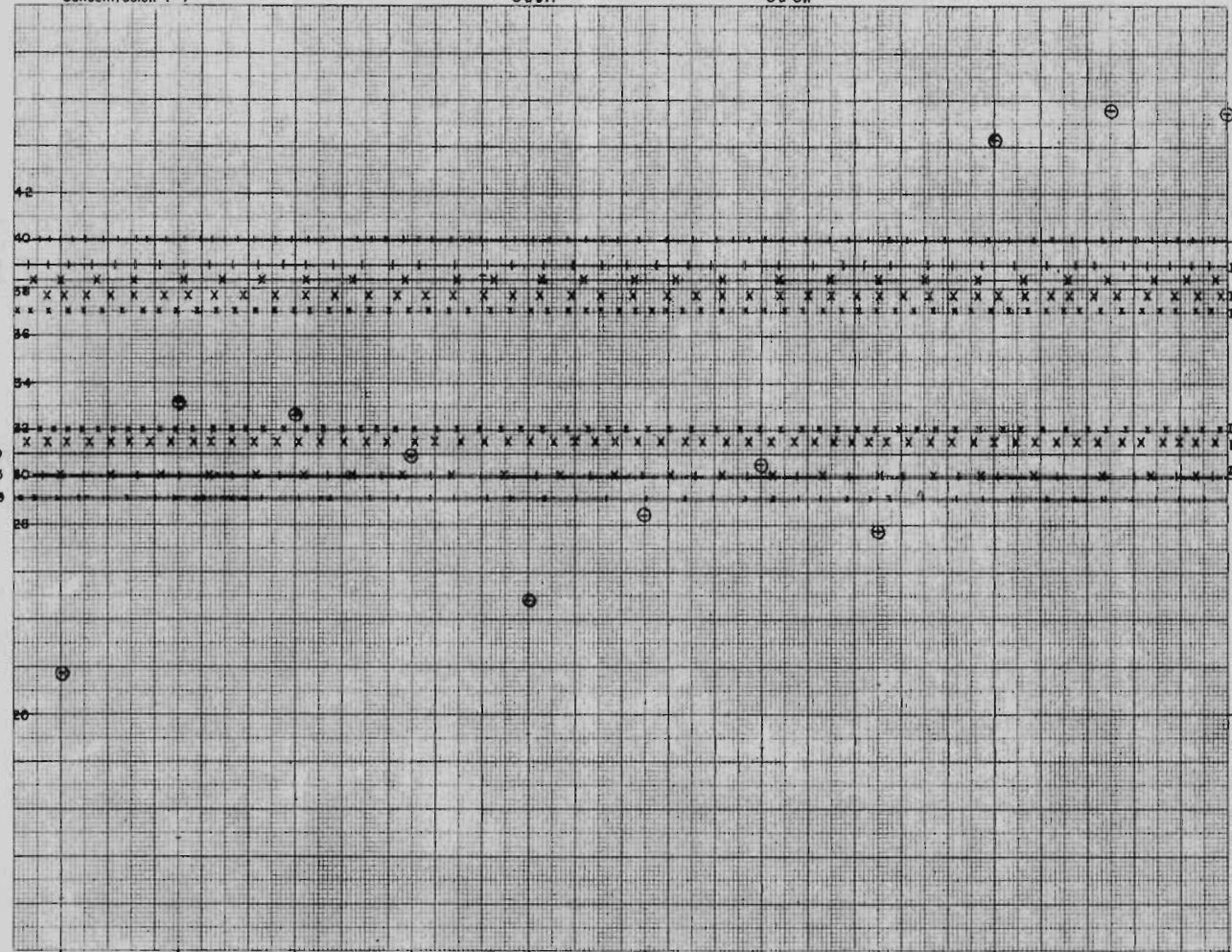
Concentración (-)

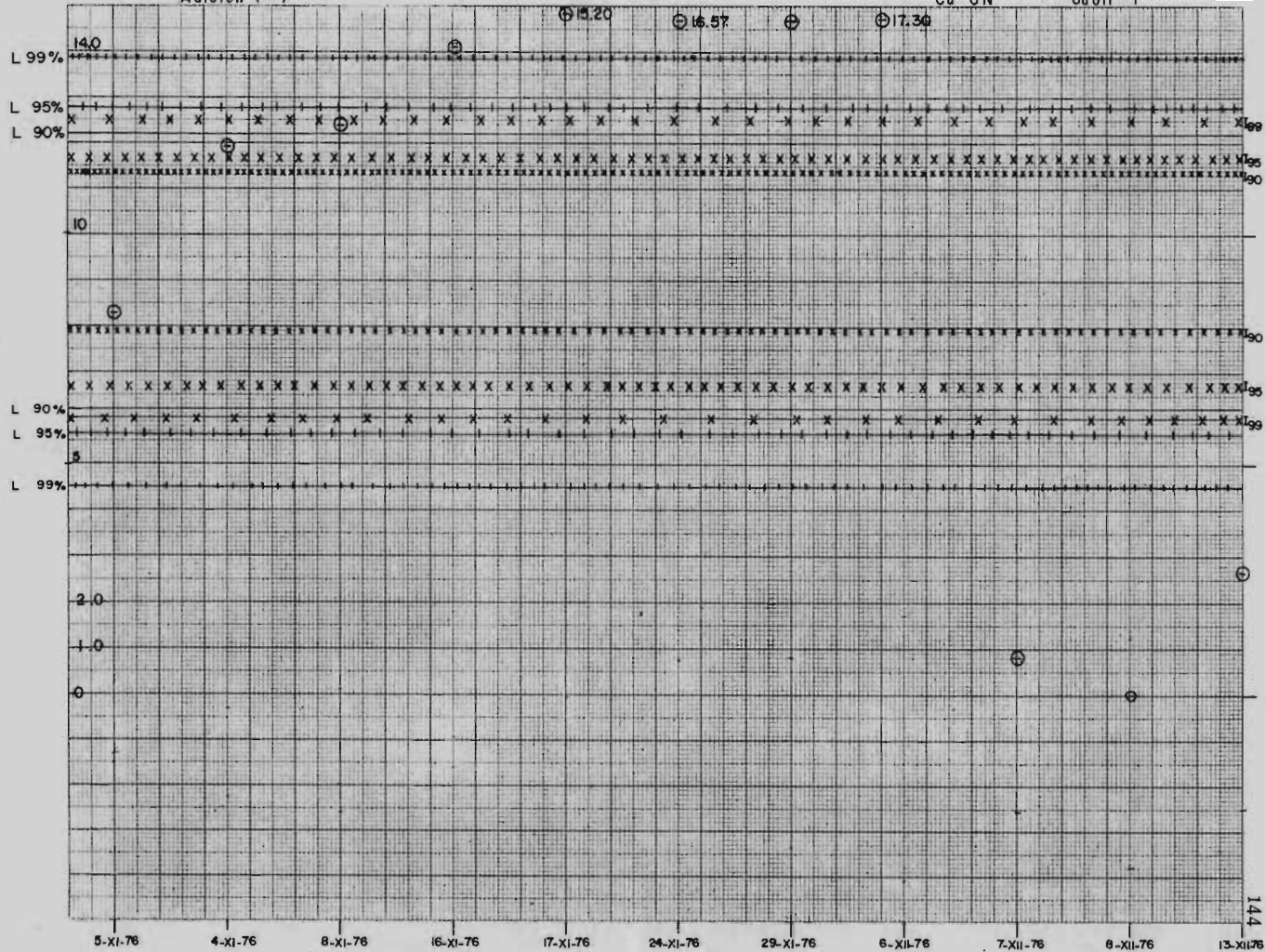
Cu#H⁻¹

Cu CN

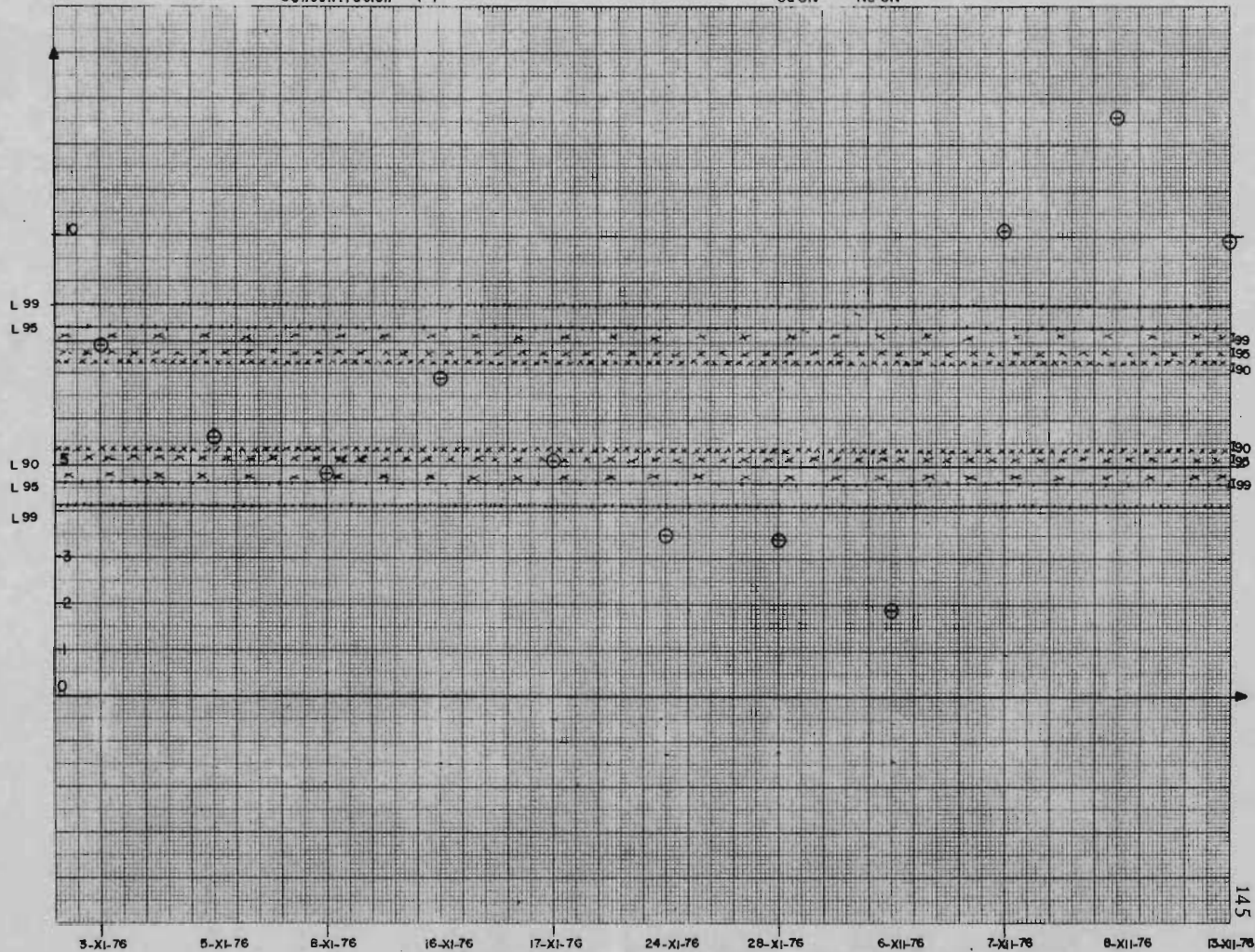
Lim.

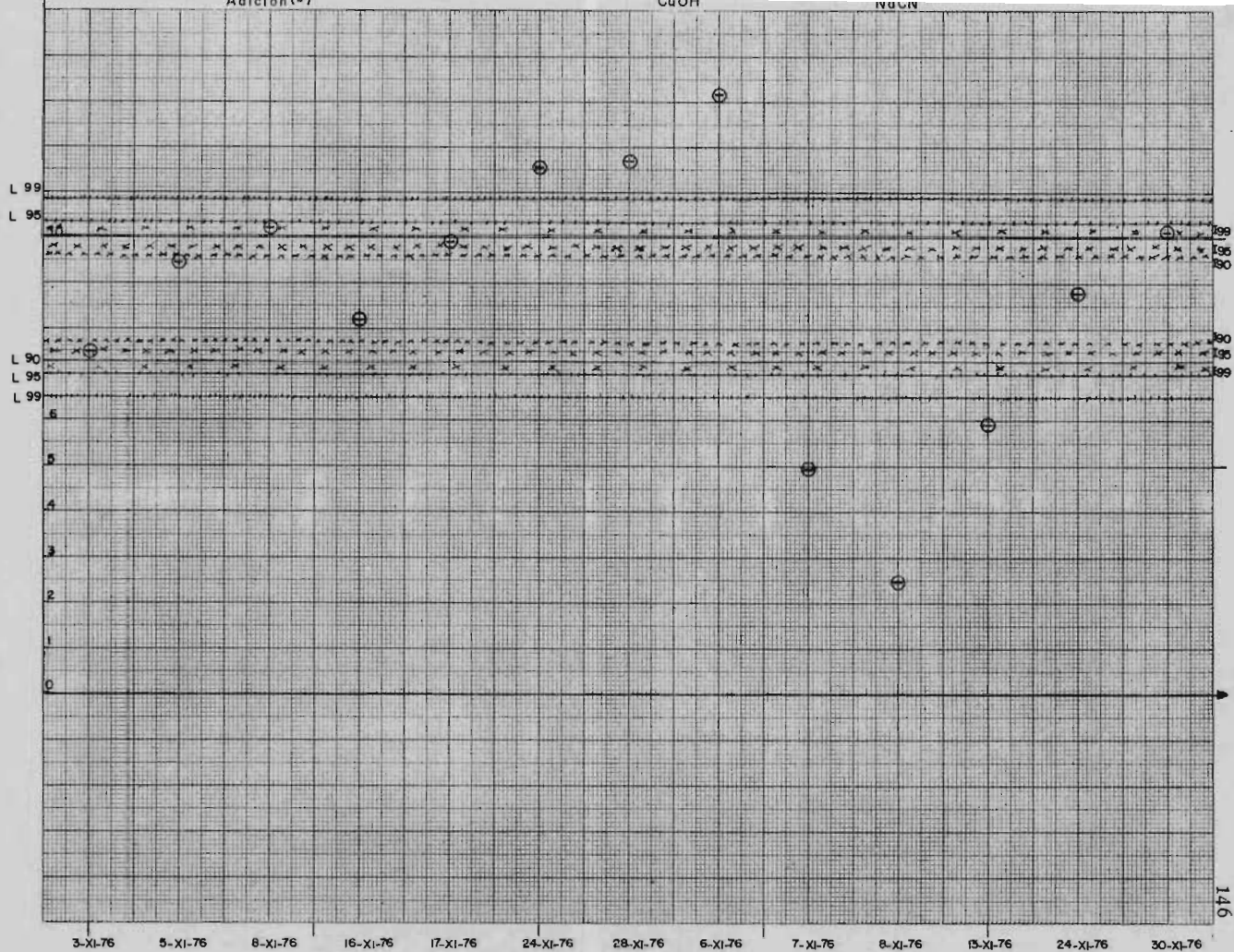
CL 99
CL 95
CL 90
CL 90
CL 95
CL 99

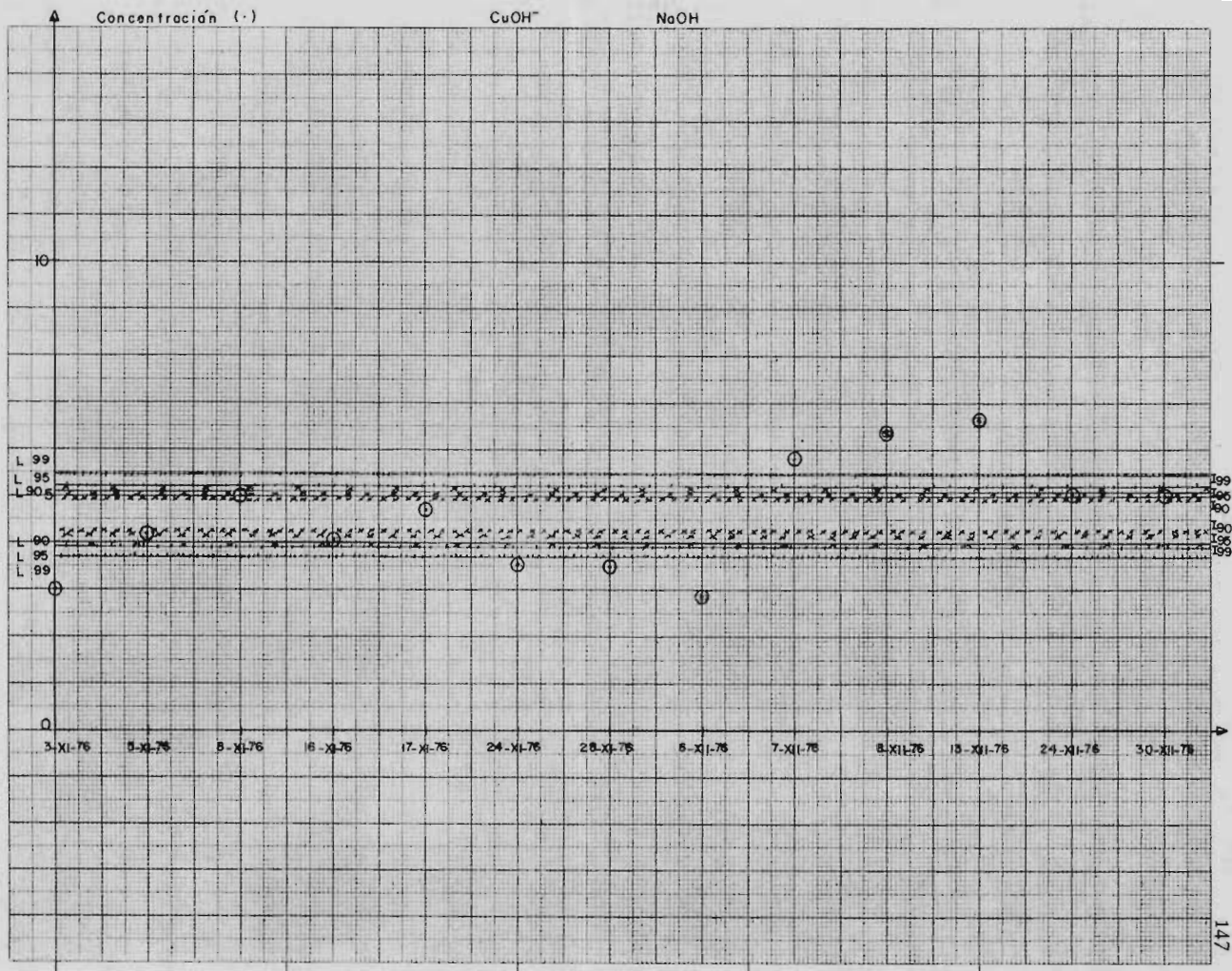


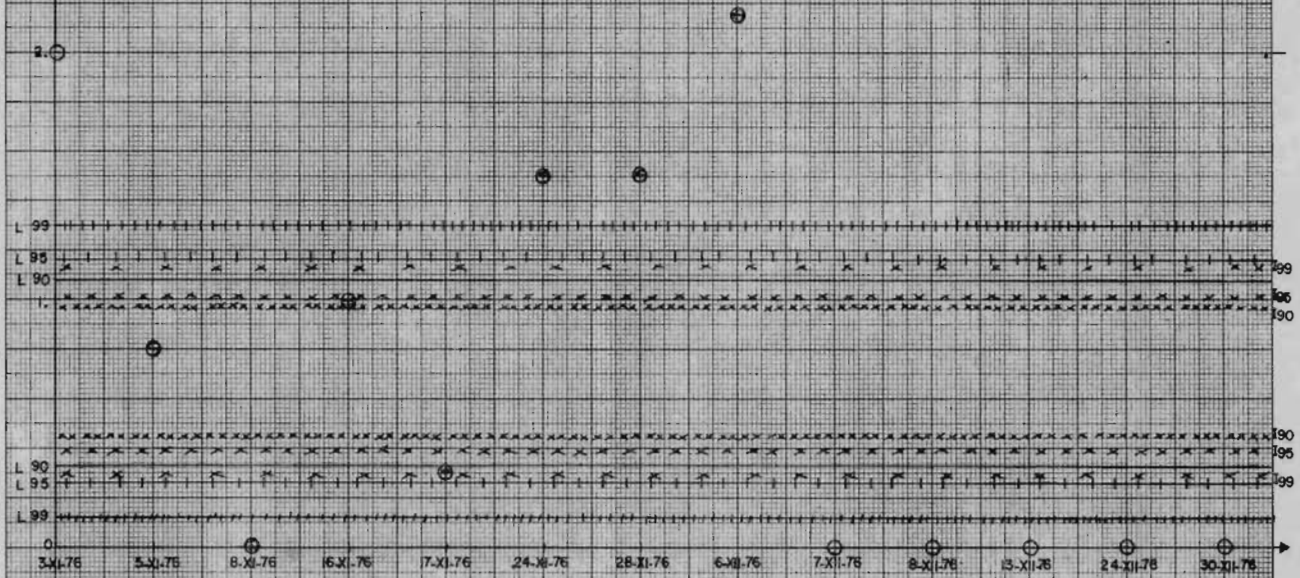


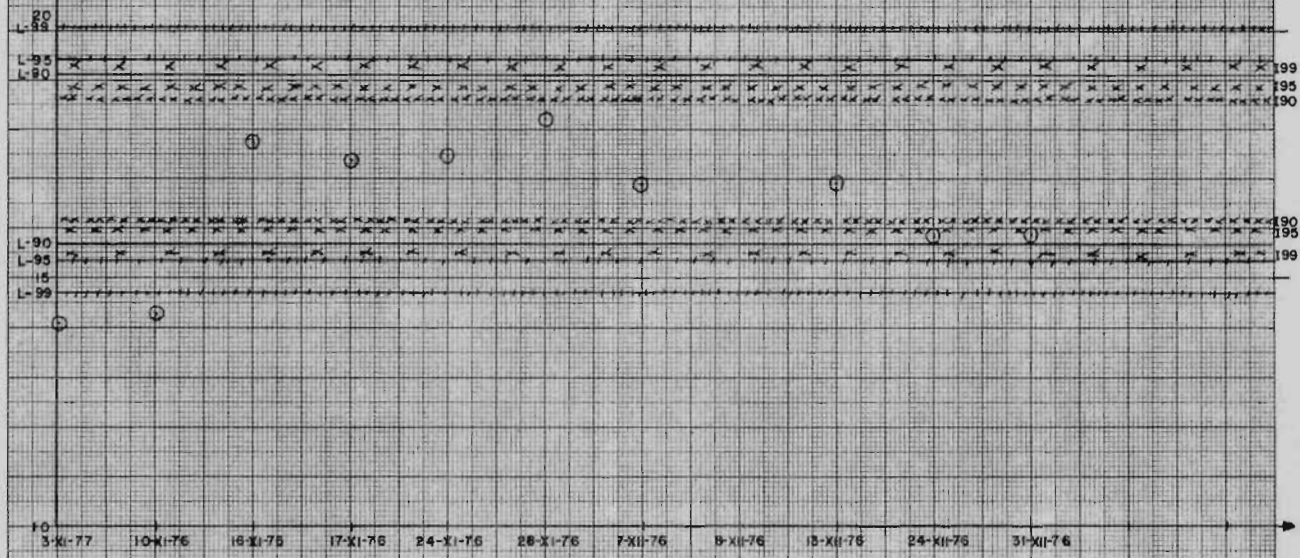
Concentración (-)

