



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“Manual de Galvanotecnia para procesos de electrodeposición de estaño y platino y sus perspectivas en México”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA:

ALICIA ALINE LÓPEZ JUÁREZ

ASESOR: Q. Celestino Silva Escalona

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

**Manual de Galvanotecnia para procesos de electrodeposición de estaño y platino y sus perspectivas en México.**

Que presenta la pasante: **Alicia Aline López Juárez**  
Con número de cuenta: **411091879** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Química**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Mayo de 2017.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Eligio Pastor Rivero Martínez	
<b>VOCAL</b>	Q. Celestino Silva Escalona	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Ana María Soto Bautista	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M en S.H.O Luis Manuel Flores Larios	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.Q.I Raul Gómez Gómez Tagle	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/cga\*

## AGRADECIMIENTOS

- A Dios y a la vida por ponerme en el camino adecuado para seguir adelante.
- A la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por haberme dado la oportunidad, la satisfacción de encontrar y desarrollarme estudiantil y profesionalmente. Darme una vocación que jamás descuidare.
- Le agradezco al Q. Celestino Silva Escalona (mi asesor), que me empujo a salir adelante con este trabajo a pesar de todas las interferencias y actividades que se colocaban como obstáculos sobrellevándolos de la mejor manera.
- Le agradezco a mis padres por haberme sacado adelante desde el primer día de mi nacimiento, de haber colaborado y no rendirse nunca a pesar de lo mala estudiante que pudiera ser. Siempre encontrando la forma de desarrollarme a pesar de los diversos problemas que tuvieron. Este trabajo y título es tan suyo como mío. GRACIAS POR TODO Y POR SEGUIR EN MI VIDA.
- A mi hermana y hermano que me apoyaron a terminar con este proyecto, realmente me ayudaron con mi documentación. A pesar de eso quiero decirles por si algún día leen esto que los quiero y que son muy muy importantes en mi vida. Estoy orgullosamente por todo lo que han logrado. SIEMPRE ÉXITO.
- A mis amigos por estar en cada una de mis alegrías y tristezas y darme un consejo siempre. LOS QUIERO.

## Contenido

Introducción .....	3
Objetivo General.....	4
Objetivos Particulares .....	4
Capítulo 1. Generalidades .....	5
Capítulo 2. Preparación de superficies .....	10
2.1 Pulido.....	10
2.1.1 Electro pulido.....	11
2.1.2 Pulido con campos magnéticos.....	12
2.2 Desengrase .....	13
2.2.1 Decapado.....	13
2.2.2 Granallado .....	14
2.2.3 Impacto con láser.....	15
2.2.4 Ultrasonido .....	15
Capítulo 3. Formulación y proceso de electrodeposición.....	16
3.1 Estaño.....	16
3.1.1 Baños alcalinos.....	16
3.1.1.1 Baño de Estannato de Sodio .....	16
3.1.1.2 Baño de Estannato de Potasio .....	17
3.1.2 Baños ácidos.....	18
3.1.2.1 Baño de sulfato .....	18
3.1.2.2 Baño de fluoborato.....	18
3.1.3 Baños de haluros .....	19
3.2 Platino.....	20
3.2.1 Baño alcalino.....	20
3.2.2 Baño a base de cloruro de platino.....	21
3.2.3 Baño a partir de sales de diamino-nitrito .....	22
3.3 Alternativas para la sustitución de cianuro en los baños y etapas de pretratamiento.....	22
3.3.1 Baños alternativos para el estañado .....	22
3.3.2 Sustitución de cianuro en el desengrase del platinado.....	23
Capítulo 4. CONTROL DE LOS BAÑOS ELECTROLITICOS DE ESTAÑO Y PLATINO .....	24
4.1 Control por observación .....	24
4.2 Control por análisis químico .....	24
4.2.1 Análisis a Baños de Estaño alcalino .....	25
4.2.2 Análisis a Baños de Estaño ácidos .....	27
4.2.3 Análisis a Baños de Platino .....	28
4.3 Control por celda Hull .....	30
Capítulo 5. Pruebas de los recubrimientos electrolíticos de Estaño y Platino .....	33
5.1 Prueba de aspecto .....	33
5.2 Composición del recubrimiento.....	33
5.3 Prueba de espesor .....	34
5.4 Prueba de porosidad .....	38
5.5 Prueba de adherencia .....	38
5.6 Prueba de corrosión.....	41

5.6.1 Ensayos acelerados .....	41
5.6.2 Ensayos en ambientes ambientales .....	42
5.7 Defectos más comunes en los recubrimientos .....	45
Capítulo 6. Área de trabajo, equipos y accesorios .....	46
6.1 Descripción del área de trabajo .....	46
6.2 Descripción de equipos y accesorios utilizados en las etapas del proceso .....	46
Capítulo 7. Manejos de residuos industriales en baños de estaño y platino .....	60
7.1 Bases legales aplicables para el manejo de los residuos de los procesos de estañado y platinado .....	61
7.2 Técnicas para el tratamiento de aguas residuales .....	65
7.3 Recomendaciones referentes a buenas prácticas operativas del tratamiento de aguas residuales provenientes de los procesos de estañado y platinado .....	69
Capítulo 8. Seguridad .....	71
8.1 Medidas generales .....	71
8.2 Hojas de datos de seguridad .....	74
8.3 Medidas de seguridad en el tratamiento de las sustancias empleadas .....	75
Conclusiones .....	75
Anexo 1. Hojas de seguridad .....	76
Bibliografía .....	100

## Introducción

La electrodeposición de metales, utilizados tanto en el campo de la decoración, como en el campo tecnológico (circuitos impresos, conectores y electrónica en general), posee una gran importancia en el mundo actual. Muchos de los logros alcanzados en estas últimas décadas hubieran sido imposibles de conseguir sin la ayuda de los recubrimientos metálicos electro depositados, especialmente los recubrimientos de plata, estaño, oro y metales preciosos del grupo del platino (Julve, 2013).

En 2006, la demanda de platino para joyería representó el 25% de la demanda de platino. Este metal precioso es altamente valorado por su belleza y pureza, junto con sus particulares propiedades (Casabo, 2010).

El platino también se utiliza en convertidores catalíticos para vehículos, tiene una capacidad única para reaccionar con el hidrógeno, lo que lo hace un eficiente catalizador para las celdas de combustible. “Si uno busca razones para ser optimista respecto al platino, el aumento de la demanda para celdas de combustible decididamente es algo para entusiasmarse”, dijo Michael Kavanagh, analista de Noah Capital Markets de la Ciudad del Cabo (Anónimo, 2014).

Por otra parte, aunque se utiliza en pequeñas cantidades, el estaño (Sn, del latín “stannum”) es un metal importante. El uso más importante del estaño, un metal blanco plateado y lustroso es como un recubrimiento protector en hojas de acero (hojalata) (Serope & Steven R., 2002).

Por su resistencia a la corrosión en contacto con alimentos ha sido crucial en los últimos siglos. Gracias a él nació la potentísima industria de conservas vegetales y animales, fundamentalmente pescado, que mejoro los hábitos alimenticios del mundo. (Vaamonde & González , 2000).

Este trabajo muestra la importancia de dos metales; Platino y Estaño. Estos dos metales se han desarrollado en el tiempo con un objetivo en común, utilizarse como una alternativa para la industria hacia diferentes sustratos para su uso continuo bajo su propio proceso de realización para el sector que lo requiera.

## Objetivo General

Elaborar una fuente de información actualizada para el desarrollo de un tema que se ha estado utilizando en diferentes años como es la electrodeposición de estaño y platino en diferentes materiales, la evolución de los tratamientos químicos para tener un buen electrodepósito sin dejar de lado el medio ambiente.

## Objetivos Particulares

- ❖ Buscar, encontrar y recopilar información sobre electrodeposición de estaño y platino en diferentes fuentes de comunicación. Sea la deposición en superficies metálicas y no metálicas.
- ❖ Proporcionar esta fuente de información para el apoyo técnico al área químico-metalúrgico.
- ❖ Manejar diferentes opciones sobre la sustitución de diferentes compuestos que en la actualidad han sido reemplazados por el cuidado del medio ambiente, en la formulación de los baños del proceso de pre-tratamiento y tratamiento de electrodeposición de estaño y platino, conservando la calidad del electrodepósito.

## Capítulo 1. Generalidades

La Electroquímica ha sido definida clásicamente como la ciencia que trata de los cambios químicos producidos por la corriente eléctrica, y de la producción de electricidad mediante reacciones químicas. Teóricamente, las dos ramas son de igual de importancia. Sin embargo, industrialmente, los cambios químicos y físicos producidos por el uso de la corriente eléctrica son, con mucho, lo más importantes (Mantell, 2003).

La corriente eléctrica está caracterizada por el movimiento de los electrones a lo largo de un conductor. El tipo de corriente eléctrica viene definido por la forma en que circula la corriente por un conductor y por la cantidad de corriente que circula por el mismo en la unidad de tiempo (Atares & Blanca, 2005). Todas las sustancias conducen electricidad en mayor o menor medida. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, pueden tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

La galvanoplastia, por ejemplo, se vale del electrólisis para depositar una fina capa de un metal sobre otro metal a fin de embellecerlo o impartirle resistencia a la corrosión (Brown, Lemay, Bursten, & Burdge, 2004).

La Electrodeposición es una técnica de protección de superficies consistentes en crear una capa o depósito fino sobre una superficie metálica, con fines de protección contra la corrosión, decorativo, o ambos mediante la electrólisis. Comprende el plateado, cromado, dorado, cobreado y niquelado, entre otros (Cembrero Cil, Ferrer Giménez, Pascual Guillamón, & Pérez Puig, 2005).

El proceso llamado electrólisis, significa ruptura (lisis) por efecto de la corriente eléctrica. En este caso la corriente eléctrica es transportada por los iones de la solución que transfieren o aceptan electrones en los electrodos y sufren reacciones químicas (Odetti, Bottani, Pliego, & Villareal, 2006).

Una reacción química es un proceso por lo cual una sustancia produce una alteración de su composición química y se transforma en otra. Mientras en los cambios de un estado de agregación a otro la transformación sólo afecta a los enlaces intermoleculares, las reacciones químicas comportan la ruptura total o parcial de los enlaces intermoleculares, con la consecuente formación de nuevos enlaces y, por consiguiente, de nuevas sustancias químicas (Matteini & Moles, 2001).

Las reacciones químicas que ocurren en los electrodos también se denominan semireacciones y, oxidación y reducción. Entre las aplicaciones más importantes del electrólisis se puede mencionar; Extracción y purificación de metales, electroplateado, anodizado, manufactura de reactivos (Odetti, Bottani, Pliego, & Villareal, 2006).

Existen leyes del electrólisis que Michael Faraday (fue uno de los científicos ingleses más importantes para el desarrollo de la química y de la física) que enunció, las leyes del electrólisis, que en su honor se conocen como leyes de Faraday (Garritz & Chamizo, 2001).

Éstas son:

1<sup>era</sup> Ley: La masa de sustancia producida o depositada en un electrodo es proporcional a la cantidad de carga eléctrica que ha circulado por la celda.

2<sup>da</sup>. Ley: La carga eléctrica requerida para la descarga de una mol de iones monovalentes es 96500C y es independiente de la naturaleza del ion. (Odeti, Bottani, Pliego, & Villareal, 2006)

## 1 Faraday = 96500C

El equipo más común para realizar este método es una celda electroquímica que es un dispositivo experimental para generar electricidad mediante una reacción redox espontánea. (Esta celda también se conoce como celda galvánica o voltaica, en honor de los científicos Luigi Galvani y Alessandro Volta, quienes fabricaron las primeras celdas de este tipo) como se muestra en la figura 1 (Chang & College, 2002).

Las reacciones de oxidación-reducción o reacciones redox, se consideran como reacciones de transferencias de electrones (Chang & College, 2002). En una reacción, la pérdida de electrones de una sustancia de llama oxidación, y la adición de electrones a otra sustancia se llama reducción (Campbell & Reece, 2007).

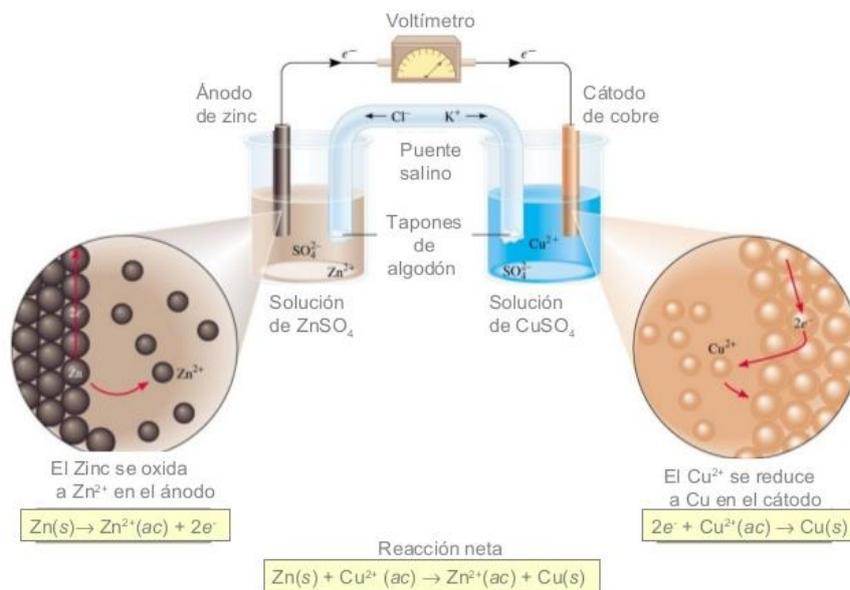


Figura 1.0 Una celda electroquímica. El puente salino (un tubo en U invertido) contiene una disolución de KCl que proporciona un medio conductor eléctrico entre las dos disoluciones. Los orificios del tubo en U se taponan con bolas de algodón para evitar la disolución de KCl fluya hacia los recipientes, al tiempo que se permite el paso de aniones y cationes. Los electrones fluyen por afuera desde el electrodo de Zn (el ánodo) hacia el electrodo de Cu (el cátodo) (Chang & College, 2002).

De una celda electroquímica, el ánodo es, por definición, el electrodo en el que se lleva a cabo la oxidación, y el cátodo es el electrodo donde se efectúa la reducción (Chang & College, 2002).

La f.e.m. de la celda es la suma de los potenciales de ambas semirreacciones (Teijón, García, Jiménez, & Guerrero, 2006). Los potenciales normales,  $E^0$ , se refieren a condiciones normales o estándar (presión igual a 1atm, temperatura de 25°C y concentraciones 1M). Cuando las condiciones no son las normales, el potencial se calcula mediante la ecuación de Nernst (Teijón, García, Jiménez, & Guerrero, 2006):

Para una semi reacción de reducción:  $Ox + ne^- = Red$

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log \frac{[Red]}{[Ox]}$$

Potencial de celda, E es la diferencia de potencial eléctrico entre dos partes de un sistema eléctrico (entre dos electrodos, por ejemplo) es una medida de la energía potencial disponible para desplazar los electrones entre ambas partes. La diferencia de potencial eléctrico se mide en voltios, y se simboliza por **V**, y a menudo se denomina voltaje que es expresada en voltios, se simboliza por **E**, e indica la **fuerza electromotriz (fem)** (Martínez-Álvarez, Yunta, & Martín, 2007).

La celda electroquímica realiza el depósito del material al metal base que es el resultado del proceso galvanotécnico que son llamados revestimientos por electrodeposición. Existen otros tipos de revestimiento: 1) sin electricidad que son por un desplazamiento iónico, 2) vía térmica que es por fusión metálica, 3) conversión electroquímica (anodizado), 4) conversión química que es a través de inmersión del sustrato en una solución acuosa del metal, 5) inorgánico y orgánicos por adhesión (inmersión, pincel, aplicadores), 6) electrolíticos no convencionales que son por medio de barnices o resinas por electroforesis (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

Estaño: es un elemento químico de símbolo Sn, que pertenece al grupo IV de la tabla periódica. Su número atómico es 50 y su peso atómico 118.69. Forma compuestos estannosos y estannicos, así como sales complejas de los tipos estannito y estannato. El estaño ocupa 49 entre los elementos de la corteza terrestre. El estaño es muy dúctil y maleable a 100°C de temperatura y es atacado por los ácidos fuertes. El estaño también puede purificarse por electrólisis. Existe dos formas alotrópicas: estaño blanco (forma beta) y estaño gris (forma alfa). La temperatura de transformación entre ambas es de 13.2°C, aunque el cambio estructural solamente tiene lugar si es el metal es de gran pureza. La transformación inversa se produce a baja temperatura (Moreno, 2008).

Sus elementos aleantes más importantes son Cu, Pb y Sb, puesto que son los que mejoran sus características mecánicas, empleándose la mayoría de sus aleaciones como materiales antifricción, especialmente las de Sn-Pb y Sn-Sb-Cu como se muestra en la tabla 1. La fluidez

y el bajo punto de fusión de las aleaciones de estaño permiten fabricar piezas complejas y bajos espesores (Herrero, Bercero, & López, 2010).

**Tabla 1.1 Propiedades de las aleaciones de estaño.**

Resistencia a la corrosión Los productos de corrosión no son tóxicos Resistencia frente a los ácidos orgánicos Confortabilidad (espesores del orden de 0,0025 mm). Bajo punto de fusión	
<b>COMPARACIÓN RECUBRIMIENTOS</b>	
<b>Galvanizado</b>	<b>Estañado</b>
Espesor 0,050mm	Espesor 0,005mm
El Zn origina productos tóxicos	El Sn no origina productos tóxicos
<b>ALEACIONES COMERCIALES</b>	
Muy puro (99,99%) Comercialmente puro (99.75%) Duro (99.6%-0.4%Cu)	
<b>Efecto de las impurezas</b>	
Pb	Confiere dureza y tenacidad. Modifica el color
Fe	Disminuye la maleabilidad. Fragiliza y oscurece el color
Cu	Aumenta la pureza
As	Disminuye el brillo y maleabilidad. Toxicidad
Sb y Bi	Aumenta la dureza y la fragilidad
Mo y W	Eleva el punto de fusión
Zn	Fragiliza y da un color más claro
S	Hace al estaño quebradizo
<b>Aplicaciones</b>	
40% estañado (hojalata)	
20% para soldadura	
15% aleaciones antifricción y bronce	
Resto: láminas y tubos extruidos	

Fuente: (Herrero, Bercero, & López, 2010)

Platino (Pt) es un elemento de transición de color blanco-plateado (figura 2); número atómico 78, Peso atómico 195.09; densidad 21.45; punto de fusión 1772°C; Punto de ebullición 3827±100°C. Se halla en algunos minerales de cobre y níquel y también existen algunos depósitos del metal nativo (Julián, Sáez, & Martínez, 2003).

Las fuentes de platino son: 1) Minerales sulfurados mixtos del Canadá, en las que el platino se presenta con níquel y cobre; 2) platino nativo (aleado con iridio, osmio, paladio y otros metales del platino) sedimentados en los depósitos aluviales o placeres de Alaska y Rusia, procedentes de la erosión de rocas básicas; 3) Platino aleado con el oro en los depósitos de África del Sur; 4) platino en forma de desechos, procedentes de una multitud de usos industriales. No existe ningún método de extracción que sea aplicable a todas las fuentes. Ya ha sido descrita la recuperación del platino durante el refinado electrolítico del cobre y también la diferenciación de los metales del platino, por su disolución en plomo. (Rochow, 1981)

El platino macizo es un metal pesado, blando, maleable y dúctil, más denso que el oro y algo más resistente que este metal a la acción de los ácidos. Los álcalis lo atacan algo más fácilmente que al oro, y el carbono y el azufre lo vuelven quebradizo. Por estas razones, el material de platino de los laboratorios no debe usarse nunca para fundir álcalis, ni para calcinar precipitados de sulfuros, ni materia orgánica. Se debe evitar los compuestos de plomo, ya que se logran reducir fácilmente y el metal producido puede penetrar en el platino, dando origen a la formación de una aleación de bajo punto de fusión. (Rochow, 1981)

El platino y el paladio, lo mismo que el níquel, se suelen emplear como catalizadores de reacciones en las que participa el hidrógeno. Los metales tienen una actividad catalítica máxima cuando están finamente divididos y su superficie activa es muy grande. El hidrógeno adsorbido en la superficie de estos metales es más reactivo que el hidrógeno gaseoso ordinario. (Hill & Kolb, 1999).



Figura 2. 1) Platino (Oro y finanzas, 2014), 2) Aplicación del platino en joyería (Reyes, Alejandro Eduardo Glade, 2015).

## Capítulo 2. Preparación de superficies

Al realizar cualquier tipo de deposición de un material en otro se debe de considerar una preparación de superficies para una buena adherencia a los demás materiales. Por ejemplo, si al pintar un galvanizado no se lija la superficie y se retira el contaminante, al realizar una prueba de adherencia se presentará el riesgo de desprendimiento del material ya que los materiales se pasiva con diferentes tipos de grasas que arriesgan la adhesión de entre ellos. La limpieza es esencial para tener un recubrimiento confiable. La limpieza consiste en retirar todo tipo de contaminante de la superficie como sólidos, líquidos hasta de la propia manufactura del material sea plástico, metal, fibra de vidrio, etc.

Hay diferentes tipos de pruebas para aprobar que tan limpia esta la superficie del material;

1. Con un trapo limpio, realizar dos dobleces con tal de que se pueda utilizar completamente una de las caras. Pasar en el sustrato y observar la tela.
2. Prueba de discontinuidad de capa de agua, esto consiste en colocar un poco de agua y observar que si la película es continua sobre la superficie es correcta, sin embargo, se empiezan a formar gotas individuales, la superficie no está limpia.

Hay diferentes tipos de limpieza; mecánica y química. En la limpieza mecánica se trata de realizarla a través de una abrasión al material con diferentes herramientas (Serope & Steven R., 2002).

### 2.1 Pulido

La limpieza a través del pulido se realiza por acción mecánica ya que las herramientas que se utilizan para esta actividad se comprenden de discos o bandas de tela que se encuentran recubiertos de pequeñas partículas de polvo fino de óxido de aluminio o diamante (Serope & Steven R., 2002). Hay diferentes tipos de grano por la diversidad de sustratos en la industria, las lijas pueden ser de grano 60 para materiales robusto u otros que son acabados ultra finos de 1500. Una forma de hacer eficiente el pulido es base a diferentes tipos de respaldo y herramientas neumáticas (lijadora, fig. 3) para disminuir el desgaste físico.



Fig. 3. Discos Hookit 260I \* 10, Lijadora roto portátil neumática, aspiración central con bolsa recolectora de polvo.

A pesar de que las condiciones que deja un pulido mecánico como la remoción abrasiva a escala fina y el suavizado y extendido de capas superficiales por el calentamiento de fricción durante la operación. Existen distintos aditivos que mejoran los acabados del pulido mecánico que es aplicando un lodo cerámico en una solución de NaOH (fig. 4). A este pulido se le llama químico mecánico (Serope & Steven R., 2002).



Fig.4. Pulidor eléctrico de 3M en dos manos de 100W/240V, líquido para pulir y espumas de panal.

### 2.1.1 Electro pulido

El electro pulido es un proceso electroquímico en el que se eliminan contaminantes, imperfecciones y rebaba del exterior de una pieza o componente metálico. Este proceso también se conoce como pulido electroquímico o pulido electrolítico; también, el electropulido se llama a menudo el “chapeado reverso” · puesto que muchos profesionales de la industria lo describen como el contrario del proceso electro chapado (EUROSONICS.ie, 2016). Aunque el electro pulido es para eliminar contaminantes como se muestra en la figura 5, se ha tomado en cuenta como un pasivado y abrillantador de metales por la tensión mecánica y térmica al realizar el tratamiento superficial.

Esta técnica se basa en la electrolisis, esto se debe que la pieza metálica al colocarla a un rectificador de modo que actúe como ánodo en un electrolito adecuado como ácido sulfúrico y ácido orto fosfórico. Los tiempos de retención son de 2 a 20 minutos. Su función principal se debe a que la concentración de los iones metálicos en la superficie aumenta rápidamente hasta el valor de la saturación, después de lo cual el paso de la corriente regula en los diferentes gradientes de concentración de los iones metálicos perpendicularmente a la superficie. Se consideran diferentes variables como la concentración, temperatura, fuerza electromotriz, densidad de corriente, agitación del electrolito y el tiempo de pulido (Molera, 1990)



Fig.5 Pieza metálica con y sin tratamiento superficial (electro pulido) (EUROSONICS.ie, 2016).

Un equipo de electropulido consta de un motor eléctrico que es alimentado por corriente alterna o continúa, en el eje contiene diferentes tipos de abrasivos. Este equipo se apoyó en una columna de con tableros de madera revestidos de Zn con desagüe central a los recipientes metálicos que tiene grifos de salida de un líquido refrigerante en la parte inferior. El abrasivo piedra pómez, finamente molida con agua y un disco de fieltro, que gira a una velocidad de 30m/s. (Hurtado, 2014)

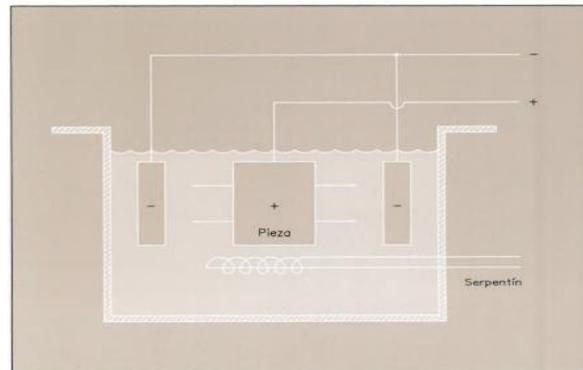


Fig.6 Esquema de electropulido (Molera, 1990)

## 2.1.2 Pulido con campos magnéticos

A lo largo del tiempo se ha estado desarrollando diferentes tipos de pulidos por medio de un campo magnético, esto le ayuda a que los lodos abrasivos se sostienen en los rodillos, ya que utilizar productos químicos como cianuros o sustancias para decapar casi eliminan con este método. Existen 2 tipos de pulido con campos magnéticos:

- Pulido magnético en flotación se realiza a través de un flujo magnético conteniendo granos abrasivos ferromagnéticos en un medio de agua o querosina, llena una cámara dentro de una guía. Este pulido es muy fino.
- pulido asistido con campo magnético. Ya que contiene un rodillo de cerámica que con los polos magnéticos los hacen oscilar con un movimiento vibratorio en el conglomerado magnético-abrasivo, por lo tanto, pule la superficie cilíndrica del rodillo. (Serope & Steven R., 2002).



Fig. 7 Vaso magnético 6 cm pulido joyería máquina 220 V (AliExpress, 2016)

## 2.2 Desengrase

A través de los años se ha demostrado que al realizar un tratamiento superficial como el chapeado de una pieza, tan solo pintarla o lo más sencillo colocar un sello debe de tener un pre-tratamiento. La adherencia de las piezas metálicas se promueve a través de retirar los excedentes de contaminantes para obtener un mayor anclaje. El desengrase se realiza con diferentes solventes como thinner, alcohol isopropílico, acetonas, entre otros. Los procedimientos de desengrasar las piezas pueden variarse por el tamaño de la pieza y por supuesto el costo de la producción ya que la limpieza es un material procesivo que solo cuenta para llegar a un ensamble o un objetivo a fin.

Es común que se limpien las piezas remojando en solventes y retirando la grasa con trapo industrial, también si es muy pesada la grasa se debe de lijar. Puede ser para todo tipo de metal. A pesar de que haya limpiezas con solventes también se han mejorado la eficacia en soluciones inorgánicas.

### 2.2.1 Decapado

El sistema más utilizado y más importante para eliminar la cascarilla y la oxidación de las piezas metálicas por medio de soluciones alcalinas o ácidas (Billigmann & Feldmann, 2002). Al ser este tipo de soluciones también retiran residuos de grasa y de aceites como se muestra en la fig.9. Sin embargo, si las cantidades de aceite y/o grasa sean mayores, se deben eliminar mediante un tratamiento de las piezas con desengrasante orgánico. El decapado deja un acabado de aspecto blanco, mate, uniforme o ligero brillo para asegurar el acabado debe realizarse un tratamiento superficial ya que no es muy resistente al tacto (Hufnagel, 2004).



Fig. 9. Antes y después del decapado químico SIMET

Para elegir el tipo de decapado sea ácido o básico es necesario saber la composición del material, así como el acabado deseado y las facilidades de implementar el método (instalaciones). Para decapar diferentes aceros se emplean diferentes tipos de ácidos como clorhídrico, sulfúrico, nítrico y fosfórico estos dos últimos son más para aleaciones. Para determinar el tiempo de contacto del acero u aleación con la mezcla de los diferentes ácidos depende de la concentración del ácido libre. La mayoría de los casos la concentración del HCl es del 10 al 20% en cambio el  $H_2SO_4$  es del 10 al 25%. Otra variante a utilizar es la temperatura ya que algunos tipos de ácidos es necesario ejercer calentamiento como el  $H_2SO_4$  que se muestra en la fig. 10 (Billigmann & Feldmann, 2002).

Para evitar o disminuir la disolución del hierro metálico por el ácido, la penetración del hidrógeno y la consiguiente fragilidad de decapado, se añaden al baño materiales economizadores. La cantidad oscila entre el 0.05 y 0.5%. Una observación importante al decapar aceros en alto contenido de azufre a que tener en cuenta la fragilidad de decapado al igual que el acero inoxidable, aceros resistentes al calor, aleaciones de níquel y otros metales no férricos. (Billigmann & Feldmann, 2002).

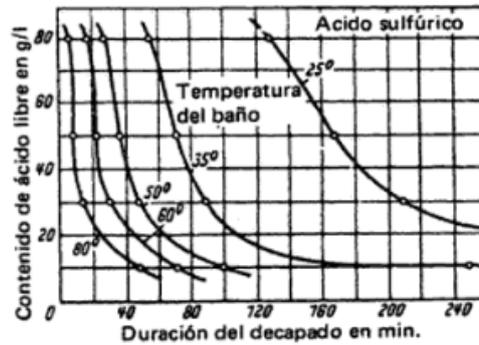


Fig. 10. Influencia de la temperatura de decapado y del contenido de ácido libre sobre la duración del decapado (Billigmann & Feldmann, 2002)

## 2.2.2 Granallado

Esta limpieza es a través de un bombardeo de una gran cantidad de granalla (pequeños balines de acero, vidrio o cerámica) hacia la superficie de la pieza a tratar. El diámetro de la granalla va de 0.125 hasta 5mm. Se emplea con diferentes tipos de herramienta puede llegar con pistola de granalla hasta cabinas de este material (Serope & Steven R., 2002).

