CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor
Operador Base Planta
Módulo V: Hidrometalurgia El Proceso de Electro Obtención
PFPCO-2-01/v.2-[PE01-M05/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile - Innovum, con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero - del cual pasa a ser propiedad -.

Este material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.

© Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport-McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 8

Módulo V: Hidrometalurgia El Proceso de Electro Obtención 9

1. Introducción a la electroquímica 10

1.1. Ley de Ohm, voltaje, corriente y resistencias 15

1.2. La electroquímica 18

2. Principales equipos de electro obtención 19

2.1. Procedimientos de operación del proceso de celdas de electro obtención 30

2.2. La Electro obtención 32

2.3. Funciones del operador planta en el proceso de las Celdas de Electro obtención ... 34

Actividad N° 1 36

3. Parámetros y variables generales de la operación de celdas de electro obtención 49

3.1. Control del Funcionamiento de la Maquinaria de Planta 49

3.2. Ajuste del volumen de la solución, la calidad de la alimentación y la tasa de flujo .. 51

Actividad N° 2 60

3.3. Riesgos asociados al proceso de Electro Obtención 62

Actividad N° 3 84

3.4. Puentes Grúa en Electro obtención 88

Actividad N° 4 91

4. Procedimientos de operación del proceso de cosecha de cátodos 99

4.1. Planificación y preparación para la puesta en marcha del procedimiento 100

4.2. Características del producto en etapa de término 101

Actividad N° 5 104

5. Condiciones estándares de operación de equipos 107

5.1. Limpieza de placas 107

5.2. Control del funcionamiento de los equipos de la planta 108

5.3. Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados 110

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Operador Base Planta de nivel 2.
El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.
El instructor podrá además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos:
La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento “Instrumento de evaluación de proceso”.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo V: Hidrometalurgia El Proceso de Electro Obtención

1. Introducción a la electroquímica

Antes de revisar el concepto de electroquímica es necesario estudiar algunas nociones básicas asociadas al concepto de electricidad, estas son; electrones, protones, corrientes eléctricas, entre otros.

Nociones básicas de electricidad:

Para conocer la electricidad, debe entender la materia y de qué está compuesta. En particular, se debe conocer algo sobre una carga eléctrica porque, en términos simples, la electricidad es un flujo de carga eléctrica. El electrón, que es una carga negativa, es el principal conductor de electricidad.

La materia es toda sustancia que posee una masa y ocupa espacio, por ejemplo, el agua, cobre y vidrio. La cantidad de materia más pequeña es llamada átomo.

El átomo

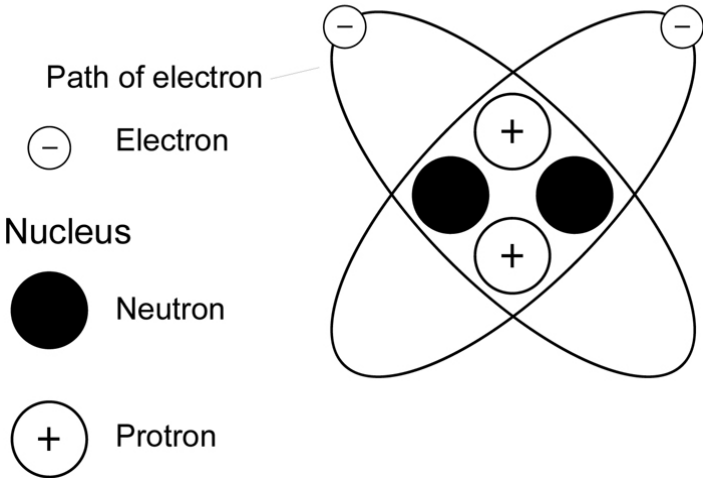
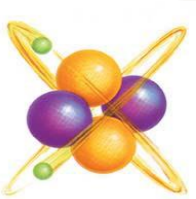


Figura 1

El átomo de helio

Aunque el átomo es la pieza más pequeña que permanece como un elemento, contiene varias partes más pequeñas. Estamos interesados sólo en tres partes – los electrones, protones y neutrones.



La muestra cómo los protones y neutrones forman un núcleo alrededor del cual los electrones orbitan a alta velocidad.

Los electrones, que tienen una carga negativa, son atraídos a los protones con carga positiva. Pero debido a que orbitan a alta velocidad la fuerza de atracción es equilibrada por la fuerza centrífuga de los electrones en movimiento.