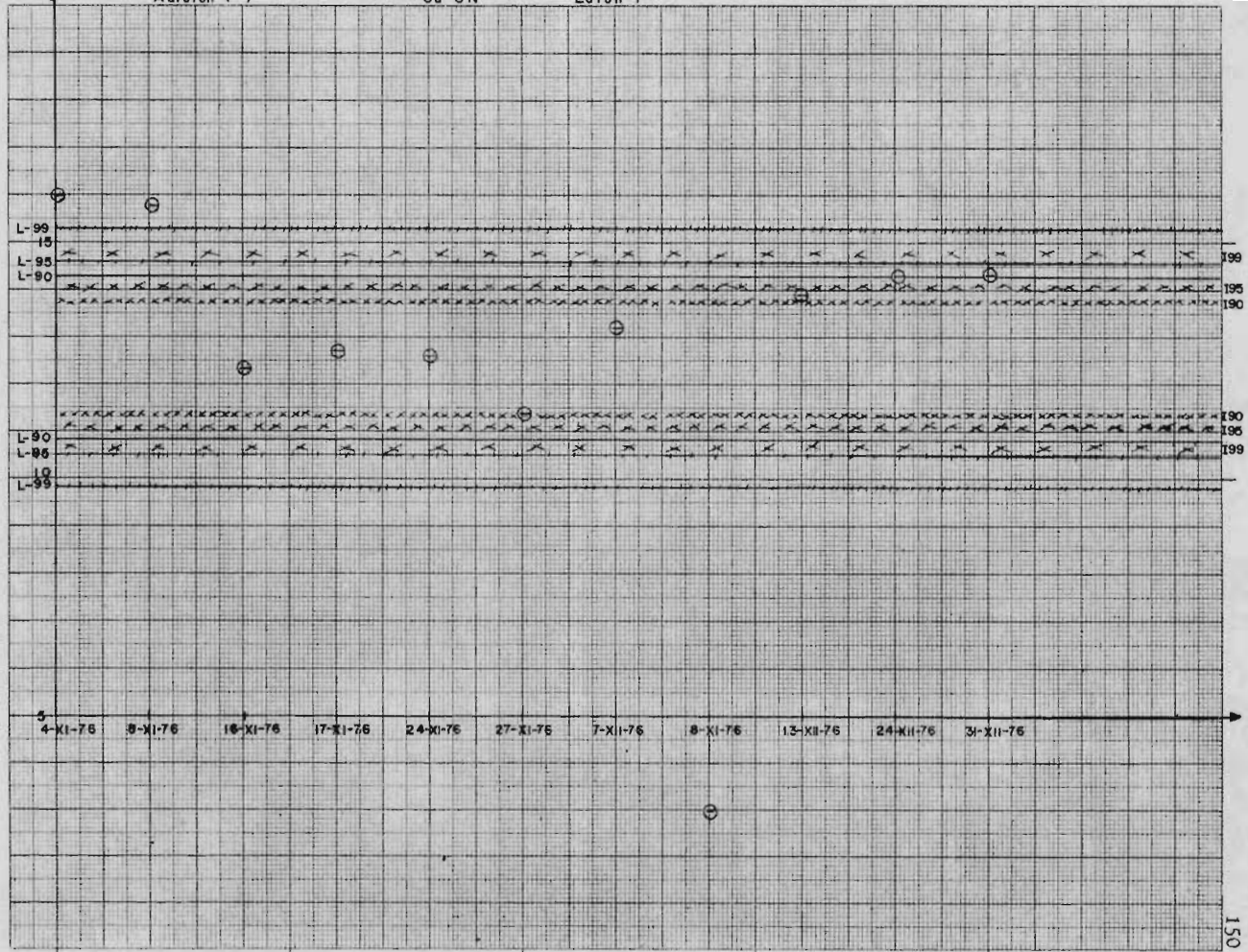
CuOH⁺ NaCN

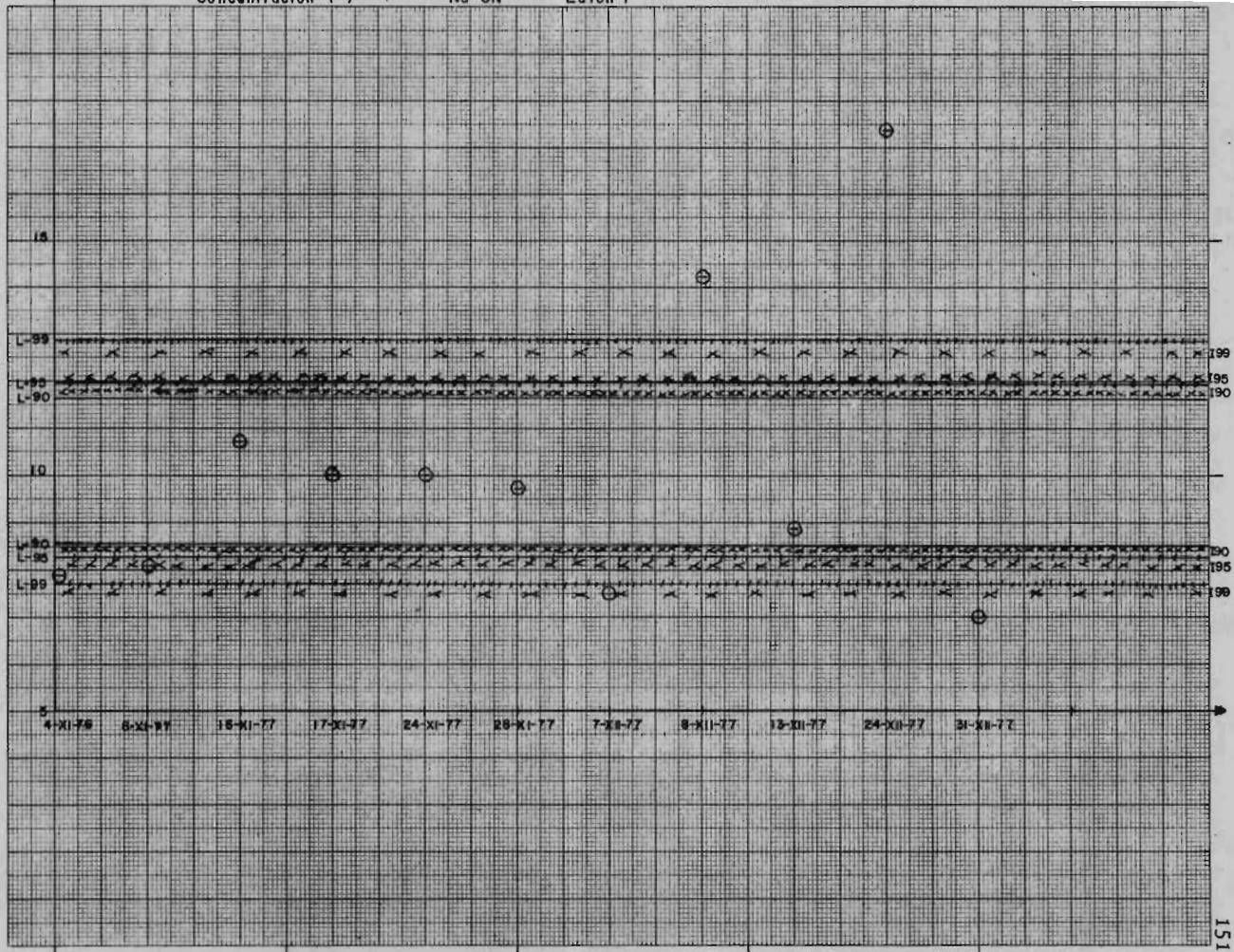


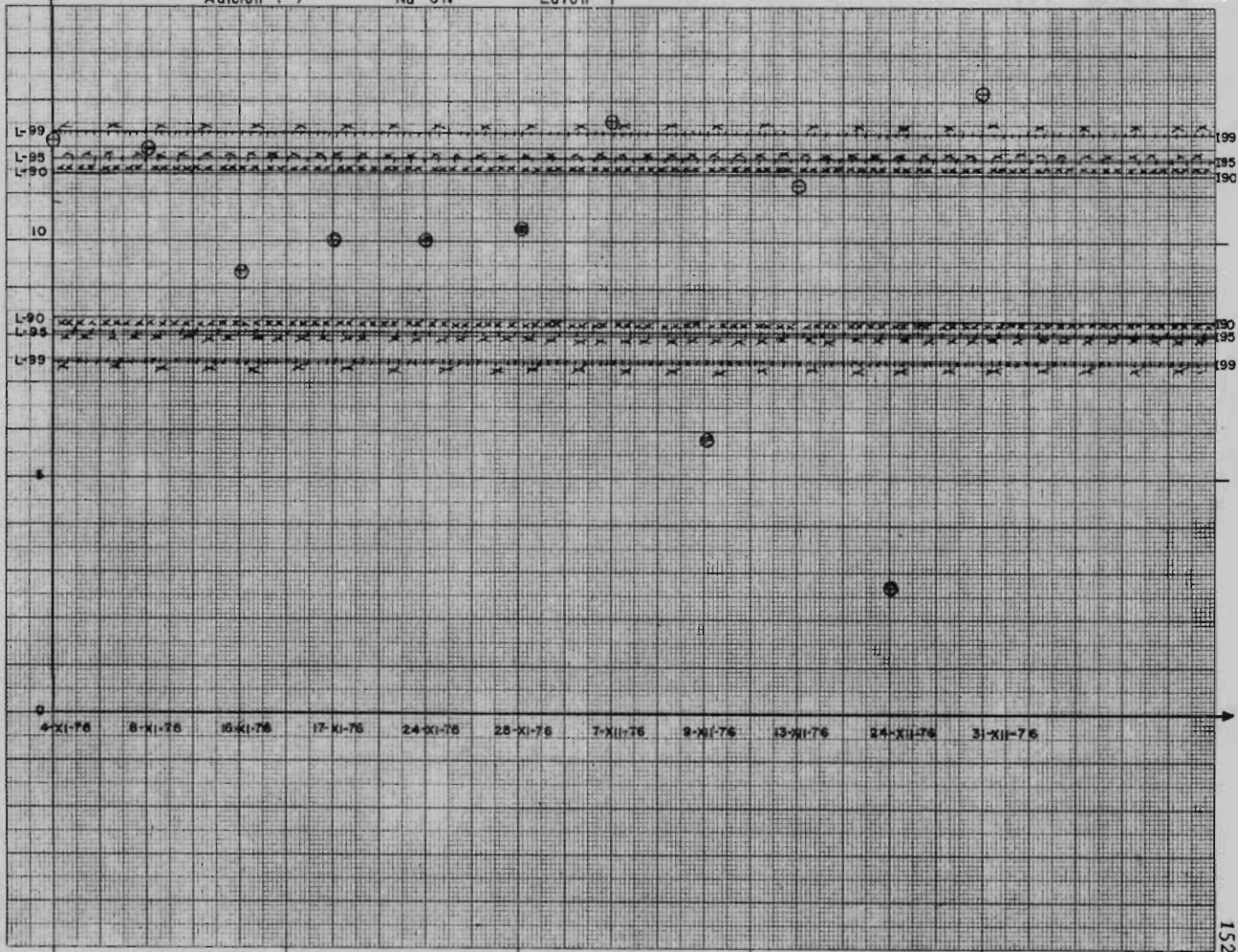


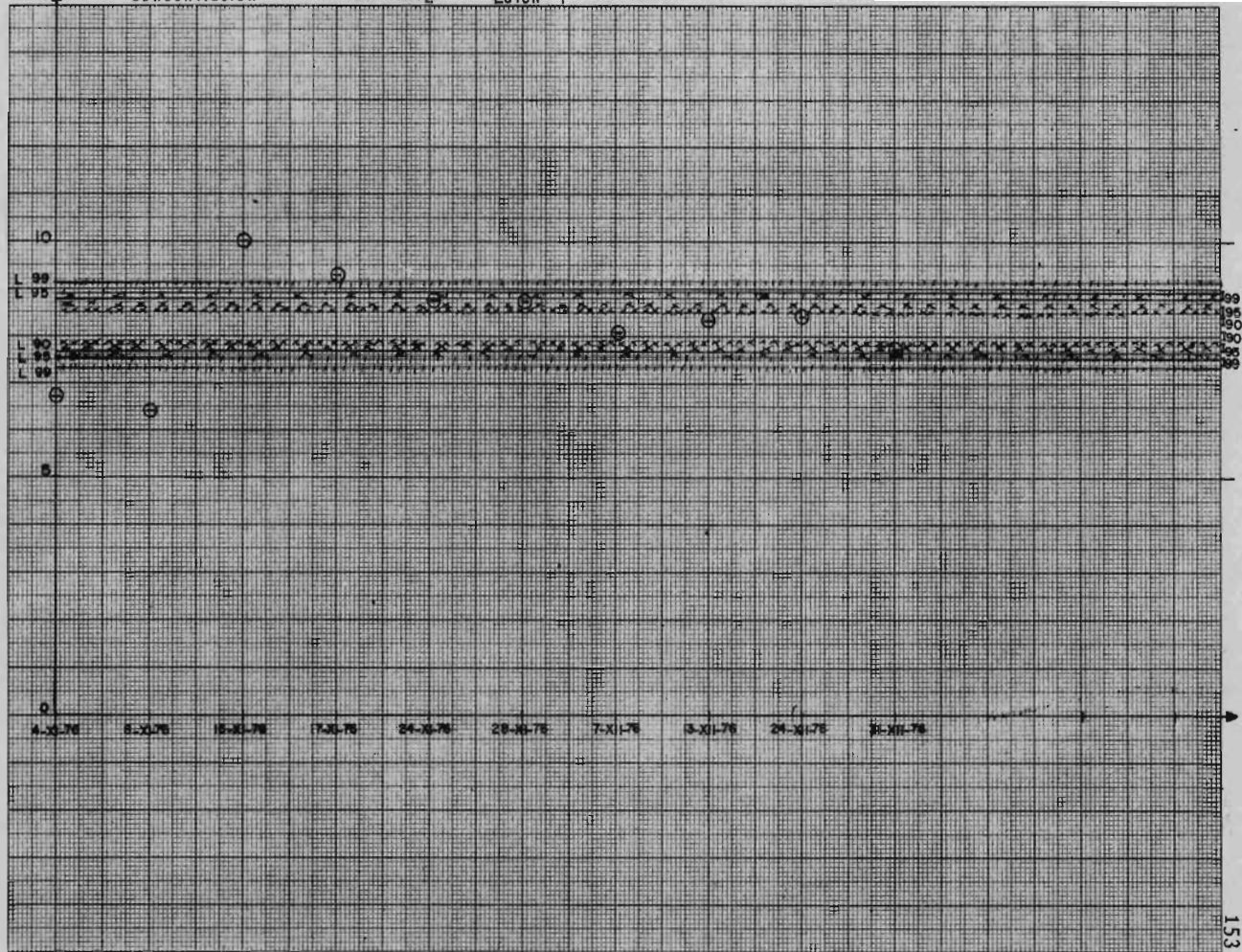








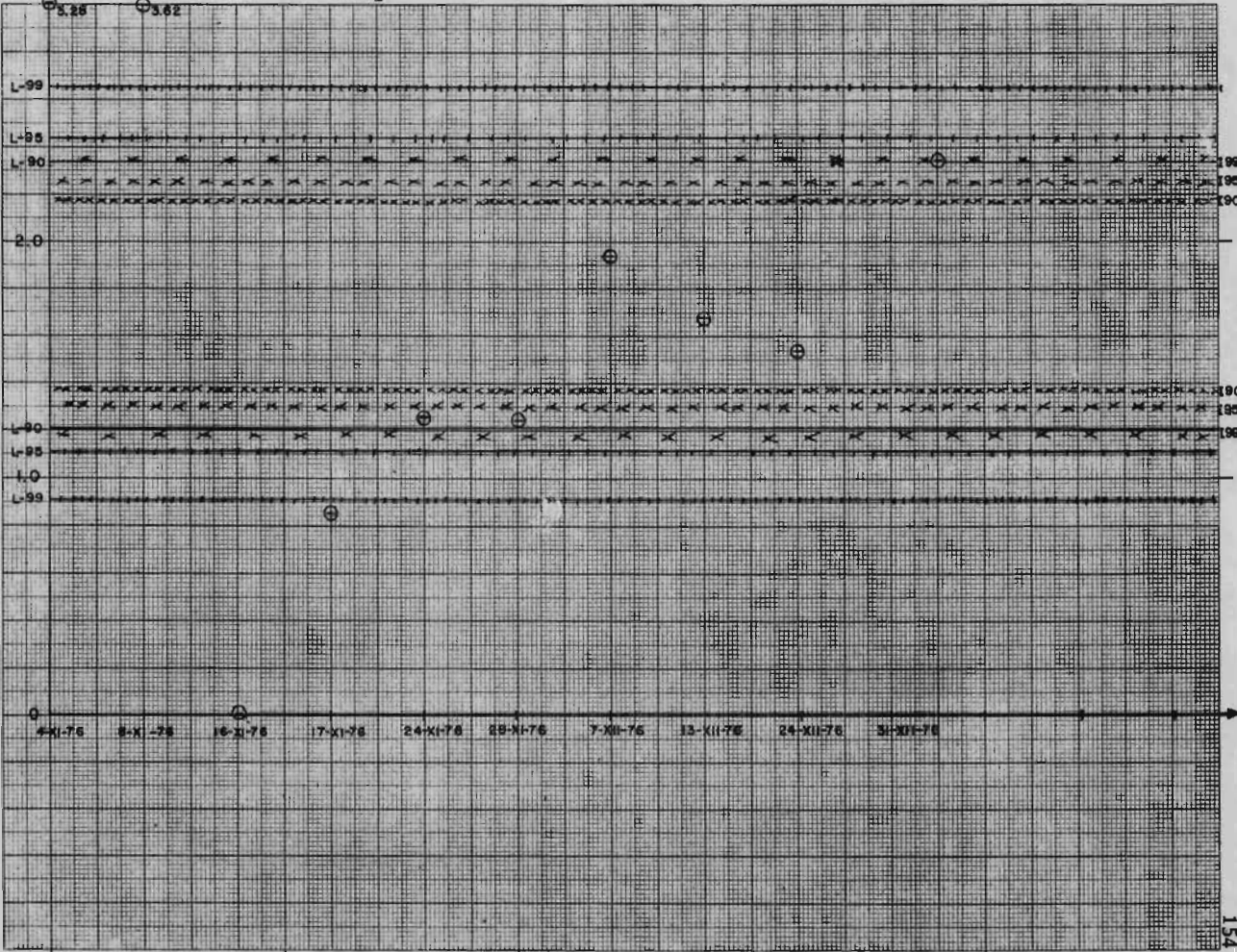


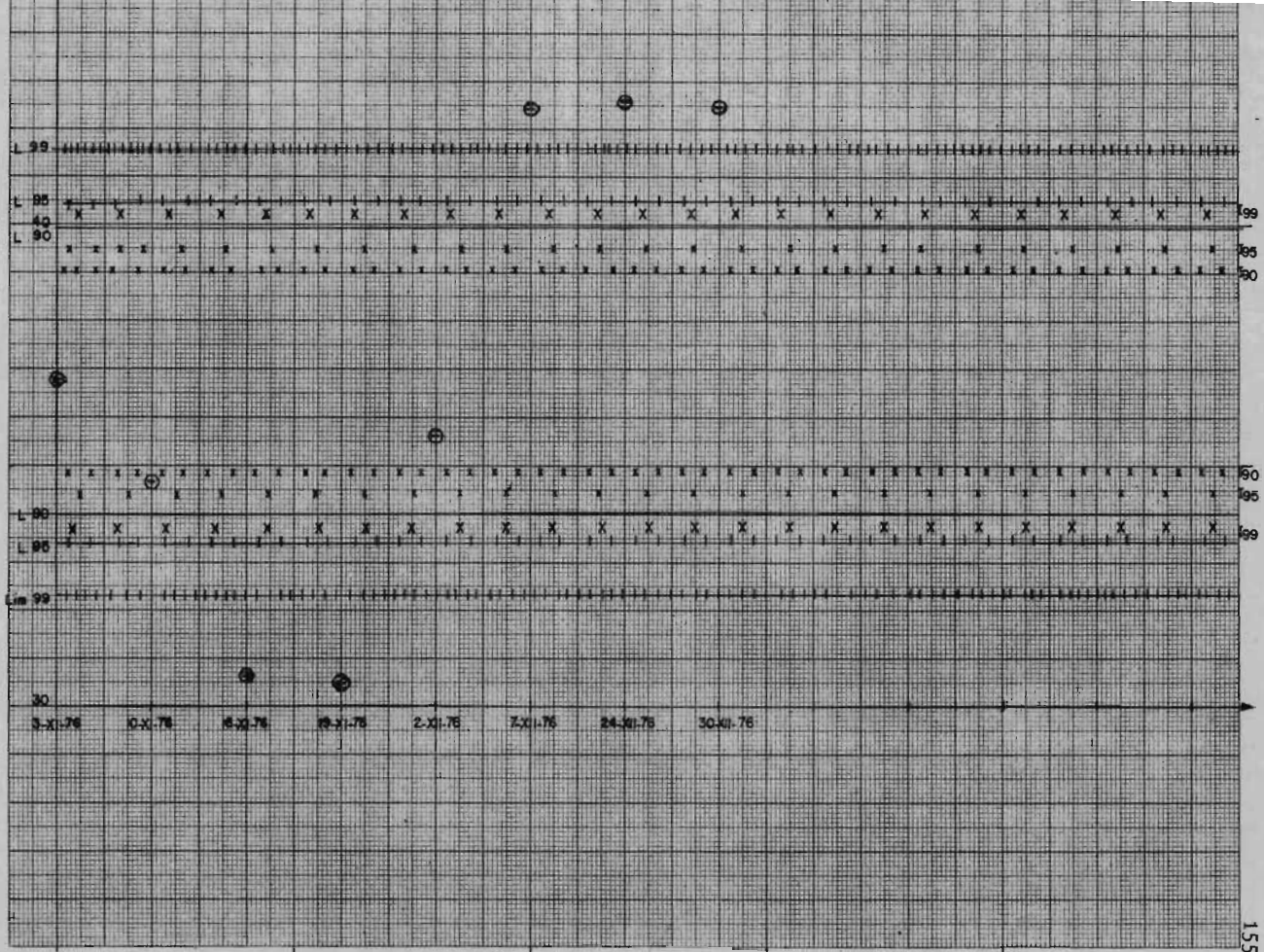


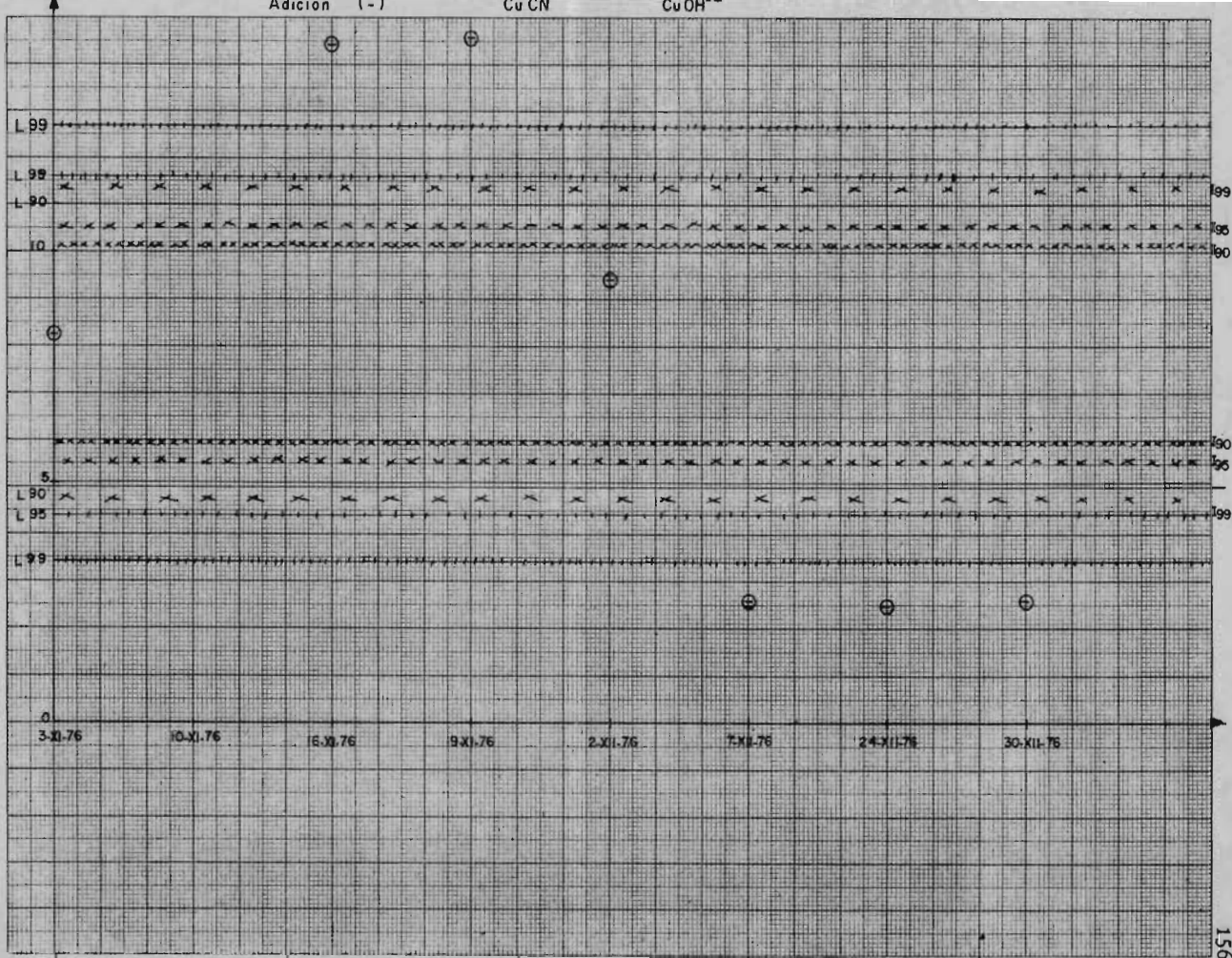
Adición

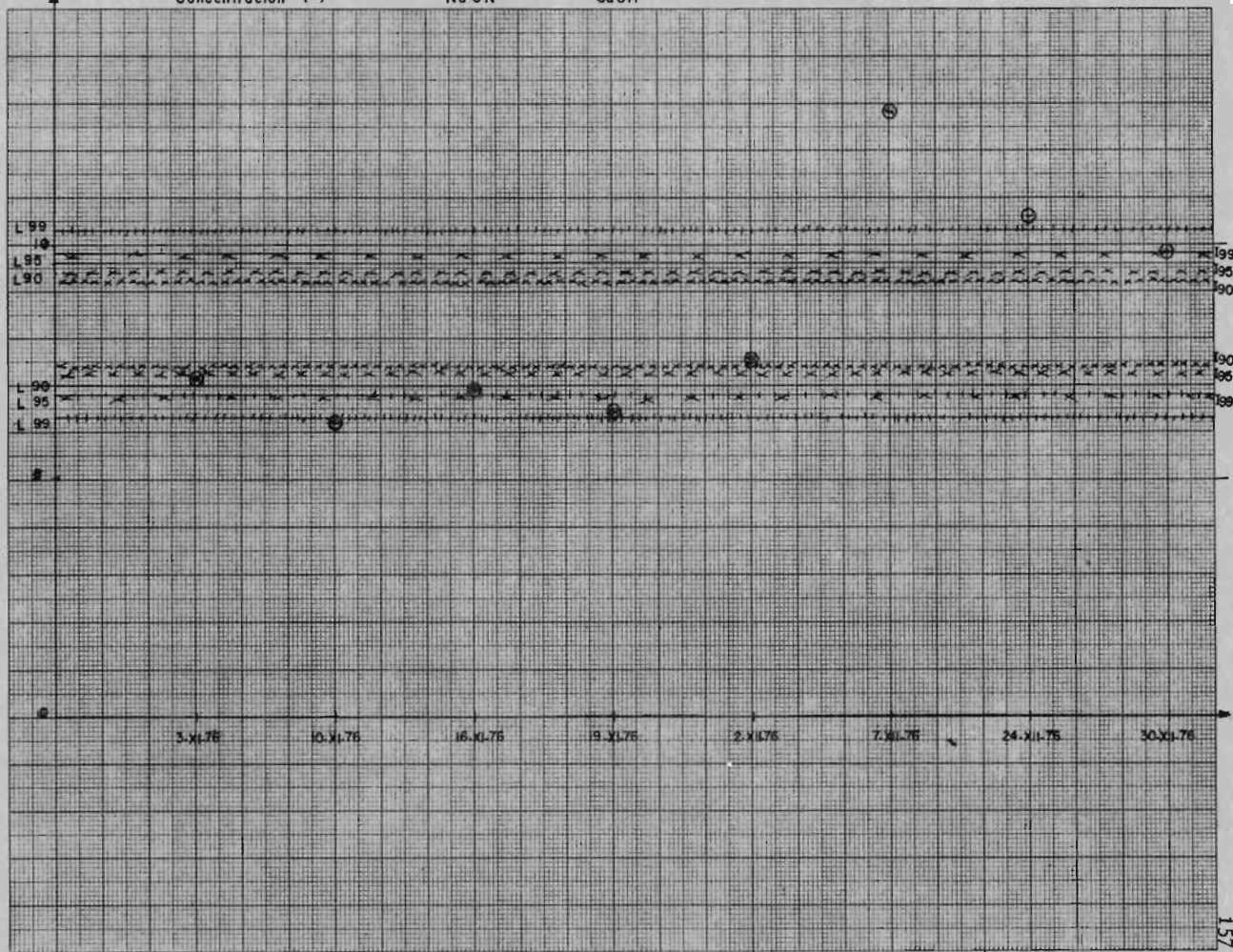
Zn (CN)₂

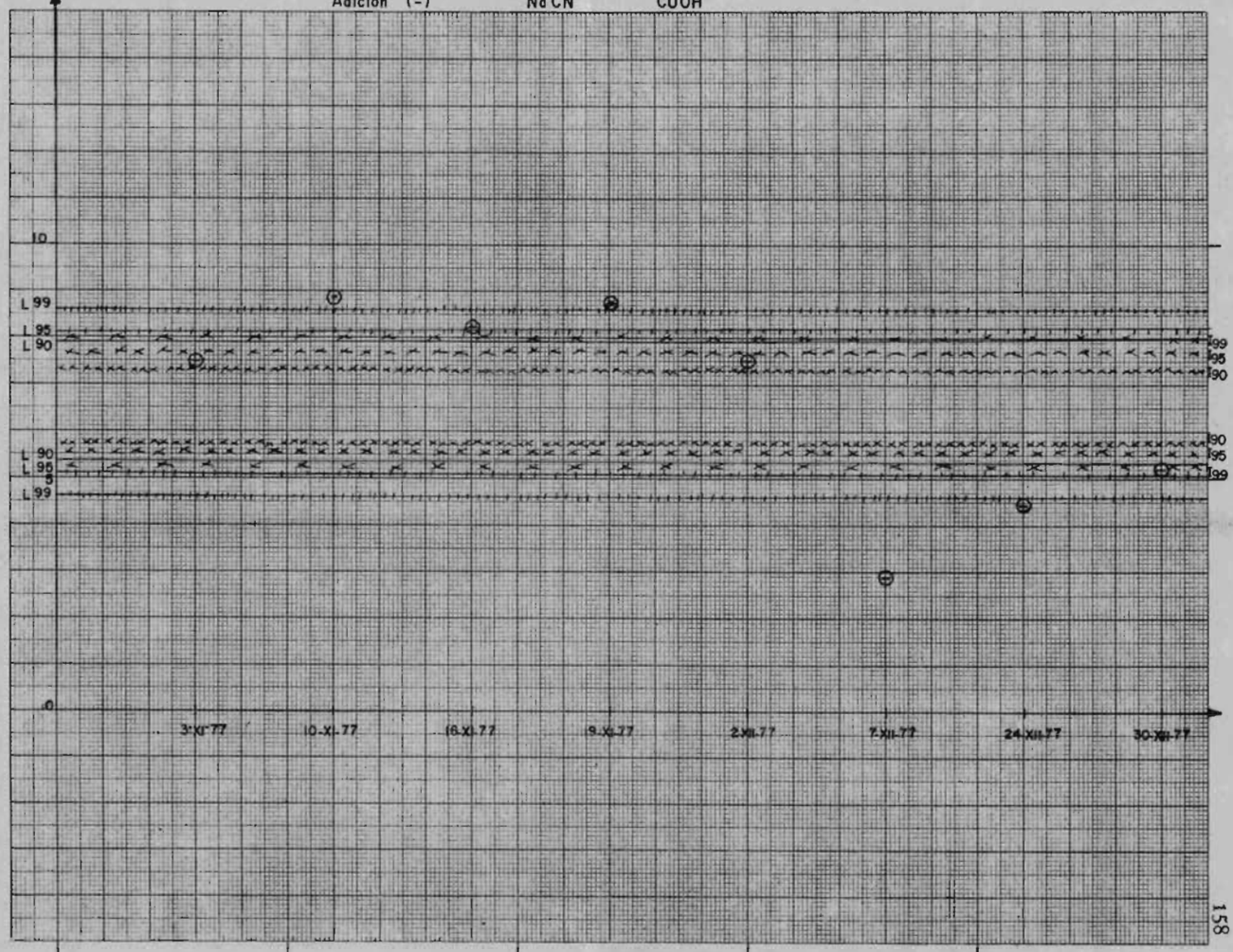
Latón I