Esta técnica es muy efectiva ya que desprende la capa dañada con óxido. Se puede recuperar la granalla apartando de los polvos con diferentes tipos de tamices.

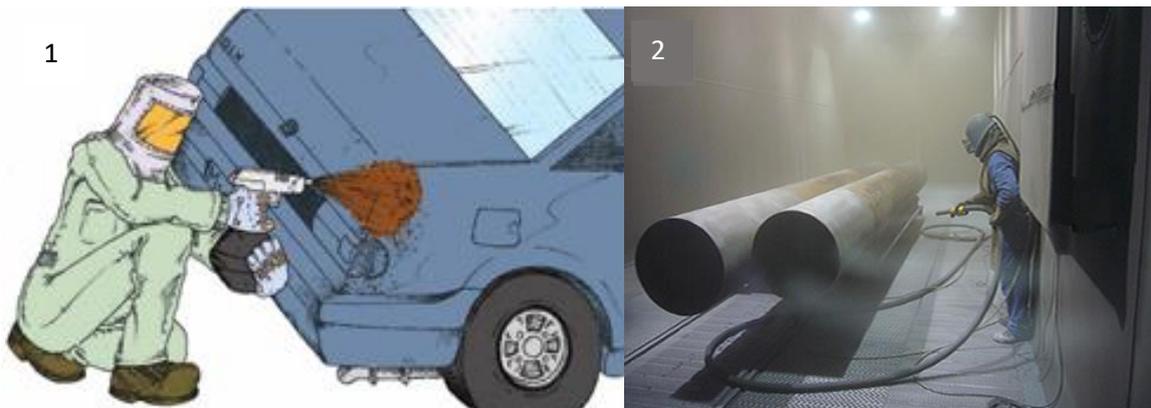


Fig. 11.- 1) Granallado o bombardeo de partículas abrasivas sobre la capa blanda de óxido. (Gracia, Jiménez, Navarro, Morales, & Casado, 2015), 2) Chorro con arena o granallado (ERPISA, 2017)

### 2.2.3 Impacto con láser

Otra forma más práctica para retirar el óxido impregnado de piezas metálicas es a través de diferentes pulsos o choques de un haz de láser que al tocar la superficie se convierte en energía térmica y vaporiza todo tipo de contaminantes. La profundidad normalmente es de 1mm por lo tanto no tiene cambios de la materia original. Las intensidades son de 100 a 300 J/cm<sup>2</sup> y los pulsos son de 30 nanosegundos. En la actualidad, la limitación principal de este proceso en las aplicaciones industriales y económicas es el costo de los lasers de alta potencia (hasta 1kW) que deben trabajar a energías de unos 100J/impulso (Serope & Steven R., 2002).

Fig. 12. Eliminación de óxido impactando laser al material corroído. (Anónimo, 2016)



### 2.2.4 Ultrasonido

La limpieza por ultrasonidos es una forma de limpieza mecánica que se aplica a instrumentos difíciles de limpiar por su escasa accesibilidad (Romero Moya, 2007). Los ultrasonidos son altamente eficaces para desengrasar dentro del sector galvánico con frecuencias de 20 ó 25 kHz (AG, 2017). Los sistemas de Limpieza por Ultrasonidos se basan en ondas sónicas de alta frecuencia, que se transmiten a través de un líquido en el que se sumerge la pieza a limpiar. El tratamiento dura entre 10 y 45 minutos, y no necesita la presencia del operario. Se reduce el consumo de detergentes hasta 6 veces menos, así como el consumo de agua al reutilizarse el baño por inmersión.



Fig. 13. Equipo de ultrasonido para desengrase (Industry, 2017).

## Capítulo 3. Formulación y proceso de electrodeposición

### 3.1 Estaño

Los recubrimientos de estaño o estañado son utilizados comúnmente para aumentar la resistencia a la oxidación o desgaste, mejora la soldabilidad. El estaño no tiene características tóxicas, ni aún sus sales por lo cual es muy utilizado en utensilios de cocina. Existen diferentes procedimientos para el estañado que son: estañado por fusión, electrodeposición y el químico. El método más cómodo para realizar el estañado es el estañado electrolítico ya que la deposición del material llega de 10 a 15g para cubrir 1m<sup>2</sup>. Sin embargo, cuando es por medio de fusión se necesita de 43 a 82g para cubrir la misma superficie. Para realizar el estañado es posible a través de baños ácidos, alcalinos y haluros de estaño.

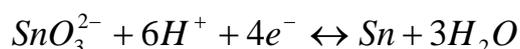
#### 3.1.1 Baños alcalinos

Los sistemas alcalinos emplean estannatos de sodio o potasio como electrolito con hidróxido de sodio o de potasio libre. El Estannato de sodio y potasio  $M_2Sn(OH)_6$  (M= Na o K) son las sales más importantes para el recubrimiento alcalino ambos utilizados para el envasado (enlatado) de productos. Sin embargo, el que lleva la cabecera son sales potásicas ya que tienen mayor conductividad, mayor rango de deposición dado por la eficiencia del cátodo y sobretodo la solubilidad de la sal (Tan, 1993).

##### 3.1.1.1 Baño de Estannato de Sodio

Este baño debe de contener aparte del estannato de sodio, hidróxido de sodio y acetato de sodio. El acetato es inerte en la solución solo mejora la corrosión anódica. Los baños se realizan a una temperatura normalmente de 70° C, con densidades de 5 a 30 Amperios por pie cuadrado. Una de las aportaciones más importantes de este proceso es la solución alcalina caliente ya que este nos ayuda a eliminar la suciedad fácilmente. Este proceso es utilizado aun industrialmente por su excelente recubrimiento, una vez controlado el ánodo se hace la operación más fácil y versátil. Sin embargo, la desventaja de este método es que sus parámetros de densidad de corriente que utiliza son bajos por lo tanto su velocidad de depósito es lenta (Anónimo, Symposium on tin , 1952).

Se debe de tomar en cuenta que el estaño debe estar presente en la solución como estannato en forma cuadrivalente, en algunos casos se agrega peróxido de hidrogeno o perborato de sodio para oxidar cualquier estannito (Estaño bivalente) a estannato que explicaremos a continuación. La reacción catódica es la siguiente:



El agotamiento de los iones de estannato se repone mediante la disolución consumible del ánodo de Estaño:



Sin embargo, en pequeñas cantidades se produce el estannito:



Estos se oxidan posteriormente a los iones tetravalentes por medio de oxígeno disuelto:



Desequilibrando las reacciones anódicas y catódicas haciendo que el contenido de estaño flote hacia arriba. Se realiza usando ánodos inertes suplementarios y controlando la densidad de corriente anódica y ajustando la composición de la solución según sea necesario (Talbot & Talbot, 2007).

### 3.1.1.2 Baño de Estannato de Potasio

A diferencia del Estannato de Sodio, el estannato de potasio tiene mayor solubilidad, estabilidad, conductividad sobre todo la velocidad del recubrimiento. Esta solución debe contener tanto el hidróxido como el acetato sea con el ion sodio o potasio. Sin embargo, el costo es mayor pero justificado en el tiempo de operación. Es decir, el proceso tiene una mayor velocidad de producción, se permiten tanques más pequeños que el proceso anterior (Anónimo, Symposium on tin, 1952).

La formulación de ambos baños se encuentra en la siguiente tabla 1.2:

**Tabla 1.2 Baños de estaño alcalino.**

	1		2		3	
	Sodio		Potasio		Sodio	
	g/L	oz/gal	g/L	oz/gal	g/L	oz/gal
Estannato de Sodio, Na <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub> *3H <sub>2</sub> O	90	12	80	10.6	140	19
Hidróxido de Sodio o Potasio	7.5	1	30	4	15	2
Acetato de Sodio	15	2				
Peróxido de Hidrogeno, 100 vol.	Según se requiera					
Por análisis						
Estaño	38	5	29	3.8	60	8
Condiciones						
Temperatura, C (F)	60	(140-180)	85	(185)	93-99	(200-210)
Densidad de corriente, A/dm <sup>2</sup> (A/ft <sup>2</sup> )	1-2.5	(10-25)	4	(40)	4.5-6.5	(45-65)
Agitación del cátodo y solución	Opcional		Preferente			
Eficiencia del cátodo, %	60-90		80-100		90	
Relación entre el cátodo y ánodo	1:1		1:1		1:1	
Ánodos	Estaño		Estaño		Estaño	
Filtración según sea necesario						
Volts	6		6		6	

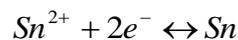
Fuente: NPCB Board of Consultants & Engineers, 2003.

### 3.1.2 Baños ácidos

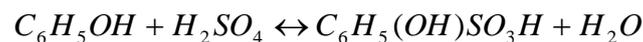
A pesar de que están los baños alcalinos, se utilizan más frecuente los baños ácidos ya que el Estaño esta en forma bivalente ( $\text{Sn}^{2+}$ ). La polarización del ánodo es más baja que en los baños de estannato, la conductividad es generalmente mejor. (Anónimo, Symposium on tin , 1952) En este baño se requieren agentes aditivos orgánicos o coloidales para producir depósitos uniformes. La hidrólisis se controla por medio de pH por debajo de 1 o con complejación (Datta, Osaka, & Schultze, 2005).

#### 3.1.2.1 Baño de sulfato

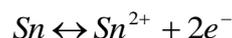
Estas soluciones son de alta velocidad de deposición por la siguiente reacción:



Sin embargo, como son gránulos de mayor tamaño las mejoras que ha tenido la solución han sido colocar refinadores (ácido fenol sulfónico) o agentes de adición para disminuir el tamaño de depósito, para obtener el ácido fenol sulfónico se realiza la siguiente reacción (ácido sulfúrico libre y fenol o cresol):



Asimismo, se agregan aditivos como  $\beta$ -naftol y gelatina para poder tener depósitos lisos y aumentar la potencia del recubrimiento. Es fácil de detectar la falta de estos aditivos ya que es muy visible el aumento de tamaño del depósito, la caída del voltaje y la reducción de recubrimiento en el área del depósito. Por lo tanto, se requieren reposición a ciertos intervalos. Al igual para recuperar el estaño en el ánodo se deberá reponer con estaño sólido:



Ya que el rendimiento del ánodo es mejor o superior al cátodo se deberán complementar con ánodos inertes (Talbot & Talbot, 2007).

#### 3.1.2.2 Baño de fluoborato

Los baños de fluoboratos son prácticamente iguales a los baños de sulfato, solamente cambia el tipo de ácido en vez de ácido sulfúrico colocan en su lugar ácido fluobórico para mantener el pH y la estabilidad que necesita. Se utilizan aditivos patentados en lugar de fenol o cresol. (Talbot & Talbot, 2007) También es utilizado para recubrimientos estaño-plomo, a cualquier tipo de porcentaje. Además, se deberá de recuperar periódicamente los aditivos como el baño anterior. Sin embargo, la diferencias entre los dos baños son en sus propiedades, el baño de fluoborato es más soluble, con mayor contenido de metal, menor cantidad de lodos, pero necesita de un recubrimiento especial en los dispositivos de los semiconductores ya que daña el ácido fluobórico el cristal en lo que está hecho (Tan, 1993).

En resumen, se tienen los recubrimientos que se muestran en la tabla 1.3:

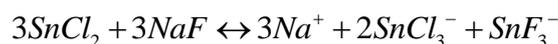
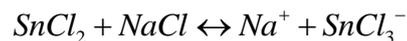
**Tabla 1.3 Baños ácidos de estaño**

	1		2		3	
	Fluoborato		Sulfato		Propiedad Brillante	
	g/L	oz/gal	g/L	oz/gal	g/L	oz/gal
Fluoborato de Estaño, Sn(BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	200	27				
Ácido Fluobórico, HBF <sub>4</sub>	53	7				
Ácido Bórico H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30	4				
Sulfato estañoso SnSO <sub>4</sub>			55	7,3	60-120	4.0-16.0
Ácido Sulfúrico H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			100	13.4	7% por vol.	
Ácido cresol sulfónico C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> S			100	13.4	3% por vol.	aditivo especial
B-Naftol C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> OH	1	0.13	1	0.13		
Gelatina	6	0.8	2	0.27		
Por análisis						
Estaño	83	11	30	4	28-62	3.75-8.3
pH		0.2			Cloruro	Max. 200ppm
Condiciones						
Temperatura, C (F)	24-38	(75-100)	25	(77)	15-30	(60-90)
Densidad de corriente A/dm <sup>2</sup> (asf)	2.5-12.5	(25-125)	2.5>30	(25=>300)	1.5-2.0	(15-20)
Agitación de la solución del cátodo	Opcional		Requerido		Requerido	
Eficiencia cátodo, %	100		100		100	
Relación de ánodo y cátodo (A mayores densidades de corriente)	2:1		1:1		1:1	
Ánodos	Estaño		Estaño		Estaño	
Filtración según sea necesario						
Volts	6		6-12		6-12	

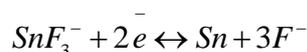
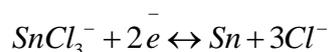
Fuente: NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003.

### 3.1.3 Baños de haluros

Los baños de haluro también son para la fabricación de hojalata, son soluciones de cloruro de estaño (II), con fluoruros y cloruros de metales alcalinos y β-naftol como aditivo. Los componentes interactúan y se ionizan produciendo los aniones SnCl<sub>3</sub><sup>-</sup> y SnF<sub>3</sub><sup>-</sup>:



La estructura del depósito se refina debido a la alta polarización asociada con la deposición de iones complejos (Talbot & Talbot, 2007):



Sus componentes del baño electrolítico se muestran en la tabla 1.4:

**Tabla 1.4 Composición típica del baño y parámetros de funcionamiento para haluros de estaño.**

Parámetros	Concentración
NaF, gL <sup>-1</sup>	30
NaHF <sub>2</sub> , gL <sup>-1</sup>	31
SnF <sub>2</sub> , gL <sup>-1</sup>	19
SnCl <sub>2</sub> *5H <sub>2</sub> O, gL <sup>-1</sup>	22
Aditivos	Ácido naftolsulfónico y óxidos de polialquileno
Antioxidantes	p-NH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NHCOMe
pH	3-4
Densidad de corriente Amp/ft <sup>2</sup>	200-500
Temperatura, °C	55-65

Fuente: Mordechay & Milan, 2010

## 3.2 Platino

La galvanoplastia de este metal es eficaz por las propiedades que les agrega a los materiales como la resistencia a diferentes medios corrosivos ya que es bastante inerte, tiene una resistencia eléctrica alta. El platino es chapado en el extranjero en una pequeña medida en la fabricación de joyas y en un grado algo mayor para la protección de los equipos químicos. Actualmente sus usos son limitados pero las aplicaciones para los puntos de contacto eléctricos y el revestimiento de ánodos los hace insolubles en electrolitos corrosivos parecen prometedores. Los depósitos se pueden obtener de hasta 25µm de espesor a partir de las composiciones a base las sales de diamino-nitrito, se ha encontrado que el ácido sulfámico da a lugar depósitos lisos de 0.5mm de espesor (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003).

### 3.2.1 Baño alcalino

Para realizar el baño alcalino para los recubrimientos de platino se utiliza el hidróxido de sodio o de potasio y hexahidroxiplatinato sódico principalmente, se obtienen depósitos brillantes con espesores hasta de 0.001 in con una pureza de 400 DPN (Dureza de la pirámide del diamante). Una desventaja grave de la solución es su inestabilidad debido a la descomposición de la sal de sodio:



el baño se puede mejorar usando KOH en lugar de NaOH. Los parámetros de operación se encuentran en la tabla 1.5. (Acres & Swars, 1985)

**Tabla 1.5 Baño de platino alcalino**

	g/L	oz/gal
Hexahidroxiplatinato sódico	20	2.7
Hidróxido de Sodio o Potasio	10	1.3
Por análisis		
pH	13	13
Condiciones		
Temperatura, C (F)	75	75
Densidad de corriente A/dm <sup>2</sup> (A/ft <sup>2</sup> )	0.8	0.75
Agitación de la solución del cátodo	Opcional	
Eficiencia cátodo, %	100	
Ánodos	Platino o Paladio	
Filtración según sea necesario		

Fuente: Acres & Swars, 1985.

### 3.2.2 Baño a base de cloruro de platino

Los recubrimientos de platino son poco convencionales ya que no son de grandes volúmenes por el alto costo que genera producirlos. En este baño o electrolito que debe de usar la electrodeposición del material se tendrá que disolver con agua regia el gramaje que necesita de platino en pequeños trozos de lámina o alambre de platino. El agua regia se compone de tres partes de ácido Clorhídrico y una de ácido nítrico. El platino no se disuelve en ninguno de estos ácidos solos, pero cuando se mezclan, el cloro se libera del ácido clorhídrico. El cloro, junto con el hidrógeno se cada ácido, se combina con el platino para formar ácido cloroplatínico (Wood, 2004).



El ácido cloroplatínico es un sólido rojizo que se utiliza como electrolito para la deposición del material más 2 componentes que son el fosfato diamónico (DAP) y fosfato disódico (DSP). Los parámetros de los baños son los siguientes:

**Tabla 1.6 Baños a base de cloruro de platino**

	g/L	oz/gal
Ácido Cloroplatínico	5	0.67
Fosfato diamónico (DAP)	46	6.14
Fosfato disódico (DSP)	240	32
Condiciones		
Temperatura, C	70	70
Densidad de corriente, A/dm <sup>2</sup>	1	1
Agitación del cátodo y solución	Requerida	
Eficiencia del cátodo, %	100	
Relación entre el cátodo y ánodo	1:1	
Ánodos	Platino	

Fuente: Acres & Swars, 1985

### 3.2.3 Baño a partir de sales de diamino-nitrito

Existen diferentes baños como componente en común la Sal P. Sin embargo, la combinación de ácido sulfámico, ácido sulfúrico, ácido fluobórico, ácido fosfórico no es muy factible ya que necesitan altas temperaturas y el rendimiento del depósito es menor al 18% y produce capas muy dúctiles.

En los avances que se han tenido en depósitos de platino surge una sal de platino llamada “P” que es la composición platino, nitrato amónico, nitrito sódico e hidróxido de amonio o amonio, con una eficiencia del 15%, realizando depósitos de 40  $\mu\text{m}$  (Acres & Swars, 1985). La composición de baños a partir de las sales se muestra en la tabla 1.7.

**Tabla 1.7 Baños a base de diamino-nitrito**

	$\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_3)_2$	$\text{P}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_3)_2$	$\text{H}_2\text{Pt}(\text{NO}_2)_2\text{SO}_4$	$\text{K}_2\text{Pt}(\text{OH})_6$
Platino, $\text{gL}^{-1}$	10	40	5	12
Nitrato de amonio, $\text{gL}^{-1}$	100	-	-	-
Nitrito de amonio, $\text{gL}^{-1}$	10	-	-	-
Amonio, 28% mL/L	-	40	-	-
Hidróxido de potasio, $\text{gL}^{-1}$	-	-	-	15
Ácido sulfámico, $\text{gL}^{-1}$	-	80	-	-
Ácido Sulfúrico, $\text{gL}^{-1}$	-	-	pH=2	-
Temperatura, C	90	75	40	75
Densidad de corriente, $\text{A}/\text{dm}^2$	0.4	1.5	0.5	0.75
Ánodos	Platino	Platino	Platino	Platino, Níquel

Fuente: NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003.

## 3.3 Alternativas para la sustitución de cianuro en los baños y etapas de pretratamiento

A través del tiempo se ha ido desarrollando o descubriendo nuevos tratamientos y procesos para asegurar las especificaciones del cliente de un producto preciso, cumpliendo los estándares de calidad. Se debe de respetar todo tipo de requisito bajo las normas ambientales tanto como el proveedor realiza la materia prima que necesitamos como los procedimientos normativos que se llevan a cabo para la adquisición del producto final.

### 3.3.1 Baños alternativos para el estañado

Las sales de cianuradas son utilizadas en la metalurgia para galvanizar, limpiar metales y extraer oro de los contaminantes, para el estaño existen baños a base de esas sales porque no forma complejos del material. Sin embargo, la alta toxicidad del material al contener estas sales representa un riesgo muy alto a la salud al personal que este expuesto a ello. El efecto nocivo y

letal más considerable es el paso de oxígeno hacia los glóbulos rojos impidiendo así la respiración celular por lo cual afecta a los órganos que más necesitan de este elemento como el corazón y el cerebro.

Tomando en cuenta los efectos secundarios a la exposición de estas sales se conforman diversas normatividades que a base de diferentes investigaciones llegan a la conclusión de colocar límites máximos permisibles en exposición y en los residuos de aguas residuales, por este motivo empiezan a incrementarse los costos ya que se necesitan más recursos para las diferentes etapas de la electrodeposición ya que se debe de arrastrar cianuro la cantidad menos posible. Con las causas mencionadas anteriormente se van desarrollando diferentes tecnologías libres de cianuros en los que se han obtenido buenos resultados colocándose dentro de los estándares de calidad, con ventajas ambientales ya que no realiza un daño grave como las sales de cianuro y se coloca eficientemente como un proceso responsable con la ecología. Estos baños se han desarrollado en este capítulo de este trabajo ya que para no promover el uso de cianuros no se mencionará como una alternativa.

### **3.3.2 Sustitución de cianuro en el desengrase del platinado.**

Con las medidas ambientales y lo perjudicial de los cianuros al pasar la cantidad de toxicidad a la exposición de seres vivos, al igual de los baños electrolíticos se elimina y aparecen nuevas alternativas para el desengrase para el estañado y platinado, la forma correcta para realizar la limpieza en la materia prima a electro depositar sería solo la utilización de agua y aire. Sin embargo, esto no es tan efectivo ya que las piezas pueden llegar con grandes cantidades de grasas y aceites. Lo que se pretende es que los productos para desengrasar sean lo menos contaminantes y costosos que van de los más deseables a los menos considerados como van mencionados a continuación: Aire y agua, Abrasivos (lijado, granallado, etc.), detergentes, soluciones alcalinas o ácidas y por último solventes.

Una superficie libre de grasa es sumamente ideal para asegurar la adherencia de algún tratamiento superficial como un esmaltado, aplicación de pintura, lacado, fosfatado, enchapado, entre otros. También impedir el arrastre de los contaminantes orgánicos a los tanques de baños electrolíticos.

El cambio de cianuros en esta etapa tan importante fue sustituido por limpiadores que contienen fosfato trisódico o amoníaco que funcionan correctamente con temperatura mayor a la del ambiente y con ultrasonido. Los desengrasantes calientes deben de ser ventilados desde el área de trabajo, si se utiliza un quemador con gas debe de tomar en cuenta el escape de los productos de combustión por medio de extractores.

Para la selección de solventes se debe de tomar en cuenta que sean completamente eliminadores de grasas y otros contaminantes, que no sean flamables ni explosivos en las condiciones de operación, un bajo calor latente y calor específico, densidad de vapor mayor que la del aire, ser compatible con el material a limpiarse.

Otra de las formas para asegurar la limpieza en por medios mecánicos que fueron mencionados en el capítulo 2.

## Capítulo 4. CONTROL DE LOS BAÑOS ELECTROLITICOS DE ESTAÑO Y PLATINO

Cuando realizamos diferentes tipos de depósitos de material de los electrolitos tenemos que asegurar la calidad del producto, realizando pruebas o estándares que debe de aprobar para obtener un producto satisfactorio. Hay diferentes tipos de control para los electrolitos que depende mucho de la composición química (concentración del metal a depositar) y sus propiedades físicas (apariencia).

### 4.1 Control por observación

Este método es común y simple de realizar, se trata de examinar con atención al producto final con fin de corregirlo si es que encuentran una precipitación, cambio de color u otro tipo de factor. Sin embargo, se tiene que apegar a otro tipo de control para verificar con más exactitud las concentraciones del electrolito (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

### 4.2 Control por análisis químico

Este control se realiza a través de un conjunto de técnicas y procedimientos que se encargan de determinar la composición y las impurezas del electrolito a utilizar cumpliendo los parámetros (limites) que debe de cumplir siguiendo las normas o estándares de fabricación.

Los análisis dependen mucho de las sustancias que se encuentren en el electrolito, el tiempo en que están trabajando, el trasvase de sustancias ajenas a los baños por el mismo proceso de acondicionamiento del material y pérdidas del baño. El objetivo principal de este control es recuperar las condiciones de operación para tener un depósito de material correcto.

Hay diferentes tipos de análisis cuantitativos para determinar el metal puede ser volumétrico, gravimetría, Acidez total y libre, Valoración Redox, Precipitación, Espectrofotometría y métodos cualitativos. Aunque utilicemos en específico algún de los métodos anteriores se debe contar con un buen muestreo. El muestro de las soluciones dependen principalmente de la temperatura y de la agitación del electrolito:

- 1) Para los baños de estaño en forma de estannato son soluciones calientes sin agitación por lo cual el muestreo se debe de tomar en un vaso o frasco por simple inmersión recogiendo una cantidad considerable para realizar las pruebas.
- 2) Los baños de estaño ácidos son soluciones frías sin agitación, se tienen que mezclar antes de tomar la muestra. Sin embargo, si la solución tiene material insoluble se deberá proceder a filtrar antes de proceder a alguna prueba.
- 3) Para los baños de Platino como son a temperaturas altas, se tomará la muestra por simple inmersión.

## 4.2.1 Análisis a Baños de Estaño alcalino

### Estaño. - Método 1 Reducción y valoración con Yodo.

Tomar una muestra en un vaso de precipitados de 50mL. Con una pipeta volumétrica tomar de la muestra 5mL y colocarlo en un Matraz Erlenmeyer de 350mL de capacidad y diluirse con 100mL de agua, añadir 50 mL de HCl concentrado y 3g de polvo de hierro. Colocar el matraz Erlenmeyer en una parrilla con agitador magnético subiendo la temperatura poco a poco hasta disolver completamente el polvo, enfriar con baño de hiel o chorro de agua fría. Para evitar la oxidación del estaño por el aire en el matraz se introduce un pequeño un pequeño pedazo de mármol, que reaccionará con el ácido en la solución de CO<sub>2</sub>(gas), que desplazará el aire del frasco y lo proveerá de una atmosfera no oxidante. Colocar un tapón con orificio en medio para poder dejar pasar el CO<sub>2</sub> así evitando que el oxígeno del aire se mezcle dentro del matraz, retirarlo hasta que se enfrié la solución, valorar rápidamente con yodo a 0.1N, empleando como almidón como indicador hasta que se obtenga un color azul permanente en el líquido es el final de la valoración.

Checar el volumen gastado de la solución de yodo a 0.1N para obtener cuantos gramos de estaño está presente en la muestra:

$$1\text{mL de } I_2 (0.1N) = 0.005935\text{g de Sn}$$
$$[Sn] = \text{mililitros de } [I_2=0.1N] * 1.187 = \text{gramos / litros de Sn en el baño}$$

### Estaño. - Método 2 Precipitación como ácido metaestánnico

Pesar en un vaso de precipitados de 250mL, 5mL de muestra. En una campana de extracción colocar el vaso y añadir 25mL de Ácido Nítrico concentrado. En una parrilla de calentamiento dejar evaporar la solución hasta que el aspecto sea una pasta sin dejarlo secar. Después agregar al residuo 100mL de HNO<sub>3</sub> al 10% y caliéntese hasta ebullición, retire hasta que las sales estén completamente disueltas este compuesto es ácido metaestánnico. Posteriormente se debe de filtrar con papel Whatman núm. 40, enjuagando con agua caliente cuidadosamente. Trasvasar el papel filtro con el precipitado en un crisol de porcelana, colocarlo en flama baja hasta acabar de quemar el papel filtro. Llevarlo a una mufla a 600C por 4h. Bajar la temperatura utilizando una estufa por media hora para evitar la fractura del crisol por el cambio de temperatura. Pasar a un desecador inmediatamente para acabar de enfriarse el producto restante a lo que llamaremos óxido Estánnico (SnO<sub>2</sub>).

$$\text{Peso de SnO}_2 * 0.7877 = \text{Peso de Sn}$$
$$\text{Peso de SnO}_2 * 1.77 = \text{Peso de Estannato Sódico, Na}_2\text{SnO}_3 * 3\text{H}_2\text{O}$$

Por lo tanto:

$$\text{g de SnO}_2 * 354 = \text{g/L de Na}_2\text{SnO}_3 \text{ en el baño}$$

### **Estaño. - Método 3 Precipitación como sulfuro Estánnico**

En un vaso de precipitados de 400mL pesar 5 mL de muestra, diluirla a 300mL. Agregar ligeramente HCl para pasar la solución a pH ácidos, después colocar Sulfuro de Hidrógeno para precipitar todo el estaño en forma de sulfuro. Posteriormente de 20 min, se debe dejar sedimentar completamente, ya ocurrido eso se debe de filtrar con papel Whatman núm.40. Lavar el precipitado con agua caliente que contenga una porción de Sulfuro de Hidrógeno, ya terminada la filtración se debe de colocar el papel en un crisol dejándolo en flama bajo para que se quemé completamente el papel filtro, subir la temperatura hasta rojo vivo. El resultado es óxido Estánnico, SnO<sub>2</sub>.

$$\text{Peso de SnO}_2 * 0.7877 = \text{Peso de Sn}$$

$$\text{Peso de SnO}_2 * 1.77 = \text{Peso de Estannato Sódico, Na}_2\text{SnO}_3 * 3\text{H}_2\text{O}$$

Por lo tanto:

$$g \text{ de SnO}_2 * 354 = g/L \text{ de Na}_2\text{SnO}_3 \text{ en el baño}$$

NOTA: Para todos los baños alcalino o ácido utilizar los métodos de determinación de estaño.