Vea la figura nuevamente y note que el signo negativo identifica al electrón y el signo positivo identifica al protón. El neutrón no tiene carga y se representa sólo con un círculo. Hay números iguales de electrones y protones por lo que su carga eléctrica, negativa y positiva, se equilibran, esto es, el átomo en esta etapa es eléctricamente neutro porque las cargas negativa y positiva se cancelan.

Ley de cargas

¿Qué queremos decir con carga eléctrica? Una carga eléctrica es similar a un polo magnético – véase la figura a continuación.

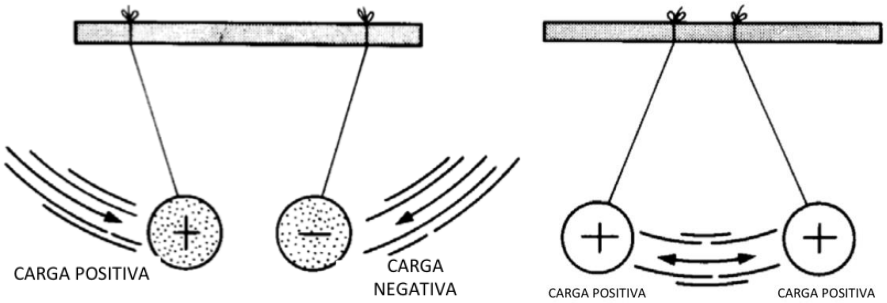


Figura 2

a) Cargas diferentes se atraen b) Cargas iguales se repelen

Ley de cargas

La figura muestra que las cargas diferentes se atraen, tal como los polos magnéticos norte y sur se atraen uno al otro. De igual modo, en la figura se muestra que las cargas iguales se repelen.

Entonces, algunos conceptos básicos

1. **Protones**: Son partículas que forman parte del núcleo del átomo.

2. **Electrones**: Son partículas que rodean el núcleo del átomo y crean fuerzas de atracción y de repulsión debido a que estas partículas atómicas tienen una carga eléctrica.

3. **Carga eléctrica**: Propiedad general de la materia que se puede medir, cuya unidad es el Coulomb (C).

4. **Campo eléctrico**: Se denomina al espacio alrededor de una carga eléctrica, en él se expresan las fuerzas de atracción o de repulsión, sobre otras cargas eléctricas en el espacio.

5. **Electricidad**: Fenómeno físico o propiedad general de la materia, que se origina a raíz de la interacción de las cargas eléctricas. Las cargas eléctricas se ubican en las partículas elementales que constituyen el átomo. Los electrones y protones, son las dos partículas subatómicas principales que pueden originar la aparición de energía eléctrica y se origina provocando el movimiento de cargas eléctricas de un punto a otro.

6. **Conductividad**: Facilidad con que las cargas eléctricas se mueven a través de un material específico. Se dividen en dos grupos:

- ***Materiales conductores:*** En algunas sustancias, las cargas eléctricas pueden desplazarse a través de ellas. En tal caso se señala que la sustancia o elemento, es un conductor eléctrico. Son elementos que tienen una estructura atómica que favorece que, las cargas eléctricas, se puedan mover con facilidad por su interior. Los elementos que se consideran conductores de electricidad pueden ser sólidos (metales) o fluidos (líquidos o gases). En el caso de los *conductores sólidos*, sólo se desplaza la carga negativa o los electrones, ya que su pequeña masa respecto de los núcleos hace que puedan "saltar" desde un átomo a otro sin que se observe movimiento de masas en el interior de la sustancia. Algunos ejemplos de conductores sólidos: metales, carbón, y grafito. En los *fluidos conductores*, la carga que puede desplazarse además de los electrones, puede ser iones o átomos cargados y protones. Algunos ejemplos de conductores de fluido: gases ionizados, soluciones ácidas y alcalinas, entre otras.
- ***Materiales aislantes:*** Sustancia o un cuerpo en el que no existe la posibilidad de movimiento de las cargas eléctricas. Son los que tienen los electrones muy ligados al átomo al que pertenecen, de manera que no se pueden mover con facilidad. Algunos ejemplos: madera, resina, cristal, cerámico, plástico, aire seco, papel, entre otros.