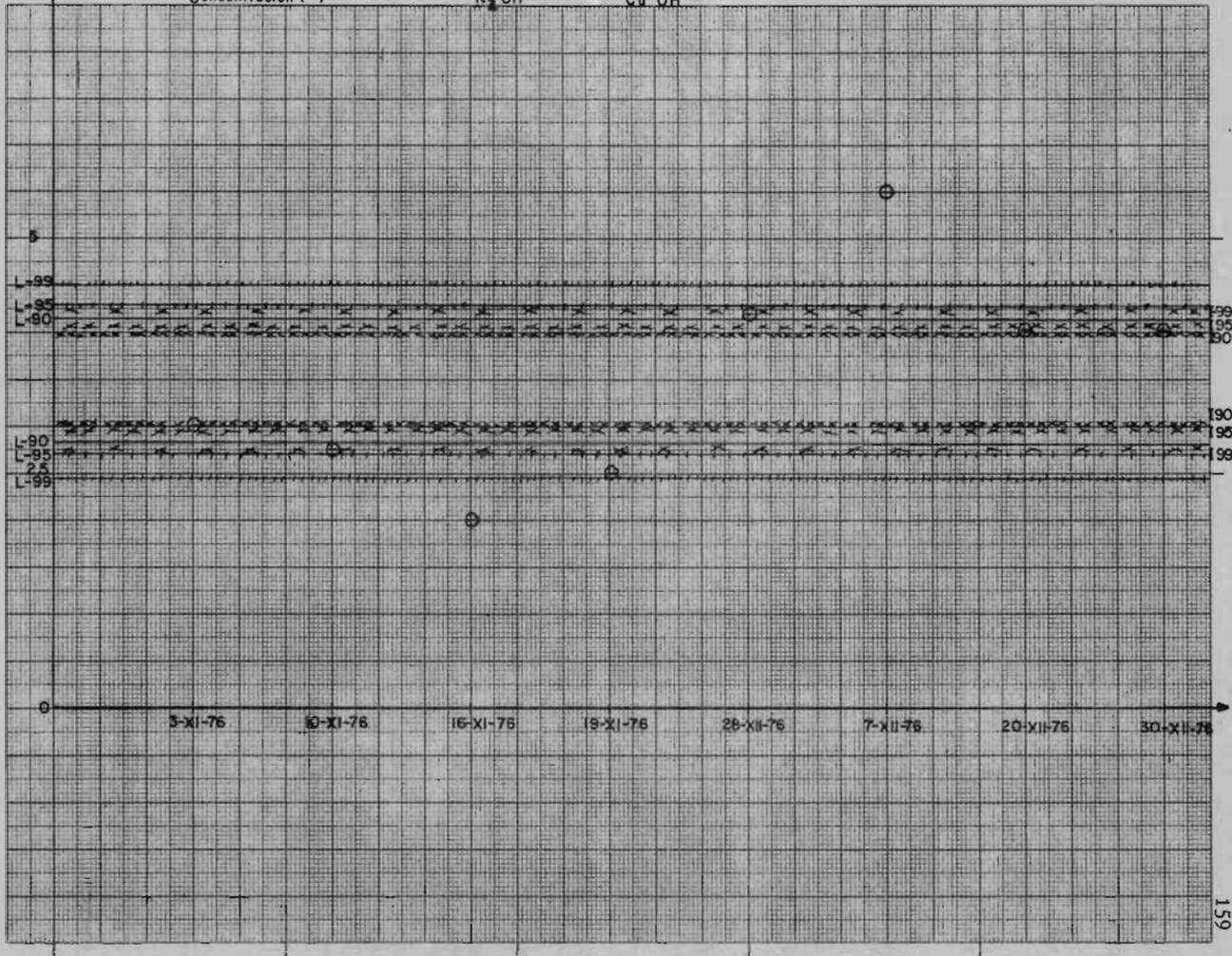


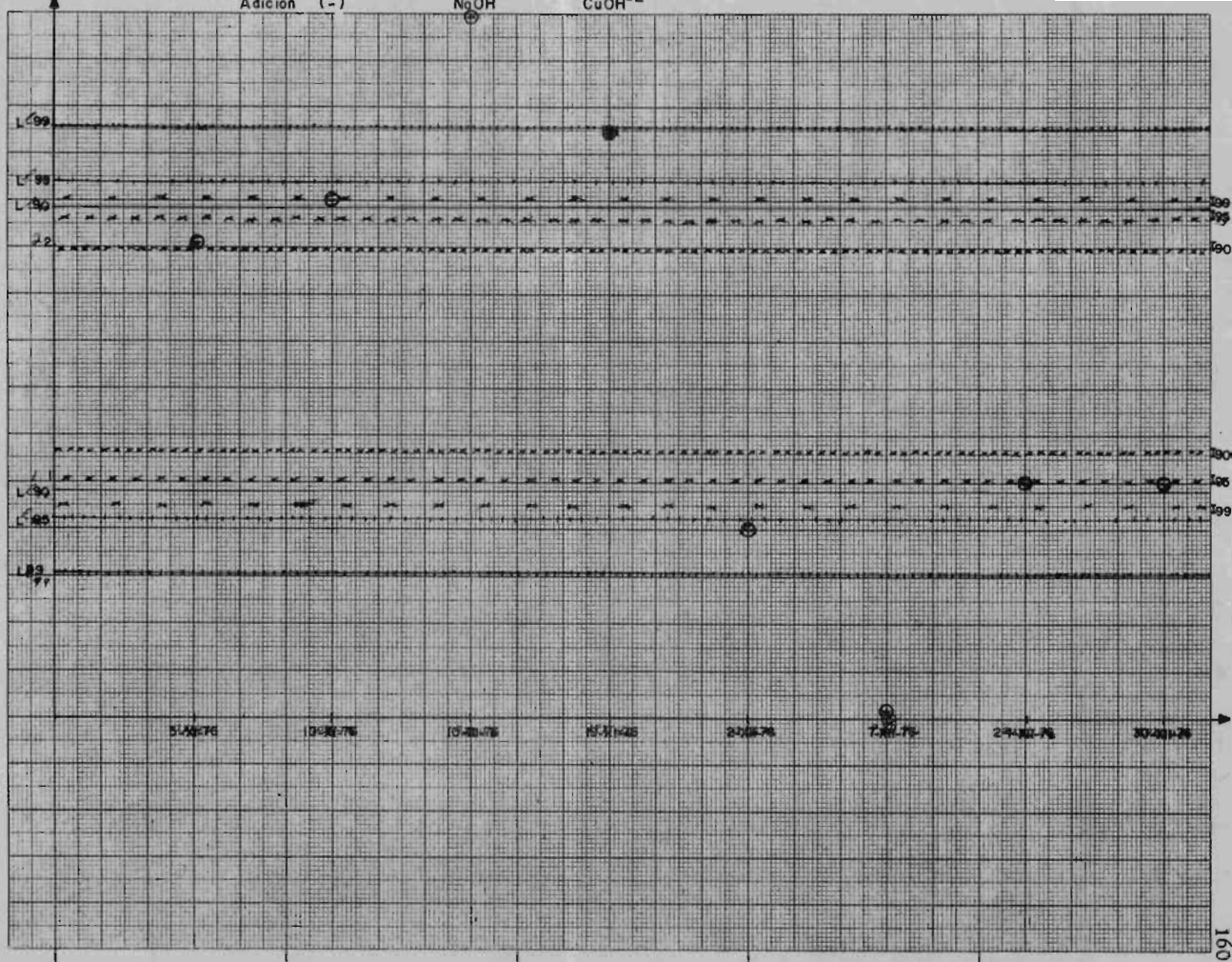


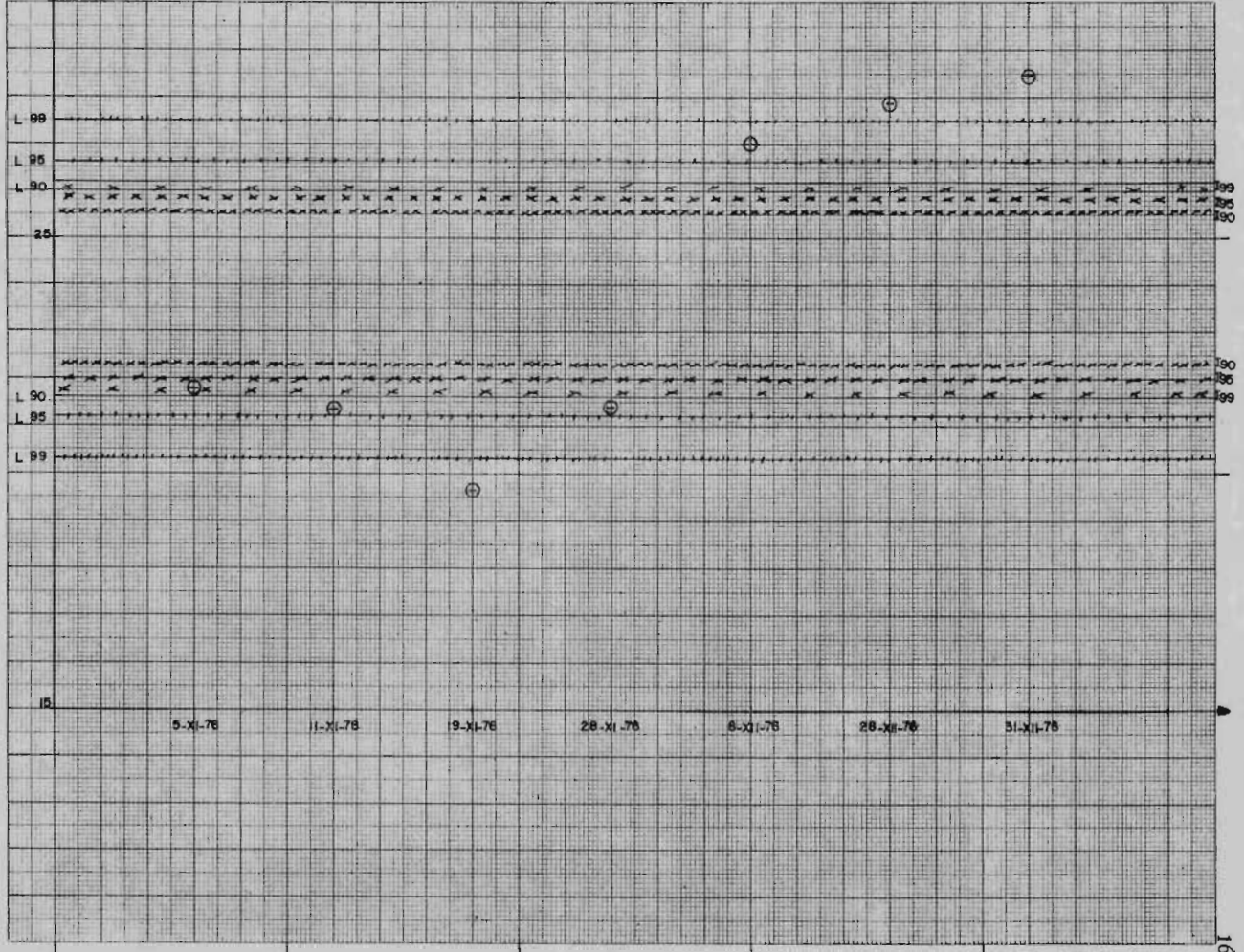
Concentraci3n (-)

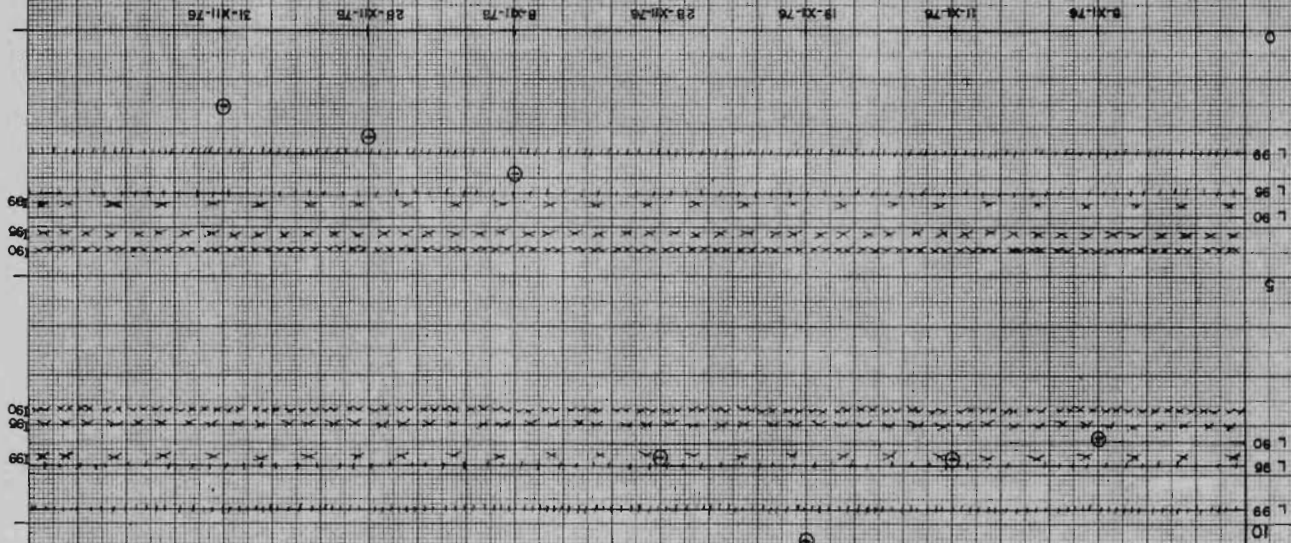
N₂ OH

Cu OH⁻²





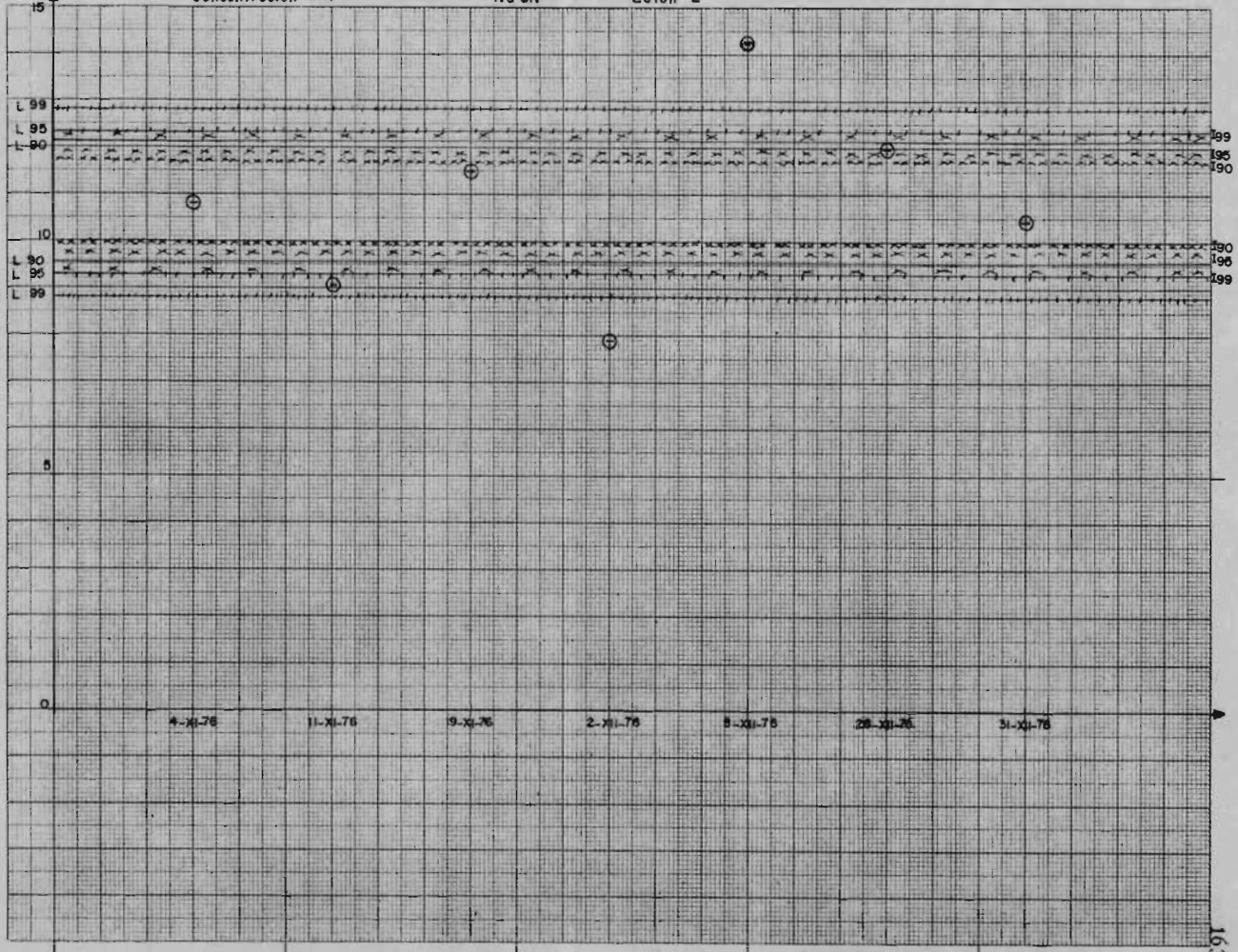




Concentración (%)

Na CN

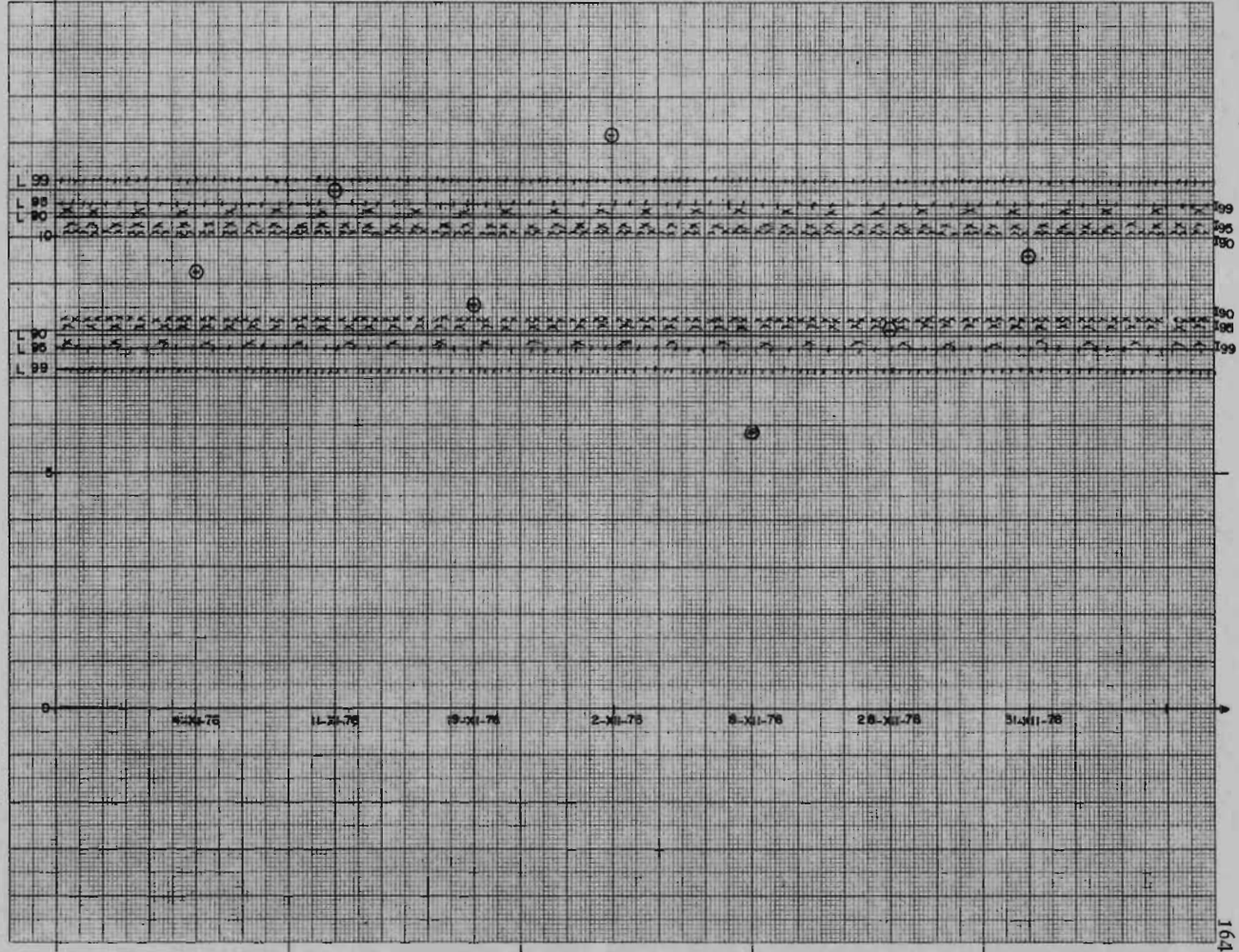
Latón 2

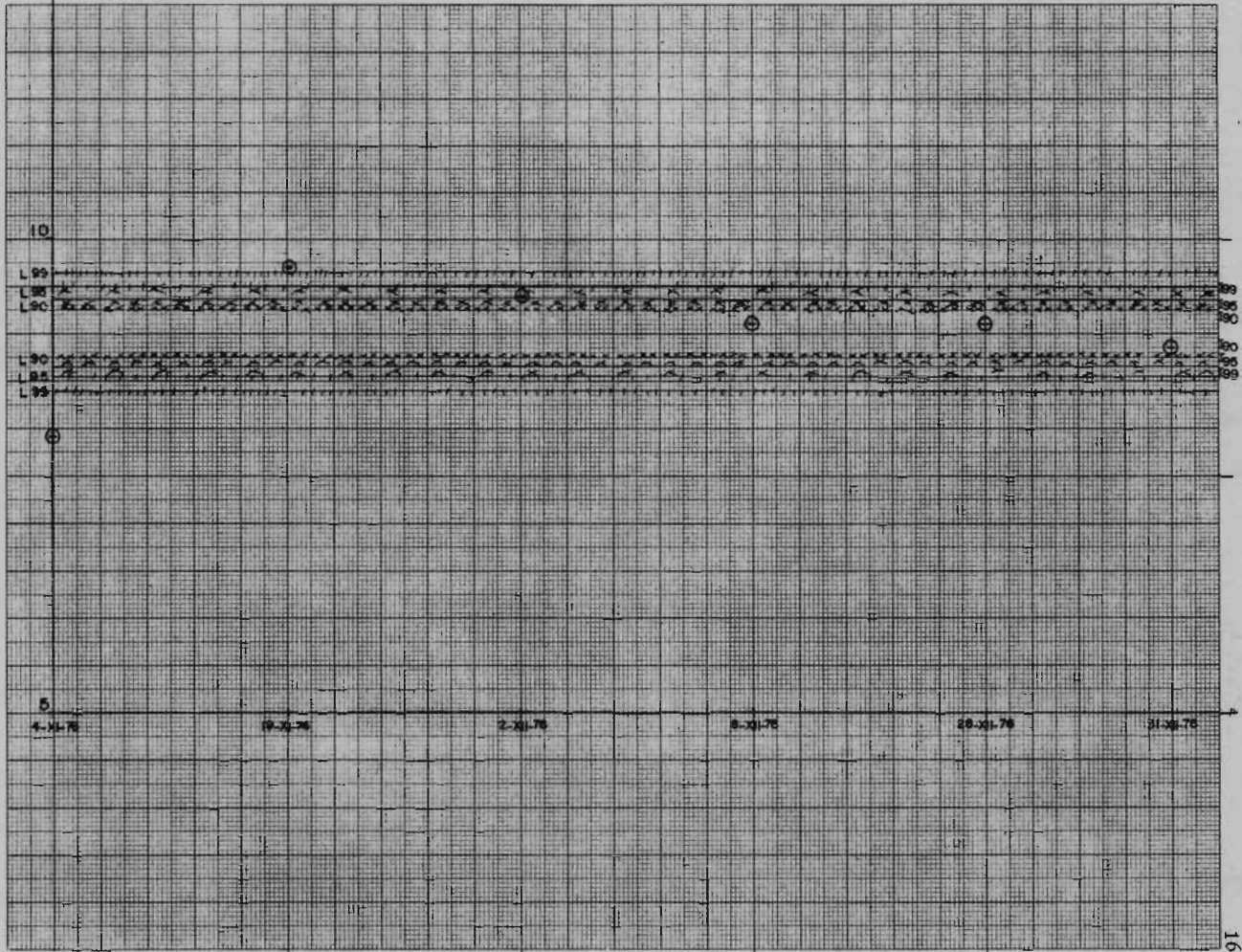


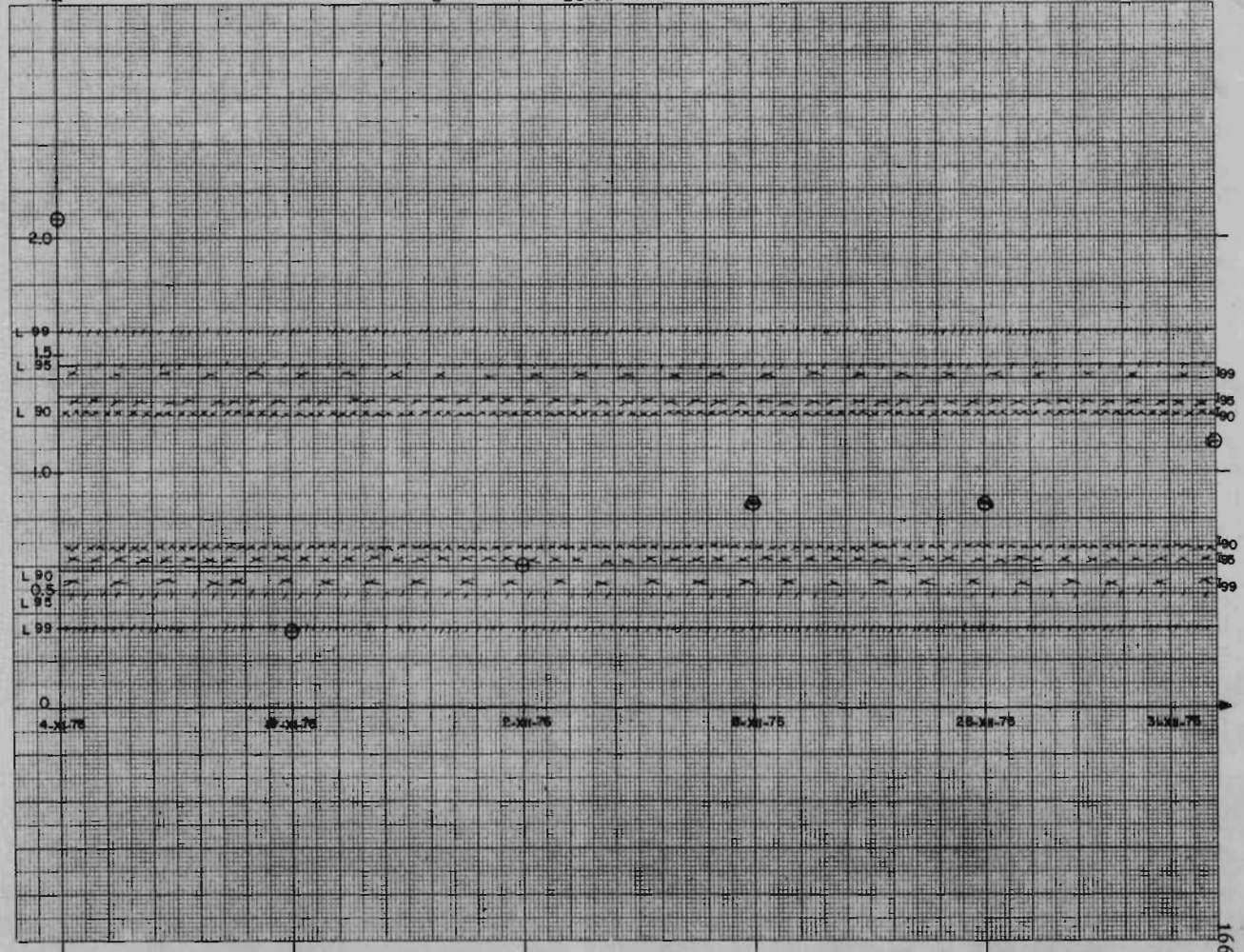
Adicron (4-7)