### **Determinación de alcalinidad libre**

En un matraz Erlenmeyer de 350mL colocar 5mL de muestra del baño electrolítico, añadir 50mL de solución al 10% de cloruro de bario para precipitar todos los carbonatos y los estannatos. Agregar unas gotas de timolftaleína o fenolftaleína y empezar a valorar con Ácido Clorhídrico o sulfúrico a 0.1N, el primer indicador cambia de vire de color azul a rojo y el segundo de morado a transparente.

$$\text{Por cada 1 mL de [HCl] a 1N} = 0.04g \text{ de NaOH}$$

$$g/L \text{ de NaOH} = mL \text{ de [HCl a 1N]} * 4$$

Para la potasa caustica (KOH) es exactamente el mismo procedimiento de determinación de alcalinidad. Sin embargo, el peso molecular es diferente de NaOH y KOH, por lo tanto;

$$\text{Por cada 1 mL de [HCl] a 1N} = 0.561g \text{ de KOH}$$

$$g/L \text{ de KOH} = mL \text{ de [HCl a 1N]} * 5.61$$

### **Determinación de Acetato Sódico**

Colocar un sistema de destilación provisto de un tubo lateral y un condensador de doble superficie, en el matraz de bola colocar 25mL de muestra con 150mL de agua y 25mL de ácido fosfórico glacial. Empezar la destilación colocando en la recuperación un matraz Erlenmeyer de 400mL con 50mL de agua. La temperatura a llegar de la solución debe ser 127C, cuando se encuentre la solución en esa temperatura se tendrá que agregar al matraz de bola 150mL del

destilado que se encuentra en el matraz Erlenmeyer. Volver a destilar a la temperatura antes mencionada si aún encuentra destilado, se deberá repetir la destilación. Ya que se ha llegado a la destilación final se tiene que valorar con una solución de NaOH a 1N con indicador fenolftaleína (transparente a violeta).

$$1\text{mL de } [NaOH = 1N] = 0.06004\text{g de } CH_3COOH \text{ ó } 0.08203 \text{ de } CH_3COONa$$

#### **Determinación de Estannito**

En vaso de precipitados de 250mL colocar 5s de bismuto diluido en 100mL de ácido clorhídrico al 25%. Hervir para retirar el dióxido de carbono, después agregar un poco de sosa caustica para tener un pH alcalino y diluirse a 250mL. Filtrar 5 mL de solución con papel Whatman No. 540, recoger el precipitado (hidróxido de bismuto) en un vaso de precipitados y verter 10mL de la solución electrolítica. Si la solución se oscurece indica la presencia de estannito de bario (tinte pardo a negro).

### 4.2.2 Análisis a Baños de Estaño ácidos

#### **Determinación de Ácido Sulfúrico Total**

En un matraz aforado de 250mL colocar 10mL, llevar al aforo y mezclarlo correctamente. Tomar de esa solución una muestra de 25mL en un vaso de precipitado de 250mL, diluyendo con agua de 150mL. Añadir 5mL de ácido clorhídrico concentrado y calentar hasta ebullición. Agregar cloruro de bario al 10% para precipitar en su totalidad a sulfuro de bario. Ebullición durante 5min, luego dejar reposar durante 24h. Posteriormente calentar hasta ebullición por última vez, filtrar con papel filtro No. 540, enjuagando el vaso con agua caliente que contenga ácido clorhídrico y finalmente solo agua. Secar en un crisol el papel filtro con el precipitado en una estufa hasta que el sólido sea blanco.

$$BaSO_4 * 0.4202 = H_2SO_4$$
$$g \text{ de } BaSO_4 * 420.2 = g/L \text{ de } H_2SO_4$$

#### **Determinación de Ácido cresolsulfónico total**

En un crisol de níquel colocar 1mL de muestra, agregar solución de hidróxido de sodio al 25%. Colocar en un baño maría el crisol hasta evaporar completamente. Se debe tener cuidado con la muestra final ya que contaminaría gravemente la muestra. Ya que se obtenga el sólido agregar 10g de NaOH y calentar hasta incorporar completamente por 10min por lo menos. Dejar enfriar el compuesto. Realizar una solución de 100mL que contenga 10mL de peróxido de hidrógeno de 20 volúmenes y 10 mL ácido nítrico concentrado diluido en agua. Tomar el crisol y pasar el contenido a un vaso de precipitado de 250mL no olvide quitar todo el residuo con una varilla

de vidrio y lavar con la solución realizada anteriormente agregando al 100%. Se debe encontrar en un pH ácido, si es necesario agregar más HNO<sub>3</sub>. Calentar a ebullición, separar la materia en suspensión filtrando.

Posteriormente agregar 5mL de ácido clorhídrico concentrado, volver a calentar a ebullición, agregar poco a poco la solución de cloruro de bario al 10% para precipitar el sulfuro de bario. Seguir calentando por 5min, luego dejar enfriar y pasar 24h. Calentar a ebullición después de ese tiempo, filtrarlo con papel filtro no.540, lavando correctamente con agua caliente que contenga gotas de ácido clorhídrico y finalmente con agua caliente. Secar el contenido con el papel en un crisol en una estufa hasta que el precipitado sea blanco.

Para determinar la cantidad de ácido cresolsulfónico se debe realizar la diferencia de los gramos que hayan resultado del método anterior (determinación de ácido sulfúrico) y el resultado de esta prueba.

***Diferencia de g de BaSO<sub>4</sub>\*0.8063=g/L de [C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>(CH<sub>3</sub>)OHSO<sub>3</sub>H] en el baño***

#### **Determinación de ácido fluobórico libre**

En un matraz Erlenmeyer de 250mL agregar una muestra de 10mL diluida en 150mL de agua y 3 gotas de indicador rojo de cresol. Valórese con [NaOH]=1N el cambio de vire es de azul-violeta a azul-verdoso.

***Por cada 1mL de [NaOH] = 0.1N = 0.089 g de HBF<sub>4</sub>  
mL de NaOH a 1N \* 8.79 = g/L de HBF<sub>4</sub> en el baño.***

### **4.2.3 Análisis a Baños de Platino**

#### **Determinación de Platino**

En un vaso de precipitado de 250mL colocar 10mL de muestra del baño electrolítico, evaporar con ácido clorhídrico concentrado. Agregar agua y añadir otros 5mL de ácido clorhídrico y evaporar hasta que tenga consistencia la masa. En un matraz aforado de 100mL realizar una solución que contenga 5g de acetato sódico anhidro y 1mL de ácido fórmico, aforado con agua. Diluir la masa con esta solución. Colocar la solución en baño María por 6h. Posteriormente filtrar el platino metálico por medio de un papel Whatman No. 42 lavando con agua caliente. Añadir acetato sódico y ácido fórmico al filtrado, dejar reposar, volver a filtrar si se forma más precipitado del metal. Secar y calcinar el residuo a alta temperatura. Pese el platino metálico.

### Determinación de nitrito

En un vaso de precipitado de 500mL colocar 50mL de permanganato potásico a 0.1N, agregando 250mL de ácido sulfúrico a 1N. Colocar el vaso de precipitado en un agitador magnético con calentamiento (40C), añadir poco a poco 5mL de muestra con la punta de la pipeta tocando la solución. Agitar constantemente y valore la solución con sulfato ferroso amónico a 0.1N hasta que se decolore el permanganato.

*Por cada 1mL de  $[KMnO_4] = 0.1N = 0.004256$  g de  $KNO_2$*

### Determinación de amoniaco

El análisis cualitativo para saber la existencia de amoniaco es muy fácil de realizar, consta de colocar 5mL de solución en un tubo de ensayo y añadir un exceso de sosa cáustica. Calentar el tubo y colocar una tira de papel tornasol. Si el papel cambio a color azul, el amoniaco es existente en el baño. Para un análisis cuantitativo se obtiene una muestra a través de la destilación. Se debe de colocar un sistema que contenga soportes universales (A, B); aros y pinzas (C, D); matraz de bola de 500mL (F); condensador de doble superficie (G); tapones de goma (H, J); bulbo con trampa sencilla o doble (I); vaso Erlenmeyer o vaso de precipitado de 350mL (K); mechero Bunsen (L); entrada y salida de agua (M, N). Como se muestra en la figura

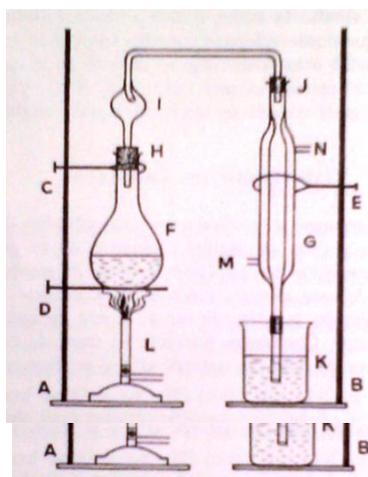


Fig. 15. Sistema para determinación de amoniaco (Kutzelnigg, 1996).

Colocar en el matraz de bola 50mL de muestra del baño, con 150mL de agua conteniendo zinc granulado o sílice para retardar el desprendimiento de gases. En el matraz Erlenmeyer colocar 50 mL de ácido sulfúrico a 1N con la ayuda de una pipeta volumétrica y agregar 3 gotas del indicador rojo de metilo. Inmediatamente agregar 50mL de NaOH al 25% en el matraz de bola y colocar el tapón. Asegurar la salida del condensador que se encuentre en sumergida en el matraz Erlenmeyer. Encender el mechero y empezar a calentar el matraz de bola, ebullición hasta que reduzca el 50% de la cantidad original. Retirar el tapón del matraz de bola, apagar el mechero, posteriormente se debe de lavar con agua la salida del condensador. El matraz Erlenmeyer aun estará de color de vire rojo esto indica que el ácido sulfúrico aún está en exceso.

Valorar con NaOH a 1N hasta que cambie a amarillo. Reportar el volumen gastado (Kutzelnigg, 1996).

### 4.3 Control por celda Hull

La celda hull es utilizada comúnmente como una herramienta esencial para revelar las causas de los baños electrolíticos ya que se comprueba la eficiencia actual de los baños, la densidad de corriente y la adhesión de los recubrimientos, a pesar que el control químico es eficiente no controla las impurezas metálicas que hay en el baño, por lo cual se puede notar con los problemas que hay en la captación de las densidades de corriente fuera del rango del baño.

La celda es un recipiente base trapezoidal que tiene diferentes dimensiones como 250, 267, 320, 534 y 1000 mil cm<sup>3</sup>, se utilizan dependiendo la operación. Son de materiales no conductores como vidrio, PVC, polietileno, perspex (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003).

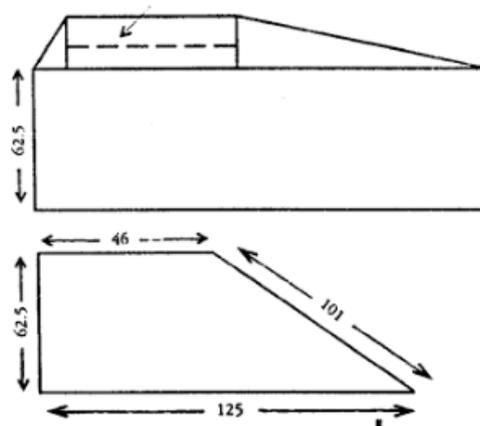


Fig.16 - Tamaño común de una celda hull 267mL (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003).

El cátodo se coloca sobre el lado inclinado y, por lo tanto, con un ángulo fijo y conocido respecto al ánodo. Las celdas resisten hasta los 75°C, pero es recomendable para su utilización a temperaturas más elevadas, sumergirlas en un baño de agua caliente controlado termostáticamente. Para realizar la prueba se tendrá que tomar una muestra del baño con exactitud. Ya con la muestra calentar de 2 a 4°C a más de la temperatura de trabajo del baño electrolítico, el ánodo se conecta al polo positivo y el cátodo (previamente pulido, desengrasado) conectado al polo negativo, sumergir en la solución y ajustar a la intensidad de corriente. El cátodo se deja de 4-5 min, después se retira, se enjuaga y se seca (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

Posteriormente se examina el cátodo a lo largo de la línea central si llegara a tener una variación de depósito se debe consultar la siguiente tabla 1.8.

**Tabla 1.8 Densidad de corriente**

Celda de Hull- Densidad de corriente de la placa de prueba						
Distancia	Corriente total en la celda (Amperes)					
(cm)	1	2	3	4	5	6
1	5	10.10	15	20.70	25.10	32
2	3.61	7.20	10.65	14	17.80	21.26
3	2.6	5.20	7.8	10.35	13.00	15.55
4	1.9	3.80	5.75	7.80	9.80	11.70
5	1.4	2.90	4.40	5.65	7.15	8.55
6	1	2.10	3.10	4.15	5.10	6.10
7	0.65	1.40	2.05	2.65	3.38	4.15
8	0.45	0.75	1.05	1.40	1.76	2.25

Fuente: García Padilla & Pérez Flores, 2009

La cantidad de muestreo de ensayos depende mucho del ánodo que se esté colocando si es soluble o insoluble, si es soluble se colocan de 6 a 8 placas, en cambio si es insoluble se pretenden de 2 a 3 placas. Existen variaciones sobre la celda de Hull detallada. Una de ellas es utilizar una celda perforada, la cual se introduce en la celda electrolítica. Esto permite realizar los ensayos con la temperatura real de trabajo y con una concentración del electrolito perfectamente estable (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

Un depósito típico de una celda de Hull se muestra continuación en la Fig. 17:

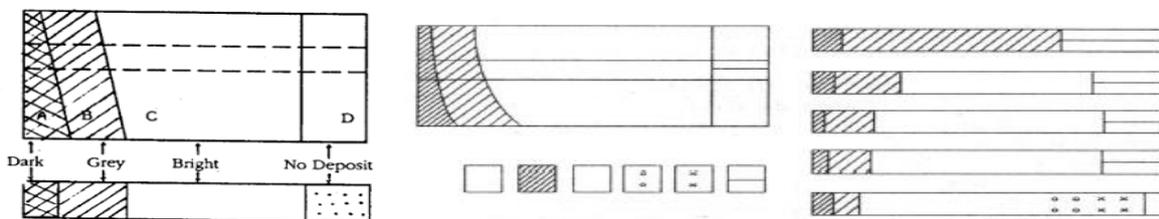


Fig. 17.- En esta figura se muestra en forma esquemática, el aspecto que tomarán los cátodos en función del estado del electrolito. (Kutzelnigg, 1996) (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003).

La figura anterior nos demuestra al lado izquierdo que el panel A es oscuro y áspero, en el área B es opaca, mientras que en el área C es brillante y D no tiene depósito o depósito muy fino. Un excelente procedimiento para registrar los resultados de tal prueba de control es dibujar la apariencia de la sección mostrada entre las líneas de puntos (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003). En la parte derecha de arriba hacia abajo corresponde a baños sin agentes de adición, baño con faltante de agentes de adición, baño excedido de aditivos en aproximadamente un 50%, baño excedido de agentes de adición en un 100%. Aproximadamente al 50% de su valor óptimo, baño con un equilibrio de aditivos óptimos.

Cada solución de revestimiento exhibirá diferentes características que se adquieren a través de la experiencia del operador para la interpretación de los resultados. Se deben tener placas estándar para comparar el efecto en la apariencia del depósito.

La frecuencia de las pruebas de cada revestimiento varía con el ajuste de los baños. Las celdas de Hull pueden utilizarse para estudiar completamente el poder de recubrimiento, la aprobación de nuevos metales base para depósitos, anodización, electropulido y por supuesto las pruebas de revestimientos del depósito (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003).

## Capítulo 5. Pruebas de los recubrimientos electrolíticos de Estaño y Platino

Cuando se obtiene el recubrimiento final, a pesar de que se cuentan en las diferentes etapas del proceso como controles de operación, análisis químico en cada tina, ajustes, observación de las piezas, etc. se debe de tomar en cuenta otro tipo de pruebas que determinen la correcta adhesión y diferentes parámetros que requiere cumplir un recubrimiento.

La aplicación de estos métodos es importante ya que los recubrimientos necesitan específicas características desde el aspecto de la superficie o la composición de aleación, también el espesor que debe manejar, la cantidad de porosidad que genera la electrodeposición, la adherencia entre el metal base y el depositado y finalmente la resistencia a la corrosión.

### 5.1 Prueba de aspecto

Lo que pretende esta prueba es que el producto final (estañado o platinado) se verifique a través de la observación, es decir que el acabado electrolítico contenga un grado elevado de lustre, reflectividad de espejo, y carencia de defectos en la superficie. Las diferentes inspecciones en el proceso nos ayudan a generar con calidad los acabados como por ejemplo los muestreos de los baños electrolíticos y la celda de Hull. La inspección del producto final se considera en las piezas o laminas electrodepositadas del material que no contengan defectos de acabado, es decir, si contiene buena calidad si no para reprocesar el producto, también la forma del empaque que sea correcto para la logística del mismo.

El cliente cuando realiza la compra de los recubrimientos al recoger o la llegada del producto a su planta, realizará una inspección de recibo de materiales para checar si es correcto y cumple con los estándares de calidad. No deben estar adheridas ni contener ampollas, fosas, áreas sin recubrimiento, grietas, módulos o áreas no planas, tampoco debe de estar manchado o descolorido. Todas las superficies deberán estar sustancialmente libres de grasa o aceite utilizado en el proceso de brillo (NPCS Board of Consultants & Engineers, 2003).

### 5.2 Composición del recubrimiento

Para determinar la presencia de un compuesto o elemento se realizan diferentes metodologías de determinación, si es necesario saber con exactitud la cantidad se debe determinar cuantitativamente, en caso de que solo se requiera saber que está presente el metal, se determinará en forma cualitativa. En este caso los recubrimientos pueden ser identificados por análisis cualitativo ya disuelto en ácido como se muestra en la tabla 1.9. La prueba con papel filtro es una prueba no destructiva para recubrimientos metálicos el cual es mencionado anteriormente, se le coloca un poco de solución ácida o alcalina sobre la superficie. Las tiras de papel son sumergidas en una solución con un agente apropiado de acuerdo al metal a identificarse, después de eso se dejan secar. Para preparar las tiras se utiliza agua, amoniaco, solución diluida y/o solventes orgánicos.

**Tabla 1.9 Identificación de metales por solubilidad en ácidos**

Metal	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> diluido	HCl	HNO <sub>3</sub>	Agua Regia	NaOH
Aluminio	±	+	-	+	+
Plomo	-	-	+	+	+
Cromo	-	+	-	+	-
Acero	+	+	+	+	-
Oro	-	-	-	+	-
Plata	-	-	+	-	-
Zinc	+	+	+	+	+
Estaño	±	+	-	+	+
Cadmio	+	+	+	+	-
Cobre	±	±	+	+	-
Níquel	-	±	+	+	-

Nota: (-) indica ataque nulo, (±) Indica ataque ligero, (+) Indica Ataque al recubrimiento.

Fuente: García Padilla & Pèrez Flores, 2009.

### **Prueba de papel para Estaño**

Se prepara el papel filtro con una solución de 0.01g/L de azul de metileno, después de sumergir la tira de papel, dejar secar. El color de la tira es azul claro, ya teniendo la tira seca, tomar el recubrimiento de estaño y sumergir en ácido clorhídrico a 0.1N. Tomar la tira y colocarla en la superficie. Después de 15 min la tira se retira y se seca. Si el estaño se encuentra presente la tira cambiará a un color incoloro. Debe estar completamente seca la tira para percibir el cambio de coloración.

En cuanto al platino, el agua regia no le provoca una afectación instantánea deberá de pasar mucho tiempo para que perjudique el recubrimiento, tampoco cambia de coloración, por lo tanto, no se puede realizar estos tipos de pruebas (Kutzelnigg , 1996).

## **5.3 Prueba de espesor**

El espesor de los recubrimientos se considera importante ya que tiene relación con la resistencia a la corrosión, por lo tanto, se comprueba el tamaño de depósito en el material base. A través de los años se han encontrado diferentes métodos que nos ayudan a determinar la cantidad del depósito de los cuales sobresalen los siguientes (ASTM, 2003):

1. Método microscópico
2. Método Químico
3. Método de corriente de Foucault
4. Método Fluorescencia de rayos X
5. Método magnético
6. Método mecánico
7. Método coulométrico
8. Método de retrodispersión beta

### **Método microscópico**

Para realizar la prueba se necesita que la placa (muestra) se le haga un corte transversal y pulir el corte. Medir el espesor por observación microscópica. También se utiliza el microscopio de interferencia de doble haz, se forma una etapa entre la superficie del recubrimiento y la superficie disolviendo un área pequeña de la muestra. El método es aplicable a los recubrimientos delgados como los depósitos de uso decorativo (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

### **Método Químico**

Esta técnica es más precisa para la determinación de espesores por desprendimiento o pérdida de peso. En esta prueba se pesa una muestra de área conocida y se quita el recubrimiento electrolítico por medio de un disolvente apropiado. El procedimiento para estaño consiste en seleccionar al azar de un lote de producción, un número de artículos recubiertos especificados por el cliente. La cantidad del peso debe de ser al menos 1 parte de 100. Limpiar las muestras con disolvente, detergente y agua. Pesar las muestras y colocarlas ya limpias en una solución de 20g de trióxido de antimonio en 1L de ácido clorhídrico concentrado. Retirar la placa después de un minuto y que ya no desprenda ningún tipo de gas. Enjuagar con agua limpia y si es necesario quitar la grasa o los residuos de antimonio. Dejar secar completamente, volver a pesar. Para calcular el espesor medio en  $\mu\text{m}$  consiste en una división de la pérdida de peso del muestreo entre el área del mismo, después el resultado multiplicarlo por  $1.37 \times 10^5$  (ASTM, 2013). Para el platino no se encontró información para determinar espesor por este método.

### **Método de corriente de Foucault**

Este método es una prueba no destructiva realizada por corrientes inducidas llamadas corrientes de Foucault o eddy currents (corrientes en torbellino), se basa en los principios de la inducción electromagnética. Los resultados son muy fiables, el material de muestra se somete a ciertos fenómenos físicos, que hacen que la energía fluya de diferente manera en el material. Se emplea un instrumento que genera una corriente de alta frecuencia en una sonda, induciendo corrientes parásitas de forma que generan un campo magnético inducido que se opone al campo original (Gómez de León, 2009). Las magnitudes de las corrientes son en función de las conductividades relativas del recubrimiento, el sustrato y el espesor. Se utiliza para medir los espesores de recubrimiento (conectores como no conectores, sobre una base metálica). Sin embargo, son para recubrimientos metálicos de alta conductividad sobre sustratos no conectores (ASTM, 2013).

### **Método de fluorescencia de rayos X**

Este método se realiza por medio de rayos que penetran en el recubrimiento y producen una radiación secundaria emitida por el recubrimiento o del sustrato. Se realiza a través de la espectrofotometría de rayos X de emisión y absorción para determinar el espesor del recubrimiento metálico hasta  $15\mu\text{m}$  (ASTM, 2013). El instrumento a utilizar en este

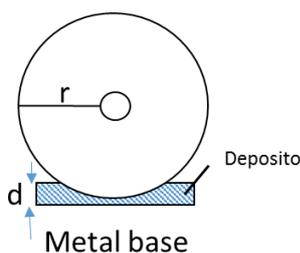
procedimiento es el espectrogoniómetro, este se encuentra posicionado para registrar la intensidad de una longitud de onda del depósito o en su caso un sistema de dispersión de energía. Las determinaciones de espesor por este método pueden verse afectada por la presencia de impurezas en el material depositado sea material co-depositado, material de aleación o espacios vacíos o porosidad. Estos errores se eliminan mediante el uso de patrones de calibración con el mismo tipo de solución a las mismas condiciones de trabajo utilizadas en la producción del depósito. En cuantos espacios vacíos o porosidad la lectura que dará el instrumento será de la masa del recubrimiento por unidad de área (ASTM, 2014).

### **Método magnético**

Este método utiliza instrumentos que miden la atracción magnética entre un imán y el recubrimiento o el sustrato. Es una prueba no destructiva muy económica y se adapta a mediciones sumamente localizadas. Las técnicas de este método se pueden considerar que una es la fuerza requerida con la que se separa el imán del sustrato utilizado en el recubrimiento se utiliza para recubrimientos no magnéticos sobre un metal base magnético, recubrimiento magnético sobre un metal base no magnético, recubrimientos magnéticos sobre un material base magnético. Otra técnica es el cambio de la resistencia magnética ocasionada a introducir un material no magnético entre un solenoide energizado (ASTM, 2003).

### **Método mecánico**

La forma más fácil de medir el espesor del recubrimiento con un micrómetro si es que se conoce con exactitud el espesor del material base. Sin embargo, existen más técnicas que nos apoyan a tener un resultado más exacto. El método de la cuerda de Mesle se basa en extender la longitud de la sección rectificando a través del revestimiento con un lijado abrasivo o cuando el revestimiento esta sobre una superficie curvada. Se rige esta técnica con la siguiente ecuación (Kutzelnigg , 1996):



$$d = \frac{l^2}{8r}$$

l= longitud de la cuerda que se ha producido en el corte  
r = radio de la curvatura  
d= espesor

### **Método coulombimétrico**

El método de coulombimetría o disolución anódica determina el espesor del depósito por medio de la cantidad de electricidad consumida en la disolución del electrodepósito desde un área definida con precisión cuando el artículo se hace anódico en un electrolito adecuado bajo condiciones adecuadas. El cambio de potencial que se produce cuando el sustrato está expuesto indica el punto final de la disolución (ASTM, 2013).

## **Método de retrodispersión beta**

Este método se basa en el registro de la fracción de partículas betas emitidas por una fuente radio isotópica y un detector que mide la intensidad de la radiación beta retrodispersada por la muestra. Esta medición es posible si el número atómico del recubrimiento es diferente al sustrato ya que está en función de los átomos como por ejemplo el oro se puede medir hasta 50 $\mu\text{m}$  ya que es alto, en cambio los números atómicos bajos podrán llegar a medir hasta aproximadamente 200 $\mu\text{m}$  (ASTM, 2003).

Los espesores más comunes dentro de la industria se refieren en la tabla 1.10.

**Tabla 1.10 Espesores de Estaño**

Clase	Mínimo de espesor	Aplicación
A	2.5 $\mu\text{m}$ (100 $\mu\text{in}$ )	Condiciones de servicio suaves, particularmente donde la superficie significativa está protegida de la atmósfera (como en los conectores electrónicos). Proporcionar resistencia a la corrosión y el deslustre donde mayores espesores pueden ser perjudiciales para el funcionamiento mecánico del producto (por ejemplo, pequeños contactos elásticos eléctricos y relés). La clase A se utiliza a menudo en revestimientos de estaño que no deben soldarse, sino que deben funcionar como superficies de contacto eléctrico de baja resistencia.
B	5 $\mu\text{m}$ (200 $\mu\text{in}$ )	Condiciones de servicio suaves con requisitos menos severos que la clase C (abajo). Las aplicaciones son las siguientes; Pre recubrimiento sobre metales base soldables para facilitar la soldadura de componentes eléctricos; Como preparación superficial para la pintura protectora; Para fines de aniquilación; Y como un stopoff en la nitruración. También se encuentra en cacerolas después del reflujo.
C	8 $\mu\text{m}$ (320 $\mu\text{in}$ ), (10 $\mu\text{m}$ (400 $\mu\text{in}$ ) para sustratos de acero.	Las exposiciones de exposición moderada, por lo general en interiores, pero más severas que la clase B, son ejemplos de hardware eléctrico (tales como cajas para relés y bobinas, latas de transformador, jaulas blindadas, chasis, marcos y accesorios) y para retener la soldabilidad de artículos soldables durante almacenamiento.
D	15 $\mu\text{m}$ (600 $\mu\text{in}$ ) (20 $\mu\text{m}$ (800 $\mu\text{in}$ ) para aceros)	Servicio severo, incluyendo exposición a la humedad y corrosión leve de entornos industriales moderados. Ejemplos son accesorios para gas, metros, accesorios de automoción (como filtros de aire y filtros de aceite), y en algunas aplicaciones electrónicas.
E	30 $\mu\text{m}$ (0.0012 in)	Condiciones de servicio muy severas, incluyendo temperaturas elevadas, donde la difusión de metal subyacente y los procesos de formación intermetálica se aceleran. El espesor de 30 a 125 micras puede ser necesario si el recubrimiento está sometido a abrasión o está expuesto a líquidos lentamente corrosivos o atmósferas o gases corrosivos. Los revestimientos más espesos se usan para contenedores de agua, acoplamientos de acero roscado de cadenas de perforación de petróleo y atmósferas de la costa. Se incluyen los revestimientos sujetos a agentes de ataque leves.
F	1.5 $\mu\text{m}$ (60 $\mu\text{in}$ )	Similar a la clase A, pero para aplicaciones de contacto a corto plazo y requisitos de vida útil cortos, sujeto a la aprobación del comprador.

Fuente: ASTM, 2003

En cuanto para los recubrimientos de platino por los altos costos del metal no se maneja una norma que incluya los espesores para cada condición que se necesite del material.

## 5.4 Prueba de porosidad

Todos los recubrimientos metálicos en cierta forma son porosos. La cantidad de porosidad en el recubrimiento puede ser tolerable dependiendo de la gravedad del entorno que puede encontrar durante el almacenamiento. Si los poros son pocos en número, o lejos de las superficies significativas, puede llegar a tolerarse en los criterios de aceptación del producto final. Para poder ver con más detalle los poros que contienen las piezas metálicas se realizan diferentes pruebas como el ensayo en agua caliente. Este consiste en colocar la muestra en un recipiente de agua a ebullición (90-95°C) por 6 horas con un pH de 6-7. Al finalizar la prueba se logrará ver las manchas en las piezas que fueron expuestas. Existe otra prueba con dióxido de azufre que es a través de una exposición a una atmosfera húmeda que contiene una baja concentración de SO<sub>2</sub> que hace que aparezcan manchas de producto de corrosión del sustrato en las porosidades del recubrimiento. Si la concentración de SO<sub>2</sub> en el sistema es demasiado alta, el producto final no podrá permitir un resultado confiable.

## 5.5 Prueba de adherencia

La prueba de adherencia de los materiales es importante para determinar si el depósito no sufre desprendimiento al material base, si es así la prueba es satisfactoria, de lo contrario estará expuesto el material base. Las principales causas de tener este defecto es la limpieza inadecuada del metal base, los baños electrolíticos contaminados y la deposición incorrecta. Por ello se han determinado distintas pruebas.

### **Prueba de pulido**

Es a partir de un esmerilado o pulido, ya que la acción mecánica (fricción) al recubrimiento genera calor y llega producir ampollas en regiones donde la adhesión entre el recubrimiento y el sustrato no es satisfactoria. Se realiza un pulido con disco de cobre o acero en un área de 630mm<sup>2</sup> del producto final del recubrimiento por 15s. A que mantener la presión suficiente para pulir la película teniendo cuidado a no dañar o cortar el depósito. El inspector al terminar esta prueba por medio de la observación debe de determinar si hay aparición de ampollas en la muestra o hubo mayor desprendimiento parcial o total del material base (ASTM, 2013).

### **Prueba de endurecimiento**

Esta prueba mide la templabilidad del revestimiento. Su principio es determinar la capacidad que tiene la muestra en endurecerse en un cambio drástico de temperatura. Para realizar esta prueba se debe calentar una muestra durante un tiempo suficiente para que la placa llegue a 150 ± 10°C y luego se traslada a enfriar con agua al medio ambiente (ASTM, 2013).