  Es necesario considerar que algunos materiales que se consideran aislantes, pueden no serlo tanto, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre. El agua, por ejemplo, si es la que sale de ríos o mares, es un buen conductor eléctrico, debido a las sales que se encuentran en ella. El agua pura o destilada, en cambio, es un buen aislador. El aire, es otro ejemplo: en instalaciones eléctricas domésticas, es un buen aislador, pero en ciertas circunstancias: una tormenta, por ejemplo, una chispa eléctrica o un rayo se convierten en una gran chispa.

7. **Corriente eléctrica**: Se le denomina al movimiento de los electrones por un conductor. Para que el movimiento de electrones se produzca es necesario que, entre los extremos del conductor, haya una diferencia de potencial que también se llama tensión o voltaje. Es decir, cuando se aplica un voltaje entre dos puntos de un conductor, ese conductor establece una corriente eléctrica. En los sólidos, participan electrones libres y en los fluidos participan además, átomos ionizados.

   Ejemplo: Alambre de cobre en el que se ha establecido un voltaje V entre ambos extremos.

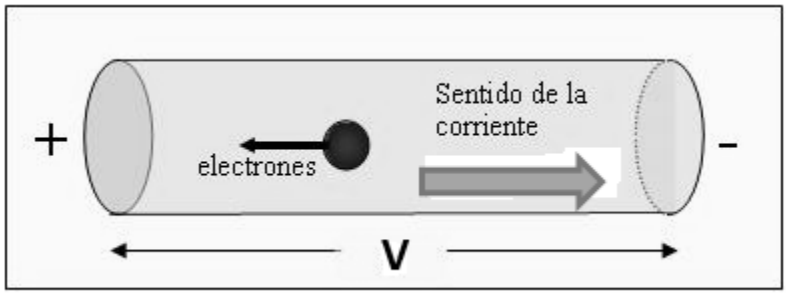


Figura 3

8. **Tipos de corriente eléctrica:** El movimiento de electrones o de cargas negativas del generador, se produce desde el polo positivo o lugar de salida de los electrones, hasta el polo negativo o el lugar donde vuelven los electrones. Cuando éste flujo es al revés (de polo negativo a positivo), se considera que la corriente es negativa.
9. Por lo tanto, dependiendo del sentido del movimiento de los electrones, se puede clasificar en:

- **Corriente Continua.**
- **Corriente Alterna.**

A. **Corriente Continua (CC)**: Se denomina corriente continua (en inglés DC, Direct Current) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica, a través de un material, se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí, entre los extremos de cualquiera de estos generadores, se genera una tensión constante que no varía con el tiempo, por ejemplo, las pilas o dinamos. Si la pila es de 6 voltios, todos los receptores que se conecten a ella estarán siempre a 6 voltios (a menos que la pila esté gastada). Además al conectar el receptor (por ejemplo, una radio) la corriente que circula por el circuito es siempre constante (tiene el mismo número de electrones), y no cambia la dirección de circulación, es por eso que siempre el polo + y el polo - son los mismos. En la corriente continua (o DC) la tensión e intensidad de corriente es siempre la misma. Se considera la corriente continua, como

un sistema ineficiente cuando se requiere distribución de energía a gran escala, debido a que se generan problemas en la transmisión de potencia.

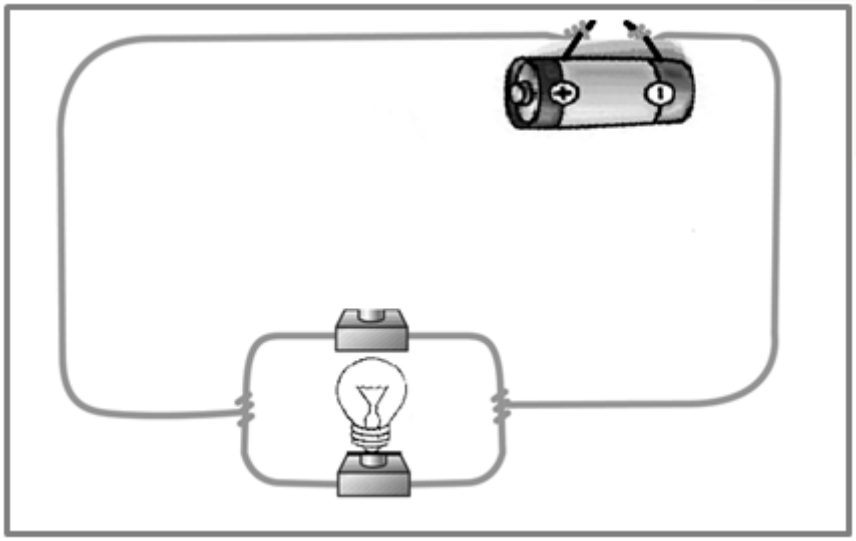


Figura 4

Principales Fuentes de corriente continua

Las principales fuentes de corriente continua son:

- Baterías: Distintos tipos, tamaños y pesos; recargables y no recargables y su uso es extensivo en automóviles y fuentes de respaldo. El principal tipo de batería es la de plomo – ácido.