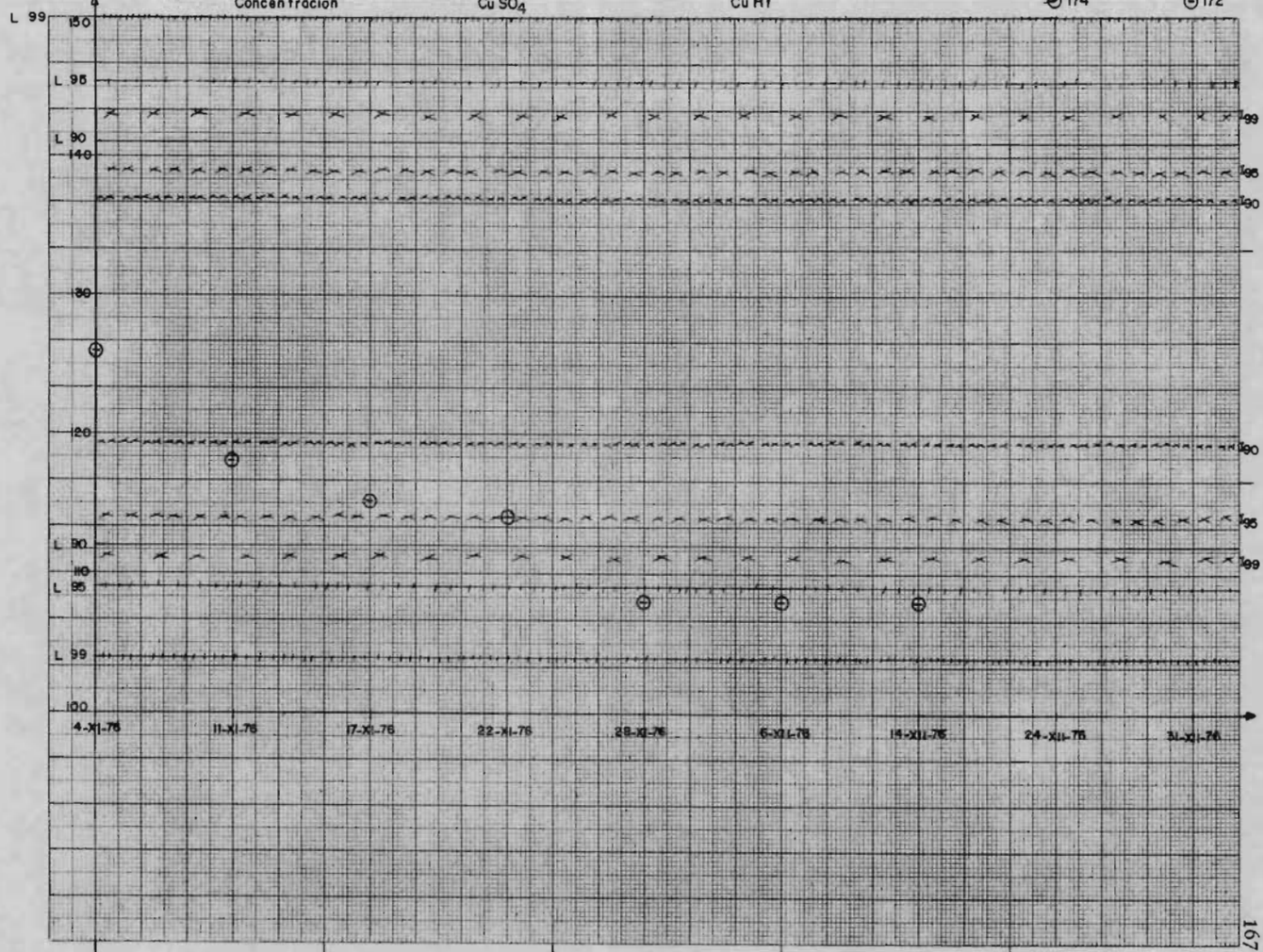
NOON

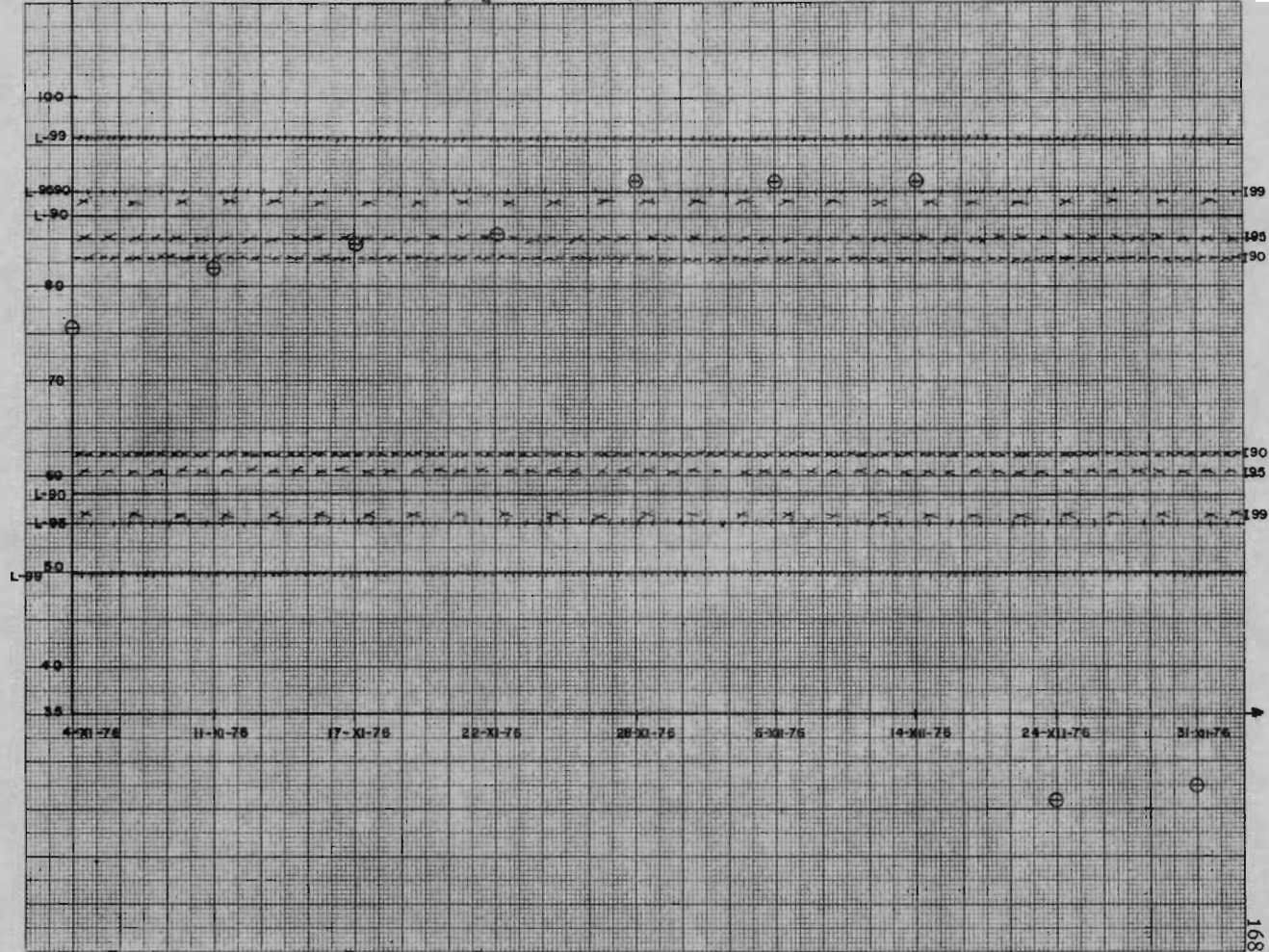
Latitude

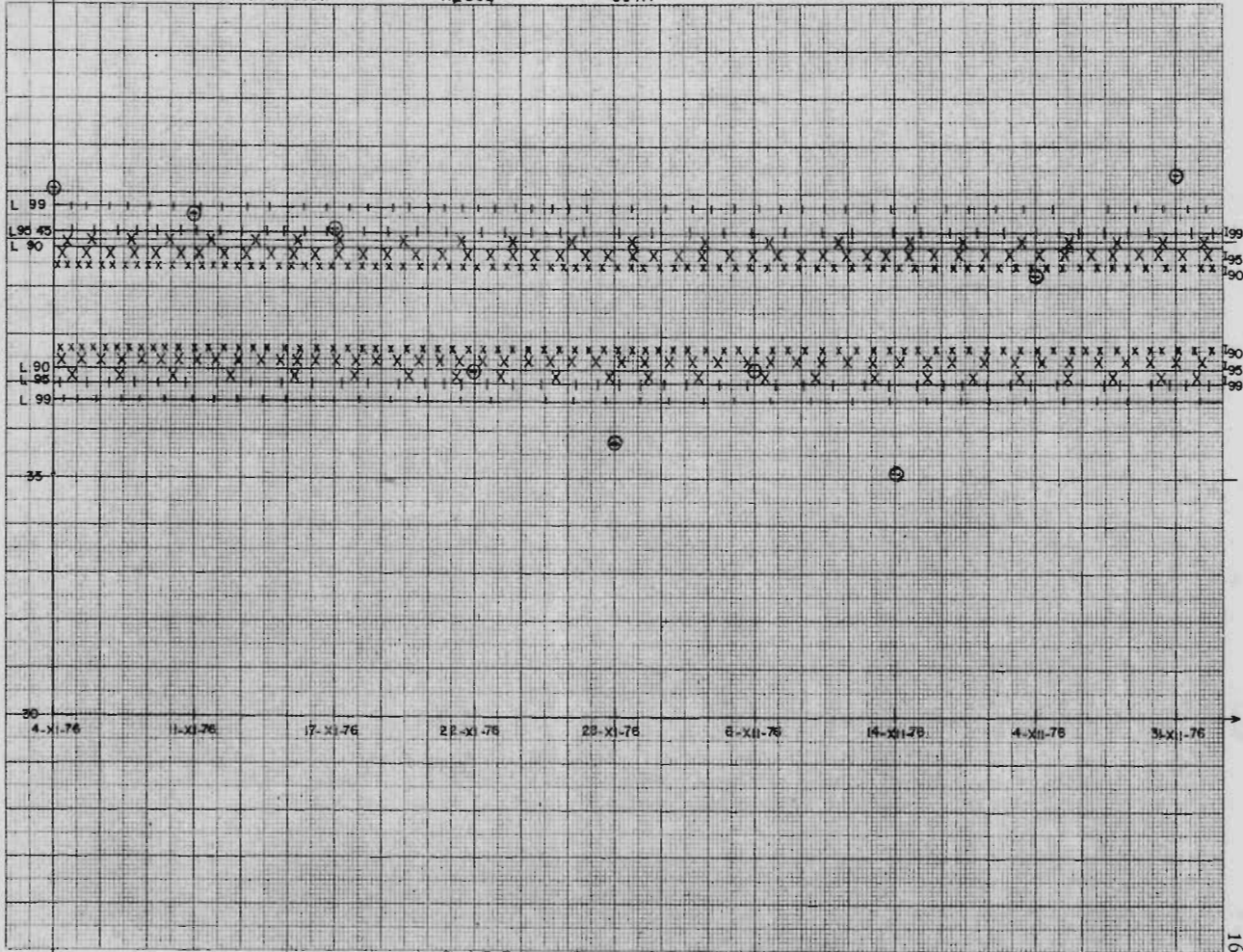


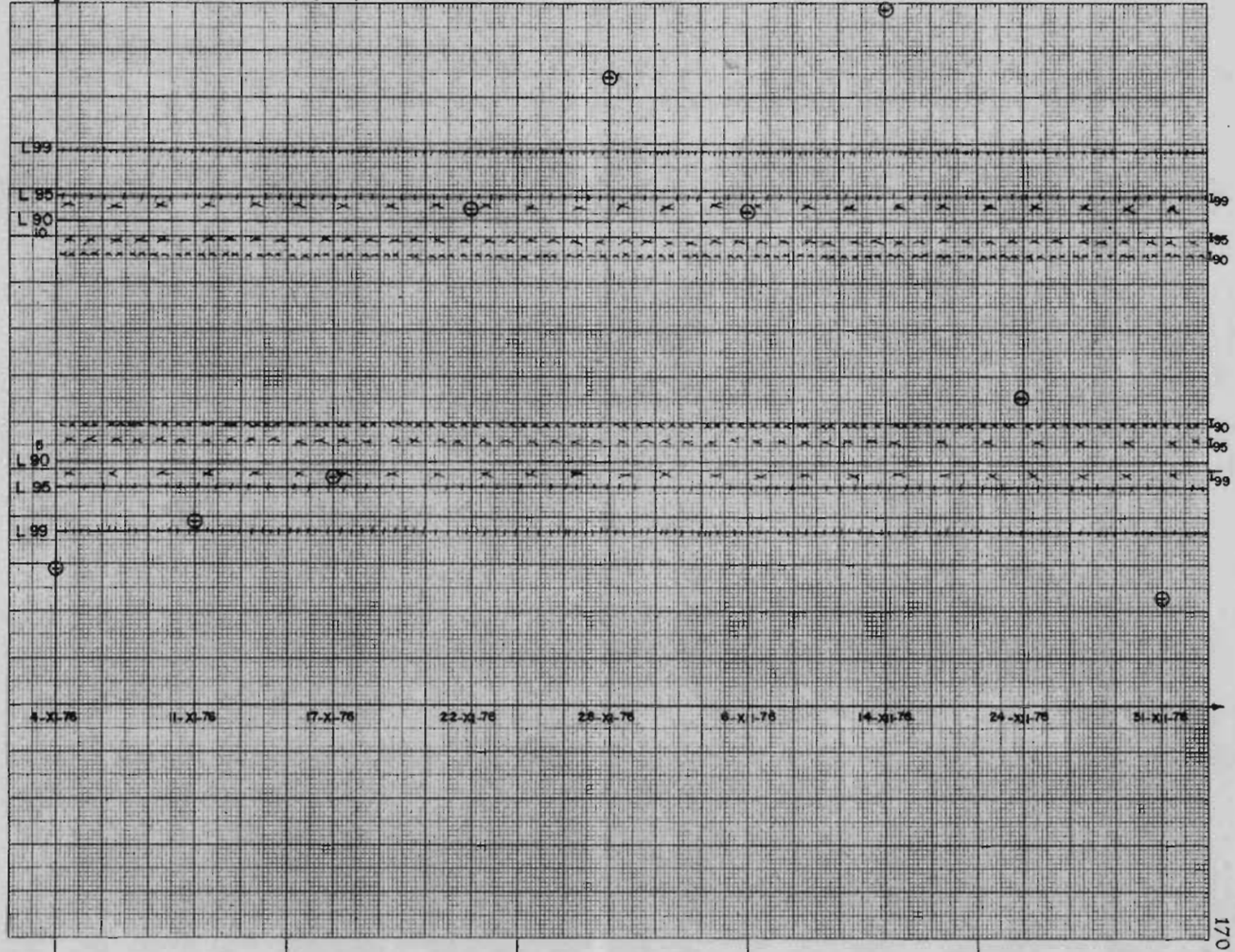


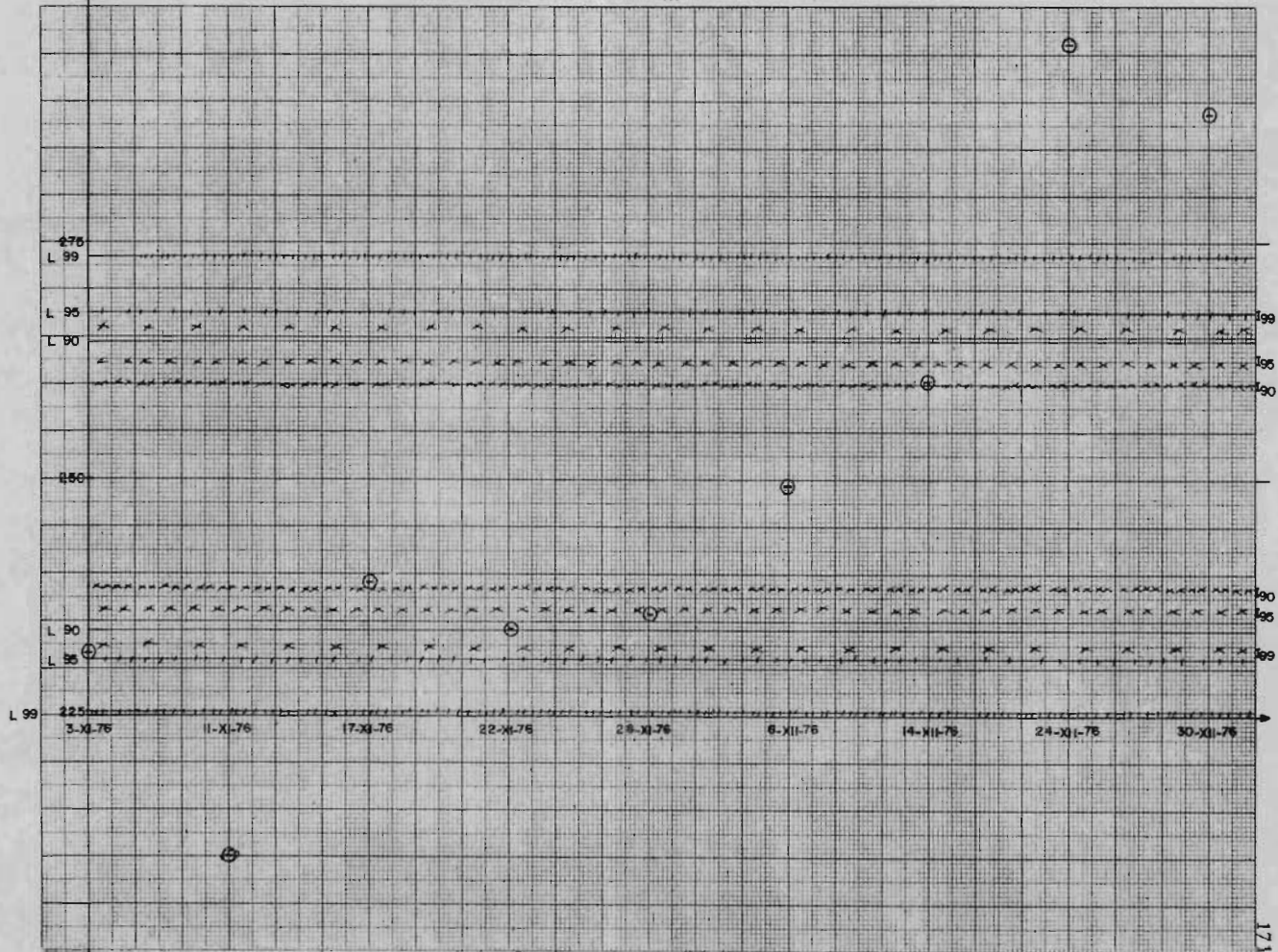


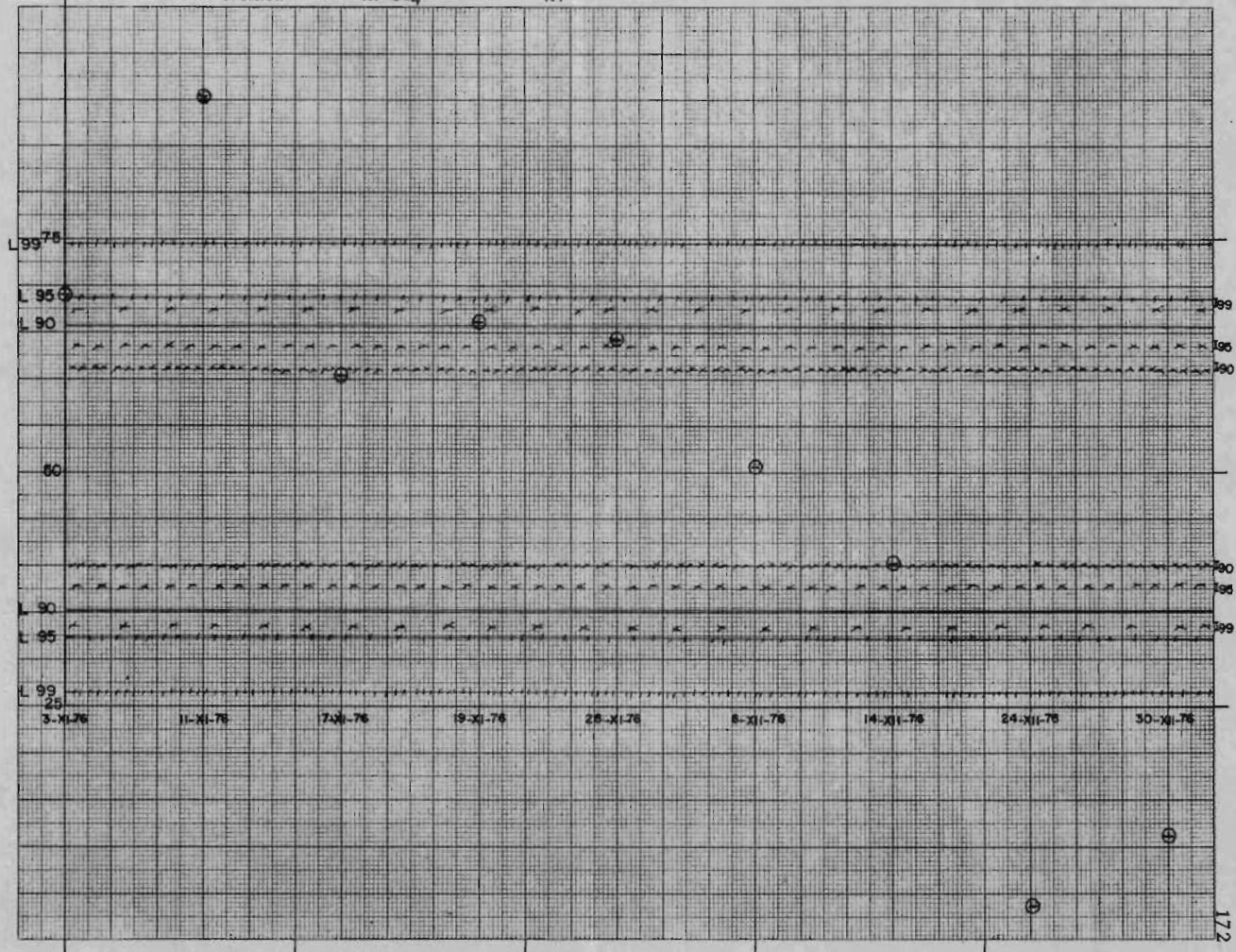


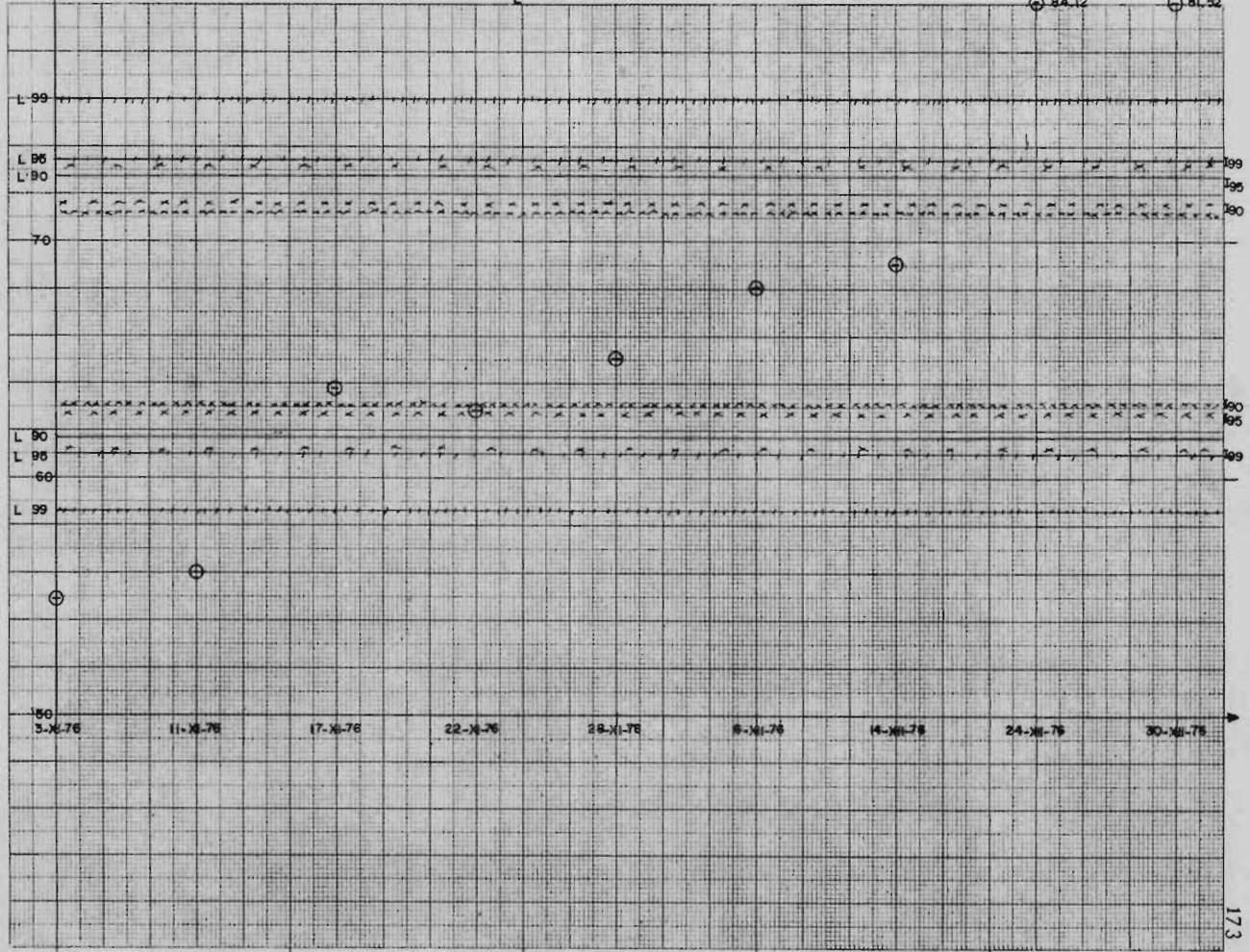


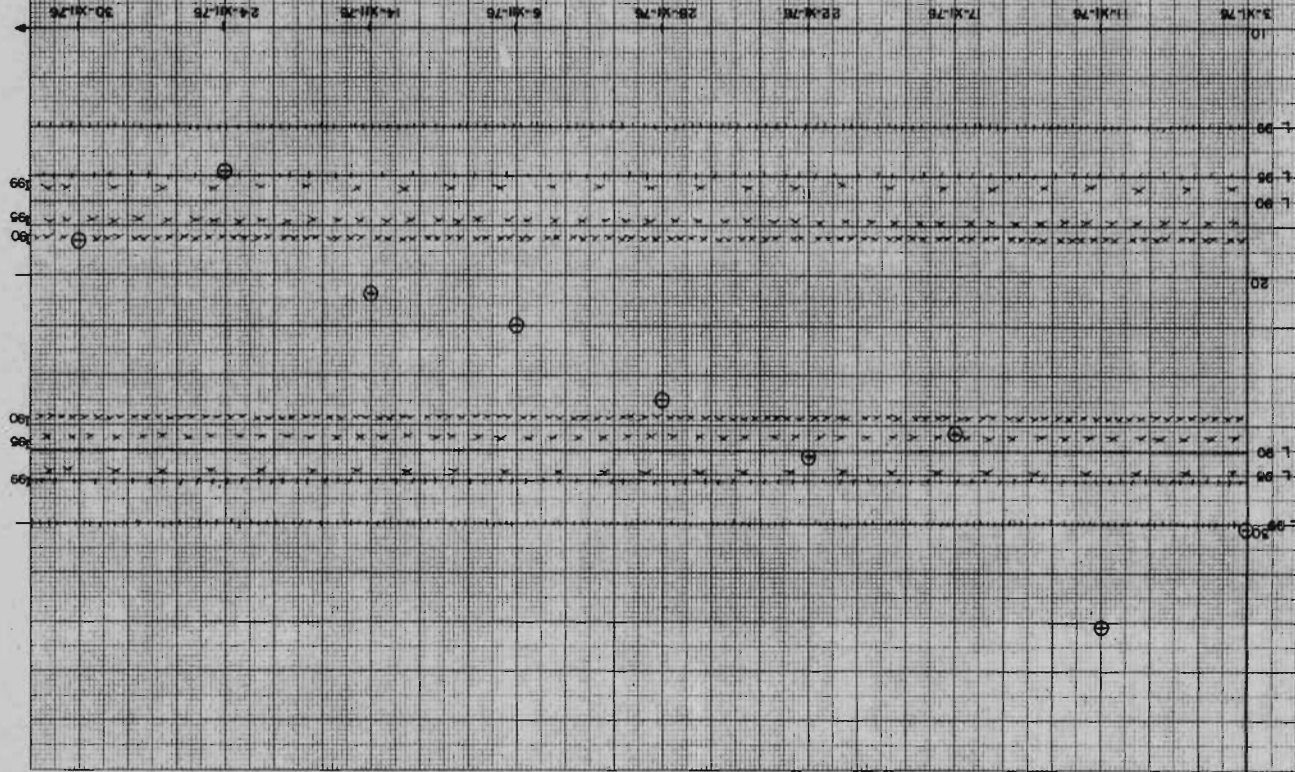


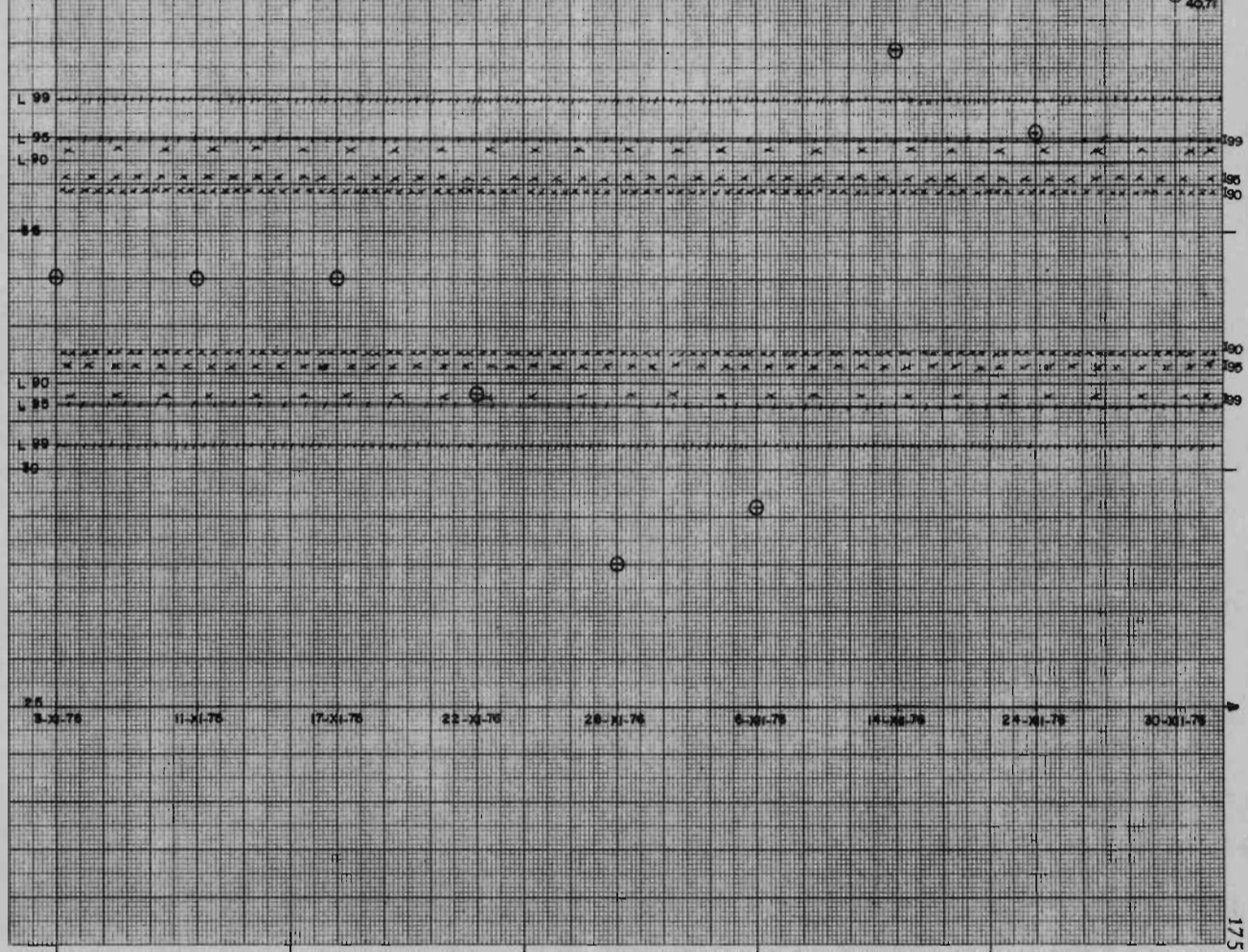


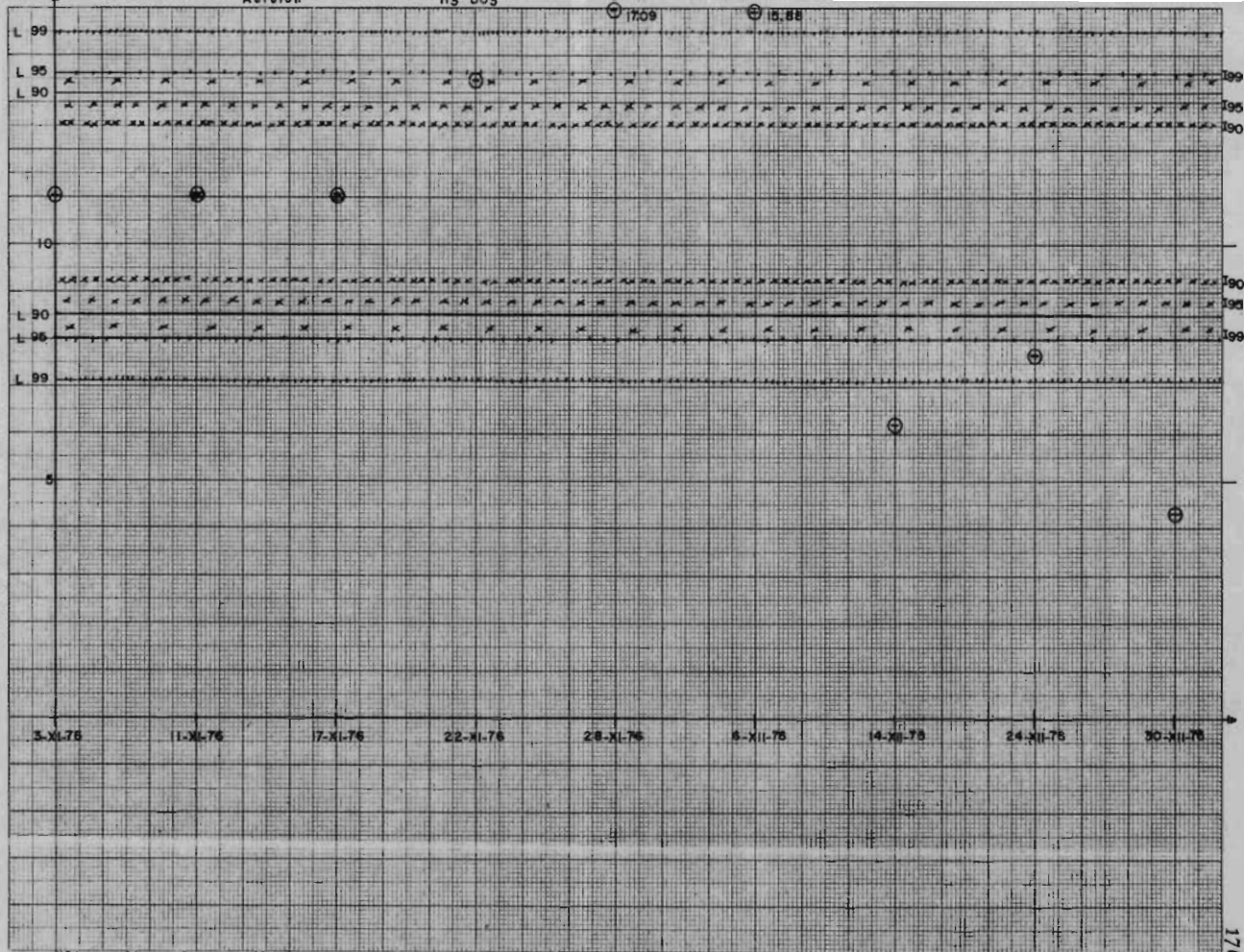












CALCULO DE LA ECONOMIA DEL BAÑO:

La economía la haré:

- A).- por botón Electrodo
 Solución
 Energía
- B).- por baño Calentamiento
 (2 meses) Solución
 Agua Evaporación
 Enjuague.

Esto de acuerdo a los precios del día 25/VII/77 con el Kw - Fr a \$ 3.75, el M³ de agua a \$ 1.00 y la materia prima, grado industrial como sigue: (incluyo para información la presentación).

C O S T O S :

Reactivos (material):	Presentación:	Precio unitario:
1.- NaOH escamas	Tambores 200 kg	8.65 + 4 %
2.- HNO ₃ (55 %)	porrones 70 Kg	4.00 + 4 %
3.- HNO ₃ (67 %)	porrones 70 kg	4.18 + 4 %
4.- KCN	tambor 50 kg	43.50 + 4 %
5.- NaCN	tambor 50 kg	33.50 + 4 %
6.- CuCN	cuñetes 25 kg	130.0 + 4 %
7.- cobre polvo (Cu ₂ SO ₄)	sacos 25 kg	274.60 + 4 %
8.- NiSO ₄	sacos 50 kg	46.85 + 4 %
9.- H ₂ Cl ₂ (importación)	cuñetes 25 kg	268 + 4 % (en 1974)
10.- H ₃ BO ₃ granulado	sacos 35 kg	14.30 + 4 %
10'.- Au	oro onza gr	\$146.10 = \$3,323.77 \$101.9
11.- Cr ₂ O ₃	sacos 50 kg	55.0 + 4 %
12.- BaCO ₃	sacos 25 kg	12.70 + 4 %
13.- ZnO (solo rojo)	sacos 25 kg	28.0 + 4 %
14.- Na ₂ S	tambor 200 kg	8.50 + 4 %

15.-	$Zn(CN)_2$	cuñetas 25 kg	78.50 + 4 %
16.-	H_2SO_4 (98 %)	porrones 80 kg	9.99 + 4 %
17.-	Abrillantadores para baños de galvano plastia.		
a)	Nova - 10 agente de control	20 Lts.	79.0 + 4 % litros
b)	Nova - 20 abrillantador	20 Lts.	66.50 + 4 % litros
c)	Nova - 30 aditivo	20 Lts.	95 + 4 % litros
d)	BC - 3 abrillantador	conos 1 1/2 kg	28.80 + 4 % kg.
18.-	Placas para electrodo (lo que pese la barra) (importación)		
a)	placa de níquel	barra de 12" x 3" x 1/2"	180.0 + 4 % 2.251 kg
b)	placa de cobre	barra de 12" x 3" x 1/2"	82.0 + 4 % 2.26 kg
c)	placa de plomo	barra de 24" x 3" x 1/2"	340 + 4 %
d)	placa de latón	barra de 12" x 3" x 1/0"	100 + 4 % 2.28 kg
19.-	Pastas pulidoras:		
a)	blanca (W-100)	barra 1 kg	20.40 + 4 % kg
b)	negra	barra 1 kg	30.0 + 4 % kg
c)	cebo	barra 1 kg	30.0 + 4 % kg
20.-	Proveedores consultados		
a)	HARSHAW DE JUAREZ, S. A. (5-61-70-33)		
b)	OXY-METAL, S. A. (5-67-29-66)		
c)	MATERIAS PRIMAS, S. A. (5-86-41-22)		
d)	NUCLEO QUIMICO INDUSTRIAL (3-97-94-22)		
e)	ORG. IND. LATINO AMERICANA (5-92-39-73)		

- a) Si El área por botón = 25.9752 cm^2
 El área por ensarta = 1090.9584 cm^2 (42 botones)
 El área por corrida (5) = 5455 cm^2 (5 ensartas)
 El área por corrida (6) = 6545 cm^2 (6 ensartas)

i) En el desengrase:

Energía por corrida de 5 ensartas = \$ 1.36

Energía por botón = \$ 0.006476 = 0.65 Cvos.

ii) En el baño 1 de cobre alcalino (CuOH^{-1})

Si supongo que el 50 % del cobre depositado proviene del electrodo, y el 50 % de la solución de cobre (CuCN)

$\text{Cu} = 63.57 \text{ gr/mol}$

$$\text{factor} = \frac{\text{CuCN}}{\text{Cu}} = \frac{89.57}{63.57} = 1.409$$

$\text{CuCN} = 89.57$

luego; por corrida de 5 ensartas:

$$M_1 = 34.57 \text{ gr} (50 \% (\$ 0.082 + \$ 0.082 \times 4 \%)) = \$ 1.4739$$

$$M_2 = (34.57 \text{ gr} \times 1.409 \times 50 \%) [\$ 0.130 + \$ 0.130 \times 4 \%] = 3.3 \text{ \$}$$

$$M_3 = 0.7839 \text{ \$}$$

$$\text{Energía:} = 0.327 \text{ \$}$$

Costo de recubrimiento por corrida debido a electrodo, solución y energía:

$$= (1.4739 + 3.300 + 0.327) \text{ pesos}$$

$$= \$ 5.10$$

$$\text{Costo por botón:} = \$ 0.02429 = 2.24 \text{ cvos.}$$

iii) En el baño de cobre ácido (Cu_{H^+})

por corrida de 5 ensartas, con 50 % depositado del electrodo

$\text{Cu} = 63.57 \text{ gr/mol}$

$$\text{Cu}_2\text{SO}_4 = 223.34 \quad M_1 = 39.54 \text{ gr} (0.5) (\$ 0.082 + \$ 0.082 \times 4 \%) =$$

$$= \$ 1.6859$$

$$F = \frac{223.34}{63.57} = 1.765 \quad M_2 = 39.54 \text{ gr} (0.5) [\$ 0.2746 + \$ 0.2746 \times 4 \%]$$

$$\times 1.765 = 9.9650$$

$$\text{Energía} = \$ 0.375$$

Costo de recubrimiento por corrida, debido a electrodo, solución y energía:

$$= \$ (1.685 + 9.9650 + 0.375) = \$ 12.0250$$

El costo por botón = 0.05726 pesos = 5.7226 cvs.

BAÑO DE NIQUEL:

Si considero que el 50 % de la masa depositada es debido al electrodo de níquel, y el 25 % del sulfato de níquel ($NiSO_4$) y - el otro 25 % del cloruro de níquel ($NiCl_2$, por corrida de 5 en-
sartas:

$$M_1 = 58.69$$

$$NiSO_4 = 154.89 \quad \text{factor} = F = 154.89/58.64 = 2.6391$$

$$NiCl_2 = 129.68 \quad \text{factor} = F = 129.68/5869 = 2.2097$$

$$M_1 = 29.345 (50\%) \left[\frac{\$ 0.180}{2.25 \text{ gr}} + \frac{\$ 0.180}{2.25 \text{ gr}} + 4\% \right] = \$ 0.2558$$

$$M_2 = 29.345 \times 2.6391 (25\%) \left[\$ 0.04 + \$ 0.046 \times 4\% \right] = \$ 0.0896 \text{ pesos}$$

$$M_3 = 29.345 \times 2.2097 (25\%) \left[0.268 \$ + \$ 0.268 \times 4\% \right] = .42125 \text{ pesos}$$

$$\text{Energía} = \$ 0.058$$

El costo del recubrimiento, por concepto de electrodo, solución y energía será:

$$= \$ (0.2558 + 0.089650 + 0.42125 + 0.058) = \$ 0.8247$$

Costo por botón : \$ 0.003926 = 0.3926 cvs.

BAÑO DE CROMO:

Aquí los electrodos son de plomo, por lo que el depósito es un 100 % en base a la solución, por corrida:

$$M_1 = 0$$

$$M_2 = 2.075 \times 100\% \left[\$ 0.055 + \$ 0.055 \times 4\% \right] = \$ 0.00237 = 0.237 \text{ cvs.}$$

$$\text{Energía:} = \$ 0.0072$$

El costo del recubrimiento será, en base a la solución y energía:

$$= \$ (0.237 + .0072) = \$ 0.2442 = 24.42 \text{ cvs.}$$

Por botón, el costo es: \$ 0.001162 = 0.1162 cvs.

BAÑO DE LATON:

Aquí supongo 50 % de la masa depositada como procedente del anodo

de latón, y el otro 50 % está dividido en un 85 % de CuCN y 15 % de $\text{Zn}(\text{CN})_2$.

$$\left. \begin{aligned} \text{Zn} &= 65.37 \times 15 \% = 9.8055 \\ \text{Cu} &= 63.57 \times 85 \% = 54.0345 \end{aligned} \right\} = 63.84$$