### **Prueba de curvatura**

Esta prueba se utiliza para determinar la adhesión del recubrimiento al material base y la ductilidad. Se toma una muestra que debe doblarse con un mandril hasta que sus extremos sean paralelos. El mandril corresponde de un diámetro igual al espesor de la muestra. Se toma una ampliación de 4x, no debe mostrar ningún tipo de descamación. Algunos recubrimientos de estaño, pueden mostrar grietas finas durante esta prueba del cuál no debe considerarse como falla de adhesión (ASTM, 2013).

### **Prueba de Chisel-Knife**

Se realiza a través de un cincel frío afiliado para penetrar el recubrimiento sobre el artículo que se está evaluando. El cincel puede colocarse en la parte posterior de una zona saliente del revestimiento-sustrato expuesta mediante la sección del artículo con una sierra. Si es posible eliminar el depósito, la adhesión no es satisfactoria. Los revestimientos suaves o delgados no pueden ser evaluados por ese método (ASTM, 1985).

### **Prueba de impacto**

Es muy fácil de realizar esta prueba ya que se toma un martillo o un dispositivo de impacto apoyado en un bloque para soportar la muestra. Los resultados reproducibles se obtienen fácilmente mediante el uso de un probador de impacto modificado adecuadamente donde la fuerza es reproducible y el contorno del cabezal de impacto está en forma de una bola de 5mm de diámetro, cargada por un peso descendente o un peso pendular oscilante. La exfoliación o ampollas en y alrededor son evidencia de adhesión inadecuada. Esta prueba es a veces difícil de interpretar. Los revestimientos blandos y dúctiles generalmente no son adecuados para la evaluación (ASTM, 1985).

### **Prueba Scribe-Grib**

Se usa una herramienta de acero endurecido a 30° hasta 45° para realizar 2 o más líneas paralelas o un patrón de rejillas con una distancia de 10 veces el grosor nominal del recubrimiento. Al trazar las líneas, colocar una presión suficiente para cortar el sustrato en un solo paso, sacudir la pieza del residuo que haya dejado al marcar las líneas. Después se debe colocar un trozo de cinta adhesiva sobre el corte, frotar una goma para fijar completamente la cinta. Posteriormente con fuerza retirar la cinta, el resultado de la prueba se identifica a través de una clasificación que determina la gravedad del desprendimiento como se muestra en la tabla 1.11 y 1.12.

**Tabla 1.11 Clasificación de características de adherencia**

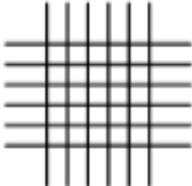
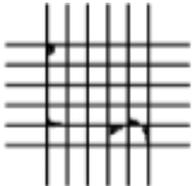
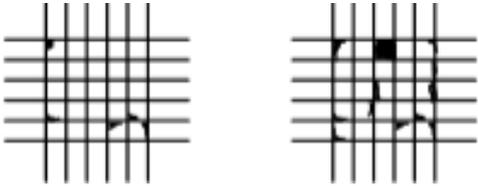
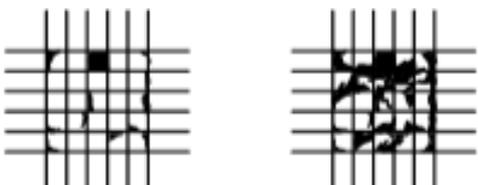
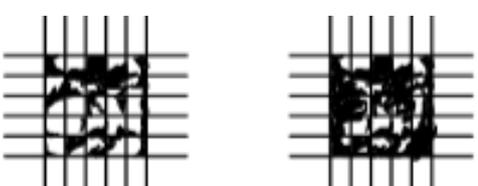
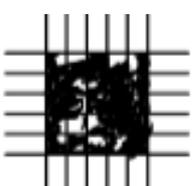
Clasificación	Características
5A	No hay desprendimiento del recubrimiento
4A	Desprendimiento leve en los cortes o la intersección de estos
3A	Menos del 5% de la superficie se ve afectada.
2A	Desprendimiento cerca de los cortes

**Continuación de la tabla 1.11**

Clasificación	Características
1A	Remoción de la mayoría del área con la cinta adhesiva
0A	Remoción más allá del área y mayor que el grado 1

Fuente: ASTM, 2010

**Tabla 1.12 Clasificación de resultados de prueba de adhesión**

Clasificación	Porcentaje del área removido	Ejemplo gráfico
5B	0	
4B	Menos de 5	
3B	5-15	
2B	15-35	
1B	35-65	
0B	Mayor del 65	

Fuente: ASTM, 2010

## 5.6 Prueba de corrosión

La mayoría de los revestimientos o recubrimientos metálicos son para dar más tiempo de vida al material base ya que es una barrera contra la corrosión. Se realizan diferentes pruebas o ensayos que son relativos en su dificultad dependiendo la naturaleza del medio a estudiar. Para evaluar el comportamiento corrosivo de una muestra se deben de preparar diferentes tipos de soluciones de ácidos minerales o sales en donde se sumergirá.

Se mide la resistencia de corrosión a través de la pérdida de peso que presenta después de la prueba seca. Se obtiene para cada solución un valor específico de la velocidad con que la corrosión ataca el revestimiento. Las pruebas de corrosión se distinguen en 2 categorías: ensayos acelerados y ensayos de larga duración efectuados en los medios naturales (Ávila & Genescá, 1996).

### 5.6.1 Ensayos acelerados

Estas pruebas o ensayos se desarrollan en ambientes más drásticos que los naturales ya que a manera natural hay limitaciones. El propósito de las pruebas es medir la continuidad del recubrimiento, observar el espesor que sea uniforme, poros u otros defectos. Una ventaja es la posibilidad de emplear condiciones controladas como la concentración, el método de aplicación de pulverización, la presión, el volumen, la temperatura, la humedad relativa de la solución. Dependiendo de la atmosfera que se quiera simular es el tipo de solución a utilizar, simulan la atmosfera de costa de mar o marina, rural, urbana, industrial (Gómez de León & Alcaraz Lorente, 2004).

#### **Prueba de salinidad**

El propósito de esta prueba es colocar una muestra en una atmosfera simulada como una costa de mar en el recubrimiento metálico, por ello para tener una reproducibilidad correcta se fue modificando hasta llegar a tener un correcto procedimiento reflejado en la ASTM B117-16 (Standard practice for operating salt spray) y ASTM G85-11 (Standard practice for modified salt spray testing). Los inconvenientes son que la prueba es constantemente húmeda, temperatura de 35°C, contenido de cloruro de sodio al 5%, por lo tanto, condujo a la búsqueda de modificaciones de la prueba de sal neutra que aumentaría su gravedad, así producir un patrón más parecido al aire libre y acortar el periodo de prueba. Esta prueba es de naturaleza muy suave produciendo solo un lado limitado de corrosión en todos los materiales menos resistentes a la corrosión ( Davis & Associates, 2000).

#### **Prueba de pulverización con ácido acético y sal**

El ensayo de pulverización contiene el 5% de cloruro de sodio con ácido acético a pH=3.2 con una temperatura de trabajo de 35°C. Simula correctamente el patrón de corrosión que se produce al aire libre, el periodo de prueba solo se acelera ligeramente y dura de 8 a 114h como limitación considerable de la utilidad de la misma. El caudal de la pulverización es de 1-2 mL/h sobre un área de 80 cm<sup>2</sup> con estas condiciones el tiempo de duración del ensayo es de 72h (Carter, 1977).

### **Prueba de pulverización con sal, ácido acético y cobre**

A consecuencia de que la solución de ácido acético y sal no era suficiente para simular algunas zonas ya que existen más contaminantes en la lluvia y en el lavado de las carreteras a base de esto se agregó cloruro cúprico que ayudo a incrementar la gravedad de la prueba. Se mantiene el cloruro de sodio al 5% y el ácido acético a pH=3.2, agregando cloruro cúprico 1g/gal, aprobando la temperatura del ensayo a 50°C y cumpliendo el pulverizador una temperatura de 57°C y una presión de aire de  $15 \pm 1$  lb/in<sup>2</sup> con una aplicación de solución de 1.5 mL/h en un área de 80cm<sup>2</sup>. En 2 ciclos de 16 ó 18 h. Al iniciar la prueba se debe de limpiar las muestras con una pasta de óxido de magnesio y agua para que queden libres las roturas de agua después del enjuague (Carter, 1977).

### **Prueba de pulverización con ácidos inorgánicos**

En vista de que existen materiales con propiedades de resistencia mayor por lo cual necesitan una sustancia para poderlas degradar por ello se cambian en el método de pulverización las soluciones con ácidos inorgánicos. Para usar el ensayo con ácido clorhídrico la solución debe de contener 1.7 al 2 % durante 5h a temperatura ambiente, después se dejan por 10h mas sin pulverización. En caso del ácido nítrico se coloca en la muestra copos de cuello ancho que se llenan con ácido concentrado y se mantienen a 50°C. Los poros se revelan en 50 minutos de la exposición del material.

En resumen, existe diferentes tipos de pruebas para corrosión como se han mencionado anteriormente. Sin embargo, existen más que se describen brevemente en la tabla 1.13.

## **5.6.2 Ensayos en ambientes ambientales**

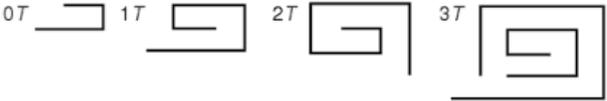
Todo material se expone a un sistema de elementos naturales o artificiales que han sido modificados con el transcurso de los años. Por ende, los recubrimientos metálicos deben ser empleados a prueba en los ambientes naturales ya seleccionados. Para seleccionar una atmosfera es posible llevarse por la experiencia de qué tipo de atmosfera es la que puede ser más representativo para la pieza.

Como una zona urbana concurrida que se expone a diferentes tipos de contaminantes industriales, automovilísticos o en una zona costera con humedades altas y salinidad. Para realizar esta prueba se debe contar con un lugar confiable por el largo periodo de estadía y que los parámetros que contenga el ambiente sean las condiciones corrosivas preferentes al medio que será realmente expuesto. La mayor ventaja de esta prueba es que se pueden manejar un mayor número de muestras a la vez utilizando el mismo tiempo bajo las mismas condiciones, se pueden verificar constantemente por medio de la observación con un examen más detallado (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

**Tabla 1.13 Pruebas para determinar la resistencia a la corrosión de recubrimientos.**

Prueba	Descripción
Prueba de salinidad (ASTM B117)	Más ampliamente específica la prueba. Cloruro sódico 5% atomizado, pH neutro, 35°C, siga los detalles de ASTM B117, Apéndice X1. Enfatiza las superficies húmedas (no secas), alta disponibilidad de oxígeno, pH neutro y condiciones de calor. El control de las muestras compresoras debe ejecutarse simultáneamente. La consistencia de corrosividad debe ser verificada como se describe en ASTM B117, Apéndice. Notas: puede ser la prueba más utilizada. Requiere correlación con la prueba de servicio para obtener resultados útiles. No asuma salida de correlación.
Humedad relativa al 100% (ASTM D2247)	Prueba ampliamente utilizada. Humedad de condensación, 100% HR, 38°C. Enfatiza la sensibilidad a la exposición al agua.
Pulverización de ácido Acético y sal ASTM G85, A1 (antes ASTM B287)	Prueba ampliamente utilizada. NaCl atomizado al 5%, pH 3,2 utilizando ácido acético, 35°C. Más grave que la ASTM B117. El pH más bajo y la presencia de acetato afectan la solubilidad de los productos de corrosión sobre y bajo los recubrimientos protectores.
Prueba de sal y dióxido de azufre (ASTM G85, A4)	NaCl atomizado al 5%, solución recogida pH = 2,5-3,2, 35C, SO2 dosificado (60 min * 35 cm3 / min por m3 volumen del armario) 4 veces por día
Prueba acelerada de sal y cobre, o CASS (ASTM B368)	NaCl atomizado al 5%, pH 3,2 con ácido acético, 0,025% de cloruro cúprico-dihidrato, 35°C. Acoplamiento galvánico debido a la reducción de la sal de cobre al metal de cobre. Más grave que la ASTM B117.
FACT (antes ASTM B538)	Ensayo de los especímenes de aluminio anodizado. Electrolitos como en pulverización de sal o la prueba CASS. El espécimen se hace el cátodo para generar alto pH en defectos.
Desgaste acelerado	Exposición de especímenes recubiertos a efectos de radiación ultravioleta experimentados en condiciones de luz solar al aire libre, que pueden combinarse con otras exposiciones tales como humedad y erosión. Los gabinetes de exposición utilizan arco de carbono (ASTM D822), lámpara de xenón (ASTM G26) o lámpara fluorescente (ASTM G53).
Ácido Láctico	Sobre sustratos de latón y aleaciones de cobre, determina la porosidad de revestimientos y la resistencia a la manipulación (respiración). Consiste en inmersión en una solución de ácido láctico al 85%, secado e incubación por encima de vapores de ácido acético durante 20 h para revelar manchas de decoloración en puntos de fallo o delaminaciones.
Prueba de agua de mar sintética acidificada o SWAAT (ASTM G85, A3; antes ASTM G43)	Agua de mar sintética atomizada (ASTM D1141) con 10 ml de ácido acetilsalicílico glacial por L de solución, pH 2,8 a 3, 35°C. Más grave que la ASTM B117. El pH más bajo y la presencia de acetato afectan la solubilidad de los productos de corrosión sobre y bajo los recubrimientos protectores.

**A continuación de la tabla 1.13.**

Prueba	Descripción
Prueba de porosidad química y electrografía	Los poros y defectos activos en revestimientos no metálicos pueden ser revelados por la indicación de color o la formación de depósitos. Sobre sustratos de níquel, dimetilgloxima o acero, el indicador de ferricianuro de potasio (prueba de ferroxilo) puede aplicarse a la superficie sobre papel de filtro mientras que el sustrato se hace el ánodo. Alternativamente, un sustrato sumergido en nódulos de cobre ácidos en defectos de recubrimientos conductores.
Adhesión (ASTM D3359-90)	La prueba de cuchillo y uña consiste en cortar el recubrimiento con una cuchilla o un punzón y desalojar el revestimiento con la uña del dedo o la uña (paso / falla). La prueba ASTM D3359 consiste en escribirs "X" o tramas cruzadas paralelas, seguidas de una separación de cinta adhesiva del revestimiento suelto.
Adhesión T-bend (ASTM D4145)	<p>La flexibilidad combinada y la prueba de adherencia consisten en fijar el extremo del panel metálico plano recubierto en un tornillo o en un dobladura de herramienta similar (convexa) a través de 90°, reclinándose para doblar a 180° para dar la curva "0T" (donde T es el grosor del panel y el número 0, 1, 2, ...) es el número de espesores del panel). Rebajar sobre la curva 180° da una curva 1T. La cinta adhesiva se presiona hacia abajo a lo largo del borde de la curva y se retira cualquier recubrimiento suelto.</p> 
Prueba Scab	Prueba cíclica consistente en exposición corta a la sal, período de secado corto y largo período de alta humedad. Se mide la sub cotización del escriba.
Exposición exterior	Método para la realización de una prueba de exposición exterior de pinturas sobre acero. Configuración de exposición bien definida, no necesariamente equivalente a prueba de servicio.
Prueba de servicio data	Datos de rendimiento de sistemas de revestimientos en condiciones de uso. Método de evaluación más lento; proporciona resultados tangibles.

Fuente: Davis , 2001.

## 5.7 Defectos más comunes en los recubrimientos

Los defectos más comunes de los recubrimientos metálicos son por el defecto que ya trae el material base y/o el proceso del recubrimiento.

### **Defectos por material base**

El material base presentan defectos por la forma en que es producido en moldes, las piezas forjadas, o si llega a tener una superficie irregular. Las incrustaciones de escoria son relacionadas a contaminantes en el molde o el metal fundido que al momento de caer contiene materia sólida. Otros defectos son las marcas del troquel, desbarbado, aplicación de soldadura por cualquier tipo de técnico sea por arco o por resistencia.

### **Defectos por proceso de electrodeposición**

Los defectos producidos en el proceso de los recubrimientos metálicos son la mala limpieza sea con solventes, decapados o lijado si no se aplica correctamente la técnica se tendrá el riesgo de tener el material base con contaminantes, escorias que pueden producir porosidad al recubrimiento. Además de ese defecto también se pueden observar quemaduras ya que el recubrimiento se observará rugoso u opaco debido a las altas densidades de corriente en el baño electrolítico. Al no tener un recubrimiento uniforme en el material base, los defectos producidos serán estrías, cráteres, grietas, bordes recrecidos (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

## Capítulo 6. Área de trabajo, equipos y accesorios

El área de trabajo, los equipos y accesorios a utilizar son determinados por la cantidad de producto terminado y el tiempo de operación. Si se establecen diferentes turnos en la planta, los consumibles directos o indirectos de operación y la materia prima incrementan. Por ende, se debe de emplear diferentes tipos de equipos, accesorios, para poder cumplir con las demandas del producto.

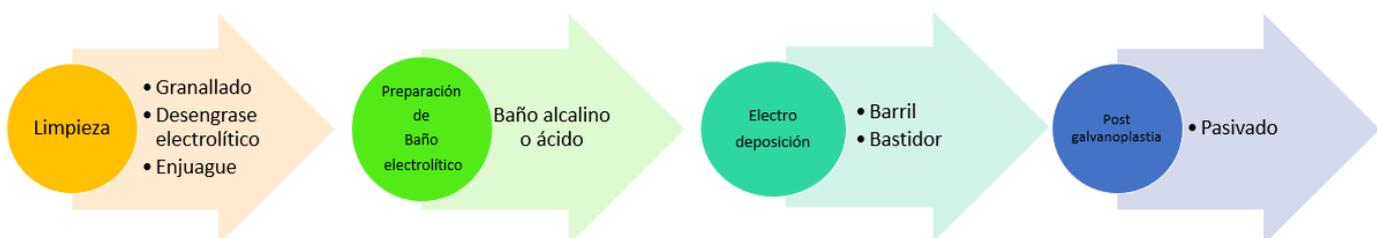
### 6.1 Descripción del área de trabajo

Una planta de galvanoplastia se enfoca en una línea de producción donde se realizan procesos de recubrimiento metálico por medio del electrólisis. Las plantas tienen capacidades de producción versátiles, desde piezas muy pequeñas (como piezas de joyería), hasta partes de la industria de la manufactura en especial, la automotriz (Carmona Perez, Merlos Sanchez , & Rodriguez Zamora, 2007). Por ello se deben de disponer de zonas independientes para cada operación asegurando que sea continuo y no haya interferencias por movimientos.

Los requisitos o exigencias de las instalaciones de galvanoplastia son muy especiales en cuanto a la elección de materiales, a causa de la naturaleza corrosiva de las soluciones que se utilizan y de las condiciones generales del servicio a que está sujeta la instalación (García Padilla & Pérez Flores, 2009). Es importante considerar entre las dimensiones de cada celda o cuba al menos 50cm en la parte superior para asegurar la protección anticorrosiva del lugar de instalación de ellas mismas. La distribución de las celdas debe de estar en función del trabajo a ejecutarse, las tomas de muestreo para el laboratorio y que no perjudique en la línea de producción.

### 6.2 Descripción de equipos y accesorios utilizados en las etapas del proceso

Existen 3 procesos básicos que se utilizan industrialmente: 1) Recubrimiento en barril, 2) Recubrimiento en bastidor y por último 3) Recubrimiento vibratorio. Aunque cambie el tipo de celda o cuba electrolítica, el material debe de pasar por las siguientes etapas para asegurar el revestimiento.



## Celdas electrolíticas

Como se ha comentado anteriormente una celda electrolítica son sistemas en los que se aplica externamente un potencial eléctrico con el objeto de generar reacciones químicas de óxido-reducción en la superficie de los electrodos de dicha celda (Albella, 2003). Se componen de un circuito externo, electrodos (ánodos y cátodos), solución del baño electrolítico. Las soluciones están contenidas en tanques que deben de ser inertes o de materiales resistentes, ya que deben resistir el ataque a la corrosión, no debe de haber deprendimientos del material del tanque para no contaminar el baño electrolítico ni debiera conducir corriente. Existen diferentes tipos de materiales que aportan estas características que son (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005):

1) Tanques de acero soldados que se emplean en los baños electrolíticos de cianuro y sulfuros, soluciones alcalinas para limpieza y electrodeposición. Se compone de un recipiente rectangular abierta con juntas soldadas y un refuerzo de angulo en el borde superior.

2) Tanques de plástico: Son utilizados por su resistencia a la corrosión y la insolación eléctrica. Existen tanques de polietileno rígido de alta densidad, polipropileno, PVC. Son adecuados para la mayoría de los baños electrolíticos, temperaturas hasta de 70°C y capacidad hasta 1250L.

3) Tanques de fibra de vidrio: Son utilizados para enjuagues y diluciones de ácidos o alcalinos por lo tanto no pueden contener ácidos fuertes, sustancias altamente alcalinas o soluciones de cianuro ni temperaturas elevadas porque pueden atacar las resinas utilizadas en el ensamble del tanque.

4) Tanques de acero inoxidable: Se utilizan para contener Acido nítrico, Acido crómico y otros ácidos oxidantes. El ácido clorhídrico, ácido sulfúrico o soluciones donde el acero puede volverse anódico o bipolar (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).

A pesar de los componentes de que son realizados los tanques de las soluciones algunos contienen revestimiento como el caucho. Hay dos grados de caucho blandos y duros. Los que son utilizados en la galvanoplastia son los duros ya que son más resistentes al material a utilizar como ácidos. Los revestimientos de goma vulcanizada son utilizadas para la electrólisis. La temperatura máxima a trabajar en este tipo de tanques de revestimiento es 70°C. El caucho natural no es adecuado para usar soluciones de oxidantes fuertes como: ácido nítrico y ácido crómico (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005). La duración de este material se puede alargar con un curado superficial antes de su utilización que es agregar una solución diluida al 5-10% de ácido sulfúrico o clorhídrico y dejándolo reaccionar durante 12 a 24h. Actualmente la mayoría de las celdas, tanques o cubas electrolíticas son de chapa de hierro, soldada o plegada con revestimientos de plomo ya que es sumamente resistente a los ácidos (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

## Celda de obleas (Wafer Cell)

Para cumplir las condiciones del proceso se desarrolló una herramienta para el área de galvanoplastia en la deposición uniforme y rápida para revestimientos a escala micrométrica para dispositivos eléctricos y magnéticos. Existen dos tipos de celda; 1) Celda de paletas y 2) Celda de corriente. Las celdas de paletas proporcionan agitación al cátodo y uniformidad sobre los sustratos que no se pueden girar fácilmente durante la deposición de películas magnéticas depositadas en presencia de un campo magnético. Consta de 2 placas paralelas colocadas horizontalmente con aislante en las paredes laterales. El desarrollo en el diseño de esta celda se debe a las dimensiones de la manufactura y para una mayor variedad de recubrimientos metálicos, por la eficiencia de la agitación sobre grandes áreas durante el depósito de una amplia de metales y aleaciones. Sin embargo, la mayor parte de la deposición en este tipo de celdas se produce en electrodeposición de fuentes o corrientes. Estas celdas utilizan un blindaje de corriente para modificar su distribución colocando entre los electrodos una placa no conductora con abertura por lo que el ánodo se mantiene por debajo y paralelo a la oblea que puede mantenerse estacionaria o en agitación (Schultze & Staikow, 2003).

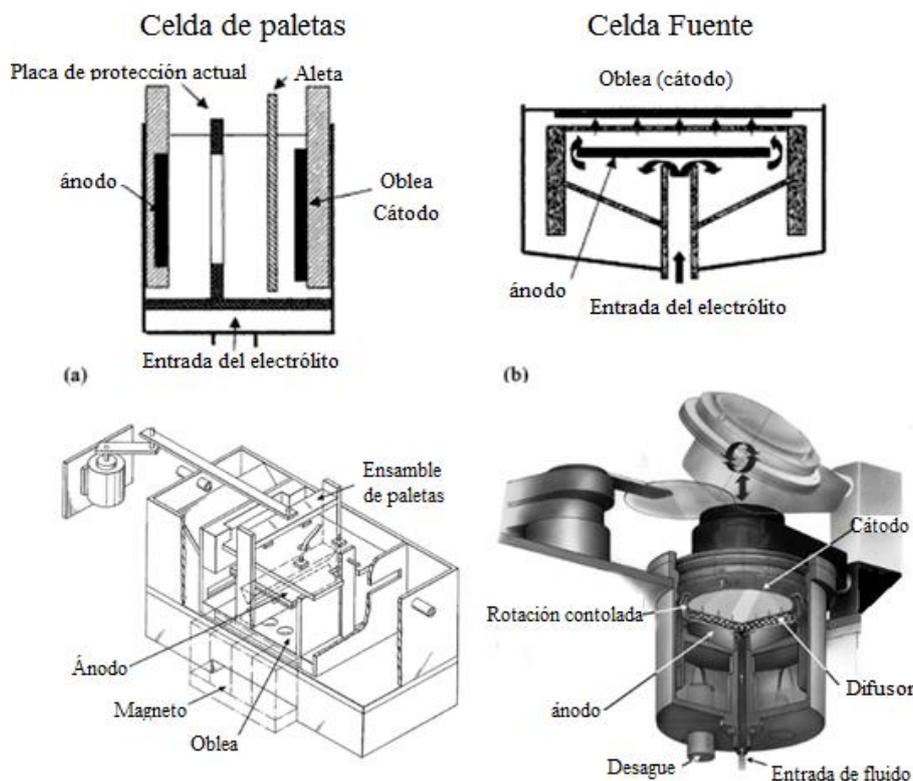


Fig. 18 Esquema de equipos para galvanoplastia: a) Celda de paleta y b) Celda de fuente (Schultze & Staikow, 2003), (Mordechay & Milan, 2010)

## Sistemas de calentamiento

Para los diferentes procesos para electrodepositar un material es necesario de la temperatura por lo cual se auxilian de algunos métodos de calentamiento como vapor, agua caliente (media o alta presión, fase líquida o gaseosa). Sin embargo, para adquirir estos servicios es necesario calderas que dependiendo de la capacidad de una planta de galvanoplastia puede llegar a costearse o no, por ello también existen bobinas o serpentines de calentamiento.

La elección del sistema de calentamiento depende del material y dimensiones del tanque a ocupar ya que limita la transferencia de calor efectiva y eficiente, también si el depósito es demasiado grande, el área de la superficie de calentamiento disponible en relación con el volumen de solución es demasiado pequeña y el mantenimiento de la temperatura de funcionamiento se hace más difícil.

La mayoría de las celdas son calentadas por un sistema de baño maría que está compuesto por quemadores de gas o queroseno. No obstante, tomando en cuenta que el agua del baño María debe estar siempre en ebullición y la demora en llevar la solución electrolítica a su temperatura de trabajo no es muy eficiente utilizar este sistema, por lo cual solo se aplican cuando el control de temperatura es crítico.

Sin embargo, se sigue desarrollando sistemas de calentamiento directo, ya que el calentador se sumerge en la solución del revestimiento. La limitante de este sistema es la temperatura superficial del calentador ya que son de resistencia eléctrica no debe de permitirse que sea elevada y la solución debe de circular alrededor del calentador, sin en cambio son de mayor utilidad ya que alcanzan con precisión una temperatura predeterminada con una tolerancia de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . La potencia para calentar una solución dependerá del calor específico del electrolito. Son realizados de fundas metálicas, de cuarzo o vidrio térmico (García Padilla & Pérez Flores, 2009).



Fig. 19 Calentadores de inmersión para baños galvanicos. (Soluciones Galvanicas , 2017)

Se debe de tomar en cuenta que los baños electrolíticos a temperatura ambiente no deben de bajar de  $17^{\circ}\text{C}$  ya que algunos baños alcalinos pueden producir cristalización de material.

## Ánodos

En una celda electrolítica, el ánodo es muy importante para completar el circuito eléctrico y la reacción óxido-reducción. Existen diferentes tipos de ánodos ya que las reacciones anódicas son diferentes, las cuales son:

**1) Ánodos solubles:** Son generalmente utilizados en soluciones ácidas. Estos aportan a la solución el material necesario para que las sales disociadas en la misma se vuelvan a formar luego de haberse adherido sobre el cátodo sus iones metálicos a través de una electroplaca o cesta de malla completamente inerte debido a la capa protectora de óxido de titanio, que no solamente pueden estar recubiertos de ese material sino también de platino o niobio con espesores de 0.1-0.25mm. Por la solubilidad del ánodo la vida útil de la solución se prolonga por lo cual es más económico, son más amigables con el medio ambiente al reducir la cantidad de la solución. Se utilizan para revestimientos de oro, plata y níquel (Whang, 2011).

**2) Ánodos insolubles:** Se utilizan en soluciones alcalinas, se encargan de cerrar el circuito eléctrico a través de la solución con el cátodo, incrementan el espesor del depósito ya que no se disuelven y no aportan metal al electrolito. En este tipo de ánodo se genera oxígeno por lo cual conduce a una disminución de pH que puede causar pasivación del ánodo, un ejemplo común es cuando el ácido sulfúrico libre está presente en exceso, se reduce la conductividad de la solución debido al efecto del ion común. Suponiendo que sea sulfato estannoso se solubilizará fuera del ánodo provocando así la pasivación, la tensión de la celda evita que la operación de recubrimiento. Son utilizados comúnmente en aplicaciones de metales preciosos. Sin embargo, no es común en metales base por ejemplo los revestimientos de cobre en circuitos impresos o procesos de grabado en rodillo, el estaño en la industria electrónica (Mordechay & Milan, 2010).

La ventaja de utilizar un ánodo soluble es que es más rentable en la reposición del metal en aplicaciones de gran escala ya que no hay lugar a ningún cambio en la composición original, en cambio en los ánodos insolubles ocurren cambios químicos y descomposición de sustancias por lo que necesitan usar sal metálica, una solución de metal concentrado o celdas de diafragma separadas especiales para la disolución eléctrica y mayor consumo de energía requieren a menudo que la matriz del electrolito se adapte para asegurar y mantener las características superiores del depósito, especialmente si se ha aplicado otro tipo de corriente (corriente inversa).