- Pilas: Distintos tipos y tamaños y pueden producir electricidad a partir de reacciones químicas, entre distintos elementos.

- Fotoceldas: Elementos que producen electricidad a partir de reacciones químicas causadas por la exposición de su parte activa a la luz solar.

Corriente Alterna (CA):

B. **Corriente Alterna (CA)**: Se denomina corriente alterna (en inglés AC, Alternating Current) a la corriente eléctrica cuya magnitud y dirección varían por ciclos. Los polos del generador cambian de negativo a positivo en el mismo período, provocando que el flujo de electrones no mantenga el mismo sentido, es decir, la polaridad no tiene sentido por cuanto está permanentemente alternándose. La corriente alterna, a diferencia de la corriente continua, minimiza los problemas de trasmisión de potencia y el transformador que se utiliza, permite elevar la tensión de una forma eficiente.

La corriente alterna es de gran importancia, entre otras cosas, porque proporciona la red eléctrica domiciliaria, es la que se utiliza regularmente en los transformadores y en un amplio tipo de dispositivos. La corriente que usamos en las viviendas es corriente alterna (enchufes). En este tipo de corriente la intensidad varía con el tiempo y cambia el sentido de circulación a razón de 50 veces por segundo. La energía eléctrica que se trasmite, viene dada producto de la tensión, intensidad y tiempo. Dado que la sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, se puede modificar el voltaje hasta alta tensión y disminuir la intensidad de corriente, mediante un transformador. Esto facilita que los conductores sean de menor sección y menor costo, facilitando además que el voltaje pueda ser de reducido para permitir su uso industrial o doméstico de forma segura. Este tipo de corriente se produce por alternadores y es la que se genera en las centrales eléctricas.

Algunas ventajas de la corriente alterna:

- Permite aumentar o disminuir el voltaje a través de transformadores.
- Se puede transportar a grandes distancias, perdiendo poca energía.
- Los motores y generadores de corriente alterna son sencillos y fáciles de mantener.
- El cambio de voltaje que se requiera introducir, es relativamente económico.

1.1. Ley de Ohm, voltaje, corriente y resistencias

Voltaje, corriente y resistencia

Corriente

La corriente se refiere al flujo de electrones en un conductor. La corriente sólo fluirá cuando el circuito esté cerrado. El flujo de corriente puede compararse al flujo del agua en un canal o una cañería, mientras que el flujo de corriente eléctrica es el movimiento de electrones en un conductor. El flujo de corriente eléctrica se mide en Amperios (A) el símbolo para la corriente Eléctrica es (I)

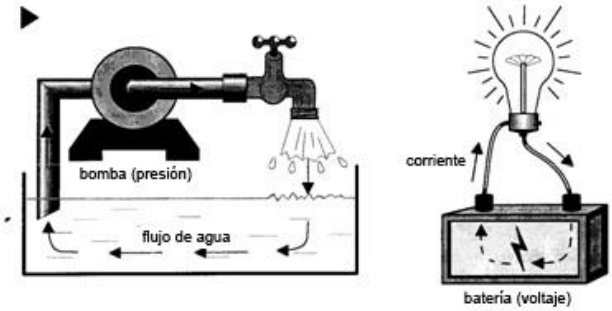


Figura 5

Flujo de corriente

Resistencia

Cuando algo se opone al flujo de corriente en un circuito (ejemplo: un aparato eléctrico) se dice que ese circuito tiene resistencia. La resistencia puede definirse como se indica a continuación: La oposición ofrecida al flujo de corriente eléctrica.

La resistencia se mide en Ohmios (Ω) y se puede comparar a una llave o válvula en una cañería que se usa para controlar el flujo de agua. El símbolo para la resistencia es (R).