$$\text{CuCN} = 89.57 \times 85 \% = 76.1345 \quad F = 1.1925$$

$$\text{Zn}(\text{CN})_2 = 117.37 \times 15 \% = 17.6055 \quad F = 0.2758$$

$$M_1 = 2.53959 (50\%) \left[\$.100 + \$ 0.100 \times 4 \frac{\%}{\%} \right] = \$ 0.13153 = 13.153 \text{ cvs.}$$

$$M_2 = 2.52959 (50\%) 1.1925 \left[\$ 0.130 + \$ 0.130 \times 4 \frac{\%}{\%} \right] = \$ 0.2039 = 20.39 \text{ cvs.}$$

$$M_3 = 2.52959 (50\%) 0.2758 \left[\$ 0.0785 + 0.0785 \times 4 \frac{\%}{\%} \right] = 0.03833 \$ = 3.833 \text{ cvs.}$$

$$\text{Energía} = \$ 0.0275$$

El costo del recubrimiento será, en base al electrodo, la solución, y la energía en una corrida de 5 ensartas

$$= \$ (0.13153 + 0.2039 + 0.03833 + 0.0275) = \$ 0.4012$$

$$\text{y por botón} = \$ 0.0019 = 0.19 \text{ cvs.}$$

BAÑO DE ORO:

Aquí el ánodo es la misma tina de acero, y el cátodo es la pieza a recubrir, por lo que todo el material depositado proviene de la -- solución de oro, Para una ensarta será:

$$\text{Au} = 197.2$$

$$\text{AuCN} = 223.2 \quad F = \frac{233.2}{197.2} = 1.1318$$

$$M_1 = 0$$

$$M_2 = 1.162 (100\%) \times 1.1318 \left[\$ (101.9 \times 0.043 + 0.43 \times 4 \frac{\%}{\%}) \right] = \$ 5.7648$$

$$\text{Energía} = \$ 0.0041$$

El costo por ensarta de 42 botones:

$$= \$ (5.7648 + 0.0041) = \$ 5.7684$$

$$\text{El costo por botón} = \$ 0.1374 = 13.74 \text{ cvs.}$$

BAÑO DE COBRE ALKALINO: 2

Si supongo que el 50 % del cobre depositado proviene del electrodo y el 50 % de la solución de cobre (CuCN)

(igual que en el baño 1 de cobre alcalino)

$$M_1 = 14.81 \text{ gr (50 \%) } [0.082 + 0.082 \times 4 \%] = \$ 0.631499 = 63.1499 \text{ cvs.}$$

$$M_2 = 14.81 \times 1.409 (50\%) [\$ 0.130 + \$ 0.130 \times 4 \%] = \$ 1.3615$$

$$\text{Energía} = \$ 0.1406$$

El costo por corrida de 6 ensartas:

$$= \$ (0.631499 + 1.3615 + 0.1406) = \$ 2.133$$

El costo por botón = \$ 0.0084669 = 0.84669 cvs.

BAÑO DE LATON 2 :

(igual que baño 1 de latón)

$$M_1 = 297.5 \text{ gr (50 \%) } [\$ 0.100 + \$ 0.100 \times 4 \%] = \$ 15.47$$

$$M_2 = 297.5 \text{ gr (50 \%) } \times 1.1925 [\$ 0.130 + \$ 0.130 \times 4 \%] = \$ 23.9823$$

$$M_3 = 297.5 \text{ gr (50 \%) } \times 0.2758 [\$ 0.0785 + \$ 0.0785 \times 4 \%] = 3.3493$$

$$\text{Energía} = \$ 2.8125$$

El costo por corrida de 6 ensarta:

$$= \$ (15.47 + 23.9823 + 3.3493 + 2.8125) = 45.6141$$

El costo por botón = \$ 0.181 = 18.1 cvs.

Una pieza puede tener diferentes depósitos, así, un botón puede -- estar recubierto con uno ó más depósitos.

Botón recubierto con c/uno cuesta diferente:

C O S T O P A R C I A L :

a) $\text{Cu}_{\text{OH}}^{-1} = \$ 0.02429 = 2.24 \text{ cvs.}$

b) $\text{Cu}_{\text{H}^+} = \$ 0.05726 = 5.7226 \text{ cvs.}$

c) $\text{Cu}_{\text{OH}}^{-1} + \text{Cu}_{\text{H}^+} = (0.02429 + 0.05726) = \$ 0.08155 = 8.155 \text{ cvs.}$

d) $\text{Ni}^{++} = \$ 0.003926 = 0.3926 \text{ cvs.}$

e) $\text{Cu}_{\text{OH}}^{-1} + \text{Cu}_{\text{H}^+} + \text{Ni}_{2+} = (0.02429 + 0.05726 + 0.003926) \$ =$
 $= \$ 0.085476 = 8.5476 \text{ cvs.}$

f) $\text{Cr}^{+++} = 0.001162 \$ = 0.1162 \text{ cvs.}$

g) $\text{Ni}^{++} + \text{Cr}^{+++} + \$ (0.003926 + 0.001162) = \$ 0.005088 = 0.5088 \text{ cvs.}$

h) $\text{Cu}_{\text{OH}}^{-1} + \text{Cu}_{\text{H}^+} + \text{Ni}^{++} + \text{Cr}^{+++} + \$ (0.02429 + 0.05726 +$
 $0.003926 + 0.001162) = \$ 0.086638 = 8.6638 \text{ cvs.}$

- i) $\underline{La}^1 = \$ 0.0019 = 0.19 \text{ cvs.}$
- j) $Ni^{++} + La^1 = \$ (0.003926 + 0.0019) = \$ 0.005826 =$
 $= 0.5826 \text{ cvs.}$
- k) $CuOH^{-1} + CuH^+ + Ni^{++} + La^1 = \$ (0.02429 + 0.05726 + 0.00$
 $0.003926 + 0.0019 = \$ 0.087376 = 8.7376 \text{ cvs.}$
- l) $Au^+ = \$ 0.1374 = 13.74 \text{ cvs.}$
- m) $Ni^{++} + La^1 + Au^+ = \$ (0.003926 + 0.0019 + 0.1374) =$
 $= \$ 0.14329 = 14.32926 \text{ cvs.}$
- n) $Ni^{++} + Au^+ = \$ (0.0039 + 0.1374) = 0.1413926 = 14.13926 \text{ cvs.}$
- o).- $CuOH^{-1} + CuH^+ + Ni^{++} + Au^+ = \$ (0.02429 + 0.05726 + 0.0039$
 $26 + 0.1374) = \$ (0.222876) = 22.2876 \text{ cvs.}$
- p) $CuOH^{-1} + CuH^+ + Ni^{++} + La^1 + Au^+ = \$ (0.02429 + 0.05726 +$
 $0.003926 + 0.0019) + 0.1374 = \$ (0.224776) = 22.4776 \text{ cvs.}$
- q) $CuOH^{-2} = \$ 0.0084669 = 0.84669 \text{ cvs.}$
- r) $La^2 = \$ 0.181 = 18.1 \text{ cvs.}$
- s) $CuOH^{-2} + La^2 = \$ (0.0084669 + 0.181) = \$ (0.1894669) =$
 $= 18.94669 \text{ cvs.}$

COSTOS DE OPERACION:

Este tipo de recubrimientos tiene diferente costo, pues es diferente según las necesidades de la pieza, la que va a estar sujeta a diferentes ambientes.

Además, se puso costo parcial, pues la fabrica tiene otro tipo de gastos. sin entrar en detalle de costos de hora - hombre, - impuestos, costo de material, etc., tomaremos para el calculo economico el gasto de energía, para calentamiento del baño y control de temperatura del mismo (los baños que lo necesiten) el gasto de agua utilizado para enjuague y para reponer el agua perdida -- por evaporación.

Además existe el gasto de solución, ya sea debido al recubrimiento ó a pérdidas en Enjuagues ó durante cualquier paso de la operación.

- A) Considerando el gasto de energía para calentar los baños y para mantener un control en la temperatura de los mismos.

DESENGRASE :

- a - 1 Calentamiento = Q_1

$$Q_1 = 305316 \text{ BTU} \quad 1 \text{ BTU} = 0.293 \text{ Watt - Hr}$$

$$3412 \text{ BTU} = 1 \text{ Kw - Hr}$$

$$\frac{305316 \text{ BTU} - X}{3412 \text{ BTU} - X} \quad X = 89.48 \text{ Kw - Hr}$$

$$89.48 \text{ Kw - Hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{Kw - Hr}} = 335.55$$

- a - 2 Mantener Temp. = Q_2 , 1 por hora

$$Q_2 = 52154 \text{ BTU} \quad 52154 \text{ BTU} - X$$

$$\frac{3412 \text{ BTU} - 1 \text{ Kw - Hr}}{3412 \text{ BTU} - X}$$

$$x = 15.285 \text{ Kw - Hr}$$

$$15.285 \text{ Kw - Hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{Kw - Hr}} = \$ 57.32$$

Este consumo es grande, por la alta temperatura, por lo que es más recomendable usar vapor.