También existen ánodos insolubles que son inertes y catalizadores. Los que son catalizadores se utilizan por ejemplo en los baños de cromo que se presenta en Cromo trivalente y se convierte en hexavalente (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

Los ánodos son acompañados como anteriormente se mencionó por accesorios que son recubiertos o ayudan al traslado del mismo. Se utilizan para evitar en la solución partículas metálicas en suspensión que son retenidas por fundas (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

## Proceso en barril

Este procedimiento es ampliamente empleado para componentes pequeños a medianas piezas. Con el paso del tiempo las mejoras que ha tenido este sistema han permitido diversificar la gran gama de componentes que pueden ser revestidos. Hay que tener en consideración la forma, tamaño y el peso de las piezas ya que pueden dañarse durante el proceso de deposición. Por ejemplo, los discos, las arandelas y las piezas de espesor delgado ya que tienden a pegarse por medio de la tensión superficial de los baños electrolíticos. Los recubrimientos más utilizados en este sistema son el revestimiento de cobre, el niquelado, el níquel fosfórico, recubrimiento de paladio, paladio-níquel, recubrimientos de plata, estañado, estaño-plomo, estaño-zinc, revestimientos de zinc, zinc-níquel, recubrimiento de oro templado, cobalto y platino. Sus ventajas son el ahorro de costos ya que se puede realizar las diferentes etapas en un mismo recipiente con una mayor eficiencia, los materiales a recubrir solo deben de cumplir que entren en el barril, el acabado es más uniforme por la rotación del mismo.

Existen 2 tipos de barriles:

**1) Barriles perforados por inmersión:** Como bien lo indica el barril perforado se sumergen en la solución del baño eléctrico. Es más frecuente a utilizar por el cumplimiento del estándar que pide en el espesor de recubrimiento de la pieza. Los tamaños de este equipo varían entre el más grande que es de 1070\*400 mm para la producción a gran escala hasta pequeñas dimensiones para aplicación experimental de 180\*100mm. Las perforaciones del barril que contienen son una serie de agujeros cilíndricos de 3mm hasta finas perforaciones de 0.4mm de diámetro que están contrabrazados desde el exterior para incrementar la circulación de la solución y reducir la resistencia eléctrica (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).

**2) Barriles abiertos:** este equipo contiene en el interior la solución electrolítica, el ánodo y las piezas a trabajar. Lo más común para trabajar en este tipo de equipo es el chapado de tornillos finos, remaches etc. Sus ventajas de este equipo es que sus salidas son pequeñas, el costo inicial es bajo y utiliza menor volumen de solución. Son ampliamente utilizados por su facilidad de uso, para componentes pequeños no contiene orificios en los cuales pueda perder materia a recubrir. Su capacidad de carga de 2.25 a 14L (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).

Igualmente se clasifican en barriles que son horizontales y oblicuos. Sin embargo, el que tiene mayor utilidad son en posición horizontal ya que son capaces de manejar cantidades mayores al contrario de los barriles oblicuos. La mayoría de los barriles de chapado se fabrican de polipropileno y son aptos para temperaturas hasta de 75°C continuamente. Para esta técnica el contacto del cátodo consta de una longitud de cable flexible aislado que termina con nudo de acero, se colocan dos contactos en los cojinetes de cada lado del recipiente dependiendo de la carga se considera si es flexible o rígido. En cuanto el control de corriente se puede manejar dependiendo en la cantidad de barriles para el mismo proceso dependiendo de la baja o alta tensión, el voltaje necesario depende del tipo de barril o del electrolito ya que pueden ser

altamente conductores los rangos pueden ir desde el mínimo de 6 hasta requerir 20 voltios. La velocidad de rotación del barril se rige principalmente de los artículos a recubrir como del diámetro, generalmente para un tamaño pequeño oscila entre 10 a 15 rpm y para los grandes de 6 a 12 rpm mientras para el fosfatado su velocidad habitual es de 0.5 rpm. Conforme a los ánodos se debe de tener un espacio amplio para colocar las cantidades que necesita en cada carga. Para los barriles abiertos es más fácil ya que el operador al revisar el barril si detecta que el diámetro se ha reducido tendrá que cambiarlo. En cambio, para el otro tipo de barril se debe de estar examinados constantemente. Los ganchos del ánodo deben de ser del mismo metal y deben de ser lo suficientemente largo para permitir la suspensión de los ánodos a la profundidad apropiada (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).



Fig. 19 Proceso en barril: 1) Soluciones para las etapas de electrodeposición de metales , 2) Barril perforado , 3) inmersión de barril perforado, 4) Emerger el barril de la última etapa. (Femeval Valencia , 2010)

### **Proceso en bastidor**

Como bien indica el nombre el recipiente o instrumento de proceso es en un bastidor que a menudo se sujeta por medio de un alambre de cobre. Al igual que el barril, se sumerge en las celdas, se retiran y se traslada al baño siguiente hasta completar la secuencia. Este proceso se realiza manualmente por lo tanto alteran los costos de mano de obra y es una desventaja ya que es relativamente caro. Existen 2 tipos de máquina para realizar este proceso; línea recta o retorno. La diferencia de los equipos es la forma de cargarse ya que como lo indica en línea recta se puede realizar la tarea de un extremo a otro o en un mismo punto de partida donde un mismo operador puede cargar y descargar la máquina, en cambio en la máquina de retorno se mueven en la misma dirección ya que el diseño dispone que los tanques estén de manera que los bastidores giren hacia atrás y la estación de descarga este al lado de la posición de carga para un depósito uniforme en la piezas a recubrir. Para la distribución de corriente dentro del tanque se controla mediante deflectores dieléctricos como protectores de corriente por el tamaño y la colocación del ánodo. Sin embargo, para tener una mayor eficiencia se pueden

utilizar electrodos bipolares para la corriente. En cuanto las agitaciones de las soluciones se pueden utilizar agitadores mecánicos, por aire, empujadores de solución forzada, agitación ultrasónica (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).



Fig. 20 Proceso en bastidor : 1) Bastidores , 2) Colocación de bastidor en baño , 3) Bastidor en baño eletrolitico, 4) Producto final en bastidor. (Industrias Goini, 2013)

### **Agitación**

Como hemos descrito en este trabajo, los baños electrolíticos para estaño y platino algunos deben de estar en agitación para obtener correctas deposiciones de material o para trabajar con densidades de corriente más elevadas. Las soluciones pueden agitarse continuamente mediante uno o varios métodos: aire, movimiento mecánico del cátodo y ultrasonido. La agitación por aire es utilizada por la sencillez del sistema, como su nombre lo indica se producen la acción a través de aire suministrado por un soplador de baja presión ya que el aire comprimido puede contener aceites o grasas. Mantiene un burbujeo constante en la solución de cada tanque. Consta de 2 partes el supresor (genera el aire) y los difusores (distribuyen el caudal).

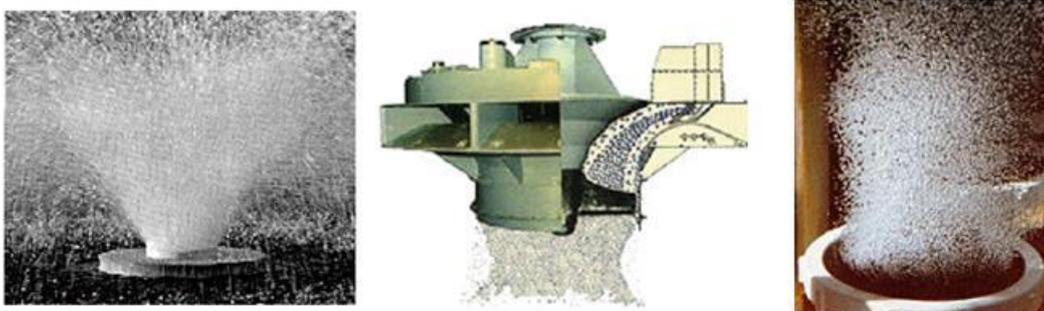


Fig. 21 Agitador de aire por inyección. (Oocities , 2017)

La agitación por ultrasonido se utiliza por el efecto de polarización ya que reduce esta acción del ánodo y del cátodo que permite un aumento de velocidad de depósito sobre la agitación mecánica, al igual que si se combina con corriente inversa también aumenta la eficiencia y la densidad de corriente. Además, que suprimen el desprendimiento de hidrogeno a favor del depósito del metal esto dará mayor adherencia en el sustrato, menor porosidad y mayor dureza. En las tinas que más se utilizan son: desengrase, limpieza y decapado (Totten , Funatani , & Xie , 2004).



Fig. 22 Limpieza con agitador ultrasonico (Ekyma Ultrasonidos, 2017)

El último método alternativo consiste en un movimiento mecánico de oscilación horizontal o vertical sobre la barra catódica (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

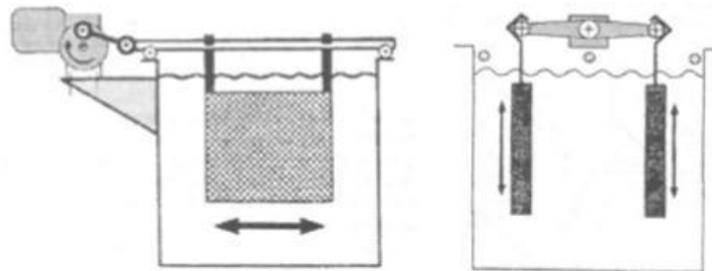


Fig. 23 Agitador de catodico con oscilación horizontal y vertical. (Padilla Garcia & Pèrez Flores, 2009)

### **Filtración**

Para mejorar la calidad de los baños electrolíticos se utiliza comúnmente sistema de filtración que, aunque resten eficacia en los procesos por el incremento de tiempo de operación es de gran ayuda para la eliminación de solidos prolongando la vida útil del baño dependiendo el tipo de baño. Sin embargo, no es al 100% limpia ya que a mayor velocidad de filtración del flujo tendrá mejor eliminación de suciedad.

Los sistemas de filtración de presión se dividen en dos grupos:

- Filtro placas
- Filtro cartucho

El filtro de tipo placa son paquetes que contienen discos de polipropileno entrelazados con telas de filtro colocados entre placas verticales de manera que los bordes soporten la tela al mismo tiempo dejen de debajo de ella un área libre lo más amplia posible para que pase el filtrado. El tiempo de desmontaje de las placas, la limpieza de los paños o papeles insertados y volver a colocar el filtro en aproximadamente 15 minutos. Sin embargo, para reducir el tiempo de cambio de filtración es necesario contar con filtros de repuestos para bajar a un tercio del tiempo. Se pueden utilizar a temperaturas de hasta 65°C.

Los filtros de cartuchos consisten en fieltro de polipropileno que filtran hasta partículas de 5µm. La ventaja es que se pueden reutilizar antes de desechar. Es importante que cuando se esté realizando la filtración (filtro o carbón activo), el flujo de solución debe mantenerse en posición. El tiempo de limpieza es prácticamente instantáneo, estos filtros son recomendados a temperaturas de la solución sobre 65°C. La capacidad de retención en un cartucho estándar de 75mm de diámetro y 250mm de largo, posee una superficie de filtrado de 4 a 6 dm<sup>2</sup>. Con un bajo caudal de líquido se verá favorecida la retención de partículas de menor tamaño. En estas condiciones, las partículas a retener serán de 0.5 a 5µm en la tabla 1.12 muestra si es necesaria la filtración en el proceso (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).



Fig. 23 Filtros: 1)Placas (Innovation Huayi, 2017) y 2) cartucho (Putsch Nerva S.A , 2017)

**Tabla 1.12 Propiedades de la solución de galvanoplastia**

Proceso	pH	Temperatura de baño (F)	Filtración	Filtración (µm)	Tratamiento de Carbón
Anodizado	1	60-90	Opcional	15	No
Anodizado sellado Ni	5,5	200	Deseable	15	Lote
Bronce	10	100-200	Según sea necesario	15	No

### Continuación de tabla 1.12

Proceso	pH	Temperatura de baño (F)	Filtración	Filtración (µm)	Tratamiento de Carbón
Cadmio	12	100	Según sea necesario	30	No
Cromo VI	1	110-130	Opcional	15	No
Cromo III	2-3,5	75	Continuo	1-5	No
Cobre (ácido)	1	75-120	Continuo	15	No
Cobre (cianuro)	11-13	70-150	Continuo	15	Según sea necesario
Cobre (Sin corriente)	14	100-140	Continuo	3	No
Cobre (fluoborato)	1	70-120	Según sea necesario	15	Según sea necesario
Cobre (pirofosfato)	8-9	110-130	Continuo	10-20	Según sea necesario
Oro (ácido)	3-5	80-125	Continuo	1-5	Periódico
Oro (cianuro)	7-12	75	Continuo	5	Periódico
Hierro (al cloruro)	1	195	Continuo	15	si
Fluoborato de plomo	1	100	Continuo	15	No
Níquel brillante	3-5	125-150	Continuo	15-30	Si
Níquel Semi-brillante	2-5	130	Continuo	15	Si
Níquel-Hierro	3.5-4	135	Continuo	15-30	Si
Estaño (ácido)	0.5	70	Según sea necesario	15	Según sea necesario
Estaño (alcalino)	12	140-180	Según sea necesario	30	No
Zinc (alcalino)	14	75-100	Según sea necesario	30-50	Opcional
Zinc (cianuro)	14	75-90	Continuo	30-100	No

Fuente: Sutherland, 2008

### Secado

Después del enjuague, para acelerar el secado de las piezas se realiza un tratamiento húmedo que consiste en enjuagar con agua fría las piezas depositadas metálicamente y después se sumergen en agua hirviendo por unos segundos. Finalmente se secan con aire o aserrín caliente. Sin embargo, se pueden producir manchas causadas por los contaminantes de la solución de enjuague que se obtienen por el transporte de solución de la etapa anterior, por ende, el traspaso entre etapas debe de ser mínimo, por ello el uso de agua desionizada para tratarla después a través de intercambio iónico con el secador de aire (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).

Los secadores de aire caliente trabajan a temperatura de 70-120°C, son utilizados ampliamente para el secado final en el proceso de bastidor. Generalmente este equipo es lento, tiene tendencia

a dejar agua en los bordes y esquinas por lo que es deficiente secar en áreas inaccesibles. En cambio, el secado con aserrín se ha utilizado por años, se puede considerar el secado más sencillo y divulgado desde el comienzo de los recubrimientos metálicos ya que solo se sumergen los componentes en el aserrín caliente, se puede utilizar a temperatura ambiente siempre y cuando no contenga demasiada humedad en el aserrín. La ventaja de que el secador trabaje a temperatura es que el aserrín como el componente expulse humedad y no corran riesgo a corroerse ni a mancharse con aguas duras en la etapa de enjuague como en el secador de aire. Las piezas que pueden procesar deben de ser sencillas, sin cavidades internas o roscas (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

Durante muchos años se ha utilizado el aserrín sin embargo se ha ido reemplazando generalmente por mazorcas de maíz triturado que cuando se usan el proceso es más limpio, producen menos polvos y no obstruyen los huecos del artículo a secar. Existen diferentes dimensiones que son medidas por grano que pueden ser las siguientes: grano 20/40, 40/60 y mayor a 60 (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).



Fig. 24 Secador de mazorca de maíz (The Andersons, Inc., 2017)

Los secadores centrífugos son los más eficientes en el secado de componentes pequeños a granel. El proceso consta de hacer girar las piezas a alta velocidad mientras se extrae una corriente de aire caliente atraída de los lados. El secador centrífugo estándar se compone de una cesta perforada extraíble con el principio anteriormente mencionado, estos se utilizan comúnmente en la línea de procesamiento de barril ya que es fácil inclinar directamente los barriles a las cestas a través de embudos revestidos. Las centrífugas automatizadas se conforman de 3 estaciones de trabajo (carga de cestas centrífugas, secado centrífugo, descarga final) que están conectadas por un transportador que se habilita por el control de operación de la planta (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2005).

### **Extracción y ventilación**

Una empresa o planta de galvanoplastia es necesario contar con extracción de contaminantes y una buena ventilación ya que por la cantidad de etapas o procesos que se requieren para realizar correctamente los recubrimientos necesitan de diferentes sustancias y reacciones mencionadas anteriormente y puede exponer al personal operativo y una mayor contaminación atmosférica en el lugar.

Existen 2 tipos de ventilación industrial que son: la extracción general o de dilución y de extracción local. La extracción general o dilución su objetivo es renovar constantemente o convenientemente la totalidad del aire de la planta o área de trabajo sustituyéndolo por aire nuevo exterior, con el fin de elevar la calidad del aire que respiran las personas eliminando los contaminantes generados en el sistema.

Sin embargo, la función o el objetivo para la extracción local es captar el aire contaminado de un punto saturado cerca de su fuente o punto en específico transportándolo al exterior. Si la concentración de contaminantes en el aire extraído es la misma o ligeramente mayor que en el aire del local la ventilación es general si llegara ser mucho mayor la cantidad de contaminantes se tendrá que colocar un extractor local por lo que la mayor de las veces se opta por adquirir estos tipos de equipo ya que algunos de los baños desprenden gases al estar trabajando.

Hay diferentes tipos de campanas que son cerradas, laterales o de techo. Las campanas cerradas se utilizan para mantener la seguridad del operario ya que como su nombre lo dice son cerradas por lo cual los operarios deben de permanecer completamente afuera todo el tiempo, solo se les permite ingresar cuando necesita mantenimiento. Las campanas de extracción de techo actualmente ya no son comúnmente utilizadas, se deben de extender un poco más de las dimensiones de las tinas de trabajo, no se recomienda que permanezcan muchos operarios a los lados de las tinas ya que el aire contaminado se eleva hacia la campana que pasa por los respiradores de ellos. Conforme a los extractores laterales no previenen completamente la extracción de contaminantes al sistema ya que solo diluye la concentración (García Padilla & Pérez Flores, 2009).

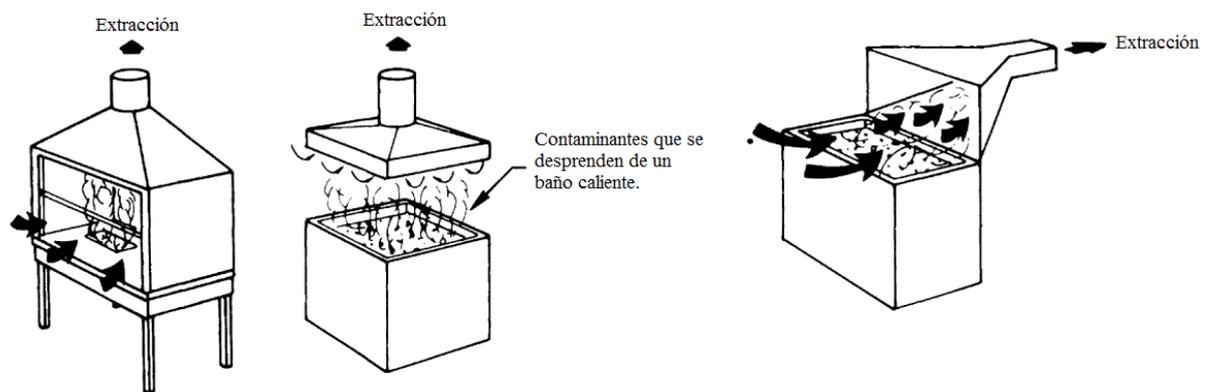


Fig. 25 Campanas de extracción cerrada, lateral y de techo. (Osborn, 1990)

Los requisitos para un sistema de ventilación varían con respecto a las dimensiones y el tipo de planta (tabla 1.13), lo que si se debe de cumplir es: utilizar el mejor sistema para minimizar la concentración de contaminantes sin interferir con los accesos de los operadores, el sistema de ventilación debe ser suficiente para asegurar que la velocidad de captura recomendada (0.5m/s) se mantenga en el punto de emisión, los puntos de extracción deben de situarse lo más cerca posible del peligro potencial. Las corrientes de aire aleatorias alrededor del tanque deben de ser blindadas, pero teniendo en cuenta la compensación del aire requerida, tampoco se debe de aspirar aire contaminado de las salidas (WORKSAFE New Zealand, 2017).

Existen otras subcategorías por diseño de extractores y ventiladores de aire como el de ranuras que el ancho es 5 veces de su profundidad, se utilizan en tanques de superficie abierta. Las campanas descendentes o corriente de aire extraen por un conducto por debajo del proceso (Osborn, 1990).

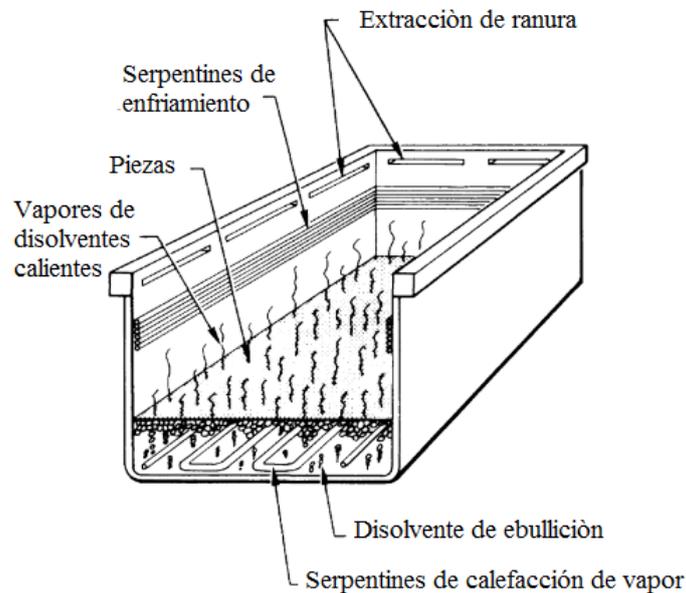


Fig. 26 Campana de ranura alrededor de una tina de desengrase. (Osborn, 1990)

**Tabla 1. 13 Tabla de velocidades de transporte mínimas típicas de ductos**

Operación	Velocidades de transporte del ducto m/s	Operación	Velocidades de transporte del ducto m/s	Operación	Velocidades de transporte del ducto m/s
Barril de llenado o vertido	105-120	Olla de metal y horno	60	Polvo de plomo	150
Cintas transportadoras	105	Campana de horno	60	Humos de soldadura	30-90
Silos y tolvas	105	Pulido (Polvo seco y con pegajoso)	90-120	Pintura en Spray	60
Cabina de metalización	105	Virutas de metal	150	Polvo de grano	90
Polvo de lijado	150	Polvo de granallado	120	Polvo de algodón	90

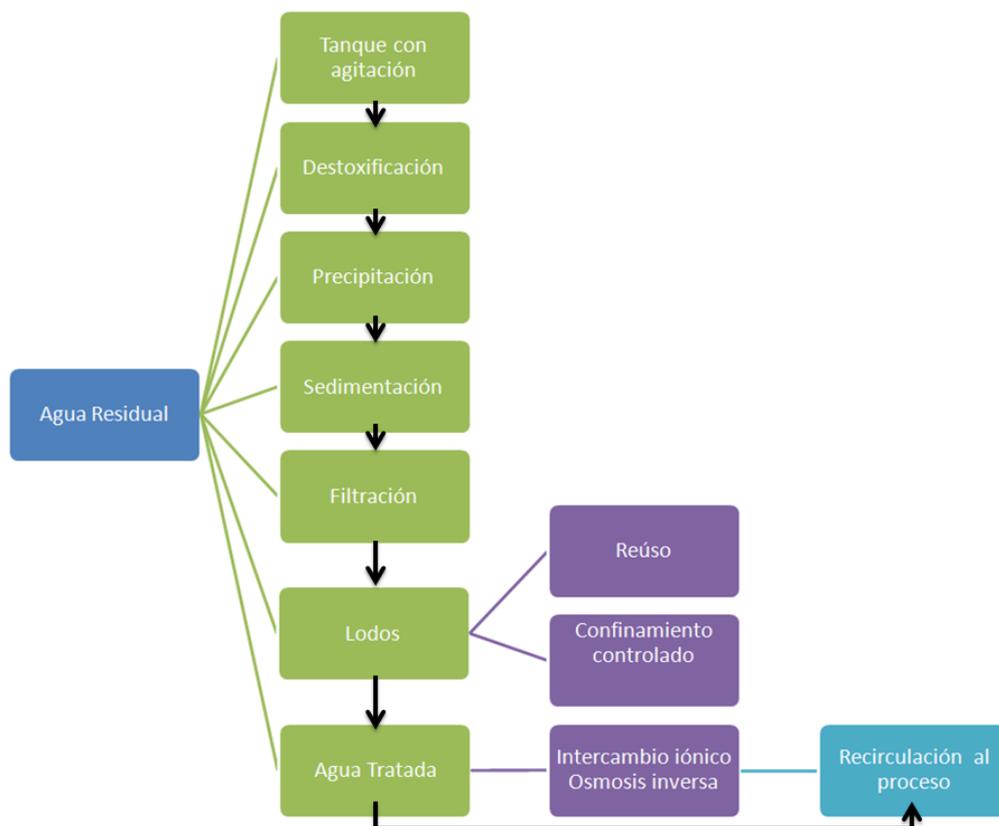
Fuente: Osborn, 1990

## Capítulo 7. Manejos de residuos industriales en baños de estaño y platino

Todo tipo de operaciones generan residuos principalmente la industria que pueden reciclarse y/o reutilizarse dependiendo de los costos, si no es posible, sustentarlo por medio de la planta se puede mandar a tratar.

En la industria de la galvanoplastia los residuos son altamente serios ya que contienen metales tóxicos estaño, cromo, plomo, cadmio o compuestos más tóxicos como los cianuros, por lo tanto, genera una mayor necesidad de tratarlos y de manejarlos correctamente para no exponer al medio ambiente y al conjunto que lo habita ya que queda estrictamente prohibido enviarlos por el drenaje sin un tratamiento previo.

La mayoría de las tratadoras de residuos dentro de la misma planta se realizan a través de un procedimiento fisicoquímico, pero si tenemos en cuenta que obtenemos soluciones acidas, alcalinas con metales y cianuros se debe de tener un procedimiento anterior para tratarlo como una descarga directa hacia el tratamiento de aguas residuales. La forma correcta o conveniente para tratar estos efluentes o residuos es procesar por separado las soluciones, ya que al mezclarse puede elevarse aún más el nivel de toxicidad de los materiales a tratar, diluyendo para bajar concentraciones, si es posible y conveniente neutralizar y eliminando sólidos hasta los márgenes permitidos, descomponiendo las cadenas de las sales tóxicas mediante reacciones redox. Se muestra a continuación un diagrama de flujo para el tratamiento correcto.



## 7.1 Bases legales aplicables para el manejo de los residuos de los procesos de estañado y platinado

Las bases legales son consultas bibliográficas o documentos oficiales que están relacionadas con el tema a tratar previniendo tanto la asociación involucrada como los participantes, como por ejemplo artículos constitucionales, leyes, reglamentos, acuerdos, normas. Para el manejo de residuos no es la excepción ya que se debe realizar con las condiciones que marcan los estatutos del país donde se encuentre la empresa enfocándose la legislación mexicana.

Los residuos peligrosos, dotados de propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas (características CRETIB), han estado sujetos a regulación ambiental en México desde 1988, año en el que se publicaron disposiciones al respecto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y 7 Normas Técnicas en la materia (hoy Normas Oficiales Mexicanas o NOMs), (Cortinas de Nava, 2007).

Los lineamientos a cumplir en el sector ambiental y normas oficiales se mencionan a continuación:

● **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al medio ambiente** (última reforma publicada DOF 09-01-2015): Esta ley se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al medio ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, indicando los lineamientos.

En la sección de prevención y control de la contaminación de aguas epicontinentales o marinas y de suelos, en lo que señala las autoridades responsables de otorgar permisos, autorizaciones, restricciones, los parámetros y los criterios limitantes para utilizar las aguas y suelos nacionales como contenedores finales de diferentes tipos de residuos, en el artículo 111BIS menciona que se consideran fuentes fijas de jurisdicción federal, las industrias químicas, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalurgia, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos.

También menciona que residuo es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó y que un residuo peligroso es aquel que posee alguna de las características de corrosión, reactividad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o al ambiente esto se encuentra referenciado en Título primero, cap.1, art. 3 sección XXXII y XXXIII.

Mientras que en el artículo 120 indica que se debe evitar la contaminación del agua por lo tanto se debe regular federal o localmente las descargas de origen industrial o que contengan desechos

de extracción de recursos no renovables, en los artículos 121 y 122 se descarta la descarga de aguas residuales que contengan contaminantes si previo tratamiento en las corrientes de agua o en el subsuelo.

●**Norma Oficial Mexicana: NOM-052-SEMARNAT-2005**(DOF: 23/06/2006). Esta norma establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Se exponen los códigos de peligrosidad de los residuos, los límites de toxicidad del ambiente que pueden aportar la industria textil, de galvanoplastia, químico-farmacéutica, electroquímica, de la producción de pinturas entre otros.

En la tabla 1.14 se pueden expresar diferentes códigos a utilizar para residuos peligrosos.

**Tabla 1.14 Códigos de peligrosidad de los residuos (CPR)**

<b>Características</b>	<b>Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR)</b>
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Ambiental	Te
Aguda	Th
Crónica	Tt
Inflamabilidad	I
Biológico-Infecioso	B

En la tabla 1.15 se explican diferentes residuos, el tipo de código de peligrosidad a utilizar y la clave de acuerdo a la NOM-052-SERMANAT-2005.