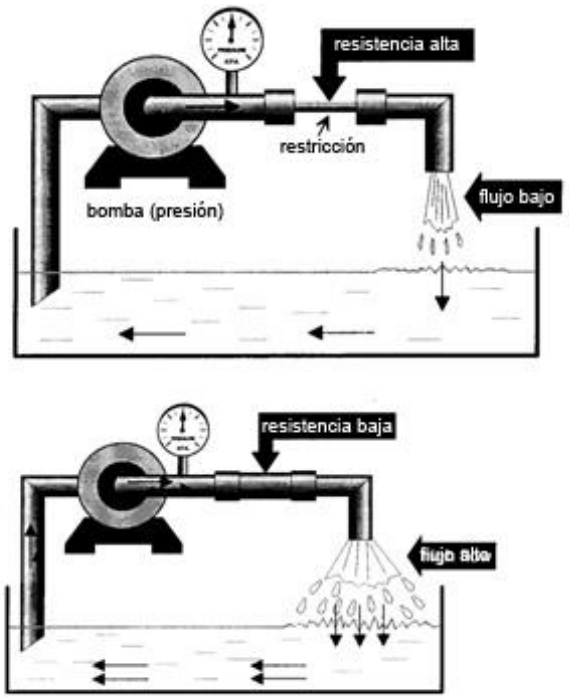


Figura 6

Control del flujo

Las Figuras muestran cómo se usa la llave para controlar el flujo del agua.

Voltaje (diferencia de potencial)

Tal como debe existir una diferencia en la presión de agua para que ésta fluya entre dos puntos, una diferencia en la presión eléctrica debe existir para hacer que la corriente eléctrica fluya. Mientras más grande la presión, más grande el flujo en ambos casos.

Definición de diferencia de potencial

Es la presión eléctrica que causa que la corriente fluya entre dos puntos en un circuito.

La Diferencia de Potencial se mide en Voltios (V) y el Símbolo es (V)

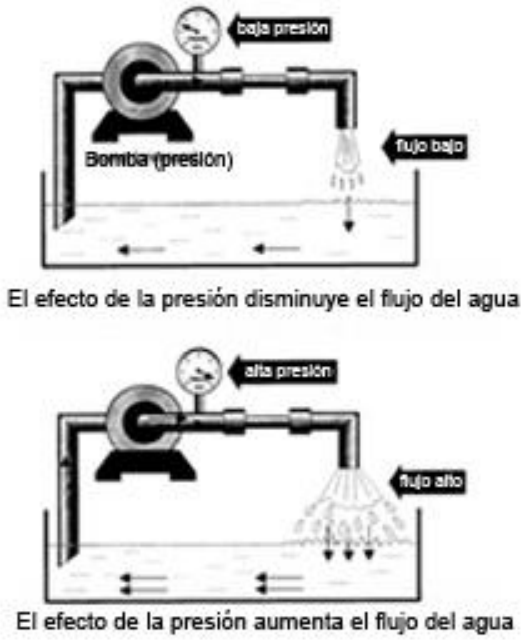


Figura 7

Ley de Ohm

Existe una proporción fija (relación) entre el voltaje, corriente y resistencia. Esta proporción es la base de la Ley de Ohm y puede definirse del siguiente modo:

La corriente que fluye en un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito, a una temperatura constante**.**

De esto se puede derivar la siguiente fórmula:

Donde:

I = el símbolo de la corriente fluye y se mide en Amperios (A).

V = el símbolo para voltaje y se mide en Voltios (V).

R = el símbolo para la resistencia del circuito y se mide en Ohmios (Ω).

1.2. La electroquímica

La electroquímica es un área de la química que estudia la transformación entre la energía eléctrica y la energía química. Dicho de otra forma, las reacciones químicas que se dan en la interfase de un conductor eléctrico (llamado electrodo) y un conductor iónico (el electrolito) pudiendo ser una disolución y en algunos casos especiales, un sólido.

Si una reacción química es conducida mediante una diferencia de potencial aplicada externamente, se hace referencia a una electrólisis. En cambio, si la caída de potencial eléctrico es creada como consecuencia de la reacción química, se conoce como un "acumulador de energía eléctrica", también llamado batería o celda galvánica.

Las reacciones químicas donde se produce una transferencia de electrones entre moléculas se conocen como reacciones redox, y su importancia en la electroquímica es vital, pues mediante este tipo de reacciones se llevan a cabo los procesos que generan electricidad o en caso contrario, son producidos como consecuencia de ella.