BAÑO DE NIQUEL :

- a - 3 Calentamiento = Q_1

$$Q_1 = 83268 \text{ BTU} \quad 3412 \text{ BTU} = 1 \text{ Kw - Hr}$$

$$\frac{83268 \text{ BTU} - X}{3412 \text{ BTU} - X}$$

$$X = 24.40 \text{ Kw - Hr}$$

$$24.40 \text{ Kw - Hr} \times \frac{\$ 3.75}{1 \text{ Kw - Hr}} = \$ 91.51$$

- a - 4 Mantener temperatura = Q_2

$$Q_2 = 9687,78 \text{ BTU} \quad 3412 \text{ BTU} = 1 \text{ Kw - Hr}$$

$$\frac{9687.78 \text{ BTU} - x}{3412 \text{ BTU} - x} \quad x = 2.8393 \text{ Kw - Hr}$$

$$2.8393 \text{ Kw - Hr} \times \frac{\$ 3.75}{\text{Kw - Hr}} = \$ 10.647$$

BAÑO DE CROMO:

$$2 - 5 \quad \text{Calentamiento} = Q_1$$

$$Q_1 = 305316 \text{ BTU} = 89.40 \text{ Kw} - \text{Hr.} = \$ 335.55$$

$$a - 6 \quad \text{Mantener Temp.} = Q_2 = 52154 \text{ BTU} = 15.28 \text{ Kw} - \text{Hr} = \$ 57.32$$

BAÑO DE ORO:

$$a - 7 \quad \text{Calentamiento} = Q_1$$

$$Q_1 = 9277.74 \text{ BTU} = 2.719 \text{ Kw} - \text{Hr} = \$ 10.196$$

$$a - 8 \quad \text{Mantener Temp.} = Q_2 = 2219.59 \text{ BTU} = 0.65 \text{ Kw} - \text{Hr} = \$ 2.439$$

De lo anterior, se deduce que para calentar los baños se requiere:

$$Q_1 \text{ desengrase} + Q_1 \text{ niquel} + Q_1 \text{ cromo} + Q_1 \text{ oro} = 335.55 + \$ 91.51 \\ + \$ 335.52 + \$ 10.196 = \$ 772.806$$

Y para mantener la temperatura de los baños, por hora es:

$$Q_2 \text{ desengrase} + Q_2 \text{ niquel} + Q_2 \text{ cromo} + Q_2 \text{ oro} = \$ 57.32 + \$ 10.647 \\ + \$ 57.32 + \$ 2.439 = \$ 127.726$$

Por lo que en una jornada de 8 horas = \$1021.808

B) El gasto de agua será para enjuague y por evaporación

b - 1 Gasto de agua para enjuague

$$Q_1 = 7728 \frac{\text{litros}}{\text{día}} = 7.728 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \$ \frac{1.00}{\text{m}^3 \text{ agua}} = \$ 7.728$$

b - 2 Evaporación en los baños = $G_2 = G_2$

$$G_2 \text{ desengrase} + G_2 \text{ niquel} + G_2 \text{ cromo} + G_2 \text{ oro} = 276 + 72 + 72 + 13 = \\ 433 \text{ litros} \\ = 0.433 \text{ m}^3 \times \$ \frac{1.00}{\text{m}^3 \text{ agua}} = \$ 0.433 \times 8 \text{ horas} = \\ = \$ 3.464 \text{ por día (8 horas)}$$

C) El gasto de solución se hará solo en base a los analisis practicados en un lapso de 2 meses, con su respectiva -- adición de substancias;

c - 1. Baño de cobre alcalino 1; substancia = Cu CN

Adición total = 87.314 kg. (2 meses).

$$\text{Costo por unidad} = \$ 130 + \$ (130 \times 0.04) = \$ 135.2$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 5902.4/2 = \$ \$ 2951.2$$

C - 2 Baño de cobre alcalino 1; Substancia = N_2CN

$$\text{Adición total} = 82.444\text{kg} (2 \text{ meses })$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 33.50 + \$ (33.5 \times 0.04) = \$ 34.84$$

$$\text{Costo total} = \$ 2872.34/2 = \$ 1436.17$$

C - 3 Baño de cobre alcalino 1; Substancia = N_2OH

$$\text{Adición total} = 7.275 \text{ Kg} (2 \text{ meses })$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 8.65 + \$ (8.65 \times 0.04) = \$ 8.996$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 65.445/2 = \$32.7225$$

C - 4 Baño de latón 1; Substancia = C_1CN

$$\text{Adición total} = 98.24 \text{ kg} (2 \text{ meses })$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 130 + \$ (130 \times 0.04) = 135.2$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 13282.0/2 = \$ 6641.00$$

C - 5 Baño de latón 1 = Substancia = N_2CN

$$\text{Adición total} = 78.619 \text{ kg} (2 \text{ meses })$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 33.50 + \$ (33.50 \times 0.04) = \$ 34.84$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 2739.08/2 = \$ 1369.54$$

C - 6 Baño de latón 1; Substancia = $Zn (CN)_2$

$$\text{Adición total} = 12.452 \text{ kg} (2 \text{ meses })$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 78.5 + (78.5 \times 0.04) = \$81.64$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 1016.58/2 = \$ 508.00$$

C - 7 Baño de cobre alcalino 2 Substancia = C_1CN

$$\text{Adición total} = 70.973$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 130 + \$ (130 \times 0.04) = 135.2$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 9595.54/2 = \$ 4797.77$$

C - 8 Baño de cobre alcalino 2; Substancia = N_2CN

$$\text{Adición total} = 58.85 \text{ kg} (2 \text{ meses })$$

$$\text{Costo por unidad} = \$ 33.5 + \$ (33.5 \times 0.04) = \$ 34.18$$

$$\text{Costo total por mes} = \$ 2011.49/2 = \$ 1005.75$$

- C - 9 Baño de cobre alcalino 2; Substancia = N_aOH
 Adición total = 12.55 kg (2 meses)
 Costo por unidad = \$ 8.65 + \$ (8.65 x 0.04) = \$ 8.996
 Costo total por mes = \$ 112.89/2 = \$ 56.445
- C - 10 Baño de latón 2; Substancia = C_uCN
 Adición total = 46.783 kg (2 meses) = \$ 135.2 el kg
 Costo por unidad = \$ 130 + \$ (130 x 0.04) = \$ 135.2
 Costo total por mes = \$ 6324.65/2 = \$ 3162.32
- C - 11 Baño de latón 2; substancia = N_aCN
 Adición total = 46.783 (2 meses)
 Costo por unidad + \$ 33.5 + \$ (33.5 x 0.04) = \$ 34.18
 Costo total por mes = \$ 1629.92/2 = \$ 814.96
- C - 12 Baño de latón 2; Substancia = $Zn(CN)_2$
 Adición total = 6.413 kg (2 meses)
 Costo por unidad = \$ 78.50 + \$ (78.50 x 0.04) = \$ 81.64
 Costo total por mes = \$ 523.56/2 = \$ 261.78
- C - 13 Baño de cobre brillante; Substancia = Cu_2SO_4
 Adición total = 720.181 (2 mese)
 Costo por unidad = \$ 274.6 + \$ (274.6 x 0.04) = \$ 285.58
 Costo total por mes = \$ 205,672.00/2 meses = \$ 102,834.65
- C - 14 Baño de cobre brillante; Substancia = H_2SO_4
 Adición total = 76.835 kg (2 meses)
 Costo por unidad = \$ 9.99 + \$ (9.99 x 0.04) = \$ 10.39
 Costo total por mes = \$ 798.28/2 = \$ 399.142
- C - 15 Baño de níquel; Substancia = $NiSO_4$
 Adición total = 497.127 kg (2 meses)
 Costo por unidad = \$ 46.0 + \$ (46 x 0.04) = 47.84
 Costo total por mes = \$ 23782.55/2 = \$ 11,891.27

C - 16 Baño de níquel; Substancia = $NiCl_2$

Adición total = 219.426 kg (2 meses)

Costo por unidad = \$ 268 + \$ (268 x 0.04) = \$ 278.72

Costo total por mes = \$ 61,158.41/2 = \$ 30,579.20

C - 17 Baño de níquel; Substancia = H_3BO_3

Adición total = 106.869 kg (2 meses)

Costo por unidad = \$ 14.30 + \$ (14.30 x 0.04) = \$ 14.87

Costo total por mes = \$ 1,589.35/2 = \$ 794.67

Todo lo anterior no dá una idea de lo que cuesta el -
recubrir una pieza, y de lo que cuesta mantener la fabrica.

Tómese en cuenta que no fué posible obtener los datos de
gastos de las demás substancias.

Además de lo indicado anteriormente, recuerdesé que -
los equipos auxiliares sumán 11.75 Hp, lo que puede equivaler
a un gasto de 8.75 Kw - Hr (pues 1 Kw - 1.34 15 Hp) cada -
hora.

CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO TERMINADO:

PRUEBA A ATAQUE DEL SO_2 MEDIANTE LA CÁMARA DE CORROSION (KESTER NICH).

Se colocan 2 1/2 litros de agua dentro de la cámara, en la que se han colocado las piezas bien lavadas.

Cerciorarse que quede bien sellada la cámara con objeto de evitar las fugas de (SO_2) bioxido de azúfre.

Por un desplazamiento de 2 litros de agua, - se hacen pasar los vapores de bioxido de azúfre - (SO_2); ya que se ha desplazado de un vaso al otro - la cantidad de agua, tapar bien llaves y conexiones y regular la temperatura a 50°C , y mantenerla - 8 horas, lo que comprende un ciclo.

Un ciclo equivale a 18 meses en un ambiente normal, y a 12 meses en la costa.

Estas piezas se deben de observar continuamente para conocerse al tiempo en que falla el recubrimiento, y así, de acuerdo al momento en que comienza la oxidación, y calcular si pasa o no el control de calidad.

Si la pieza no falla, se puede repetir el ciclo, para ver cuantos ciclos aguanta, repitiendo toda la operación, utilizando la misma pieza.

GROSOR DE PELICULA:

A una pieza plana, recubierta de (C_u) cobre, latón, níquel, cromo, estaño, oro, plata, cadmio, zinc Etc., se le limpia con solución limpiadora especial, y despues se coloca entre el anodo y el catodo; se le adiciona una solución especial, con un reactivo preparado por la misma casa comercial, (reactivo diferente para cada recubrimiento) se comienza a atacar el recubrimiento y lo disuelve.

Al momento que la solución deja de disolver el recubrimiento, significa que ya terminó la capa, y saco el grosor, en pulgadas (fracciones).

PRUEBA PARA DETECCION DE FIERRO Y COBRE UN ELECTRO-DEPOSITOS DECORATIVOS.

REACTIVOS:

Peróxido de Hidrógeno al 30%

Mezcla de ácido acético:

45 ml de ácido acético

5 ml de solución al 1% del agente humectante de Harskaw para baños de níquel o de otro acabado

Tiocianato de potasio al 10%

Acido nítrico (1:4)

(1%) solución de acetato de zinc

Solución de tiocianato mercúrico de amonio:

Disuelva 8 gr de $HgCl_2$ y 9 gr de $NH_4 CNS$ en 100 ml de agua.

Placa de prueba, que este manchada.

Gotero (como los usados en medicina)

FRASCO LAVADOR.

PROCEDIMIENTO (EXPLICACION) [PRECAUCIONES]

A.- DETECCION DE COBRE EN PRESENCIA DE NIQUEL Y/O -
CROMO EN UNA PLACA MANCHADA:

- 1.- Agregue una gota de la mezcla de ácido acético y otra de peróxido de hidrógeno, por medio de una bureta gotero, a la superficie bajo prueba. (El agente humectante se agrega a la solución de ácido acético para descubrir fracturas en el metal. Esto es la prueba se hace con objeto de detectar algunas fallas en las capas de cromo o níquel en la parte recubierta que se estudia. La mezcla de ácido acético disolverá el cobre expuesto a ella, pero no disuelve el níquel lo que indica que hay una ruptura del níquel sobre el cobre. El peróxido de hidrógeno es tará presente para también disolver el cobre.
- 2.- Mezcle las soluciones del punto anterior, para mantenerlas en contacto con la superficie bajo prueba durante 1 ó 2 minutos, a temperatura ambiente. [La parte bajo prueba debe permanecer con una posición tal, que las gotas de solución estén solo en contacto con dicha superficie. Esto previene de contaminaciones de las otras secciones].
- 3.- Remueva las gotas de reactivo de la parte probada, y pongalas en una cavidad (estas gotas pueden ser pasadas, marcando la parte que se ha probado, y escurriéndolas, o lavándolas, en la placa usando unas gotas de-

agua destilada) [Si se usa agua (en gotas) para quitar las gotas de reactivo, cuide - de no usar demasiada. Use la solución de - prueba lo más concentrado posible].

- 4.- Agregue una gota de solución de acetato de zinc y otra de solución de tiocianato mercúrico de amonio a la solución que se encuentra en la cavidad de la placa.
- 5.- Rapidamente agite la placa manchada para - mezclar la solución. La presencia de un - precipitado color violeta indica la presencia de cobre. (La adición de $(\text{NH}_4)_2 \text{Hg}_2^{2+}$ - $(\text{CNS})_4$ a la solución que contiene iones - Cu^{2+} y Zn^{2+} es lo que produce el precipitado violeta) [use una varilla agitadora para este fin].

B.- DETECCION DE FIERRO EN PRESENCIA DE COBRE Y/O - NIQUEL Y CROMO:

- 1.- Usando una bureta gotero (como las de medicina), agregue una gota de ácido nítrico - (1:4) a la superficie bajo prueba. (El ácido nítrico se usa para disolver el hierro - espuesto, y al mismo tiempo disuelve y oxida al hierro al estado Fe^{+++} . Esta prueba tiene por objeto detectar ruptura en las ca pas de níquel y cromo). [Tome cuidadosamente la parte que contiene el area bajo prueba, - de manera que no se escurra la solución fuera de ella, pues se podría contaminar].

- 2.- Mantenga al ácido en contacto con la superficie bajo prueba durante un minuto, y a temperatura ambiente.
- 3.- Quite las gotas de reactivo que ha puesto en la superficie bajo pruebas, por medio de una pipeta gotero, y pongalas en una cavidad de la placa manchada. (Las gotas no deben ser transferidas a la placa manchada por medio de una inclinación y deslizamiento de esa parte, pues las gotas podrían ser lavadas por el agua destilada). (Las partes bajo prueba son de fierro, y consecuentemente el reactivo no deberá descubrir áreas con fallas en otros lados que el área de prueba).
- 4.- Agregue unas gotas de tiocianato de potasio a la solución que esta en la cavidad de la placa manchada.
- 5.- Rapidamente agite la placa manchada, para mezclar la solución. La presencia de un color rojo sangre indica la presencia de fierro. (El ion tiocianato no tiene acción con el F_e^{++} , pero el tiocianato de fierro se forma con el ion férrico (F_e^{+++}). (El fierro en solución debe ser fierro oxidado, así, no use substitutos del ácido nítrico en esta prueba).

NOTA.- Esta información fue obtenida de la compañía Harskaw de Juárez, S.A., y una de las soluciones es de su propiedad, pero en esa casa-comercial se puede obtener.

BIBLIOGRAFIA:

CHYSLER CORPORATION ENGINEERING. DIVI--
SION REPORTE TECNICO DEL DEPARTAMENTO -
DE STANDARDS.

FIEGEL, SPOT TESTS IN INORG. ANAL.
5º EDIC. 1958 PAG. 93.

PRESCOTT & JOHNSON DUALITATIVE
CHEMICAL ANALYSIS
8 th. PRINTING (1933) PAG. 319.

PRUEBA DE POROSIDAD DE PROPOSITO:

(DE NIQUEL EN ESPECIAL)

Este tipo de pruebas es insustituible para darnos a conocer fallas de porosidad en electrodepositos. Nos comprueba las características de recubrimiento, y nos dice si es o no un buen producto terminado.

Se pueden hacer varias pruebas de este tipo, pero son generalmente cualitativas; Una prueba cuantitativa se puede también desarrollar, pero requiere equipo especial, y una técnica muy depurada.

Pero dado que todas estas pruebas no proporcionan resultados comparables entre si, los resultados deberán reportarse describiendo el método usado para la prueba, y de preferencia, dicha prueba deberá estar relacionada con el servicio a que se destina el producto.

POROSIDAD: La porosidad debemos entenderla desde dos puntos de vista diferente, el primero incluye los poros y agujeros atribuibles directamente a los procesos de electro depósito, el segundo es como resultado de las acciones electro-químicas del metal depositado (niquel) y el medio corrosivo, tanto si lo vemos como un simple metal, cuanto si lo hacemos en combinación con otros recubrimientos electrodepositados y el metal base.

Los métodos de prueba comunmente aceptados para evaluar la porosidad, incluyen algunas composiciones diferentes de sales atomizadas (sprays). Bióxido de azúgre, cloruro de sodio - peróxido, agua -

caliente y ferrozyl. Las sales atomizadas de cobre - ácido acético acelerado, corrodokote y bióxido de azúgre son pruebas corrosivas que ayudan a comprender la forma relativa del recubrimiento.

Las demás no son pruebas corrosivas, y se aplican para saber si hay porosidad en el recubrimiento.

PRUEBAS DE SALES ATOMIZADAS:.- Se emplean diferentes composiciones en las soluciones para las pruebas de sales atomizadas. Por mientras que el método original empleaba una solución al 20% de cloruro de sodio, las pruebas actuales, más generalmente aceptadas, han variado mucho:

- a).- Prueba del 5% de la sal atomizada.- Una solución al 5% de cloruro de sodio, preparada con agua destilada (o agua conteniendo menos de 200 ppm de solidos totales, y cloruro de sodio conteniendo menos de 0.1 % de yoduro de sodio base seca, y menos de 0.3 % de impurezas. El pH del atomizado recolectado deberá de ser de 6.5 a 7.2 (25° C) cuando se hace un potenciómetro, o colorimetricamente, usando azul de bromotimol como indicador.
- b).- Prueba de la sal atomizada de ácido acético.- Se usa la misma solución que en a), pero el pH deberá de ser de 3.1 a 3.3, ajustandose con ácido acético.
- c).- Prueba de la sal atomizada de cobre.- Acido acético acelerado.- Aquí se usa la mis-

ma solución y composición que en b), excepto que antes que se ajuste al pH, se agregará un gramo de cloruro cúprico ($\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) a la sal del ácido en solución, por cada galón de solución).

El mecanismo de cada una de las pruebas es - el mismo, además de usar el mismo equipo. El aparato consta de un equipo productor de niebla dosificada (Spray), con una reserva de solución, uno o más - agujero de atomizado, soporte para la pieza de muestra, un regulador de temperatura, y una línea de - aire comprimido.

En el atomizado de la sal, y en la prueba - del atomizado de la sal del ácido acético, la temperatura del productor de niebla deberá ser mantenida de $(95 + 2)$ a $(95 - 3)^\circ \text{F}$ ($34 - 36^\circ \text{C}$).

La orientación de la pieza de muestra dentro del productor de niebla por supuesto que puede variar, de acuerdo al sitio particular que se desea - analizar, en cuyo caso, la pieza deberá acomodarse - de tal forma que la niebla tenga libre acceso al sitio de prueba.

Usualmente, se recomienda para a), b) y c), - una posición de 15 a 30 grados de la vertical, y - preferentemente paralela a la dirección principal - del flujo horizontal del atomizado, del productor - de niebla.

La posición es importante, dado que puede - afectar los resultados. Asegurese que una pieza no toque a la siguiente o a otro material metálico, o -

de algún otro material que pueda afectar el paso de una determinada cantidad de niebla que se deberá depositar sobre la pieza de muestra. No permita que algún condensado del aparato o alguna otra pieza gotee sobre otra pieza.

Las piezas deberán estar perfectamente limpias antes de ser sometidas a prueba, y completamente limpias de grasa o suciedad.

Para tener resultados confiables y reproducibles, ejecute cuidadosamente cada corrida, aunque nunca es posible ser exactos en ellas.

Los resultados de la prueba atomizado de sales rara vez se pueden correlacionar con algun otro obtenido por otro metodo. Las pruebas de atomizado de sales nunca son utiles para detectar un recubrimiento pobre o pequeñas imperfecciones en las películas de recubrimiento, en comparación entre varios materiales.

O sea, esta es solo una prueba cualitativa - de un buen o mal producto terminado, en base a estar o no poroso, lo que le de un buen acabado, bonito y decorativo si es que no tiene poros.

PRUEBA DE DUCTILIDAD POR DOBLADO DE LA PARTE RECUBIERTA.

Material y equipo:

Sierra para cortar
 Tornillo de banco
 Micrometro
 Cordon calibrador de altura
 Serie de mandriles de 1/4 " a 1-7/8
 Tenazas
 Lápiz de cera (crayon)

NOTA: El propósito de esta prueba es determinar la resistencia a la ruptura durante la distorsión de una pieza de acero, bronce, aluminio, etc., que tenga un depósito de níquel-cromo o cobre-níquel-cromo.

Procedimiento =====>

Explicación =====> ()

Precaución =====> []

- 1.- Seleccione el area de una pieza que tenga un grosor de película lo más uniforme posible, con una superficie plana o ligeramente cilíndrica.- [No use piezas muy curvas, o de grosor variable en la película].
- 2.- Con un crayón marque areas de aproximadamente - 3/8 "x 2" o mayores. Si se trata de piezas cilíndricas, la parte circunferencial será la más larga. (Cuando la forma de la parte plateada es

tal, que la prueba no se puede correr con esa - pieza, use una rejilla recubierta para poder correr la prueba).

- 3.-Corte una o varias piezas con una sierra. (cuide de no doblar las piezas al cortarlas).
- 4.-Con un cordón calibrador de alturas mida una altura de 0.625 "de cuerda. [Para una pieza perfectamente plana será cero]. Así pues, los especímenes podrán tener una ligera curvatura en una gráfica que se anexa luego (c), se pueden ver los diferentes radios que pueden tomarse para esta lecturas.
- 5.-Usando la gráfica A, determine el radio de curvatura de la superficie recubierta. (R),. (Si la superficie es concava, R, tendrá un valor negativo. La gráfica (c) para comparaciones se usara solo para radios pequeños y para checar resultados.
- 6.-Mida con un micrometro el espesor de la película recubierta. (t)
- 7.-Usando la formula.

$$L_1 = \frac{t}{2 R' - t}$$
 Determinar el valor de L_1 .
- 8.-Ponga la pieza a lo largo del mandril en un tornillo de banco y con las tenazas doble la pieza alrededor del mandril, observando cuidadosamente la pieza para poder ver la primera fractura.

Sino ocurre la fractura, repita la operación, usando progresivamente mandriles de menor diámetro hasta que se observe la fractura en el recubrimiento. (La primera fractura se define como el desprendimiento del metal base o del cobre, si es que se usa éste como base. Un método efectivo para determinar cuando la fractura se extiende al metal base o al cobre, es la prueba química para cobre y fierro. (Ya discutidas). Deberá tenerse una buena iluminación durante la prueba de doblado, el que se hace lentamente, para poder observarse el punto final.

9.- La medida de la altura de la cuerda (A_2), deberá hacerse como en 4.- Si la forma de la pieza es muy irregular, será necesario tener una cuerda auxiliar para la cuerda calibradora de altura, que en la pieza ayude a obtener el punto donde la fractura ocurre por mientras que se hace el doblado. (La grafica (c) se puede usar checar los resultados).

10.- Usando la gráfica (A), obtenga el radio R_2 .

11.- Usando la formula, determine L_2 .

$$L_2 = \frac{t}{2R_2 - t} \text{ o usando la gráfica (B)}$$

12.- Deduzca L_1 de L_2 para determinar el grosor del recubrimiento, que causa fractura ($L_2 - L_1 = L$ en pulgadas por pulgada).

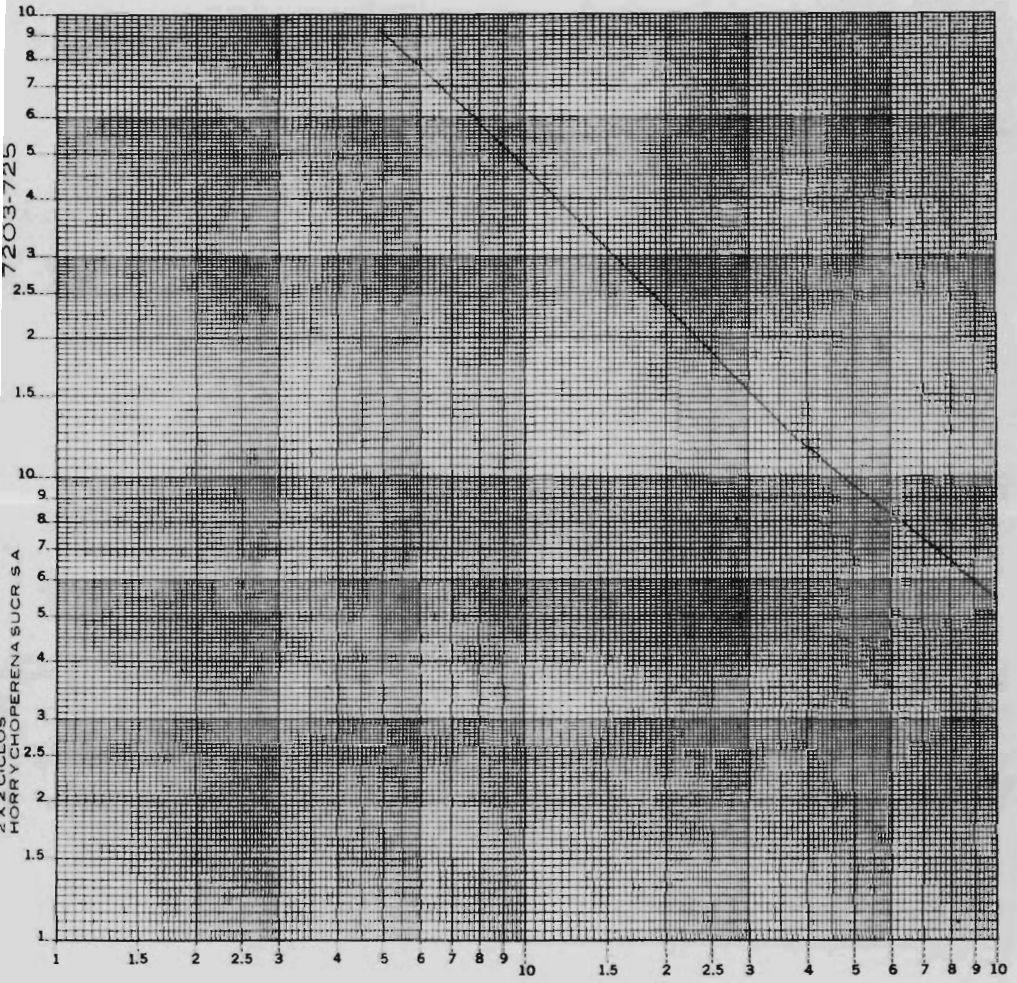
$L \times 100 =$ Extensión expresada en %.