**Tabla 1.15 Clasificación de residuos peligrosos por fuente no específica y sujetos a condiciones particulares de manejo (RP) extraído del listado 2 y 5 de la NOM-052-SEMARNAT-2005.**

<b>Residuo</b>	<b>CPR</b>	<b>CLAVE</b>
Lodos de tratamiento de aguas residuales de operaciones de galvanoplastia excepto de los siguientes procesos: 1) Anodización de Aluminio en ácido sulfúrico; 2) estañado en acero al carbón; 3) zincado en acero al carbón; 4) depositación de aluminio o zinc-aluminio en acero al carbón; 5) limpieza asociada con estañado, zincado o aluminado en acero al carbón; 6) grabado químico y acabado de aluminio depositado en acero al carbón.	Tt	NE05
Lodos de los baños de anodización del aluminio y lodos de tratamiento de aguas residuales del revestimiento de aluminio por conversión química.	Tt	NE06
Residuos de los baños en operaciones de galvanoplastia donde los cianuros son usados en los procesos.	R,Tt	NE07

**Continuación de la tabla 1.15**

<b>Residuo</b>	<b>CPR</b>	<b>CLAVE</b>
Soluciones gastadas de baños de cianuro de las operaciones de galvanoplastia.	R,Tt	NE08
Soluciones gastadas de los baños de limpieza y en operaciones de galvanoplastia donde los cianuros son usados en los procesos.	R,Tt	NE09
Soluciones gastadas de cianuros de la limpieza de tanques de baños de sal en las operaciones de tratamiento térmico de metales.	R,Tt	NE11
Lodos de los tanques de enfriamiento con aceites utilizados en las operaciones de tratamiento en caliente de metales.	T	RP 4/01
Lodos de los tanques provenientes de las operaciones de decapado o del desengrasado.	T	RP 4/02
Lodos provenientes de los baños de cadmizado, cobrizado, cromado, estañado, fosfatado, latonado, niquelado, plateado, tropicalizado o zincado de piezas metálicas.	T	RP 4/03
Lodos de tratamiento de las aguas residuales provenientes de las operaciones de enjuague de piezas metálicas para remover soluciones concentradas.	T	RP 5/01
Aceites gastados en las operaciones de tratamiento en caliente de metales.	T	RP 7/01
Sales precipitadas de los baños de regeneración de níquel.	T	RP 7/02
Residuos conteniendo mercurio de los procesos electrolíticos.	T	RP 7/03
Residuos de catalizadores agotados.	T, C	RP 7/04
Soluciones gastadas de los baños de anodización del aluminio.	T	RP 8/01
Soluciones gastadas de cianuro de los crisoles de limpieza con baños de sales en las operaciones de tratamiento en caliente de metales.	R, T	RP 8/02
Soluciones gastadas provenientes de las operaciones de decapado	T	RP 8/03
Soluciones gastadas provenientes de los baños de cadmizado, cobrizado, cromado, estañado, fosfatado, latonado, niquelado, plateado, tropicalizado o zincado de piezas metálicas	T, C	RP 8/04

**Tabla 1.16 Base para listar residuos peligrosos por fuente específica y fuente no específica, en función de sus toxicidades ambiental, aguda o crónica.**

<b>Clave</b>	<b>Constituyentes por los que se listaron los residuos</b>
NE05	Cadmio, cromo hexavalente, níquel, cianuro (complejos)
NE06	Cromo hexavalente, cianuro (complejos)
NE07	Cianuro (sales)
NE08	Cianuro (sales)
NE09	Cianuro (sales)
NE11	Cianuro (sales)

●**Norma Oficial Mexicana: NOM-055-SEMARNAT-2003** (DOF: 03/11/2014), esta norma establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinaran para un confinamiento controlado de residuos peligrosos. Define en el punto 3.44 que una Zona de descarga es la porción del drenaje subterráneo de la cuenca en la cual el flujo de agua subterránea fluye de mayor profundidad hacia el nivel freático; es decir el flujo subterráneo es ascendente. En el punto 4 se indica los requisitos de ubicación donde los lodos de las plantas para tratamiento pueden confinarse a una distancia mínima de 1000m del centro de la aprobación más próximo asegurando que no habrá afectación al ecosistema.

●**Norma Oficial Mexicana: NOM-001-SEMARNAT-1996** establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Define qué tipo de agua y bienes corresponden a ser nacionales, también de que conforma la muestra a tomar y lo que conlleva para la determinación de los límites.

**Tabla 1.17 Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.**

mg/L	Ríos						Embalses naturales y artificiales				Aguas Costeras						Suelo			
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		Humedades naturales (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2
Cadmio	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,05	0,1	0,1	0,2
Cianuros	1	3	1	2	1	2	2	3	1	2	1	2	2	3	1	2	2	3	1	2
Cobre	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
Cromo	1	1,5	0,5	1	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Mercurio	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,01	0,01	0,02	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,01
Niquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0,5	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	1	0,2	0,4	5	10	0,2	0,4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

PM: Promedio mensual PD: Promedio diario.

●**Norma Oficial Mexicana: NOM-053-SEMARNAT-1993.** Esta norma establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad.

●**Norma Oficial Mexicana: NOM-054-SEMARNAT-1993,** que establece el procedimiento para determinar la compatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993

●**Norma Oficial Mexicana: NOM-117-SSA1-1994.** Inscribe la norma el método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrofotometría de absorción atómica.

●**NOM-133-SEMARNAT-2000** Protección ambiental-bifenilos policlorados (BPCs).

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que posean equipos BPCs o generen residuos peligrosos BPCs, así como para aquellos que presten servicios de manejo de los mismos.

●**NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestre en la caracterización y especificaciones para la remediación.

●**NOM-141-SEMARNAT-2003** Establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post operación de presas de jales.

●**NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004**, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.

## 7.2 Técnicas para el tratamiento de aguas residuales

Como se ha mencionado en el proceso de la electrodeposición de metales se utilizan cantidades grandes de agua para evitar contaminantes en los baños electrolíticos y también para enjuagar los pretratamientos de las piezas metálicas y asegurar un sustrato limpio, especialmente en la galvanoplastia de metales del grupo platino por los elevados costos de fabricación; por lo tanto, se debe minimizar lo más posibles los desechos.

La reutilización de aguas residuales del proceso de galvanoplastia permite al fabricante controlar la calidad en cada paso del proceso por lo cual se debe integrar un sistema de recuperación de metales que se puede establecer en un sistema de reutilización de agua.

Existen diferentes tipos de tratamientos de acuerdo al metal que se está electro depositando en las piezas metálicas como se muestra en la tabla 1.18:

**Tabla 1.18 Efluentes líquidos – alternativas de tratamiento y/o disposición final**

<b>Industria</b>	<b>Efluentes Líquidos-constituyentes</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Observaciones</b>
Cadmiado	Iones de Cadmio, sodio, Potasio, Fosfatos, Boratos, Acetatos	Precipitación Química y Neutralización	En todos los casos es conveniente separar y tratar por separado los efluentes ácidos de los alcalinos y juntarlos luego para su neutralización.

**Continuación de tabla 1.18**

<b>Industria</b>	<b>Efluentes Líquidos-constituyentes</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Observaciones</b>
Cobreado	Iones de Cobre, Sodio, Potasio, Amonio, ortofosfatos, fosfatos, sulfatos y cianuros.	Precipitación Química y Neutralización	Si se procede a la desmineralización total, se puede usar en el tratamiento de agua con resinas de intercambio iónico y recuperación de metales por osmosis inversa.  La contaminación por cianuros puede eliminarse reemplazando las sales cianuradas por baños de tipo ácido o alcalinos sin cianuros, ni complejantes orgánicos.
Cromados	Iones de Cr(VI), Bario, Sodio, Dicromatos, Carbonatos, Cianuros, Acetatos	Reducción de Cr(VI), precipitación de Cr(III), neutralización, desengrase y oxidación de cianuros y otros aniones.	
Estañado	Iones de Sn(II), Sodio, Sulfatos, Nitratos	Precipitación Química y Neutralización	
Niquelado	Iones de Niquel, Sodio, Amonio, Carburo, Fosfatos, Ortofosfatos, Sulfitos, Boratos.	Precipitación Química y Neutralización	
Zincado	Iones de Zn (II), Sodio, Amonio, Carburos, fosfatos, Ortofosfatos, Cianuros, Acetatos.	Precipitación Química, Neutralización, Desengrase y oxidación de cianuros.	

Fuente: (Estudios de Sectores Industriales, 2000)

**•Precipitación química y neutralización**

Para dar tratamiento a los residuos peligrosos en la industria se recurre a la precipitación química para la eliminación de iones metálicos que se encuentran en el agua. Se llama precipitación a la aparición de sólidos que se da a través de una reacción química en una disolución. El método de precipitación más utilizado es por medio de hidróxidos y sales básicas con cal, ya que la mayoría de los metales pesados son solubles en medios ácidos por lo cual precipitan en medios alcalinos. El proceso más sencillo y económico es mediante la sosa, los

lodos generados con este material corresponderán solo a la cantidad de metales en el agua antes de ser tratada como se mencionó anteriormente para elevar la eficiencia de la precipitación también es utilizado lechada de cal. Se coloca en los residuos dosificando poco a poco la lechada de cal hasta pH=6, después de ello ir incorporando sosa. Terminando la precipitación del metal se pasa por el filtro prensa si es que no cumplen los límites mínimos de descarga se deberá de proceder a colocar sulfuros u organosulfurados por la presencia aun de complejos al termino se deberá de volver a filtrar.

Después de haber precipitado el metal en cuestión se procederá a neutralizar. Se dice que una neutralización es la reacción ácido-base para llegar a un pH=7 que anula las características de cada uno. Hay que tomar en cuenta que al tratar la separación de residuos para tratamiento es mejor repartirlo en flujos parciales como, por ejemplo: aguas residuales ácidas, alcalinas, con cianuro, de desengrase.

El tratamiento de aguas del estañado suele implicar la eliminación de aceites y grasas, la recuperación de estaño y otros metales del baño de revestimiento y los residuos de aclarado. Por lo que la eliminación de aceites y grasas se puede realizar por medio de osmosis inversa, ultrafiltración, coagulación química seguida de flotación de aire disuelto o disperso en combinación con un simple desnatado. La recuperación de estaño se realiza a menudo por precipitación alcalina, sulfuro, fosfato o carbonato, la solubilidad de Sn (II) se coloca en un pH inferior a 1.5 o superior de 12. Si los residuos contienen fluoruro, entonces también el uso de cal aparte de ser agente precipitante eliminara los fluoruros simultáneamente. Si el efluente contiene Cr (VI) se debe adicionar sulfuro ferroso, este logrará precipitar sulfuro de estaño y los otros metales que aun permanezcan al mismo tiempo que reducirá a Cr (III). Si el pH se encuentra entre 8 y 9 durante el proceso se precipitará como hidróxido. Finalmente se sedimenta y se filtra. Estos métodos combinados producen entre 2 y 5 mg/L de metal en el efluente. Ya el tratamiento de aguas se realiza a través de intercambio iónico para reducir sustancias a niveles esencialmente no detectados.

Otro precipitante para estaño es el Xantato de almidón que se utiliza con éxito en pH de 3 a 11 con mayor eficiente en pH mayores de 7. Una mejora que se ha agregado a la recuperación de estaño antes de la sedimentación por gravedad es la coagulación. Este paso indica la adición de una sal metálica o un polímero orgánico con agitación constante y lenta de 15 a 30min. Estos procesos se combinan para producir un floculo grande y relativamente pesado que se asienta mucho más rápido con una precipitación correcta. En resumen, para el tratamiento de efluentes se puede utilizar la precipitación con hidróxidos, coagulación por medio de una sal metálica o polímero orgánico y por último floculación provocada por el proceso de una mezcla lenta.

Para los residuos de platino se pueden también precipitar por medio de hidrógeno sulfurado. Esto consiste en acidular la solución con ácido clorhídrico, después calentar y conducir hidrógeno sulfurado, se precipita el metal como sulfito de platino. El precipitado se seca y se enciende fuertemente al aire para formar el metal finamente dividido. Si existen baños grandes se puede utilizar hojas de hierro para precipitarse en el baño acidulado. En ambos casos se debe de filtrar y lavar con ácido nítrico diluido para disolver cobre presente. Finalmente, disolver en

agua regia y evaporar a sequedad en baño maría hasta la obtención de cloruro de platino (Gee, 1920). En cuanto para la recuperación de metales preciosos existen otros tipos de técnicas las cuales se mencionan en la tabla 1.19:

**Tabla 1.19 Métodos de recuperación de metales preciosos utilizados en la práctica**

Método	Pt	Rh	Pd	Ru
Proceso químico: intercambio iónico				
Proceso físico: vaporización				
Proceso fisicoquímico: electrólisis				
Procesos combinados: electrólisis + intercambio iónico				
vaporización + electrólisis				

Fuente: Zereini & Alt, 2006

Algunos de estos procesos mencionados en la tabla 1.19 se explican de forma breve:

●**Carbón activado:** El carbón activado es un absorbente útil con una estructura microporosa compuesta principalmente de material carbonoso, por sus características aparte de recuperar metales, se ha utilizado ampliamente para eliminar contaminantes orgánicos de aguas residuales industriales y municipales, gases de combustión y disolventes volátiles. Se muestra en la literatura que en soluciones diluidas para tratamiento de agua que contienen platino se recupera el metal superior al 99% con agitación constante y temperatura alrededor de los 70°C.

●**Resina selectiva de intercambio iónico:** es un proceso de cambio de ciertos cationes y aniones en un material resinoso. Los metales están presentes como aniones complejos, de manera que la resina aniónica puede eliminarlo. Los iones de cloruroplatino son afines a esta resina ya que tiene una fuerte afinidad por ser moléculas complejas. En este caso la resina aniónica tiene una capacidad potencial de 3 miliequivalentes de platino por gramo de resina. La recuperación final del platino se realiza quemando la resina y recuperando el metal de forma fundida.

●**Tratamiento con vapor de metal:** este método recupera metales del grupo del platino a partir de un catalizador automotriz agotado por reacción con vapor de metal caliente de magnesio o calcio. Se maneja a una temperatura mayor a los 900°C, el magnesio reduce el sustrato del catalizador y aumenta la masa debido a la depositación hacia al magnesio. Después de este tratamiento, los restos del catalizador se disuelven en agua regia calentando a 50-60°C o sin calentamiento en una hora. Los desechos del catalizador se separan los sólidos del licor ácido. Se logra recuperar con este método hasta el 88% de platino, 81% de paladio y 72% de rodio. Sin embargo, aún está en prueba (Ramachandra Rao, 2006).

**•Tratamiento electrolítico:** se realiza por medio de reacciones electrolíticas, consiste en colocar un cátodo y un ánodo en la solución a tratar. Los metales pesados pueden recuperarse en forma de elementos y se evita la producción de lodos. Se trata el agua de acuerdo a los requerimientos de descarga o a las necesidades de recuperación. Existen electrodos de placa para tratar efluentes con cargas mayores debido a su construcción, este sistema puede operar a altas tasas de flujo y además permite reducciones de la concentración. El sistema bipolar se utiliza cuando se requieren niveles de tratamiento mayores y consiste en tener el ánodo y el cátodo en cada extremo de la celda alimentándose de corriente en forma ascendente a altas intensidades con pocas pérdidas de voltaje.

Como, por ejemplo, se puede recuperar platino a través de celdas de combustible de electrólito polimérico a través de extracción electrolítica y disolución química en yoduro de potasio 4M desoxigenado con contenido de yodo añadido variable. La recuperación de platino lixiviados, determinada por la digestión con agua regia, fue de 98.7% y 96.7% para las células de combustible de membrana de intercambio de protones (Patel & Dawson, 2015).

Otra técnica de recuperación del platino consiste en tomar una muestra de los residuos que se va a electrodepositar en una oblea semiconductor. Se aplica una densidad de  $5\text{mA/cm}^2$  generando iones de  $\text{Pt}^{2+}$  en dicha solución. Se agrega una unidad oxidante (solución de peróxido) a una temperatura de  $60\text{-}80^\circ\text{C}$  en un sistema de recirculación de bucle cerrada (Chopra, 2009).

Al final el proceso de aguas residuales debe de pasar el sistema de recuperación de metales, posteriormente la purificación o neutralización del agua tratada y la filtración del agua de reusó.

### 7.3 Recomendaciones referentes a buenas prácticas operativas del tratamiento de aguas residuales provenientes de los procesos de estañado y platinado

Las buenas prácticas se relacionan o se refieren a través de objetivos, principios o procedimientos apropiados para una determinada acción, esto con el fin de obtener resultados siempre positivos demostrando la eficacia de las mismas.

Estos procedimientos apoyan a la calidad del producto cumpliendo las especificaciones requeridas por parte del cliente, también la certificación de la materia prima del proveedor. Mantener un buen control de inventario y conseguir un mínimo de stock, también evitando tráfico excesivo en zonas de almacenamiento y producción. En cuanto planeación y mantenimiento, las buenas prácticas se ameritan en la protección de suelo y de otros materiales que puedan corroerse.

En cuanto la buena práctica de operación es ideal que las etapas se encuentren en una línea de producción, es decir, en un flujo continuo. Esto disminuirá las pérdidas de los baños. En cuanto el volumen de los residuos y los costos de reemplazo de los baños se pueden disminuir con la filtración continúa para eliminar contaminantes a través de un mantenimiento continuo cumpliendo los estándares para un buen recubrimiento.

Las buenas prácticas en el manejo del consumo de agua y de sustancias químicas indican implementar estanques de lavado en contracorriente o cascada con el fin de reducir el consumo de agua. Introduciendo una etapa de enjuague con el fin de reducir el consumo de sustancias químicas y sistemas sencillos de apertura y cierre de válvulas. Dejar escurrir el electrolito y el agua de enjuague en los baños desde la superficie de las piezas, antes de transportarlas al baño siguiente con el fin de evitar la contaminación. También se recomienda colocar puentes de polipropileno en posición inclinada, entre los estanques a fin de que se escurra.

## Capítulo 8. Seguridad

### 8.1 Medidas generales

La seguridad industrial se ocupa de las áreas de ingeniería para resguardar la seguridad y la salud pública que perjudican u ocupan de la salud de los trabajadores, reduciendo o eliminando los peligros. Las condiciones inseguras pueden ocasionar lesiones temporales o permanentes, enfermedades o incluso la muerte, también influyen en la reducción de la eficiencia y la pérdida de productividad.

En todo el proceso para el platinado y el estaño se utilizan diferentes tipos de sustancias que pueden mezclarse y realizar niebla ácida, ya que esta el ácido sulfúrico, el ácido fosfórico y otros tipos de ácidos presentes.

Las precauciones de seguridad que hay que tener presentes son: 1) Seleccionar un método lo menos tóxico posible, 2) Evitar el tratamiento superficial con plomo, cadmio, cromo y cianuros, 3) Automatizar y encerrar el proceso ya que hay riesgo de contaminación del aire, elevaciones pesadas y posiciones de trabajo incómodas, en cuanto la dosificación se puede desprender gases y nieblas a niveles mayores al elevar la temperatura, esto se puede reducir por medio de humectantes, 4) Integrar la ventilación del área en las celdas o baños electrolíticos, 5) Evitar la evaporación de sustancias peligrosas.

A manera personal se debe de tener acceso a la protección requerida para permanecer dentro del ambiente de trabajo. Se debe usar lentes de seguridad, tapones auditivos y mascarilla.

En la NOM-017-STPS-2008 establece los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.

En la tabla 1.20 se explican algunos tipos de riesgo en función de la actividad del trabajador y que equipo de protección se debe utilizar en cada caso:

**Tabla 1.20 Equipo de protección**

CLAVE Y REGION ANATOMICA	CLAVE Y EPP	TIPO DE RIESGO EN FUNCION DE LA ACTIVIDAD DEL TRABAJADOR
1) Cabeza	A) Casco contra impacto B) Casco dieléctrico C) Capuchas	A) Golpeado por algo, que sea una posibilidad de riesgo continuo inherente a su actividad. B) Riesgo a una descarga eléctrica (considerar alto o bajo voltaje, los cascos son diferentes). C) Exposición a temperaturas bajas o exposición a partículas. Protección con una capucha que puede ir abajo del casco de protección personal.

**Continuación de la tabla 1.20**

CLAVE Y REGION ANATOMICA	CLAVE Y EPP	TIPO DE RIESGO EN FUNCION DE LA ACTIVIDAD DEL TRABAJADOR
2) Ojos y cara	A) Anteojos de protección B) Goggles C) Pantalla facial D) Careta para soldador E) Gafas para soldador	A) Riesgo de proyección de partículas o líquidos. En caso de estar expuesto a radiaciones, se utilizan anteojos de protección contra la radiación. B) Riesgo de exposición a vapores o humos que pudieran irritar los ojos o partículas mayores o a alta velocidad. C) Se utiliza también cuando se expone a la proyección de partículas en procesos tales como esmerilado o procesos similares; para proteger ojos y cara. D) Específico para procesos de soldadura eléctrica. E) Específico para procesos con soldadura autógena.
3) Oídos	A) Taponos auditivos B) Conchas acústicas	A) Protección contra riesgo de ruido; de acuerdo al máximo especificado en el producto o por el fabricante. B) Mismo caso del inciso A.
4) Aparato respiratorio	A) Respirador contra partículas B) Respirador contra gases y vapores C) Mascarilla desechable D) Equipo de respiración autónomo	En este tipo de productos es importante verificar las recomendaciones o especificaciones de protección del equipo, hecha por el fabricante del producto. A) Protección contra polvos o partículas en el medio ambiente laboral y que representan un riesgo a la salud del trabajador. B) Protección contra gases y vapores. Considerar que hay diferentes tipos de gases y vapores para los cuales aplican también diferentes tipos de respiradores, incluyendo para gases o vapores tóxicos. C) Mascarilla sencilla de protección contra polvos. D) Se utiliza cuando el trabajador entra a espacios confinados o cuando un respirador no proporciona la protección requerida.
5) Extremidades superiores	A) Guantes contra sustancias químicas B) Guantes dieléctricos C) Guantes contra temperaturas extremas D) Guantes E) Mangas	En este tipo de productos es importante verificar las recomendaciones o especificaciones de los diferentes guantes existentes en el mercado, hecha por el fabricante del producto. Su uso depende de los materiales o actividad a desarrollar. A) Riesgo por exposición o contacto con sustancias químicas corrosivas. B) Protección contra descargas eléctricas. Considerar que son diferentes guantes dependiendo de protección contra alta o baja tensión. C) Riesgo por exposición a temperaturas bajas o altas. D) Hay una gran variedad de guantes: tela, carnaza, piel, pvc, látex, entre otros. Dependiendo del tipo de protección que se requiere, actividades expuestas a corte, vidrio, etc. E) Se utilizan cuando es necesario extender la protección de los guantes hasta los brazos.

**Continuación de la tabla 1.20**

CLAVE Y REGION ANATOMICA	CLAVE Y EPP	TIPO DE RIESGO EN FUNCION DE LA ACTIVIDAD DEL TRABAJADOR
6) Tronco	A)Mandil contra altas temperaturas B) Mandil contra sustancias químicas C)Overol D)Bata E) Ropa contra sustancias peligrosas	A) Riesgo por exposición a altas temperaturas; cuando se puede tener contacto del cuerpo con algo que esté a alta temperatura. B) Riesgo por exposición a sustancias químicas corrosivas; cuando se puede tener contacto del cuerpo con este tipo de sustancias. C) Extensión de la protección en todo el cuerpo por posible exposición a sustancias o temperaturas. Considerar la facilidad de quitarse la ropa lo más pronto posible, cuando se trata de sustancias corrosivas. D) Protección generalmente usada en laboratorios u hospitales. E) Es un equipo de protección personal que protege cuerpo, cabeza, brazos, piernas pies, cubre y protege completamente el cuerpo humano ante la exposición a sustancias altamente tóxicas o corrosivas.
7) Extremidades inferiores	A)Calzado ocupacional B) Calzado contra impactos C)Calzado conductivo D)Calzado dieléctrico E) Calzado contra sustancias químicas F) Polainas G)Botas impermeables	A) Proteger a la persona contra golpes, machacamientos, resbalones, etc. B) Protección mayor que la del inciso anterior contra golpes, que pueden representar un riesgo permanente en función de la actividad desarrollada. C) Protección del trabajador cuando es necesario que se elimine la electricidad estática del trabajador; generalmente usadas en áreas de trabajo con manejo de sustancias explosivas. D) Protección contra descargas eléctricas. E) Protección de los pies cuando hay posibilidad de tener contacto con algunas sustancias químicas. Considerar especificación del fabricante. F) Extensión de la protección que pudiera tenerse con los zapatos exclusivamente. G) Generalmente utilizadas cuando se trabaja en áreas húmedas.
8) Otros	A) Equipo de protección contra caídas de altura B)Equipo para brigadista contra incendio	A) Específico para proteger a trabajadores que desarrollen sus actividades en alturas y entrada a espacios confinados. B) Específico para proteger a los brigadistas contra altas temperaturas y fuego. Hay equipo adicional en función de las actividades rescate a realizar.

## 8.2 Hojas de datos de seguridad

En la NOM-018-STPS-2015 establece los requisitos para disponer en los centros de trabajo del sistema armonizado de identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas, a fin de prevenir daños a los trabajadores y al personal que actúa en caso de emergencia.

Para lograr el sistema armonizado se necesitan principalmente 4 parámetros como son:

- 1. Etiqueta de la sustancia química:** Nombre de la sustancia química peligrosa o mezcla, datos del proveedor y número de teléfono en caso de emergencia.
- 2. HDS:** Se necesita conocer el nombre la sustancia química a utilizar, el uso recomendado de la sustancia y las restricciones de uso, clasificación de la sustancia química, propiedades físicas y químicas, información toxicológica, estabilidad y reactividad, información relevante que pueda ayudar en caso de algún peligro que pueda presentar al uso de esta sustancia.
- 3. Capacitación del personal:** Se deberá proporcionar a los trabajadores involucrados en el manejo de las sustancias químicas y mezclas; a los integrantes de la comisión de seguridad e higiene y aquellos trabajadores que tenga algún tipo de actuación en caso de emergencia.
- 4. Verificación:** Se debe contar con una unidad acreditada y aprobada que verifique que se cumpla la NOM-018-STPS-2015.

Con la finalidad de cubrir el objetivo del presente trabajo, se adjuntan las principales hds de los materiales utilizados en los procesos de estañado y platinado (ver anexo 1).

### 8.3 Medidas de seguridad en el tratamiento de las sustancias empleadas.

En una planta se debe de estar presente continuamente con las medidas de seguridad indicadas por el departamento bajo el mismo nombre, ya que por materiales que se utilizan para la manufactura, el ruido que provoca la maquinaria o los esfuerzos que de una forma incorrecta puede afectar al personal operativo.

Como se muestra en cada sustancia química, el personal debe de cumplir y colocarse correctamente el equipo de seguridad también por si llegará acontecer un siniestro sea ambiental o por alguna falla técnica. Por lo cual se debe de contar con una cuadrilla de rescate o primeros auxilios que aporten sus conocimientos para aportar ayuda a personas accidentadas, en zonas de peligro. Si llegara a derramarse una sustancia en el cuerpo de alguien se debe de retirar de la zona de peligro con el equipo de protección correctamente colocado. Quitar inmediatamente la ropa contaminada, lavar correctamente la piel con agua o la extremidad que fue expuesta y tener reposo absoluto protegiendo la herida. Ir con un médico y atender a las indicaciones propuestas.

En caso de que si pasará un siniestro como un incendio se debe el personal debe de estar capacitado, debe de tener el equipo de protección personal con ello deben de combatir el fuego de frente y a favor del viento, en áreas altas. Los residuos se eliminan usando un agente de extinción adecuado como un extintor. El agua y todo el material contaminado debe de almacenarse sin dejar residuos que perjudiquen el subsuelo.

## Conclusiones

La galvanoplastia es una técnica que se ha desarrollado durante mucho tiempo y que a su vez ha pasado por diferentes transformaciones para la obtención de un electrodepósito de mejor calidad, así como seguir descubriendo las alternativas de los pretratamientos más óptimos para estos procesos.

Por otra parte, la electrodeposición de las superficies metálicas y no metálicas aparte de dar una buena imagen al producto, ofrece propiedades anticorrosivas que ayudan a largar el tiempo de vida útil de los materiales o de adicionar propiedades de conductividad, como lo proporcionan los procesos de estañado y platinado.

En el caso del proceso de platinado es importante mencionar que, aunque es un electrodepósito vigente y actual, es complejo pues sus costos son elevados y los tamaños de producción no son tan grandes como el estaño y su uso es de forma particular.

En el presente trabajo la búsqueda de información se ha hecho extensa a través de los diferentes medios de comunicación como el internet, libros, artículos y otros tipos de documentación profesional, aportando soporte técnico al área químico-metalúrgica para la electrodeposición de materiales, sirviendo de guía a las personas que trabajen o quieran trabajar en esta área.

Y por último durante el desarrollo de este trabajo también se mencionó la importancia del medio ambiente, por lo cual se propusieron baños electrolíticos y el pretratamiento de la materia prima sin tener la necesidad de recurrir a materiales que se perjudican al sistema, conservando la calidad del electrodepósito, siendo una fuente de información confiable, verídica y sobretodo actualizada en el resguardo del medio ambiente.

## Anexo 1. Hojas de seguridad

## Estannato de sodio

Hexahidroxoestannato de Sodio (Estannato de Sodio trihidratado)  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$

### **Propiedades físicas y químicas**

Estado físico y apariencia: Sólido. (Polvo sólido).

Olor: No disponible.

Sabor: No disponible.

Peso Molecular: 266,71 g / mol

Color blanco.

pH (solub / agua al 1%): No disponible.

Punto de Ebullición: No disponible.

Punto de fusión: Se descompone.

Temperatura crítica: No disponible.

Gravedad específica: No disponible.

Presión de vapor: No aplicable.

Densidad de Vapor: No disponible.

Volatilidad: No disponible.

Umbral del olor: No disponible.

Dist. Agua / aceite Coeff .: No disponible.

Propiedades de Dispersión: Ver solubilidad en agua.

Solubilidad: Fácilmente soluble en agua fría

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: El producto es estable.

Inestabilidad Temperatura: No disponible.

Condiciones de Inestabilidad: No disponible.

Incompatibilidad con diversas sustancias: No disponible.

Corrosividad: No corrosivo en presencia de vidrio.

Observaciones especiales sobre la reactividad: No disponible.

Observaciones especiales sobre la corrosión: No disponible.

Polimerización: No

### **Toxicología**

Vías de entrada: Contacto dérmico. Contacto visual. Inhalación. Ingestión.

Toxicidad para los animales: Toxicidad oral aguda (DL50): 2132 mg / kg [Ratón].

Efectos crónicos sobre los seres humanos: La sustancia es tóxica para los pulmones, las membranas mucosas.

Otros efectos tóxicos en los seres humanos:

Muy peligroso en caso de ingestión, de inhalación. Peligroso en caso de contacto con la piel (irritante, permeador).

Observaciones especiales sobre la toxicidad para los animales y en seres humanos: No disponible.

Observaciones especiales sobre otros efectos tóxicos en seres humanos: No disponible

### **Protección personal**

Controles de ingeniería:

Utilice cajas de proceso, ventilación de extracción local u otros controles de ingeniería para mantener los niveles en el aire por debajo de los recomendados límites de exposición. Si las operaciones del usuario generan polvo, humo o niebla, use ventilación para mantener la exposición a contaminantes en el aire por debajo del límite de exposición.

Protección personal:

Gafas protectoras contra salpicaduras. Bata de laboratorio. Respirador contra el polvo. Asegúrese de usar un respirador aprobado / certificado o equivalente. Guantes.

Protección personal en caso de un derrame grande:

Gafas protectoras contra salpicaduras. Traje completo. Respirador contra el polvo. Botas. Guantes. Se debe usar un aparato respiratorio autónomo para inhalación del producto. La ropa de protección sugerida podría no ser suficiente; Consultar a un especialista ANTES de manejar este producto.

Límites de exposición: No disponible.

## **Hidróxido de sodio**

### **Propiedades físicas y químicas**

FORMULA: NaOH.

PESO MOLECULAR: 40.01 g/mol

COMPOSICION: Na: 57.48 %; H: 2.52 % y O:40.00%

Calor específico: 0.35 cal/g oC (20 oC)

Calor latente de fusión: 40 cal/g

Calor de formación: 100.97 Kcal/mol (forma alfa) y 101.95 Kcal/mol (forma beta)

Calor de transición de la forma alfa a la beta: 24.69 cal/g

Temperatura de transición: 299.6 oC

Energía libre de formación: 90.7 Kcal/ mol (a 25 oC y 760 mm de Hg)

Punto de ebullición: 1388°C (a 760 mm de Hg)

Punto de fusión: 318.4 °C Índice de refracción a 589.4 nm: 1.433 (a 320 °) y 1.421 (a 420 °C)

Presión de vapor: 1mm (739 °C)

Densidad: 2.13 g/ml (25 °C)

Solubilidad: Soluble en agua, alcoholes y glicerol, insoluble en acetona (aunque reacciona con ella) y éter. 1 g se disuelve en 0.9 ml de agua, 0.3 ml de agua hirviendo, 7.2 ml de alcohol etílico y 4.2 ml de metanol. pH de disoluciones acuosas (peso/peso): 0.05 %:12; 0.5 %: 13 y 5 %: 14 El NaOH reacciona con metales como Al, Zn y Sn, generando aniones como  $\text{AlO}_2^-$ ,  $\text{ZnO}_2^-$  y  $\text{SnO}_3^{2-}$  e hidrógeno. Con los óxidos de estos metales, forma esos mismos aniones y agua. Con cinc metálico, además, hay ignición. Se ha informado de reacciones explosivas entre el hidróxido de sodio y nitrato de plata amoniacal caliente, 4-cloro-2-metil-fenol, 2-nitro anisol, cinc metálico, N,N, -bis(trinitro-etil)-urea, azida de cianógeno, 3-metil-2-penten-4-in-1-ol, nitrobenzeno, tetrahidrobórato de sodio, 1,1,1-tricloroetanol, 1,2,4,5- tetraclorobenceno y circonio metálico. Con bromo, cloroformo y triclorometano las reacciones son vigorosas o

violentas. La reacción con sosa y tricloroetileno es peligrosa, ya que este último se descompone y genera dicloroacetileno, el cual es inflamable.

### **Almacenamiento**

El hidróxido de sodio debe ser almacenado en un lugar seco, protegido de la humedad, agua, daño físico y alejado de ácidos, metales, disolventes clorados, explosivos, peróxidos orgánicos y materiales que puedan arder fácilmente.

### **Toxicología**

LD50 (en conejos): 500 ml/Kg de una disolución al 10 %.

Niveles de irritación a piel de conejos: 500 mg/ 24 h, severa Niveles de irritación a ojos de conejos: 4 mg, leve; 1 % o 50 mg/24 h, severo

RQ: 1000 IDLH: 250 mg/m<sup>3</sup>

México: CPT: 2 mg/m<sup>3</sup>

### **Protección personal**

Para el manejo del NaOH es necesario el uso de lentes de seguridad, bata y guantes de neopreno, nitrilo o vinilo. Siempre debe manejarse en una campana y no deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este compuesto. En el caso de trasvasar pequeñas cantidades de disoluciones de sosa con pipeta, utilizar una propipeta, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

## **Acetato de sodio**

### **Propiedades físicas y químicas**

-Formula química: CH<sub>3</sub>COONa

-Nombre químico: Acetato de sodio

-Sinónimos: Acetato de sodio anhídrido;  
Ácido acético, sal de sodio

-Temperatura de ebullición: S/D

-Temperatura de fusión: 324°C

-Temperatura de inflamación: S/D

-Temperatura de autoignición: 607°C  
(1,124.60°F)

-Densidad: 1.53 -Ph: S/D

-Peso molecular: 82.03 g/mol

-Estado físico: Cristales blancos e  
higroscópicos

-Color: Blanco

Olor: Olor leve del ácido acético. -

Velocidad de evaporación: S/D -

Solubilidad: 1190 g / l (20°C)

### **Estabilidad y reactividad**

-Estabilidad: El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (A temperatura ambiental)

-Inestabilidad: Calor, llamas, fuentes de ignición e incompatibles.

- Incompatibilidad: El ácido nítrico, el fluoruro, nitrato de potasio, oxidantes fuertes y diketene
- Productos peligrosos de la descomposición: Emite gases de ácido acético en la combustión y en contacto con ácidos fuertes
- Posibles reacciones violentas con: S/D -Riesgos de explosión con: El polvo fino disperso en el aire en concentraciones suficientes, y en la presencia de una fuente de ignición es un riesgo potencial de explosión de polvo.

### **Toxicología**

De acuerdo con la SEMARNAP en Materia de agua, aire, suelo y residuos peligrosos

-Toxicidad: LD50 oral en ratas: 3530 mg / kg

CL50 inhalación rata:> 30 gm/m<sup>3</sup>

LD50 piel de conejos:> 10 gm / kg,

Test Sensibilización, Draize estándar: piel de conejos 500 mg/24 h, leve.

### **Protección personal**

-Protección de los ojos /cara: Utilice gafas protectoras contra productos químicos. Mantenga una fuente de lavado de ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo

-Protección de piel: Usar la ropa protectora impermeable, incluyendo cargadores, los guantes, la capa del laboratorio, el delantal o las batas, como apropiado, para prevenir el contacto de la piel

-Protección respiratoria: Si se excede el límite de la exposición y los controles de la ingeniería no es factible, una eficacia alta de la mitad-cara que el respirador de partículas (tipo filtro de NIOSH de N100) se puede usar por hasta diez veces el límite de la exposición

## **Peróxido de Hidrógeno**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimo: Dióxido de hidrogeno

Fórmula: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Apariencia, olor y estado físico: Líquido incoloro con ligero olor.

Gravedad Especifica: 1.2 a 20°C

Punto de Ebullición: 141°C

Punto de Fusión: -11°C

Densidad Relativa del vapor (Aire=1): 1.0

Presión de vapor (mmHg): 18.3 a 30°C

Viscosidad (cp): 1.245 a 20°C

pH= 5.1

Solubilidad: Soluble en agua y alcohol.

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad química: Estable bajo condiciones normales de presión y temperatura

Condiciones a evitar: Choque mecánico, sustancias incompatibles, luz, fuentes de ignición, generación de polvo, exceso de calor.

Incompatibilidad con otros materiales: Materiales combustibles, agentes reductores, iones metálicos, materiales oxidables, hierro, cobre, latón, bronce, cromo, zinc, plomo, plata, manganeso.

### **Toxicología**

DL50 (oral, rata) = 376 mg/kg, efectos: peritonitis, cambio en la cuenta de leucitos.

DL50 (piel, rata) = 4.06 g/kg

LC50 (inhalación, ratas) = 2 g/m<sup>3</sup> en 4h, efectos: sobre pulmones, tórax; embolia pulmonar.

### **Protección personal**

Protección de los ojos y rostro: Usar las gafas o anteojos de seguridad apropiados para productos químicos según lo descrito por las regulaciones de la OSHA en 29CFR 1910,133 o en el Estándar Europeo EN166.

Protección de piel: Guantes largos, botas y ropa de protección impermeables al producto.

Protección respiratoria: Respirador con filtro para vapores inorgánicos. Un programa de protección respiratorio que resuelve los requisitos de la OSHA29 CFR:1910.134 y del ANSI Z88.2 o del estándar europeo EN149 debe ser seguido siempre que el lugar de trabajo condicione el uso de un respirador.

Protección en caso de emergencia: Equipo de respiración autónomo y ropa de protección total.

## **Estaño**

### **Propiedades físicas y químicas**

Denominación: ESTAÑO METAL

Producto sólido. Contiene estaño + 99,9% resto impurezas admisibles

Estado físico: Sólido hasta 232°C

Color: Plateado.

Olor: Inoloro.

Densidad: 7,29

### **Estabilidad y reactividad**

Se produce oxidación del estaño fundido a temperaturas muy elevadas.

### **Toxicología**

No corrosivo.

### **Protección personal**

No es irritativo en contacto con piel u ojos

## **Fluoborato de estaño**

### **Propiedades físicas y químicas**

Estado físico y apariencia: Líquido.

Olor: No disponible.

Sabor: No disponible.

Peso molecular: No aplicable.

Color: No disponible.

PH (solub / agua al 1%): Neutral.

Punto de ebullición: El valor más bajo conocido es 100 ° C (212 ° F) (Agua).

Punto de fusión: No disponible.

Temperatura crítica: No disponible.

Gravedad Específica: El único valor conocido es 1 (Agua = 1) (Agua).

Presión de Vapor: El valor más alto conocido es 17.535 mm de Hg (@ 20 ° C) (Agua).

Densidad de Vapor: El valor más alto conocido es 0.62 (Aire = 1) (Agua).

Volatilidad: No disponible.

Umbral del olor: No disponible.

Dist. Agua / aceite Coeff.: No disponible.

Ionicidad (en agua): No disponible.

Propiedades de Dispersión: Ver solubilidad en agua.

Solubilidad: Fácilmente soluble en agua fría.

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: El producto es estable.

Inestabilidad Temperatura: No disponible.

Condiciones de Inestabilidad: No disponible.

Incompatibilidad con diversas sustancias: No disponible.

Corrosividad: No corrosivo en presencia de vidrio.

Observaciones especiales sobre la reactividad: No disponible.

Observaciones especiales sobre la corrosión: No disponible.

Polimerización: No.

### **Toxicología**

Vías de entrada: Contacto con los ojos. Inhalación. Ingestión.

Toxicidad para los animales:

LD50: No disponible. CL50: No disponible.

Efectos crónicos sobre los seres humanos: No disponible.

Otros efectos tóxicos en los seres humanos:

Peligroso en caso de contacto con la piel (irritante), de ingestión, de inhalación.

Ligeramente peligroso en caso de contacto con la piel (permeador).

No corrosivo para la piel. No sensibilizante para la piel.

### **Protección personal**

Controles de ingeniería:

Proporcionar ventilación de extracción u otros controles de ingeniería para mantener las concentraciones de vapores en el aire por debajo de sus respectivas umbral límite de valor.

Protección personal:

Careta. Traje completo. Vapor respirador. Asegúrese de usar un respirador aprobado / certificado o equivalente. Guantes. Botas.

Protección personal en caso de un derrame grande:

Gafas protectoras contra salpicaduras. Traje completo. Vapor respirador. Botas. Guantes. Se debe usar un aparato respiratorio autónomo para inhalación del producto. La ropa de protección sugerida podría no ser suficiente; Consultar a un especialista ANTES de manejar este producto.

Límites de exposición:

Fluoruro de estaño TWA: 2 (mg / m<sup>3</sup>) Consultar a las autoridades locales para conocer los límites de exposición aceptables

## **Ácido Fluobórico**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimos: Ácido borofluórico. Ácido fluobórico. Tetrafluoroborato de hidrógeno. Ácido hidrofluobórico.

Fórmula: HBF<sub>4</sub>

Masa molecular: 87.8

Estado Físico: Líquido incoloro.

Punto de ebullición (se descompone): 130°C

Solubilidad en agua: Miscible.

Presión de vapor, Pa a 20°C: 665

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.0

### **Almacenamiento**

Separado de bases fuertes, metales, alimentos y piensos. Bien cerrado. Ventilación a ras del suelo. Almacenar en el recipiente original. No almacenar o transportar en recipientes metálicos o de cristal. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.

### **Toxicología**

La sustancia se descompone al calentarla intensamente y al arder, produciendo humos tóxicos y corrosivos, incluyendo fluoruro de hidrógeno y flúor. Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Ataca a muchos metales formando un gas combustible (hidrógeno).

La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del aerosol puede originar edema pulmonar. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

### **Protección personal**

En caso de inhalación: Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.

En caso de contacto con la piel utilizar: Guantes protectores y traje de protección

En caso de contacto con los ojos utilizar: Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.

No comer, beber, ni fumar durante el trabajo.

## **Ácido Bórico**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimo: Acido Borácico, Acido orto-Bórico

Fórmula:  $H_3BO_3$

Aspecto: Sólido

Color: Granulometría

Olor: Inodoro.

pH: 4 (30 g/l)

Punto de fusión/punto de congelación 171 °C

Densidad relativa: (20/4) 1,44

Solubilidad: 50 g/l en agua a 20°C

Temperatura de descomposición: desde 171 °C

### **Estabilidad y reactividad**

Condiciones que deben evitarse: Temperaturas elevadas.

Materias que deben evitarse: Anhídridos. Calor

### **Toxicología**

Toxicidad aguda: DL50 oral rat : 2.660 mg/kg

DLL0 oral wmn : 200 mg/kg

CL L0 inh rat : 28 mg/m<sup>3</sup> 4h

### **Protección personal**

Protección respiratoria: En caso de formarse polvo, usar equipo respiratorio adecuado. 8.4

Protección de las manos: Usar guantes apropiados nitrilo

Protección de los ojos: Usar gafas apropiadas.

Medidas de higiene particulares: Quitarse las ropas contaminadas. Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

Controles de la exposición del medio ambiente: Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente

## **Sulfato estañoso**

### **Propiedades físicas y químicas**

Fórmula: SnSO<sub>4</sub>

Olor Inodoro.

Umbral olfativo Sin datos disponibles.

Punto de fusión / Punto de congelación 340 (644 °F)

Punto de inflamación 378 °C

Inflamabilidad No inflamable.

Densidad relativa 1.35 g/cm<sup>3</sup>

Solubilidad(es) En el agua: Ligeramente soluble.

Temperatura de descomposición 378 °C

Viscosidad No determinado

### **Estabilidad y reactividad**

Reactividad Producto estable en condiciones normales de almacenamiento y manipulación.

Estabilidad química Bajo condiciones normales de uso, este producto es estable. No se conocen reacciones peligrosas. Condiciones que deben evitarse Productos incompatibles. Materiales incompatibles Agentes oxidantes enérgicos. Ácidos fuertes. Productos de descomposición peligrosos Óxidos de azufre. Óxidos de estaño.

### **Toxicología**

Toxicidad aguda: DL50 - Oral - Rata: 2207 mg/kg

LD50 - Oral - Ratón: 2152 mg/kg

CL50 - Oral - Rata: Sin datos disponibles.

Corrosividad / Irritación: Provoca irritación ocular grave. Provoca irritación cutánea. Puede irritar las vías respiratorias.

Efectos mutagénicos: No clasificado.

Carcinogenicidad: No clasificado.

Toxicidad para la reproducción: No clasificado.

Toxicidad específica en determinados: Puede irritar las vías respiratorias. órganos (STOT) – exposición única Toxicidad específica en determinados: No clasificado. órganos (STOT) – exposición repetida Peligro de aspiración.

### **Protección personal**

Protección respiratoria: Utilizar un equipo respiratorio adecuado.

Protección de la piel: Úsese indumentaria protectora adecuada. Bata de laboratorio.

Peligro térmico: Úsese indumentaria protectora adecuada. No debe exponerse al calor.

Protección para los ojos: Gafas químicas o pantalla de mano con gafas de seguridad.

Protección de las manos: Úsense guantes adecuados.

Controles de exposición medioambiental: No debe liberarse en el medio ambiente. Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Destruirlo de forma que cumpla las condiciones de seguridad exigidas por la legislación local/nacional.

## Ácido Sulfúrico

### **Propiedades físicas y químicas**

Formula:  $H_2SO_4$

Denominación: Ácido Sulfúrico

PM. =98,08

Aspecto: Líquido transparente e incoloro.

Olor: Característico.

Punto de ebullición :330 °C

Punto de fusión: -15°C

Presión de vapor: (20°C) X0,0001

Densidad (20/4): 1,84

Solubilidad: Miscible con agua

### **Estabilidad y reactividad**

Condiciones que deben evitarse: Temperaturas elevadas.

Materias que deben evitarse: Agua. (ATENCIÓN: Se genera calor). Compuestos alcalinos. Metales alcalinos. Amoníaco. Compuestos alcalinotérreos. Soluciones alcalinas. Ácidos. Metales y sus aleaciones. Fósforo. Óxidos de fósforo. Hidruros. Halogenuros de halógeno. Halogenatos.  $MnO_4$ . Nitratos. Carburos. Disolventes orgánicos. Sustancias inflamables. Acetiluros. Nitrilos. Compuestos orgánicos de nitrógeno. Anilinas. Peróxidos. Picratos. Nitruros. Litio siliciuro.

### **Toxicología**

DL50 oral rata: 2140 mg/kg (sol. 25%)

### **Protección personal**

Ropa y calzado adecuados. Equipo de respiración autónomo.

## Ácido cresol sulfónico

### **Propiedades físicas y químicas**

**Nombre del producto:** Ácido cresol sulfónico

**Fórmula:**  $C_7H_8O_4S$ .

**Apariencia:** Líquido amarillo.

**Activos:** 65%.

**Empaque:** 250Kg/tambor.

**Sinónimos:** ácido metilfenol sulfónico, ácido oxitolueno sulfónico, ácido cresol-4-sulfónico

**Aplicaciones:**

Utilizado como medicamento intermedio o usado para revestimiento.

**Estabilidad y reactividad:** No se encontraron datos

**Toxicología:** No se encontró datos

**Protección personal:** No se encontró datos

## **B-Naftol**

**Propiedades físicas y químicas**

Sinónimos: 2-Naftol, Beta-Naftol, Betanaftol, Beta- Hidroxinaftaleno, BHidroxinaftaleno - Isonaftol - 2-Naftalenol.

Formula Química: C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O

Concentración: 99.0%

Peso molecular: 144.17

Grupo Químico: Sustancia Orgánica - Alcohol Aromático.

Número CAS: 135-19-3

Estado Físico: Sólido.

Apariencia: Cristales blancos a amarillos.

Olor: Olor fenólico leve.

Temperatura de Ebullición: 285- 286°C

Temperatura de Fusión: 121 - 123°C

Densidad (Agua<sub>1</sub>): 1.22 kg/L a 4°C

Presión de Vapor: 10 mmHg a 145.5°C

Densidad de Vapor (Aire<sub>1</sub>): 4.91

Solubilidad: Ligeramente soluble en Agua (0.1 - 1%).

**Estabilidad y reactividad**

Estabilidad Química: Estable.

Incompatibilidades: Agentes Oxidantes fuertes, como el Potasio Permanganato. Bases fuertes. Fenol. Metanol. Cloruros Ácidos. Anhídridos Ácidos. Sales Férricas.

Peligro de Polimerización: No ocurre.

Productos Peligrosos en Descomposición: Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.

Condiciones a Evitar: Altas temperaturas. Llamas y otras fuentes.

**Protección personal**

Ropa de Trabajo: En general, uso de indumentaria de trabajo resistente al producto químico.

Protección Respiratoria: Aplicación de protección respiratoria sólo en caso de sobrepasarse alguno de los límites permisibles correspondientes. Debe ser específica para partículas sólidas.

Guantes de Protección: Utilización de guantes de Goma Natural u otros de características impermeables y que no sean atacados por el producto químico. Lentes Protectores: Uso de lentes de seguridad resistentes contra proyecciones de la sustancia química. Calzado de

seguridad: Como medida de carácter general, utilizar calzado cerrado, no absorbente, con resistencia química y de planta baja

## **Gelatina**

### **Propiedades físicas y químicas**

Estado Físico: Sólido.

Apariencia: Polvos o cristales color bronce a gris.

Olor: Sin olor.

pH: No reportado.

Temperatura de Ebullición: Se descompone.

Temperatura de Fusión: 100°C (se descompone).

Densidad (Agua=1): 1.20 kg/L a 20°C

Presión de Vapor: No reportado.

Densidad de Vapor (Aire=1): No reportado.

Solubilidad: Insoluble en Agua fría

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad Química: Estable.

Incompatibilidades: Agentes Oxidantes fuertes. Formaldehído. Tanino.

Peligro de Polimerización: No ocurre.

Productos Peligrosos en Descomposición: Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.

Condiciones a Evitar: Altas temperaturas (se descompone). Llamas y otras fuentes de ignición.

### **Protección personal**

Ropa de Trabajo: En general, uso de indumentaria de trabajo resistente al producto químico.

Protección Respiratoria: Aplicación de protección respiratoria sólo en caso de sobrepasarse alguno de los límites permisibles correspondientes. Debe ser específica para partículas sólidas.

Guantes de Protección: Como medida de carácter general, utilizar guantes de seguridad de características impermeables y que no sean atacados por el producto químico.

Lentes Protectores: Como medida de carácter general, utilizar guantes de seguridad de características impermeables y que no sean atacados por el producto químico.

Calzado de seguridad: Como medida de carácter general, utilizar calzado cerrado, no absorbente, con resistencia química y de planta baja.

## **Hexahidroxiplatinato sódico**

### **Propiedades físicas y químicas**

Fórmula:  $H_6Na_2O_6Pt$

Apariencia: polvo amarillo

Punto de fusión: 150°C

## **Protección personal**

Use equipo de protección personal. Evite la formación de polvo. Evite respirar los vapores, la niebla o el gas. Asegurar una ventilación adecuada. Evacuar al personal a áreas seguras.

## **Platino**

### **Propiedades físicas y químicas**

Nombre del producto: Platinum metal, polvo

Estado físico y apariencia: Sólido. (Polvo metálico sólido).

Olor: Inodoro.

Sabor: No disponible.

Peso Molecular: 19,09 g / mol

Color: Plata-Gris.

PH (solub / agua al 1%): No aplicable.

Punto de ebullición: 3827,2 ° C (6921 ° F)

Punto de fusión: 1772,2 ° C (3222 ° F)

Temperatura crítica: No disponible.

Gravedad Específica: 21.5 (Agua = 1)

Presión de vapor: No aplicable.

Densidad de Vapor: No disponible.

Volatilidad: No disponible.

Umbral del olor: No disponible.

Dist. Agua / aceite Coeff .: No disponible.

Ionicidad (en agua): No disponible.

Propiedades de Dispersión: No disponible.

Solubilidad: Insoluble en agua fría, agua caliente

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: El producto es estable.

Inestabilidad Temperatura: No disponible.

Condiciones de Inestabilidad: Materiales incompatibles

Incompatibilidad con diversas sustancias: Reactivo con agentes oxidantes.

Corrosividad: No disponible.

Observaciones especiales sobre la reactividad:

Incompatible con acetona, cloruro de nitrosilo, arsénico, difluoruro de dióxígeno, etanol, hidrazina, hidrógeno, peróxido de hidrógeno,

Litio, ozonidos, ácido peroximonosulfúrico, fósforo, selenio, telurio, acetileno, aluminio

Observaciones especiales sobre la corrosión: No disponible.

Polimerización: No ocupará

### **Toxicología**

Vías de entrada: Inhalación. Ingestión.

Toxicidad para los animales:

LD50: No disponible. CL50: No disponible.

Efectos crónicos sobre los seres humanos: No disponible.

Otros efectos tóxicos en los seres humanos: Peligroso en caso de contacto con la piel (irritante), de ingestión, de inhalación.

Observaciones especiales sobre la toxicidad para los animales: No disponible.

Observaciones especiales sobre los efectos crónicos en los seres humanos: Puede causar cáncer basado en datos de animales.

Observaciones especiales sobre otros efectos tóxicos en seres humanos:

Efectos potenciales sobre la salud: Piel: El contacto de la piel con una forma finamente dividida puede producir irritación localizada y / o argiria localizada.

Ojos: polvo molesto. El polvo puede causar irritación mecánica. Inhalación: El polvo puede causar irritación del tracto respiratorio

Acción mecánica. Ingestión: La ingestión puede causar irritación del tracto gastrointestinal con vómito y dolor abdominal. Crónico

Efecto potencial para la salud: Inhalación: La inhalación repetida o prolongada puede causar platinosis, una reacción alérgica con

Síntomas similares al asma.

### **Protección personal**

Controles de ingeniería:

Utilice cajas de proceso, ventilación de extracción local u otros controles de ingeniería para mantener los niveles en el aire por debajo de los recomendados límites de exposición. Si las operaciones del usuario generan polvo, humo o niebla, use ventilación para mantener la exposición a contaminantes en el aire por debajo del límite de exposición.

Protección personal:

Gafas protectoras contra salpicaduras. Bata de laboratorio. Respirador contra el polvo. Asegúrese de usar un respirador aprobado / certificado o equivalente. Guantes.

Protección personal en caso de un derrame grande:

Gafas protectoras contra salpicaduras. Traje completo. Respirador contra el polvo. Botas. Guantes. Se debe usar un aparato respiratorio autónomo para

Inhalación del producto. La ropa de protección sugerida podría no ser suficiente; Consultar a un especialista ANTES de manejar este producto.

Límites de exposición:

TWA: 5 (mg / m<sup>3</sup>) [Reino Unido (Reino Unido)] TWA: 1 (mg / m<sup>3</sup>) de la OSHA

(PEL) [Estados Unidos] TWA: 1 (mg / m<sup>3</sup>) [Canadá] Consultar a las autoridades locales para conocer los límites de exposición aceptables.

## **Ácido Cloroplatínico**

### **Propiedades físicas y químicas**

Aspecto: Cristalino

Olor: inodoro

Punto de fusión: 60°C

Densidad a 20°C: 2.43 g/cm<sup>3</sup>

Soluble en agua.

## **Estabilidad y reactividad**

Metales incompatibles: agua/humedad, bases, agentes oxidantes, metales.

## **Toxicología**

Tóxico en caso de ingestión, La ingestión produce un fuerte efecto caustico en la boca y la faringe, así como el peligro de perforación del esófago y estómago.

## **Protección personal**

Son de respetar las medidas regulares de seguridad para el manejo de productos químicos. Mantener alejado de alimentos, bebidas y forraje. Quitarse inmediatamente ropa ensuciada o impregnada. Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo.

# **Fosfato diamónico**

## **Propiedades físicas y químicas**

Nombre comercial del producto: Abono complejo N-P, Fosfato diamónico (DAP)

Nombre químico: Ortofosfato Ácido de diamonio

Sinónimos: Sal diamónica del Ácido fosfórico, fosfato bibásico de amonio.

Formula química:  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Aspecto: Gránulos o cristales blancos, grises o negros.

Olor: Inodoro o ligeramente amoniacal.

pH solución acuosa (100g/L) aprox. 8

Punto de fusión: 155°C

Densidad aparente a 20°C: 1000 kg/m<sup>3</sup>

Solubilidad en agua: 588 g/L a 20°C para e DAP puro.

Temperatura de descomposición >155°C

PM: 132

## **Estabilidad y reactividad**

Materiales incompatibles: álcalis, ácidos fuertes, cobre y sus aleaciones.

## **Toxicología**

Toxicidad crónica: la toxicidad por dosis repetida según el método OECD 422 en rata por vía oral en 28 días obtuvo en NOAEL de 250mg/kg.

Toxicidad para la reproducción: Ensayo realizado según método OECD 422 en rata por vía oral para el desarrollo y la reproducción tiene un NOAEL:> 1500 mg/kg.

## **Fosfato diamónico**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimos: Fosfato disódico, DSP, fosfato ácido disódico, fosfato de sodio dibásico

N ° CAS: 7558-79-4

Peso molecular: 141,96

Fórmula química:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Aspecto: Polvo granular blanco.

Olor: Inoloro.

Solubilidad: Soluble en agua 77 g/L.

Peso específico: 2,07 a 15 °C/4 °C.

pH: 8,8 9,4 en solución acuosa al 1%. %

De Volátiles por Volumen @ 21 °C (70 °F): 0

Punto de ebullición: No aplica.

Punto de fusión: 240 °C (464 °F) se convierte en  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

Densidad de vapor (Aire = 1): No se encontró información.

Presión de Vapor (mm Hg): No se encontró información.

Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

Productos de descomposición peligrosos: Puede formar óxidos de fósforo y sodio cuando se calienta a descomposición.

Polimerización peligrosa: No ocurrirá. Incompatibilidades: Ácidos, alcaloides, acetato de plomo, antipirina, hidrato de cloral, resorcinol y pirogalol.

### **Toxicología**

DL50 oral en ratas: 17 g/kg. Piel de conejos, Draize estándar, 500 mg/24 h, leve. Ojo de conejos, Draize estándar, 500 mg/24H leve. Lista de Cánceres Ingrediente: Fosfato disódico (7558-79-4) Carcinógeno NTP Conocido: No Carcinógeno NTP Anticipado: No Carcinógeno NTP Categoría IARC: Ninguno.

### **Protección personal**

Límites de Exposición: Ninguno establecido. Sistema de Ventilación: Un sistema de aireación de escape local y/o general es recomendado para mantener las exposiciones de empleados lo más bajo posible. La ventilación de escape local es generalmente preferida porque se puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo la dispersión de este en el área de trabajo en general. Por favor, consulte el documento de la ACGIH, Ventilación Industrial, Un Manual de Prácticas Recomendadas, Edición más reciente, para más detalles.

Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH): Para condiciones de uso donde la exposición al polvo o niebla es aparente y los controles de ingeniería no son factibles, un respirador de partículas (NIOSH tipo N95 o mejores filtros) puede ser usado. Si las partículas de aceite (por ejemplo, lubricantes, fluidos de corte, glicerina, etc) están presentes, use un filtro de partículas NIOSH tipo R o P. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición no son conocidos, use una máscara completa de presión positiva, un respirador de auto contenido. ADVERTENCIA: Los respiradores auto contenido no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno. Protección de la piel: Colocarse guantes de protección (caucho nitrilo) y ropa protectora limpia para el cuerpo. Protección de los ojos: Utilice gafas protectoras contra productos químicos. Mantenga una fuente de lavado de ojos y ducha de emergencia en el área de trabajo.

## **Nitrato de amonio**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sólido higroscópico, entre incoloro y blanco, en diversas formas.

Se descompone por debajo del punto de ebullición sobre 210°C Punto de fusión: 170°C

Densidad (g/cm<sup>3</sup>): 1.7

Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 190

Sinónimo: Sal amónica del ácido nítrico

Fórmula: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

### **Estabilidad y reactividad**

El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores.

## **Nitrito de sodio**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimos: Acido nitroso; sal de sodio

Aspecto: De color blanco o amarillento granulado cristalino

Olor: Inodoro. Solubilidad: 85,2 g/100 g de agua @ 20°C (68°F)

Densidad: 2,17

pH: 9.0 Solución acuosa

% De Volátiles por Volumen @ 21°C (70°F): 0

Punto de ebullición: > 320°C (> 608°F)

Punto de fusión: 271°C (520°F)

Densidad de vapor (Aire = 1): No se encontró información.

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: Este material es estable en recipientes cerrados, a temperatura ambiente. El material se oxida lentamente a nitrato de sodio cuando se expone al aire. Muy higroscópico.

Productos de descomposición peligrosos: Óxidos de nitrógeno.