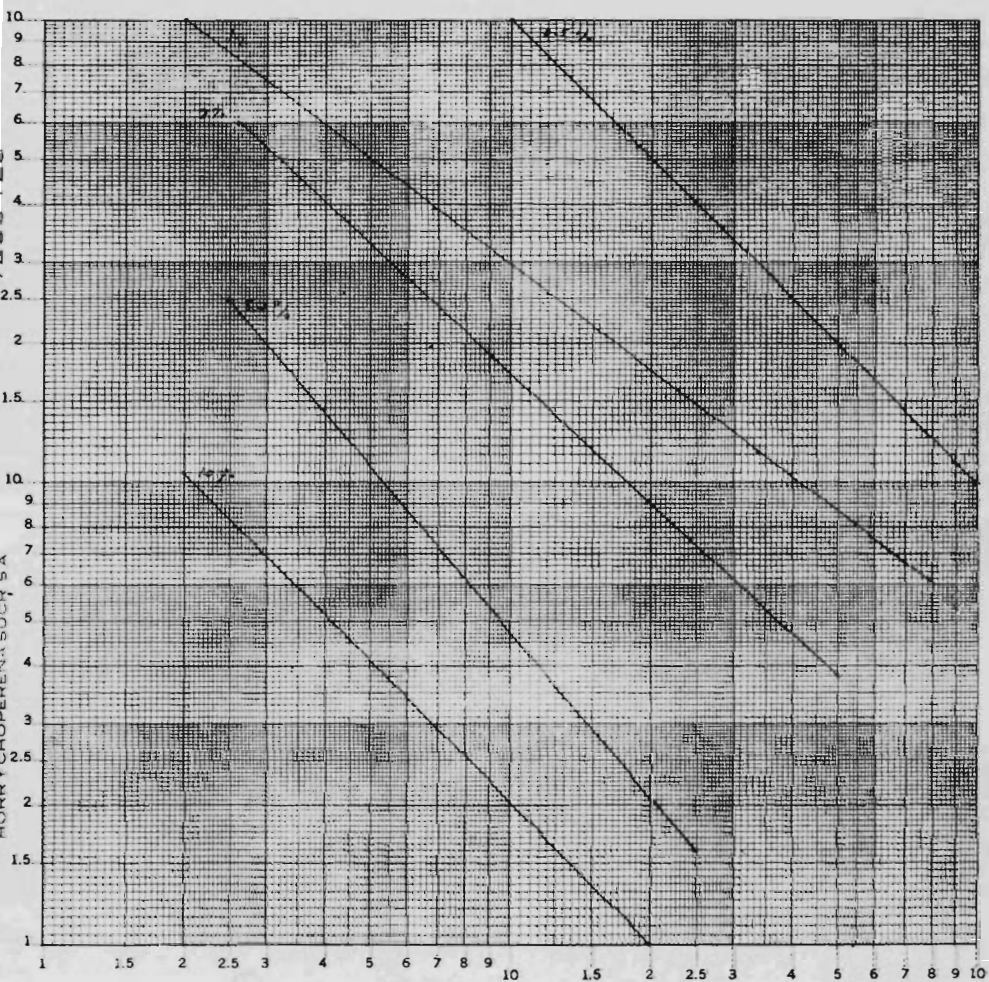
[Si la superficie original es concava, L_1 será negativa por lo que L_1 y L_2 se suman].

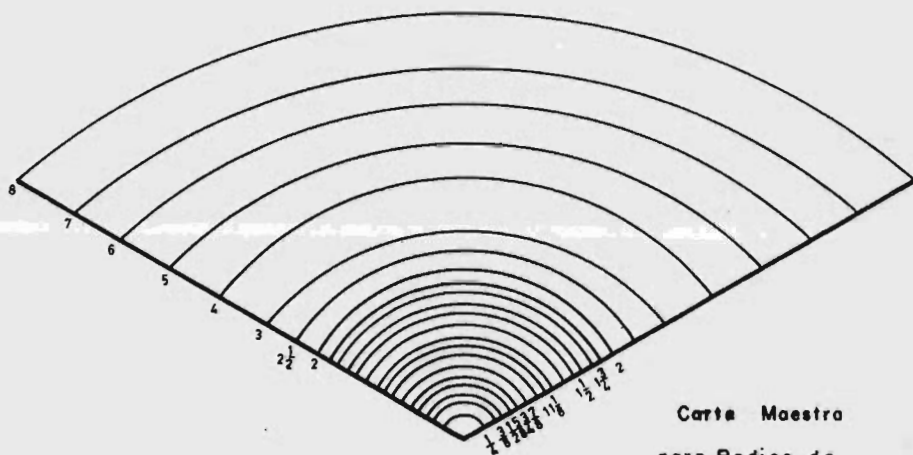
Interpretación de resultados.

Para los recubrimientos de Niquel brillante, la cantidad de recubrimiento es 0.005".

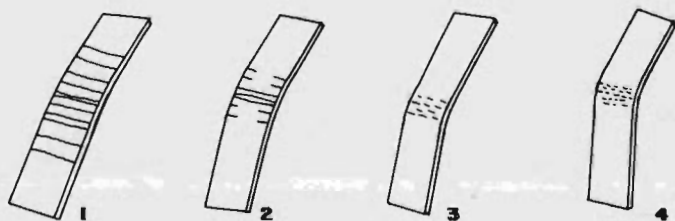
GRAFICAS:





GRAFICA C

Carta Maestra
para Radios de
Curvatura



ILUSTRACION DE LA LINEA DE FRACTURA

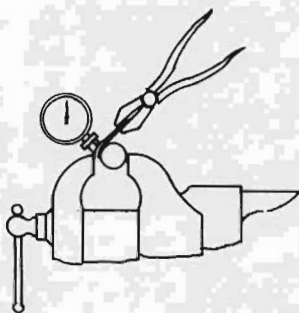
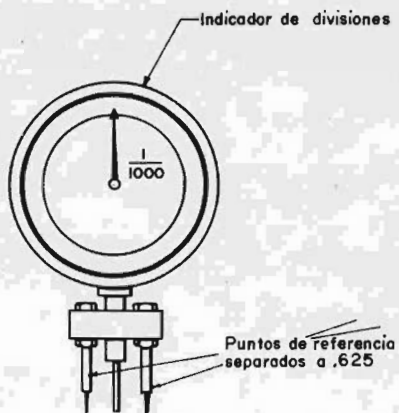


Ilustración mostrando la posición del mandril y la prueba limpia a la vista, y el uso de la cuerda calibradora que conduce la cuerda.

PRUEBA DE DUCTILIDAD TIPO TALLER, PARA LOS DEPOSITOS DE NIQUEL:

Reactivos y Equipo:

Rejilla de acero inoxidable de 4 "por 6" para prueba limpiador.

Acido para inmersión: Acido sulfúrico al 5% para inmersión o ácido sulfúrico al 55%, para grabados anódicos.

Micrometro.

Rueda para pulir.

Molino.

Tijeras afiladas para cortar la muestra de una hoja limpia.

En los depósitos decorativos de cromo, se requiere un depósito de cromo de buena ductilidad. Los depósitos de níquel semibrillantes tienen buena ductilidad, y los de níquel brillante tienen mala ductilidad. Pero los depósitos posteriores de cromo disminuyen la ductilidad aun más.

La siguiente prueba, tipo taller, es una medida de la ductilidad media del níquel y de los depósitos de cromo-níquel. El uso frecuente de ella ayuda al técnico a determinar las condiciones del baño para recubrimiento, pues las impurezas en el baño de níquel disminuyen la ductibilidad de los depósitos. Es particularmente util además para determinar la

efectividad de una purificación de la solución.

A.- PREPARACION DE LA MEZCLA:

- 1.- Use una rejilla de acero inoxidable de 4 " x 6".
- 2.- Use una solución alcalina para limpiar.
- 3.- Enjuague.
- 4.- Sumerja en ácido sulfúrico al 5%, o haga la pieza anódica durante 10 seg. en una solución de ácido sulfúrico al 55% en volúmen.
- 5.- Enjuague.
- 6.- Haga un depósito en el baño de níquel que se quiere probar, depositando aproximadamente un recubrimiento de níquel de 0.001".
- 7.- Enjuague.
- 8.- Para la prueba de ductilidad del níquel, seque el depósito, y continúe en la sección B.
- 9.- Para prueba de Níquel-Cromo:
 - a) Deposite 0.000005" de cromo para aplicaciones interiores, o 0.00001 para aplicaciones exteriores.
 - b) Seque, y continúe en la sección B.

B.- PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA.

Los depósitos de níquel pueden ser probados inmediatamente después de la operación de recubrimiento, pero los depósitos de Níquel-Cromo solo pueden ser probados después de 24 horas del recubrimiento.

- 1.- Raspe las placas del material recubierto hasta remover de las placas de recubrimiento las imperfecciones, cuidando que no haya arrugas en las placas de recubrimiento.
- 2.- Corte las muestras limpias de recubrimiento en secciones de $1/4$ "x 3" desde el centro de la laminilla de depósito.
- 3.- Mida el grosor de las laminillas con un micrómetro, anote esta medida como "T".
- 4.- Cuidadosamente doble la muestra limpia de recubrimiento hasta formar una "U", procurando que quede hacia fuera el exterior de la laminilla recubierta. Coloque la laminilla en forma de "U" entre los dientes del micrometro.
- 5.- Cierre los dientes lentamente, hasta que el depósito se fracture. La fractura se siente como una falla de la resistencia al doblado, o por un crujido ligeramente audible. Tome la lectura del micrómetro, y anotela como "2R".

6.- Cálculo:

$$\text{Ductilidad} = \frac{T}{2R}$$

T = Grosor del Depósito.

2 R = Lectura del manómetro al tiempo de fractura del depósito.

La medida máxima de ductilidad encontrada por este método es cuando $2R = 2T$. Si $T = 0.001$ entonces a la máxima ductilidad $2R = 0.002$.

$$\text{Ductilidad} = \frac{T}{2R} = \frac{0.001}{0.002} = 0.5$$

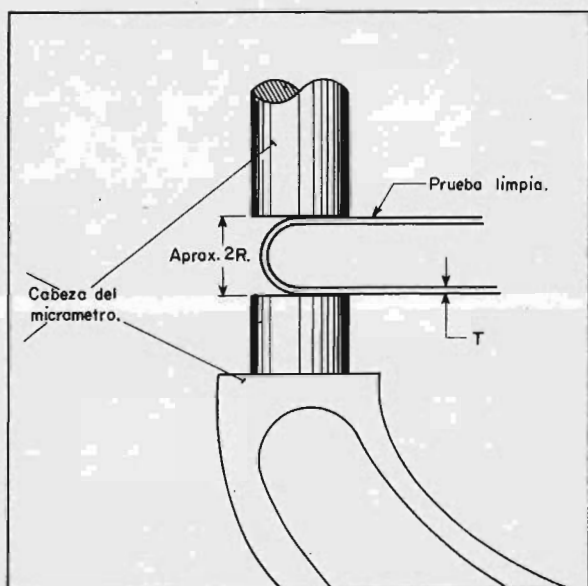
C.- RANGOS TÍPICOS:

Aún no se ha definido los límites para cada tipo de solución de níquel. Solo se puede proporcionar algunos datos de varios baños de algunos tipos de solución.

El mejor rango se podrá establecer para un baño usado y controlado dentro de ciertos límites, lo que nos proporcionará un rango para ese tipo de solución. Algunos rangos comerciales son:

<u>DEPOSITO</u>	<u>DUCTILIDAD</u>
Níquel semi-brillante	0.30 a 0.5
Níquel brillante	0.10 a 0.1
Níquel brillante + cromo	0.04 a 0.1

Figura:



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

- 1) Chrysler Co
Chrysler Corporation Laboratory procedures
Technical data departaments Eng. off.

- 2) Du Rose A.H.

Procedimientos de Fabricación y Secuencia de
las Operaciones.
The Harshaw Chemical company
Cleveland Ohio

- 3) Gemayel Elías Rubén

Diseño de una Planta Cloro-Caústica con Cel-
das Mercúricas.
Puebla, Pue. 1958.

- 4) Leon López Enrique G.

Coloquio sobre Corrosión y prot. de Mat.
Cofae I.P.N. 1969

- 5) Ongay Larios Rosa Ma. Fernánda
Purificación de los Baños Electrolíticos de
Sodio para Joyería.
Químico 1975.

- 6) Perry Robert H.
Chemical Engineer's Handbook
5 th ed. 1975.
- 7) Quezada Barrat Enrique Edmundo
Proyecto de una planta para Acabado Electro-
lítico de coginetes para motores.
México, D.F. 1967.
- 8) Scully M.A. Ph. D.A . I.M. - H.E.
The fundamentals of corrosion
Leeds University
Pergamon Press. 1967.
- 9) Schaums Daniel B.S.
Química General
Mc. Graw - Hill 1967.
- 0) Spiegel R. Murray
Schaums.
Mc. Graw - Hill 1969
- 1) Villarreal Dominguez Ing. Enrique
Elementos de Electroquímica Formativa
Edic. de U.N.A.M.

TABLA — DIFICULTADES Y SU CORRECCION

Naturaleza de la dificultad	Causas probables	Métodos de corrección
<p>(1) Avesajamiento o despellejamiento</p> <p>(A) Entre el metal de base y el cobre</p> <p>(B) Entre la capa de cobre por PR y el recubrimiento siguiente</p>	<p>Mal recubrimiento inicial rápido</p> <p>Limpieza defectuosa</p> <p>Desprendimiento del recubrimiento rápido inicial</p> <p>Enjuagado inapropiado</p> <p>Formación de espuma sobre la parte superior del tanque de recubrimiento</p>	<p>Comprobar análisis prestando énfasis especial sobre la concentración de cianuro libre. Aumentar el tiempo del recubrimiento rápido inicial.</p> <p>Comprobar las concentraciones de limpiadores alcalinos, tanques de inmersión y tanques de ataque electrofóido.</p> <p>Comprobar contactores y regulador de tiempo por funcionamiento inapropiado.</p> <p>Comprobar goteo de aceite o grasa en el enjuagado por aspersión o sobre la parte superior de los tanques de enjuagar. Comprobar el tiempo del enjuague después del cobreado (tiempo mínimo 30 seg).</p> <p>Tratar con carbono activado. Si la producción de espuma continúa, comprobar revestimiento, recubrimiento de los soportes, y materiales de las telas empleadas en los diafragmas.</p>
(2) Picaduras	Arrastre de contaminación orgánica	Tratar la solución con carbono activado. Si las picaduras persisten, comprobar revestimientos, recubrimientos de los soportes y materiales de las telas empleadas en los diafragmas.
(3) Rugosidad	<p>Temperatura de trabajo baja</p> <p>Falla de la tela que cubre a los diafragmas</p> <p>Filtros</p> <p>Agua dura</p> <p>Alto contenido en carbonatos</p> <p>Suciedad conducida por el aire</p> <p>Suciedad llevada por las partes</p>	<p>Comprobar la temperatura y asegurarse de que la solución no está trabajando a densidad de corriente excesiva para la temperatura empleada.</p> <p>Cortar el aire al tanque e inspeccionar visualmente los materiales por rajaduras que pudieran permitir el paso de partículas desde el compartimiento anódico.</p> <p>Comprobar la descarga desde los filtros y asegurarse de que el filtrado es claro.</p> <p>Comprobar el desionizador o el destilado del vapor. Analizar por carbonatos y no permitir que la concentración exceda de 8 oz/gal (60 g/lit).</p> <p>Instalar filtros sobre la admisión del soplador.</p> <p>Remover toda cascarilla de la soldadura, fundente, o salpicaduras de la soldadura antes del recubrimiento.</p>
(4) Anodos aislados (los ánodos se tornan negros)	<p>Hidróxido de potasio bajo</p> <p>Cianuro libre bajo</p> <p>Area de ánodo demasiado pequeña</p> <p>Falta de agitación por aire</p> <p>Flomo en la solución</p>	<p>Aumentar el hidróxido a 6 oz/gal (45 g/lit).</p> <p>Aumentar el cianuro libre a la concentración normal de funcionamiento.</p> <p>Colocar ánodos adicionales en el tanque y agitación de aire debajo de los ánodos.</p> <p>Comprobar la agitación de aire debajo de los ánodos. Purificar electrofóicamente para remover la fuente de contaminación.</p>
(5) Falta de brillantéz	<p>Agitación por aire, insuficiente</p> <p>Contenido bajo en agente de adición*</p> <p>Contaminación orgánica</p> <p>Corriente excesivamente alta</p> <p>Contaminación por cromo</p>	<p>Aumentar la agitación por aire.</p> <p>Aumentar la concentración de agentes de adición*</p> <p>Tratar la solución con carbono activado.</p> <p>Reducir la densidad de corriente o aumentar la agitación por aire.</p> <p>Añadir 0.002 a 0.005 oz/gal (0.015 a 0.04 g/lit) de hidrosulfito sódico en forma sólida.</p>
(6) Falta de nivelación	<p>Baja concentración de agentes de adición*</p> <p>Contaminación orgánica</p> <p>Densidad de corriente demasiado baja</p> <p>Agitación por aire insuficiente</p>	<p>Aumentar la concentración de los agentes de adición.*</p> <p>Tratar la solución con carbono activado.</p> <p>Aumentar la densidad de corriente.</p> <p>Aumentar la agitación con aire.</p>

* Cuando se utilicen agentes de adición de patente, ¹.

TABLA Especificaciones de la A.S.T.M. acerca de revestimientos metálicos eléctricos

Metal base	Patrón de la A.S.T.M.	Revestimiento	Tipo y espesor del revestimiento ^{a, b} , pulg., mín. ^c				
Cobre y sus aleaciones	B141-45	Níquel	F.C. { 0.0005	K.C. { 0.0003	Q.C. { 0.0001		
		Cromo (si es necesario) ^d	{ 0.00001	{ 0.00001	{ 0.00001		
Acero	A165-40T	Cadmio	N.S. 0.0005	O.S. 0.0003	T.S. 0.00015		
	A166-45T	Cobre con níquel (total) ^e	D.S. { 0.0020	F.S. { 0.00125	K.S. { 0.00075		
		Níquel final				Q.S. { 0.0004	
	Cromo (si es necesario)	{ 0.0010	{ 0.0006	{ 0.0004			
	B200-45T	Plomo	E.S. 0.0010	M.S. 0.0005	P.S. 0.00025		
Cobre Plomo		EE.S. { 0.000015	MM.S. { 0.000015	PP.S. { 0.000015			
		{ 0.0010	{ 0.0005	{ 0.00025			
	A164-40T	Cinc	G.S. 0.001	L.S. 0.0005	R.S. 0.00015		
Cinc y sus aleaciones	B142-45T	Cobre con níquel (total)	F.Z. { 0.00125	K.Z. { 0.00075	Q.Z. { 0.0005 ^f		
		Cobre				{ 0.0004	{ 0.0003
		Níquel final				{ 0.0005	{ 0.0003
		Cromo (si es necesario)				{ 0.00001	{ 0.00001

^a Explicación de símbolos de tipo: las letras iniciales fueron aceptadas como designaciones arbitrarias de grados de chapeado; la segunda letra indica el metal de base: B *brass* (latón), C *copper* (cobre), S *steel* (acero) y Z *zinc* (cinc).

^b El chapeado resiste la prueba tipo de aspersión con sal sin que experimente corrosión perceptible en el siguiente número de horas: D.S., 96; F.S., 72; K.S., 48; Q.S., 16; E.S., 16; EE.S., 96; M.S., 48; MM.S., 48; P.S., 24; PP.S., 24; F.Z., 48; K.Z., 32; Q.Z., 16.

^c El espesor máximo debe ser de menos de 0.00005 pulg. para evitar el agrietamiento.

^d Cuando se pone cobre en exceso de 0.0001 pulg., el mínimo será 0.00075 pulg.

^e Si sólo se usa níquel, el espesor será 0.0003 pulg.

TABLA Materiales para construcción de tanques de galvanización y aceros

Metal para chapado	Baño	Tanque*	Equipo permutador de calor ^b	Equipo filtrador ^b	Equipo para escape de vapores o de impurezas
Latón	Cianuro	Acero simple o revestido de caucho	Acero	Acero	Acero
Cadmio	Cianuro	Acero simple o revestido de caucho	Acero	Acero	Acero
Cromo	Ácido crómico	Acero revestido con antimonio y plomo, con estaño y plomo o con ladrillo	Plomo	Rara vez se filtra	Acero
Cobre	Sulfato	Acero revestido de caucho o de plomo	Plomo	Acero inoxidable o acero revestido de caucho	No necesario
Cobre	Cianuro o sal de La Rochela	Acero simple o revestido de caucho	Acero	Acero	Acero
Cobre	Cianuro de alta velocidad	Acero simple o revestido de material sintético	Acero	Acero	Acero
Cobre	Pirofosfato	Acero revestido de caucho o de ladrillo	Durirón o carbono	Acero inoxidable o fundición	No necesario
Cobre	Fluoroborato	Acero revestido de caucho	Carbono o durirón	Acero revestido de caucho o durirón	No necesario
Oro	Cianuro	Gres, acero o acero revestido de material sintético	Acero	Acero	Acero
Indio	Cianuro	Gres, acero o acero revestido de material sintético	Acero	Acero	Acero
Hierro	Cloruro o sulfato	Acero revestido de caucho, vidrio o ladrillo	Durirón o carbono	Acero inoxidable o durirón	No necesario
Plomo	Fluoroborato	Acero revestido de caucho	Carbono o durirón	Acero revestido de caucho o durirón	No necesario
Níquel	Watts (sulfato)	Acero revestido de plomo o de caucho	Plomo, acero inoxidable o durirón	Acero revestido de caucho o durirón	No necesario
Níquel	Cloruro	Acero revestido de caucho	Acero inoxidable o durirón	Acero revestido de caucho o durirón	No necesario
Rodio	Sulfato	Gres químico	Vidrio	Vidrio	No necesario
Plata	Cianuro	Acero simple o revestido de caucho	Acero	Acero	Acero
Speculum	Cianuro	Acero simple o revestido de caucho	Acero	Acero	Acero
Estaño	Estannato	Acero simple o revestido de material sintético	Acero	Acero	Acero (conveniente, pero no siempre necesario)
Estaño	Sulfato	Acero revestido de plomo o de caucho	Acero inoxidable o durirón	Caucho, acero inoxidable o durirón	No necesario
Estaño	Fluoroborato	Acero revestido de caucho	Carbono o durirón	Caucho o durirón	No necesario
Cinc	Cianuro	Acero simple o revestido de caucho	Acero	Acero	Acero
Cinc	Sulfato	Acero revestido de plomo o de caucho	Plomo	Caucho, acero inoxidable o durirón	No necesario

* En lugar del caucho se pueden revestir los tanques con algún plástico sintético adecuado, como el cloruro de vinilo o el neopreno.

^b Los aceros inoxidables 316 y 317 A.I.S.I. (que contienen 2-4% de Mo) tienen resistencia química superior y por regla general se les da preferencia cuando se especifica acero inoxidable, excepto para baños de cloruros de hierro y níquel que requieren aceros inoxidables especiales elaborados por fabricantes de bombas y permutadores de calor para soluciones concentradas de cloruros.

TABLA

DENSIDADES EN GRADOS BAUMÉ Y DENSIDADES ESPECÍFICAS
DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ÁCIDO SULFÚRICO,
CLORHÍDRICO Y NÍTRICO A LA TEMPERATURA AMBIENTE

TABLA DE CORRESPONDENCIA DE GRADOS BAUMÉ
Y DE DENSIDADES ESPECÍFICAS

GRADOS BAUMÉ	DENSIDAD ESPECÍFICA	CONTENIDO EN ÁCIDO SULFÚRICO		CONTENIDO EN ÁCIDO CLORHÍDRICO		CONTENIDO EN ÁCIDO NÍTRICO	
		g/l.	%	g/l.	%	g/l.	%
1	1 007	1,22	12	1,57	16,5	1,39	14,2
2	1 014	2,20	22	2,98	30,6	2,67	26,7
3	1 021	3,34	35	4,57	47	4,09	41,8
4	1 028	4,39	45	6,01	61,6	5,37	55,6
5	1 035	5,54	58	7,58	78,7	6,75	70
6	1 043	6,67	70	9,16	96	8,13	85
7	1 050	7,67	81	10,59	112	9,35	98,6
8	1 058	8,77	93	12,19	129	10,68	113
9	1 065	9,79	105	13,61	145	11,87	128
10	1 073	10,90	117	15,16	163	13,15	141
11	1 081	12,07	130,5	16,81	182,8	14,50	157
12	1 089	13,13	143,6	18,30	199,4	15,67	173
13	1 097	14,35	158	20,01	220	17,11	188
14	1 105	15,49	172	21,60	240	18,41	204
15	1 114	16,49	184,6	23,05	259,4	19,61	220,6
16	1 122	17,66	199	24,78	279	21,00	237,6
17	1 131	18,85	213,7	26,51	300	22,41	254,2
18	1 140	19,94	227	28,14	322	23,70	272
19	1 149	21,17	242,6	29,94	345	25,14	291
20	1 158	22,35	263,6	32,10	374	26,66	310
21	1 167	23,60	276,6	33,65	394	28,03	328
22	1 176	24,76	292	35,39	418	29,38	347
23	1 186	26,04	310	37,23	444	30,88	367
24	1 196	27,32	328	39,11	469	32,36	388
25	1 205	28,58	346			33,82	409
26	1 215	29,84	364			35,28	430
27	1 225	31,25	384			36,93	454,4
28	1 236	32,40	402			38,44	476,6
29	1 250	33,65	422			40,12	502
30	1 257	34,90	441			41,80	529
31	1 268	36,17	457			43,49	554,2
32	1 279	37,45	482			45,18	581,8
33	1 290	38,45	503,7			47,02	609
34	1 302	40,11	525			48,77	637,8
35	1 313	41,50	548			50,71	669
36	1 325	42,93	571,6			52,80	704

TABLA (continuación)

DENSIDADES EN GRADOS BAUMÉ Y DENSIDADES ESPECÍFICAS
DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ACIDO SULFURICO
CLORHIDRICO Y NITRICO A LA TEMPERATURA AMBIENTE

TABLA DE CORRESPONDENCIA DE GRADOS BAUMÉ
Y DE DENSIDADES ESPECÍFICAS

GRADOS BAUMÉ ° Bé	DENSIDAD ESPECÍFICA g/l.	CONTENIDO EN ÁCIDO SULFÚRICO		CONTENIDO EN ÁCIDO CLORHÍDRICO		CONTENIDO EN ÁCIDO NÍTRICO	
		%	g/l.	%	g/l.	%	g/l.
37	1 337	44,28	595			54,93	739
38	1 349	45,61	619			57,12	776
39	1 362	46,94	643			59,39	814
40	1 375	48,35	667,6			61,92	856
41	1 388	49,85	686,8			64,77	874
42	1 401	51,15	721			67,50	952
43	1 414	52,51	748			70,38	1 006
44	1 428	53,91	776			74,25	1 068
45	1 442	54,34	804				
46	1 456	56,74	834				
47	1 471	58,13	862,6				
48	1 486	59,64	893				
49	1 501	61,12	925				
50	1 517	62,53	957				
51	1 533	63,99	990,6				
52	1 549	65,50	1 024				
53	1 565	66,95	1 058				
54	1 582	68,48	1 095				
55	1 599	70,00	1 131				
56	1 617	71,70	1 170				
57	1 635	73,18	1 207				
58	1 653	74,80	1 248				
59	1 672	76,51	1 293				
60	1 691	78,04	1 334				
61	1 711	80,02	1 386				
62	1 731	81,85	1 435				
63	1 752	84,02	1 489				
64	1 773	86,30	1 549				
65	1 795	90,05	1 639				
66	1 817	96,90	1 800				
67	1 840						
68	1 863						
69	1 887						
70	1 912						
71	1 937						
72	1 963						

TABLA
 DENSIDADES ESPECIFICAS EN GRADOS BAUME
 DE SOLUCIONES ACUOSAS DE SOSA
 Y POTASA CAUSTICA A TEMPERATURA AMBIENTE.
 TABLA DE CORRESPONDENCIA
 DE DENSIDADES ESPECIFICAS EN GRADOS BAUME

DENSIDADES ESPECIFICAS en g/l.	GRADOS BAUMÉ	CONTENIDO EN SOSA (NaOH)		CONTENIDO EN POTASA (KOH)	
		%	g/l.	%	g/l.
1 000	0,00	0,08	0,78	0,10	0,98
1 010	1,44	0,95	9,57	1,18	11,97
1 020	2,84	1,83	18,69	2,27	23,17
1 030	4,22	2,72	27,97	3,36	34,60
1 040	5,58	3,61	37,51	4,44	46,20
1 050	6,91	4,51	47,30	5,52	57,98
1 060	8,21	5,41	57,29	6,60	69,99
1 070	9,49	6,31	67,47	7,68	82,14
1 080	10,74	7,21	77,81	8,75	94,45
1 090	11,97	8,10	88,28	9,79	106,73
1 100	13,18	9,00	99,00	10,86	119,50
1 110	14,37	9,90	109,91	11,92	132,27
1 120	15,54	10,80	120,98	12,97	145,25
1 130	16,68	11,70	132,24	14,03	158,54
1 140	17,81	12,60	143,67	15,07	171,80
1 150	18,91	13,50	155,29	16,09	185,03
1 160	20,00	14,40	167,09	17,10	198,38
1 170	21,07	15,32	179,20	18,12	212,03
1 180	22,12	16,22	191,35	19,14	225,89
1 190	23,15	17,12	203,69	20,16	239,90
1 200	24,17	18,02	216,24	21,16	253,94
1 210	25,16	18,93	229,03	22,17	268,24
1 220	26,15	19,83	241,90	23,16	282,53
1 230	27,11	20,73	254,98	24,15	297,01
1 240	28,06	21,64	268,29	25,13	311,58
1 250	29,00	22,55	281,81	26,11	326,34
1 260	29,92	23,46	295,53	27,10	341,46
1 270	30,83	24,36	309,42	28,07	356,49
1 280	31,72	25,28	323,52	29,00	371,20
1 290	32,60	26,19	337,89	29,95	386,39
1 300	33,46	27,11	352,44	30,90	401,65
1 310	34,31	28,03	367,19	31,84	417,09
1 320	35,15	28,96	382,32	32,78	432,64
1 330	35,98	29,90	397,63	33,71	448,34
1 340	36,79	30,84	413,24	34,63	464,08
1 350	37,59	31,79	429,18	35,55	479,94
1 360	38,38	32,74	445,30	36,46	495,91
1 370	39,16	33,70	461,62	37,37	512,01
1 380	39,93	34,66	478,31	38,28	528,29
1 390	40,68	35,64	495,35	39,19	544,71
1 400	41,43	36,62	512,64	40,08	561,12

TABLA DE SOLUBILIDADES, A 20°C, DE LAS PRINCIPALES SALES UTILIZADAS EN GALVANOTECNIA

Para constituir la terminología de las sales se emplea:

1º El nombre del radical anión, ácido por tanto, o sea fluoruro, fosfato, etc., al que se añade de, y

2º El nombre del metal con su sufijo oso o ico, si ha lugar. Ejemplos: Fluoruro de bario, sulfato estannoso o de estaño bivalente, cianuro cuproso, cromato de amonio (o de amoníaco), nitrato de sodio (o de sosa) cloruro de potasio (o de potasa), etc.