Polimerización peligrosa: No ocurrirá. Incompatibilidades: Higroscópico. Oxidante fuerte. Poco a poco se oxida a nitratos en el aire. Reacciona vigorosamente con la reducción de los materiales. El nitrito de sodio es un oxidante fuerte y es incompatible con acetanilida, metales en forma de polvos, sales de amonio, sales de aminoguanidina, anitpyrine, butadieno, cloratos, hipofosfitos, carbón activado, yoduros, sales de mercurio, permanganato de potasio, ácido ftálico, Anhídrido ftálico, amida de sodio, bisulfito de sodio, cianuros, (por ejemplo, el cianuro de potasio, cianuro de sodio), tiocianato de sodio, litio, sulfitos, ácido tánico, urea, madera, hortalizas astringentes de cocciones, infusiones o tinturas.

Condiciones a evitar: De calor, llamas, fuentes de ignición, choque, fricción, incompatibles.

### **Toxicología**

DL50 (oral, rata): 180 mg / kg

CL50 (inhalación, rata): 5500 ug/m<sup>3</sup>,

Irritación: Ojo de conejos: 500 mg/24H leve. Ha sido investigado como tumorígeno, mutagénico y causante de efectos reproductivos.

Rutas de entrada: Se absorbe por la piel. Inhalación. Ingestión.

Toxicidad en los animales: ADVERTENCIA: Los siguientes valores de CL50 se calculan sobre una base de horas de exposición. Toxicidad oral aguda: (DL50): 175 mg / kg [Ratón]. La toxicidad aguda del polvo (LC50): 5,5 4 horas [Rata]. Efectos crónicos en los seres humanos: Efectos mutágenos: Mutagénico de células somáticas de mamíferos y para las bacterias y/o la levadura. Efectos teratogénicos: Posible Clasificado para humanos. Toxicidad en el desarrollo: Aparato reproductor Clasificado / toxina / sistema reproductor femenino, o toxina / macho [Posible]. Puede causar daños a los siguientes órganos: Sangre, sistema cardiovascular, músculo liso. Otros efectos tóxicos en seres humanos: Muy peligroso en caso de ingestión, por inhalación. Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante). Ligeramente peligroso en caso de contacto con la piel (Permeable). Observaciones especiales sobre los efectos crónicos en los seres humanos: Puede causar cáncer (tumorígeno), afecta al material Gentic (mutágeno), causa efectos adversos reproductivos (fertilidad, toxicidad para el feto) y los defectos de nacimiento sobre la base de datos de los animales. Atraviesa la barrera placentaria en animales. Observaciones especiales sobre otros efectos tóxicos en el hombre: Efectos agudos potenciales para la salud: Piel: Causa irritación de la piel. Puede ser absorbido por la piel. Ojos: Causa irritación ocular. Puede causar conjuntivitis. Puede causar opacidad corneal permanente. Ingestión: Nocivo por ingestión. Causa irritación del tracto gastrointestinal con náuseas. Puede afectar el comportamiento, el cerebro, sistema nervioso (cambio en la actividad motriz, falta de

Página 6 de 7 coordinación muscular, pérdida de reflejos, convulsiones, coma), la sangre

(metahemoglobinemia), el hígado, el metabolismo, el sistema de cardiovascular (disminución de la presión arterial, pulso rápido) y el sistema urinario. También puede causar debilidad. Inhalación: Puede ser mortal si se inhala. Puede causar irritación del tracto respiratorio, cianosis, disypnea, edema pulmonar, asfixia, neumonitis química, la obstrucción de las vías respiratorias superiores provocadas por el edema y posible muerte. Puede causar cambios bioquímicos. Puede afectar la sangre (metahemoglobinemia) y el sistema cardiovascular (taquicardia).

### **Protección personal**

Sistema de Ventilación: Un sistema de ventilación local y / o general es recomendado para las exposiciones de empleados debajo de los Límites de Exposición Aérea. La extracción local es generalmente preferida porque se pueden controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo la dispersión del mismo en el área de trabajo general. Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH): Si el límite de exposición es excedido y los controles de ingeniería no son factibles, un respirador de máscara completa con cartucho para vapores orgánicos, se puede usar hasta 50 veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición no son conocidos, use un respirador que cubra toda la cara, de presión positiva y abastecido por aire. **ADVERTENCIA:** Los respiradores con purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno. Este compuesto, posiblemente, existe tanto en partículas como en fase de vapor. Use un respirador de partículas (tipo N95 NIOSH o mejor) con prefiltro.

Higiene Personal: Ropa de protección (guantes, monos, botas, etc.) se debe usar para prevenir que la piel entre en contacto con el producto. Siempre lávese las manos antes de fumar, comer, beber o usar el baño. Lavar la ropa contaminada y otros equipos de protección antes de guardar o reutilizar. Protección de la piel: Evite el contacto con la piel con el uso de guantes resistentes a productos químicos aprobados y delantales de PVC o de neopreno.

Protección de los ojos: Evite el contacto visual con el uso de gafas de protección química con protección lateral o una careta (AS / NZS 1336) siempre que esté expuesto al vapor o niebla o si hay un riesgo de salpicadura de líquido en los ojos. Duchas de seguridad con lavado de ojos deben ser proporcionadas en todas las áreas donde es manipulado este producto.

Protección respiratoria: No es necesaria si la ingeniería, almacenamiento y manipulación de los controles son adecuados para garantizar que la contaminación atmosférica se mantiene por debajo de los límites establecidos. Cuando las concentraciones de vapor pueden acercarse o superar estos límites, un respirador aprobado para vapores orgánicos (AS / NZS 1715 y 1716) debe ser usado. En concentraciones altas de vapor, atmósferas deficientes de oxígeno o espacios confinados, use respirador con suministro de aire.

Protección térmica: No es necesaria en circunstancias normales de uso.

## Amonio

### **Propiedades físicas y químicas**

FORMULA: NH<sub>3</sub>

PESO MOLECULAR: 17.03 g/mol

COMPOSICION: N: 82.25 % y H: 17.75 %

ANHIDRO: Punto de ebullición: -33.35°C

Punto de congelación: -77.7 °C

Densidad (líquido): 0.6818 (-33.35°C y 1 atm); 0.6585 (-15 °C y 2.332 atm); 0.6386 (0°C y 4.238 atm); 0.6175 (15 °C y 7.188 atm); 0.5875 (35 °C y 13.321 atm).

Densidad de vapor (aire= 1): 0.6

Presión de vapor (a 25.7 °C): 760 mm de Hg

Límites de explosividad: 16-25 %

Temperatura de auto ignición: 651 °C

Solubilidad: muy soluble en etanol, cloroformo y éter etílico

Solubilidad en agua (% en peso): 42.8 (0°C), 33.1 (20°C), 23.4 (40°C), 14.1 (60°C) Temperatura crítica: 133 °C

Presión crítica: 11.425 KPa

Calor específico (J/Kg K): 2097.2 (0°C), 2226.2 (100°C) y 2105.6 (200°C)

Calor de formación del gas (KJ/mol): -39.222 (0 K) y -46.222 (298 K)

Calor de vaporización: 5.581 Kcal/mol

Capacidad calorífica (25°C): 8.38 cal/mol/grado.

Solubilidad en etanol al 95 %: 15 % (20 °C) y 11 % (30 °C)

Solubilidad en etanol absoluto: 20 % (0 °C) y 10 % (25 °C).

Solubilidad en metanol: 16 % (25 °C)

El amoníaco disuelve a una gran variedad de sales y tiene una gran capacidad para ionizar electrolitos. Los metales alcalinos y los alcalinotérreos (excepto el berilio) se disuelven en él, al igual que el yodo, azufre y fósforo. Disoluciones acuosas:

Densidad a 15 °C (g/l):0.97 (8% en peso de amoníaco)

Inicia la descomposición a 498 °C pH: 11.6 (1N); 11.1 (0.1N); 10.6 (0.01N)

Punto de congelación (°C): -2.9 (4%); -8.1 (8%); -23.1 (16%); -34.8 (20 %); -44.5 (24 %); -69.2 (28 %)

### **Toxicología**

RQ: 100

TPQ: 500

IDLH: 500 ppm

LC50 (inhalación en ratas y ratones): 3380-18700 mg/m<sup>3</sup>

Irritación de ojos en humanos: 700 ppm

LCLo (inhalación en humanos): 5000 ppm/ 5 min

LD50 (oral en ratas): 350 mg/Kg

LC50 (inhalado en ratas): 2000 ppm/ 4 h Nivel más bajo de percepción humana: 0.04 g/m<sup>3</sup>.

Se ha informado que a concentraciones de 280 mg/m<sup>3</sup>, se produce irritación de la tráquea inmediatamente; a 1200 mg/m<sup>3</sup>, se produce tos; a 1700 mg/m<sup>3</sup> existe el riesgo de muerte y a una concentración entre 3500 y 7000 mg/m<sup>3</sup>, la muerte es inminente. En estudios realizados con voluntarios, se encontró que personas expuestas a amoníaco y óxidos de nitrógeno a concentraciones superiores a 20 mg/m<sup>3</sup> por 3 h/día durante 2 o 3 años, presentaron mayor incidencia de enfermedades del tracto respiratorio superior que los no expuestos.

### **Protección personal**

Equipo de protección personal: Para el uso de este producto, tanto en forma gaseosa como en disolución acuosa, es necesario utilizar bata, lentes de seguridad y guantes (neopreno, hule, buna-n o vinilo, no usar PVA o polietileno) en un área bien ventilada. Si las cantidades a manejar son grandes o el uso es prolongado, es necesario utilizar un equipo de respiración apropiado. No usar lentes de contacto al trabajar con este compuesto. Para trasvasar pequeñas cantidades de las disoluciones acuosas debe usarse propipeta, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

## **Hidróxido de potasio**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimos: Potasa Cáustica

Aspecto: Sólido deliquescente blanco.

Olor: Sin olor.

Solubilidad: N.A.

Peso Específico: 2.04

pH: 13.5 (solución 0.1 molar)

% de Volátiles por Volumen @ 21°C (70°F): 0

Punto de Ebullición: 1320°C (2408°F)

Punto de Fusión: 360°C (680°F) Densidad del Vapor (Air=1): N.A. Presión de Vapor (mm Hg): 1.0 @ 714°C (1317°F) Tasa de Evaporación (BuAc=1): N.A.

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Productos Peligrosos de Descomposición: Monóxido de carbono cuando reacciona con carbohidratos y gas de hidrógeno cuando reacciona con aluminio, zinc y estaño. La oxidación térmica puede producir vapores tóxicos de óxido de potasio. Polimerización Peligrosa: No ocurrirá. Condiciones a Evitar: Calor, humedad, incompatibles que son el contacto con agua, ácidos, líquidos inflamables y compuestos halogenados orgánicos, especialmente el tricloroetileno, pueden provocar incendios o explosiones. El contacto con el nitrometano y otros compuestos nitrados

similares causan la formación de sales sensibles al choque. El contacto con metales como aluminio, estaño y zinc provoca la formación de gas hidrógeno inflamable.

### **Toxicología**

LD50 oral en ratas: 273 mg/kg; Ha sido investigado como mutagénico. piel Irritation Data (Draize estándar, 50 mg/24 H): en humanos, severa; de conejos, severa.

### **Protección personal**

Sistema de Ventilación: Se recomienda utilizar un sistema de escape local y/o general para las exposiciones de empleados debajo de los Límites de Exposición Aérea. En general, se prefiere la ventilación de extractor local debido a que puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo. Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH): Si se excede el límite de exposición, y no hay disponibilidad de controles de ingeniería, se puede usar un respirador para particulado que cubre media cara, (filtros de NIOSH tipo N95 o mejores) sobrepasando, como máximo, diez veces el límite de exposición o la máxima concentración de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o por el fabricante del respirador, lo que sea inferior. Si se excede el límite de exposición o la máxima concentración de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o por el fabricante del respirador (lo que sea inferior) en 50 veces, se debe usar un respirador para particulado que cubre toda la cara (filtros de NIOSH tipo N100). Si hay presencia de partículas aceitosas (como lubricantes, fluidos de corte, glicerina, etc.), use un filtro de NIOSH tipo R o P. Para emergencias o situaciones en las cuales se desconoce el nivel de exposición, use un respirador abastecido por aire, de presión positiva y que cubra toda la cara. ADVERTENCIA: Los respiradores purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno. Protección de la Piel: Usar guantes de neopreno o hule y la protección adicional, incluyendo botas impermeables, delantal, o monos, según lo requieran áreas expuestas no comunes. Protección para los Ojos: Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o un protector de cara completo donde el contacto sea posible. Mantener en el área de trabajo una estación destinada al lavado, remojo y enjuague rápido de los ojos.

## **Ácido Sulfámico**

### **Propiedades físicas y químicas**

Sinónimos: Ácido amidosulfónico, Ácido amidosulfúrico, Ácido aminosulfónico

Estado físico: Sólido. Apariencia y color: Polvo cristalino blanco

Olor: Ninguno

pH: 1,2 (1% aq sol.)

Punto de congelación / fusión: 205 °C

Temperatura de descomposición: 205 °C

Solubilidad: Soluble.

Fórmula molecular:  $\text{H}_3\text{NO}_3\text{S}$

Peso molecular: 97.09g/mol

### **Estabilidad y reactividad**

Estabilidad: Estable bajo temperaturas y presiones normales. Condiciones a evitar: Materiales incompatibles, generación de polvo, exceso de calor. Incompatible con agentes oxidantes, álcalis, agua, metales, óxidos metálicos, carbonatos, cloro, bromo, cianuros, sulfuros. Con cloro, ácido nítrico fumante, nitratos y nitritos metálicos con calor, se produce una violenta reacción que puede ser explosiva. En condiciones húmedas resultara corrosivo para gran cantidad de metales corrientes. Productos peligrosos de descomposición: Óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, óxidos sulfurosos, amoniaco y/o sus derivados. Polimerización Peligrosa: Ningún dato específico.

### **Toxicología**

CAS # 5329-14-6:

Prueba de Draize, conejo, ojo: 20 mg

Moderado Test Draize, conejo, ojo: 250 ug / 24H severa

Test Draize, conejo, piel: 500 mg / 24H severa

LD50 (oral, ratón): 1,312 mg / kg.

LD50 (oral, rata): 3160 mg / kg.

### **Protección personal**

Protección respiratoria: Programa de protección respiratoria que cumpla con 29 CFR de OSHA 1910.134 y ANSI Z88.2 requerimientos o Estándar Europeo EN 149 debe ser seguido siempre que el lugar de trabajo condicione el empleo de respiradores.

Protección de la piel: Usar guantes y ropa de protección adecuados para evitar la exposición de la piel.

Protección de la vista/cara: Use anteojos de protección apropiadas o gafas de seguridad química descrito como protección de ojos y cara reglamentos de OSHA en 29 CFR 1910.133 o EN166 estándar europeo.

Otros equipos de protección: Antes de manipular este producto se debe elegir el calzado apropiado y cualquier otra medida adicional de protección de la piel basadas en la tarea que se realice y los riesgos asociados.

Medidas Higiénicas: Lave las manos, antebrazos y cara completamente después de manejar productos químicos, antes de comer, fumar y al final del período de trabajo. Usar las técnicas apropiadas para remover ropa contaminada. Lavar las ropas contaminadas antes de volver a usarlas. Verifique que las estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad se encuentren cerca de las estaciones de trabajo.

## Bibliografía

- A. W., & A. P. (2005). *Electroplating and electrorefining of metals*. England: Wexford College Press.
- Acres, G., & Swars, K. (1985). Pt Platinum: Supplement Volume A1 Technology of Platinum-Group Metals. En G. J. Acres, & K. Swars, *Pt Platinum: Supplement Volume A1 Technology of Platinum-Group Metals* (págs. 87-90). Berlin: Springer-Verlag.
- AG, T. (12 de 03 de 2017). *Telsonic AG*. Obtenido de Telsonic AG: <https://www.telsonic.com/es/limpieza/desengrase-galvanico-por-ultrasonidos/>
- Aktas, S., & Morcali, M. H. (2011). Platinum recovery from dilute platinum solutions using activated carbon. *ScienceDirect*, 2554-2558.
- AliExpress. (21 de 11 de 2016). *AliExpress*. Obtenido de AliExpress: <https://es.aliexpress.com/item/KT-185-Magnetic-Tumbler-16cm-Jewelry-Polishing-Machine-220V-Magnetic-Tumbler/32647080425.html?spm=2114.43010208.4.13.d0y194>
- Anónimo. (23 de Junio de 1952). Symposium on tin . *Symposium on tin* . Filadelfia, Race, Estados Unidos: American Society for testing materials.
- Anonimo. (18 de Noviembre de 2014). Demanda de platino crece por fabricación de celdas eléctricas. *El financiero*.
- Anónimo. (10 de Marzo de 2016). *¿Eliminar el óxido, la pintura y los contaminantes de la chapa con láser?: Sí, ¡y no veas qué rápido!* Obtenido de Autonoción: <http://www.autonocion.com/eliminar-el-oxido-la-pintura-y-los-contaminantes-de-la-chapa-con-laser-si-y-no-veas-que-rapido/>
- Anónimo. (07 de Enero de 2017). *Electrometal S. A*. Obtenido de Electrometal S. A: <http://www.electrometal.es/estanados.asp>
- Applebaum, S. B. (1968). *Demineralization by ion exchange*. Londres: Academic Press Inc.
- ASTM. (2003). *Standard Guide for Measuring Thickness of Metallic and Inorganic Coatings*. ASTM.
- ASTM. (2010). *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test*. ASTM.
- Atares, P. A., & Blanca, A. L. (2005). *Tractores y motores agrícolas*. Madrid: Mundi-prensa.
- Àvila, J., & Genescà, J. (1996). *Màs allà de la herrumbre*. Mèxico: Fondo de cultura econòmica.
- Billigmann, J., & Feldmann, H. (2002). *Estampado y prensado a máquina*. Barcelona: Reverté S.A. de C.V.
- Bottani, E., Odetti, H., Pliego, O., & Villareal, E. (2006). *Química General*. Argentina: 2006.
- Brown, T., Lemay, E., Bursten, B., & Burdge, J. (2004). *Química; La ciencia central*. Mèxico : Pearson Educación .
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. (2015). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. *LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE* (pág. 128). Distrito Federal : SEMARNAT.
- Campbell, N., & Reece, J. (2007). *Biología*. Madrid: Mèdica Panamericana.
- Carter, V. (1977). Metallic Coatings for corrosion control. En V. E. Carter, *Metallic Coatings for corrosion control* (págs. 162-171). London: Newnes-Butterworths.
- Casabo, J. (2010). *Joyería* . Argentina: Albatros .
- Cembrero Cil, J., Ferrer Giménez , C., Pascual Guillamón, M., & Pérez Puig , M. Á. (2005). *Ciencia y tecnología de materiales; Problemas y cuestiones*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Chang, R., & College, W. (2002). *Química*. Colombia: McGraw-Hill.
- Chopra, D. (2009). Recovery system for platinum plating bath . *Micron Technology, INC* .
- Cisneros, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en Mèxico; causas, efectos y tecnología apropiada*. Mèxico: Limusa S.A. de C.V.

- Cortinas de Nava, C. (2007). *Regulación de los Residuos Peligrosos en México*. México: SEMARNAT.
- Datta, M., Osaka, T., & Schultze, J. (2005). *Microelectronic Packaging*. USA: CRC Press.
- Durney, L. (2000). *Graham's Electroplating Engineering Handbook*. USA: CBS Publishers & Distributors.
- Ekyma Ultrasonidos. (06 de Abril de 2017). *Youtube*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=Ug5sgBVpU3I>
- Endres, F., MacFarlane, D., & Abbott, A. (2008). Electrodeposition from ionic liquids. En F. Endres, D. MacFarlane, & A. Abbott, *Electrodeposition from ionic liquids* (pág. 96). Republica general de Alemania: WILEY-VCH.
- ERPISA. (26 de Marzo de 2017). *ERPISA*. Obtenido de ERPISA: <http://www.erpisa.com/chorro-con-arena-y-granalla/>
- Estudios de Sectore Industriales . (2000). *Ficha Informativa del Sector Galvanoplastia* . Chile: Estudios de Sectores industriales.
- EUROSONICS.ie. (20 de Noviembre de 2016). Obtenido de EUROSONICS.ie: <http://www.eurosonics.ie/electropolishing/>
- Femeval Valencia . (01 de Diciembre de 2010). *Youtube* . Obtenido de Youtube: [https://www.youtube.com/watch?v=Bri5iMoAo\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=Bri5iMoAo_o)
- Fulekar, M. (2006). *Industrial Hygiene and Chemical Safety*. India: I.K. International Publishing House PVT. LDT.
- FUNDES. (2001). *Guia de Buenas Pràcticas para el sector Galvanotècnia* . Colombia: FUNDES: La red de soluciones empresariales.
- García Padilla, L., & Pérez Flores, O. (2009). *Manual de galvanotecnica para procesos de electrodeposición de cadmio y rodio, y sus perspectivas en México*. México: UNAM.
- Garritz, A. R., & Chamizo, J. G. (2001). *Tù y la Quimica* . Mèxico: Pearson Educaciòn.
- Gee, G. (1920). *Recovering precious metals from waste liquid residues*. New York: D. Vam Nostrand Company.
- Gòmez de Leòn , E. (2004). Ensayos no destructivos corrientes inducidas. Nivel II. En G. d. Eduardo, *Ensayos no destructivos corrientes inducidas. Nivel II* (págs. 13-15). Madrid: Fundaciòn Confemetal.
- Gracia, J. G., Jimènez , J. G., Navarro , J. M., Morales, T. G., & Casado, E. À. (2015). Preparaciòn de superficies . En J. G. Gracia, J. L. Jimènez, J. M. Navarro, T. G. Morales, & E. À. Casado, *Preparaciòn de superficies* (pág. 39). Madrid: Paraninfo, SA.
- Guardiola, C. (2005). Detecciòn y compensaciòn de irregularidades de inyecciòn a través de la medida del règimen instantàneo del turbogrupò. En C. Guardiola, *Detecciòn y compensaciòn de irregularidades de inyecciòn a través de la medida del règimen instantàneo del turbogrupò* (págs. 61-63). Valencia: Revertè S.A.
- Harris, D. (2007). *Anàlisis quimico cuantitativo*. España: Revertè SA.
- Herrero, S. B., Bercero, J. R., & López, A. C. (2010). *Introducciòn al conocimiento de los materiales y a sus aplicaciones*. Madrid: Universidad Nacional de Educaciòn a distancia.
- Hijes, F. G., & Lorente, D. A. (2004). Manual Bàsico de corrosiòn para ingenieros. En F. G. Hijes, & D. A. Lorente, *Manual Bàsico de corrosiòn para ingenieros* (págs. 111-130). España: Universidad de Murcia .
- Hill, J., & Kolb, D. (1999). *Quimica para el nuevo milenio*. Mèxico : Prentice Hall.
- Hufnagel, W. (2004). *Manual del Aluminio*. España: Revertè, S. A.
- Hurtado, S. M. (2014). *Acabado de transformados de polimèricos*. España: IC.

- Industrias Goini. (10 de Abril de 2013). *Youtube*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=3qQobqON5Ug>
- Industry, D. (01 de 03 de 2017). *Direct Industry* . Obtenido de Direct Industry : <http://www.directindustry.es/prod/ultratecno/product-72254-705011.html>
- Innovation Huayi. (06 de Abril de 2017). *Innovation Huayi*. Obtenido de Innovation Huayi: <http://hyecoinnovations.com/3-1-plate-frame-filter-press>
- Juan, C. (2010). *Joyería* . Argentina : Albatros .
- Julián, I., Sáez, R., & Martínez, S. (2003). *Diccionario de Química*. Madrid: Complutense.
- Julve, E. (2013). Electrodeposición del metal platino: electrolitos basados en los complejos platino-aminados. *Surfas Press*, 39-46.
- Kannani , N. (2006). *Electroplating: Basic Principles, Process and Practice*. Berlin: Elsevier.
- Krohn Industries. (05 de Abril de 2017). *Krohn Industries*. Obtenido de Krohn Industries: <http://www.krohnindustries.com/electroplating/anode/>
- Kutzelnigg , A. (1996). *Testing Metallic Coatings*. Gran Bretaña: Robert Draper.
- Lesur, L. (1995). *Manual de recubrimientos metálicos*. México : Trillas.
- M. S., & M. P. (2010). *Modern Electroplating*. New Jersey : John Wiley and sons.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. España: Revertè S.A.
- Mantell, L. (2003). *Ingeniería Electroquímica* . España: Revertè, S. A.
- Martínez-Álvarez, R., Yunta, M. J., & Martín, L. S. (2007). *Química; Un proyecto de la American Chemical Society*. Barcelona: Reverté.
- Matteini, M., & Moles, A. (2001). *La química en la restauración; los materiales del arte Pictórico*. Donostia: Nerea.
- Menard, S. (2006). Insoluble Anodes For The Electroplating Industry. *Onboard Technology* , 22-23.
- Molera, P. S. (1990). *Metales resistentes a la corrosión* . España: Marcombo .
- Monsalvo Vázquez, R., Miranda, M. G., Romero Sánchez, M. d., & Muñoz Pérez, G. (2014). *Balance de materia y energía. Procesos industriales*. México: Grupo Editorial Patria.
- Moreno, L. V. (2008). *Materiales Industriales: Teoría y Aplicaciones*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- N. K. (2006). *Electroplating ; Basic Principles, Processes and Practice* . Oxford: Elsevier .
- Nemerow, N., & Dasgupta, A. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- NPCS Board of Consultants & Engineers. (2003). *Electroplating, Anodizing and Metal Treatment Handbook*. India: Asia Pacific Press Inc.
- Odetti, H. S., Bottani, E. J., Pliego, O. H., & Villareal, E. R. (2006). *Química General*. Argentina : Universidad Nacional de Litoral .
- Oocities . (06 de Abril de 2017). *Oocities* . Obtenido de Oocities : <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/procesoslodos.htm>
- Oro y finanzas. (04 de Abril de 2014). *Oro y finanzas; Diario digital del dinero*. Obtenido de Oro y finanzas; Diario digital del dinero: <https://www.oroymasfinanzas.com/monedas-platino/>
- Osborn, P. D. (1990). *The engineer's clean air handbook*. London: Butterworth and Co.
- Padilla García, L., & Pérez Flores, O. (2009). *Manual de galvanotecnia para procesos de electrodeposición de cadmio y rodio, y sus perspectivas en México*. México: UNAM.
- Patel, A., & Dawson, R. (2015). Recovery of platinum group metal value via potassium iodide leaching. *ELSEVIER*, 219-225.

- ProChem. (2015). *ProChem*. Obtenido de ProChem: <http://www.prochemwater.com/integrating-platinum-metals-recovery/>
- Putsch Nerva S.A . (06 de Abril de 2017). *Putsch Nerva S.A* . Obtenido de Putsch Nerva S.A : <http://www.putschnerva.com/es/productos/filtros-de-cartuchos>
- Ramachandra Rao, S. (2006). recuperación de metales . En S. Ramachandra Rao, *Resource Recovery and Recycling from metallurgical wastes* (págs. 245-246). Canadá: Elsevier.
- Reyes, Alejandro Eduardo Glade;. (Mayo de 2015). *El arte de la Orfebrería y Joyería*. Obtenido de El arte de la Orfebrería y Joyería: <https://orfebrealejandrogade.blogspot.mx/2015/05/anillos-de-matrimonio-en-platino-y.html>
- Reynosa, O. L. (Julio de 2012). Evaluación del proceso de implementación de un departamento de galvanizado para la empresa incaprosa. *Evaluación del proceso de implementación de un departamento de galvanizado para la empresa incaprosa*. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rochow, E. (1981). *Química inorgánica descriptiva* . Madrid: Revertè.
- Rodriguez, C. V. (Julio de 2013). Caracterización del comportamiento de corrosión en pruebas aceleradas para acero galvanizado y pintado. *Caracterización del comportamiento de corrosión en pruebas aceleradas para acero galvanizado y pintado*. Nuevo León, Nuevo León, México : Universidad Autónoma de Nuevo León .
- Romero Moya, A. (2007). limpieza con ultrasonido. En A. Romero Moya, *Atención higiénica* (pág. 96). Madrid: Editex, S. A. .
- S. K., & S. S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación.
- SA LA NACION. (17 de Abril de 2017). *SA LA NACION*. Obtenido de SA LA NACION: <http://www.lanacion.com.ar/1828468-que-efectos-tiene-el-cianuro-en-el-cuerpo-humano>
- Secretaria del trabajo y prevision social. (2008). *Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo*. México: Secretaria del trabajo y prevision social.
- SEMARNAT. (06 de Enero de 1997). NOM-001-SEMARNAT-1996. *Norma oficial mexicana, que establece los limites maximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. México, México, México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (6 de Enero de 2004). NOM-055-SEMARNAT-2003. *Norma Oficial Mexicana NOM-055-SEMARNAT-2003, que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinaràn para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados*. México, México, México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (23 de Junio de 2006). NOM-052-SEMARNAT-2005. *Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las característica, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. México, México, México: SEMARNAT.
- Sharma, B. K. (1991). *Industrial Chemistry (including chemical engineering)*. Meerut: Goel Publishing House .
- Soluciones Galvanicas . (04 de Abril de 2017). *Soluciones Galvanicas* . Obtenido de Soluciones Galvanicas : <http://solucionesgalvanicas.com/calentadores-de-inmersion-para-banos-galvanicos/>
- Sutherland, K. (2008). *Filters and filtration Handbook* . Hungaria : Elsevier .
- Talbot, D., & Talbot, J. (2007). Corrosion science and technology. En D. Talbot, & J. Talbot, *Corrosion science and technology* (pág. 205). New York: CRC Press.

- Tan, A. (1993). Tin and solder plating in the semiconductor industry. En A. C. Tan, *Tin and solder plating in the semiconductor industry* (pág. 225). New York: Chapman & Hall.
- Teijón, J., García, J., Jiménez, Y., & Guerrero, I. (2006). *La Química en problemas*. Madrid: Tébar.
- Teijón, J., García, J., Jiménez, Y., & Guerrero, I. (2006). Pilas galvánicas o voltaicas. En J. Teijón, J. García, Y. Jiménez, & I. Guerrero, *La química en problemas* (pág. 257). Madrid: Tébar.
- The Andersons, Inc. (11 de Abril de 2017). *The Andersons, Inc.* Obtenido de The Andersons, Inc.: <http://www.andersonscob.com/?application=parts-drying-absorption>
- Vaamonde, A. J., & González, J. D. (2000). *Ciencia e ingeniería de la superficie de los materiales metálicos*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Vasudevan, S. (2013). Anodes for Electrochemical Processes (Part-I). *Research Journal of Chemical Sciences*, 1-2.
- Woodard, F. (2001). *Industrial Waste Treatment Handbook*. USA: Butterworth-Heinemann.
- Zereini, F., & Alt, F. (2006). *Palladium Emissions in the Environment*. Alemania : Springer .