RADICAL ANIÓN →			FLUORURO	CLORURO	CIANURO	NITRATO	SULFURO	SULFATO	CARBONATO	FOSFATO	ACETATO	CROMATO
Símbolo → Valencia →			F I	Cl I	CN I	NO ₂ I	S 2	SO ₄ 2	CO ₃ 2	PO ₄ 3	CH ₃ CO ₂ I	CrO ₄ 2
Metal catión ↓	Símbolo ↓	Valencia ↓										
Aluminio . . .	3	Al	I A B	S ₃₆		S ₇₃		S ₃₆		I A B		
Amonio . . .	1	NH ₄	S	S	S	S ₁₀₇	S	S ₇₃	S	m S 68 b S 220 t I	S	S ₃₆
Plata	1	Ag		I	I CN	S ₁₁₁	I CN	I A" CN	I B CN H NO ₂			I CN
Bario	2	Ba	I A	S ₃₆	S ₇₆	PS	I	I	I	I	S	I
Cadmio	2	Cd	S ₄₃	S	I CN	S ₁₁₁	I	S ₇₇	I A	I		
Calcio	2	Ca	S ₃₆	S	S	SH		I	I	m I A b I B t A	S ₃₆	S ₃₆
Cromo . . . oso ico	2 3	Cr Cr	PS I	S S cr 58		S ₁₁₁	I S	S S	I			
Cobre . . . oso ico	1 2	Cu Cu		PS A S cr 77	I A CN I CN	I CN S	I CN	S	I CN	I A	S	
Estaño . . . oso ico	2 4	Sn Sn	S S H	S ₃₆ S H		SH	I A B	PS A PS		I A B		
Hierro . . . oso ico	2 3	Fe Fe	PS I	I B S ₃₆		S ₃₆ S ₃₇	I I	S cr 26 S cr H	I	I A I A	S S	
Magnesio . . .	2	Mg	PS	S H		S ₇₇ H	S	S	S	I A		

Hierro	oso	2	Fe	PS	I	S ₁₁	I	S cr 26	I	I A I A	S
	ico	3	Fe	I	S ₁₁	I	S cr H				S

Magnesio		2	Mg	PS	S H		S ₁₁ H	S	S	S	I A		
Niquel		2	Ni	PS	S cr 55		S	I A Cl	S ₁₁	I A	I A	SH	
Oro	oso	1	Au		I Cl CN S A	I CN S ₁₁							
	ico	3	Au		I Cl CN S A	I CN S ₁₁							
Platino	oso	2	Pt		I A S	I A B		I					
	ico	4	Pt		I A S	I A B		I					
Plomo		2	Pb	PS	I N H ₂	I CN	S ₁₁	I A'	I A'	I	I A' B	S	I B NO ₂
Potasio		1	K	S ₁₁	S ₁₁	S H	S ₁₁	S	S ₁₁	S	$\frac{m}{b} \frac{S}{t} \frac{22}{160} \frac{103}{103}$	S	S ₁₁
Rodio		3	Rh		S		S		S				
Sodio		1	Na	S ₁₁	S ₁₁	S	S ₁₁	S	S	S ₁₁	$\frac{m}{b} \frac{S}{t} \frac{83}{8} \frac{14}{14}$	S	S
Zinc		2	Zn	S	S ₁₁	I CN A B	S ₁₁	I A	S cr 70	I A B	I	PS	PS A

H = se hidroliza S = soluble
 PS = poco soluble I = insoluble
 S seguido de cr = la sal cristalizada es soluble
 seguido de una cifra = solubilidad de la sal anhidra en 100 g de agua a 20°C
 cr seguido de una cifra = solubilidad de la sal cristalizada en 100 g de agua a 20°C
 I = insoluble en agua pero soluble en cianuros alcalinos
 I A = insoluble en agua pero soluble en los ácidos minerales habituales
 I A' = idem, salvo ácido sulfúrico
 I A'' = idem, salvo ácido clorhídrico
 I B = insoluble en agua pero soluble en bases

PS A'' = poco soluble en agua pero soluble en los ácidos minerales habituales
 PS CN = idem, pero cianuros alcalinos
 A = seguido de Cl = ácido clorhídrico
 NI₁ = insoluble en agua, pero soluble en algunas sales amoniacales
 I NO₂ = insoluble en agua pero soluble en ácido nítrico
 Para los fosfatos:
 m = monofosfato R₁PO₄
 b = bifosfato R₂HPO₄
 t = trifosfato R₃PO₄
 Los cuadros vacíos corresponden a sales poco comunes

FAMILIAS DE ELECTROLITOS PARA ELECTRODEPOSITOS DE METALES USUALES

ELECTRO-DEPÓSITO	ELECTROLITO	VALENCIA	SOLUCIONES			BAÑOS QUIETOS	BOMBOS	PRINCIPALES APLICACIONES
			ÁCIDA	CIANURADA	DIVERSAS			
Plata	Plateado	1		+		+	+	Decor. Antigripaje
Cadmio	Cadmado	2		+		+	+	Protección
Cromo	Cromado sulfúrico	2,3 o 6	+			+	+	Decoración sobre capas previas Cromado directo duro, a espesor, protección, recargo
	Cromado fluosilícico		+			+		
Cobre	Cobreado cianurado	1		+		+	+	Antes del cobre a espesor, Ni, sobre aleaciones ferrosas, aluminio (pretratado) zinc, e. max. = 30 micras Permiten depósitos a espesor, protección antes del níquel, Cr, discos, imprenta, electroformado, etc. Protección
	Cobreado pirofosfato	2			pH8,6			
	Cobreado fluosilícato	2	+			+		
	Cobreado sulfato	2	+			+		
Cobreado sulfato brillante	+	+				+		

CAIVANOTECNIA

Estaño	Estañado ácido (sulfato estannoso)	2	+			+	+	Protección (hojalata)
	Estañado fluoroborato	2	+			+		Poco utilizado
	Estañado alcalino	4			Estan- nato	+		
Níquel	Níquel mate	2	+			+	+	Decoración, protección, recargo Decoración, protección Protección, recargo, electroformado
	Níquel brillante	2	+			+	+	
	Níquel sulfamato	2	+			+	+	
Oro	Dorado alcalino	3		+		+	+	Decoración, protección (electrónica, industria espacial, etc.)
	Dorado ácido	3	+				+	
Rodio	Rodiado	3	+			+		Decoración, generalmente sobre pla- teado
Zinc	Zincado cianurado o zincado alcalino	2		+		+	+	Protección Poco utilizado (protección) Protección
	Zincado ácido (SO ₄)	2	+			+		
	Zincado ácido fluoroborato	2	+					
Latón	Latonado			+		+	+	Decoración. Si se exige una protec- ción, ha de ir precedido por un cobreado, o un níquelado, o los dos.

CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES ELECTROLITOS PARA ELECTRODEPOSITOS

ELECTROLITO PARA ELECTRODEPOSITO	TEMPERATURA HABITUAL	pH	CONTENIDO METAL g/l	REFRIGERACION	AGITACION			DENSIDAD DE CORRIENTE A/dm ²	RELACION litro/amperio	PODER DE			RENDIMIENTO	
					FILTADO	catódica	aire			penetración	repartición	INVERSION PERIODICA	anódico	catódico
Plateado	15/25	12,0	25/60		+	+		0,2/10	0,1 à 0,4/1	TB	TB	+ /	100	100
Cadmado	15/25		25/45	+/	\+			1,0/2,5	2/1	TB	B		100	90/95
Cromado decorativo duro SO ₄ duro fluorosilicato	20/55		250/400 (1)						0,7/1	F	Ma			12/18
	40/60		250/300 (1)	+/					0,7/1	F	Ma			15/22
	40/60		250/300 (1)	+/					0,7/1	Mo	Ma			18/28
Cobre	15/50	12/12,8	15/50		+	+	+	1 à 6	0,4 à 1/1	B	B	+	90	60
	15/60		35/65		\+	+	+	≤ 20	1/1	AB	B		100	100
	30	8,5/8,9	20/30		+	+		4 à 6	2/1	TB	B		100	100
	25/50	0,2/1,0	60/130		+	+		≤ 50	1/1				100	100
Estaño sulfato fluoroborato estannato	15/30		10/35			+	+	1 à 5	0,5/1	TB	B		100	100
	20/40	0,2/0,5	80		+	+		3 à 15	1/1 à 2/1	B	B			
	60/80		30/50					≤ 6	1/1	TB	B		60/80	60/80
Níquel sulfato mate sulfato brillante sulfamato	15/60	4,2/5	30/60		+	+	+	0,5 à 5	0,5/1	B	Mo		90/98	90/95
	40/60	4,2/4,6	50/60		+	+	+	3 à 6	0,5/1	B	Mo		90/98	90/95
	30/70	3/5	60/90		+	+	+	3 à 22	0,5/1	B	Mo		90/98	90/95
Oro	50/70	11,8	1/8		\+	+		0,5 à 3	3/1	B	B			60/98
Rodio	40/50	Elevé	2/6			+			0,1/1	B	B			
Zinc cianurado ácido sulfato ácido fluoroborato	15/25(2)	12/12,5	25/45	+	\+			2 à 5	3/1	B	B		90/100	85/95
	20/40	3,5/4,0	60/80		\+	+		2 à 10	2/1	Ma	Ma			
					+	+		≤ 85	2/1	B	B			

+ / A veces /+ preferible. TB = muy bueno, B = bueno, P = débil, Mo = medio, Ma = malo.

(1) Contenido en ácido CrO₃.

(2) Máximo 25°C.

TABLA
**CARACTERÍSTICAS DE LOS ANODOS
 DE LOS PRINCIPALES ELECTROLITOS PARA ELECTRODEPOSITOS**

ELECTROLITO	TIPO DE BAÑO	NATURALEZA QUÍMICA DE LOS ANODOS	RELACIÓN SUPERFICIE ánodo cátodo	ÁNODOS		BOLSAS	PASIVABLES
				Solubles	Insolubles		
Plata	Cianurado	Plata pura	1/1	+		+	+
Cadmio	Cianurado	Cadmio puro	2/1	+			+
Cromo	Acido crómico	Hierro Armco Plomo antimonioso Plomo estaño	0,7 a 1/1 0,7 a 1/1 0,7 a 1/1		+		7 % antimonio 6-7 % estaño
Cobre	Cianurado Sulfato mate Sulfato brillante	Cobre puro Cobre puro Cobre + fósforo	1/1 1/1	+		+	+
Estaño	Sulfato estannoso Fluoborato Estannato	Estaño puro	1/1	+			Fundido Fundido Fundido
		Estaño puro	2/1	+			
		Estaño puro	1/1 a 2/1	+			
Níquel	Mate Sulfamato Brillante	Níquel puro	1/1	+		+	Electrolítico, laminado
		Níquel puro	1/1	+		+	
		Níquel puro	1/1	+		+	
Oro	Cianurado	Platino Inox 18/8	Regulable Regulable		+		Según el color deseado
Rodio		Platino	Muy débil		+		
Zinc	Cianurado Sulfato Fluoborato	Zinc puro Zinc puro Zinc puro	2/1 3/1 2/1	+			+

TABLA —
**PROCESOS OPERATORIOS DE PREPARACION, NIQUELADO, CROMADO DE ALEACIONES
 DE COBRE CORRIENTES**

	N.º	OPERACIONES	TEMPERATURA en °C	TENSION volts. V	DENSIDAD DE CORRIENTE A/dm ²	COBRE ROJO	LATÓN 1 ^{er} título	LATONES diferentes a los de 1 ^{er} título, aleaciones de plomo	BRONCES DE ALU, al plomo, al herilio, etc...
Preparación	1	Desengrase electrolítico catódico	15	7	1-2	+ 1 mn	+ 1 mn	+ 1 mn	+ 1 mn
	2	Enjuague en agua corriente fría	A			T	T	T	T
	3	Enjuague agua acidulada (HCl o H ₂ SO ₄)	15			+ 10 s-30 s	+ 10 s-30 s	+ 10 s-30 s	+ 10 s-30 s
	4	Enjuague en agua fría corriente	A			T	T	T	T
Revestimientos	5	Cobreado cianurado	15-50	1-3	0,5-3			+ 1 à 3 µ	
	6	Enjuague en agua corriente fría	A					+	
	7	Enjuague agua acidulada (HCl o H ₂ SO ₄)	A					+ 10 s-30 s	
	8	Enjuague en agua fría corriente	A					+	
	9	Cobreado ácido sulfato	15	1-1,5	0,5-3				+ 1 à 3 µ
	10	Enjuague en agua corriente fría	A						
	11	Niquelado brillante (o mate)	50	3-5	5	Variable	Variable	Variable	Variable
	12	Enjuague en agua corriente fría	A			T	T	T	T
	13	Cromado electrolítico	30-50	3,5-5	12-20	Variable	Variable	Variable	Variable
	14	Enjuague en agua corriente fría	A			T	T	T	T
	15	Enjuague en caliente	90-95			1 mn	1 mn	1 mn	1 mn

A = Temperatura ambiente, T = duración de una inmersión.

TABLA — PROCESOS OPERATIVOS DE PREPARACIÓN, COBREADO, NIQUELADO, CROMADO DE ALEACIONES FERROSAS (NO INOXIDABLES)

N.º	OPERACIONES	TEMPERATURA en °C	TENSIÓN en Volts V	DENSIDAD DE CORRIENTE A/dm²	CIRCUITO PREPARACIÓN		CIRCUITO NIQUELADO Y CROMADO					
					Fundiciones poco aleadas	Aceros ordinarios	Níquel directo	Bi-níquel	Tri-níquel	Níquel sobre		
										Cobre ácido directo	Cu ácido sobre Cu cianurado	
1	Desengrase electrolítico catódico (1)	15	7	12	+ 1 mn	+ 1 mn						
2	Desengrase electrolítico anódico (1)	15	5-7	8-12	+ 10/30 s	+ 10/30 s						
3	Desengrase electrolítico catódico	15	7	12	+ 10 s	+ 10 s						
4	Enjuague en agua corriente fría	A			T	T						
5	Enjuague ácido o decapado electrolítico anódico (2)	15	3-6	5-10		+ 10/30 s						
6	Enjuague en agua corriente fría	A				T						
7	Decapado químico fluorhídrico	15			+ 1 a 3 mn							
8	Enjuague en agua corriente fría	A			T							
9	Cobreado electrolítico cianurado con o sin inversión de corriente periódica	50	1,5/3	3								+ > 6 µ
10	Tricloruro de arsénico (3) o similar	15										T
11	Enjuague en agua corriente fría	A										T
12	Cobreado electrolítico bivalente (1)	15 a 30	1/2	1-5								> 10 µ
13	Enjuague en agua corriente fría	A										T
14	Níquelado electrolítico columnar I o mate	50	3/5	5								+ > 5 µ
15	Enjuague en agua corriente fría	A										+ > 5 µ
16	Níquelado electrolítico laminar II o brillante	50	3/5	5								+ > 5 µ
17	Enjuague en agua corriente fría	A										> 10 µ
18	Níquelado «seal» III (2)	50	3/5	5								+ > 5 µ
19	Enjuague en agua corriente fría	A										Variable
20	Cromado electrolítico (4)	30 a 50	3,5/5	12-20								Variable
21	Enjuague en agua corriente fría	A										Variable
22	Enjuague en caliente	90/95										T

A = Temperatura ambiente, T = duración de una inmersión.

(1) Las operaciones de desengrase electrolítico catódico seguidas de un desengrase electrolítico anódico pueden suprimirse, pero no se puede mantener el anódico, sin que vaya seguido de una operación catódica (peligro de pasivación).

(2) Es preferible, para una mejor adherencia, efectuar el decapado electrolítico.

(3) Se trata de una solución de tricloruro de arsénico o de una solución de humectantes particulares.

(4) El cobreado electrolítico bivalente puede ser producido por un baño de sulfato, fluoroborato o pirrocristato.

(5) El níquelado «seal» es un níquelado brillante.

(6) El cromado puede ser cromado corriente o un cromado doble.

TABLA

FORMULAS DE ELECTROLITOS DE ATAQUE ANTES DEL PLATEADO

COMPOSICIÓN en g/l	APLICACIONES DECORATIVAS		APLICACIONES INDUSTRIALES		
	Sobre aleaciones ferrosas	Sobre aleaciones no ferrosas	Al níquel	A la plata	
			(1)	Concen- tración débil	Concen- tración fuerte
Cianuro de plata AgCN	1,7-1,8	3,8-5,2		1	5
Cianuro de potasio KCN	75,0	150-180		45	15
Carbonato de potasio K ₂ CO ₃				30	30
Cianuro de cobre CuCN	11-15				
Cloruro de níquel NiCl ₂ ·6H ₂ O			240		
Acido clorhídrico D = 1,18			75		
Plata metal Ag	1,4	3-4		0,8	4
Cobre metal Cu	7,7-10,5				
Níquel metal Ni					
Cianuro potásico libre	52,5	105-130		44	12,8
Condiciones de trabajo					
Temperatura en °C	20-30	20-30	25	25	25
Densidad de corriente A/dm ²	1,5-2,5	1,5-2,5	15	3	0,4
Tiempo de tratamiento en minutos	0,3-0,5	< 1	1-2	0,3-0,5	1
Anodos: material	Acero	Acero	Níquel	Acero	Acero
Bolsas de ánodos: nylon			+		
Filtrado			+	Preferible	
Agitación catódica	+	+	+	+	+
Tensión en voltios	4,6	4-6	6	4-6	6

(1) Este baño se denomina baño de níquel Woods.

TABLA

FORMULAS DE ELECTROLITOS DE PLATEADO: A ESPESOR

COMPOSICIÓN en g/	CLASICO	RAPIDA	CIANURO
Cianuro de plata $AgCN$	36	105 óptima 75-115	22-45
Cianuro potásico KCN	60	110 óptima 90-135	33-45
Carbonato potásico K_2CO_3		15-110	22-45
Hidróxido potásico KOH		3	
Nitrato de potasio KNO_3			45-150
Abrillantadores (1) (2)	+	+	+
Plata metal	35,2	84 óptima	17,6-36
Cianuro potásico libre	42,8	52-90	18,7-22,2
Condiciones de trabajo			
Temperatura en °C	22-30	43-55	25-50
Densidad de corriente A/dm^2	0,5-1,5	6-15	0,5-15
Velocidad de deposición por minuto	0,16-0,48	1,92-4,79	0,16-4,79
Rendimiento catódico %	100	100	100
Relación ánodo-cátodo litros de baño amperio	1/1	2/1-4/1	1/1
Ánodo materiales	Plata pura	Plata pura	Plata pura
Bolsas de ánodos: nylon, riban	+	+	+
Filtrado	Preferible	+	Preferible
Agitación catódica	+	+	+
Agitación del electrolito por bomba		+	
Aplicaciones	Después de plateado de ataque ver la tabla 42	Plateado a esp.	
	Decoración	Aplicaciones	Decoración
	Joyería	industriales	Joyería
	Orfebrería	como cojinetes	Orfebrería

(1) Para los baños brillantes se llevará el contenido en KCN libre a 90 g/l.
(2) Generalmente se trata de varios abrillantadores a añadir simultáneamente.

FORMULAS DE ELECTROLITOS DE COBREADO CIANURADO: BAÑOS QUIETOS Y BOMBOS

COMPOSICION en g/l	BAÑOS QUIETOS				BOMBOS (1)	
	Depósitos de ataque o débil espesor		Depósitos de fuerte espesor		Normal	Rápido max.
		A la sal de Seignette	Al cianuro sódico	Al cianuro potásico		
Cianuro de cobre CuCN	22,5	26,2	120/	60	45	105
Cianuro sódico NaCN	33,8	34,5	135		68	158
Cianuro potásico KCN				94	o 90 (2)	o 210 (2)
Carbonato sódico Na ₂ CO ₃	15,0	30	30			
Carbonato potásico K ₂ CO ₃				30		
Hidróxido sódico NaOH	hasta pH 12-12,6	hasta pH 12-12,6	60			
Hidróxido potásico KOH				42	8-15	12-25
Sal de Seignette (o Sal de Rochelle)		45			45-70	60-100
Tartrato doble de potasio y sodio NaK (C ₄ H ₄ O ₆) · 4H ₂ O						
Cobre metal Cu	15,7	18,7	85	42	31,5	74,3
Cianuro libre NaCN	7,5	6,0	3,8	7,5	18	18 a 33
Condiciones de trabajo						
pH colorimétrico	12,0-12,6	12,0-12,6	> 13,0	> 13,0	≈ 13	≈ 13
Temperatura en °C	30-45	55-70	75-82	75-82	55-60	55-60
Densidad de corriente A/dm ²	1-1,5	2-4	3-6	3-8		Variable
Agitación: catódica a, aire comprimido c... ..	c	c o a	c	c o a		Inútil.
Relación anodo/cátodo en superficie	2/1	2/1	2/1	2/1		Superficie anódica máxima
Rendimiento catódico %	30	50	100	100		Variable
Bolsas de/anodos: nylon, rilsan	+	+	+	+		+ +
Filtrado	Preferible	Util	Indispensable	Indispensable		Indispensable
Inversión periódica	Util	Util	Indispensable	Indispensable		No No
Velocidad de deposición: μ/min	0,1-0,15	0,5-0,9	1,3-2,6	1,3-2,6		Variable
Tensión máxima	6	6	6	6		8-12
Anodos	Acero o Co	Cobre puro	Cobre puro	Cobre puro		Cobre puro
Posibilidad de adición de abrillantadores... ..		+	+	+		+
Litros de baño por amperio	1 max	1 max	1 max	1 max		1 máximo
Velocidad de rotación óptima						4 a 10 t/mm
Aplicaciones	Ataque o depósitos ligeros 1 a 2 μ	1 a 6 μ	Dep. brillantes o a espesor 1 a 50 μ	1 a 50 μ		Depósitos semi-brillantes y brillantes máximo 12/15 μ

(1) Para el cobreado en bomo del zamac se recomienda hacer un precobreado.

(2) Son preferibles las fórmulas de potasio.

FORMULAS DE ELECTROLITOS DE COBREADO ACIDO AL SULFATO DE COBRE

COMPOSICION g/l	CLASICO	ELECTRO-FORMADO	SEMI-BRILLANTE	BRILLANTE		BRILLANTE NIVELANTE
				1	2	
Sulfato de cobre $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	210	240	250	210	200	200 a 300
Acido sulfúrico H_2SO_4	50	60-75	12	60	30	30 a 60
Tiourea			0,0008	0,01	0,04	
Dextrina				0,01		
Acido clorhídrico HCl				0,015		
Melaza					0,75	
Humectante			0,2			
Endurecedor		+				+
Abrillantador (1)						+
Nivelante (1)						+
Condiciones de trabajo						
Temperatura	15-20	15-20	15-50	15-50	15-50	15-50
Densidad de corriente catódica A/dm ² ...	2-10	2-20	2-10	2-10	2-10	2-20
Rendimiento catódico %	95-100	95-100	95-100	95-100	95-100	95-100
Agitación catódica c: aire a	c o a	c o a	c	c	c	c
Anodos	Cobre puro	Cobre puro	Cobre puro	Cobre puro	Cobre puro	Cobre + fósforo
Relación de ánodo/cátodo	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
Número de litros/amperio	21	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Filtrado		+	+	+	+	+
Velocidad de deposición μ /minuto	0,4-2,2	0,4-4,4	0,4-2,2	0,4-2,2	0,4-2,2	0,4-4,4

(1) Los abrillantadores y nivelantes generalmente están patentados.

FÓRMULAS DE ELECTROLITOS DE DORADO, BAÑOS QUIETOS Y BOMBOS

COMPOSICION en g/l	FLASH PREDORADO (2)	CLASICO	FRIO (1)	ACIDO (1)	AMARILLO J ¹
Cianuro de oro y potasio Au (CN) ₂ . KCN ...	1,5	4-12	4-12	4-12	1,5-3,7
En oro Au					1,5-3,7
Cianuro potásico KCN	25	30	90		15
Carbonato potásico K ₂ CO ₃		30	Acepta hasta		
Fosfato dibásico de potasio K ₂ HPO ₄		30	15 0		
Potasa KOH	50				
Citratos				90	
Abrillantadores minerales (metálicos)			0,01-0,12	Eventualmente	Eventualmente
Abrillantadores orgánicos				Eventualmente	Eventualmente
Condiciones de trabajo					
Temperatura en °C		50-65	13-25		60-70
Densidad de corriente catódica A/dm ²		máx 0,5	máx 0,6	máx 1	2-3
Anodos		Oro y acero inox.	Acero inox.	Platino	Acero inox.
Filtrado sobre carbón activo		A intervalos	A intervalos		A intervalos
Tensión en voltios	6-12				
Tiempo en segundos	5-10				
pH				3,0-6,0	
Agitación catódica	+	+	+	+	+
Aplicaciones	Antes de depósito normal	Baño quieto o Bombo			
Propiedades		Depósito de oro puro	Brillante a todos los espesores	Inoxidable a alta temperatura	
Aplicaciones				Electrónica Electroformado	

(1) Electrolitos patentados.

(2) Se puede obtener una gama de aleaciones de oro, caracterizadas por sus tonos, y cuyo contenido en estos metales es función ante todo de las densidades de corriente catódicas:

el cobre da aleaciones de rosa pálido a rojo.

el níquel da aleaciones de amarillo a blanco.

el cobalto da aleaciones de amarillo a anaranjado, después a verde.

el cadmio da aleaciones de amarillo a verde; lo mismo ocurre con la plata.

el paladio da aleaciones de amarillo a amarillo muy claro, etc...

(3) Como baños de predorado se pueden utilizar baños a espesor desgastados.

P L A N T A