Algunos conceptos asociados:

Electrolito

El electrolito es la solución que lleva el metal donde se colocan los ánodos y cátodos antes de que se aplique una carga eléctrica.

Electrólisis

La electrólisis es la separación de una sustancia de otra utilizando corriente eléctrica. Es un proceso que requiere un ánodo, cátodo, solución con dos sustancias y una corriente eléctrica.

Cuando uno de estos componentes falta, no se puede iniciar el proceso de electrólisis.

La electrólisis puede llevarse a cabo a densidades de corriente bajas o altas. Cuando se opera a densidades de corriente bajas (hasta 430 A/m2), se puede colocar un serpentín de enfriamiento hecho de plomo o de aluminio en la celda con el fin de controlar la temperatura. Sólo se utilizan densidades de corriente más altas (861 a 1076 A/m2) si la concentración de cobre, la concentración de ácido, la pureza del electrolito y la tasa de circulación son altas.

2. Principales equipos de electro obtención

A continuación se presentan los principales equipos presentes en las naves de electro obtención.

Nave de electro obtención

Las naves vienen en todas las formas y tamaños dependiendo de la ubicación de la mina, el presupuesto y las metas de procesamiento. Los siguientes son ejemplos de naves.

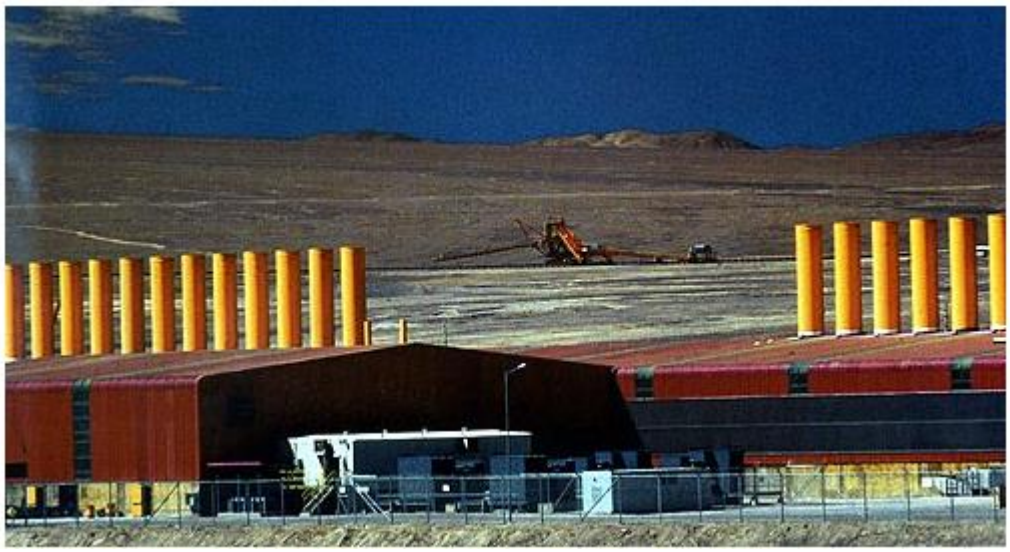


Figura 8

Vista exterior de la nave de electro obtención que muestra el sistema de ventilación de la celda.

Figura 9

Nave de electro obtención con los lados expuestos a la intemperie

Figura 10

Vista interior de una nave

Pasillos

Los pasillos designados son vitales en una nave para permitir que los operadores puedan caminar con seguridad alrededor de la maquinaria.

El peligro de que los empleados se resbalen en suelos húmedos cerca de los tanques de operaciones es muy real. Esto se puede reducir mediante el uso de superficies antideslizantes.

Se deben instalar plataformas elevadas cuando el piso en una nave tiene que estar siempre húmedo. Estas deben estar en buen estado y ser lo suficientemente bajas como para que los trabajadores no estén en riesgo de caer en los tanques. Se debe prestar rápida atención a las fallas tan pronto como se produzcan.

Intercambiadores de Calor

Intercambiadores de calor en espiral

Los intercambiadores de calor en espiral permiten reutilizar el calor del ácido rico para pre-calentar el ácido magro que vuelve de la extracción por solvente.

¿Cómo funciona el intercambiador de calor en espiral?

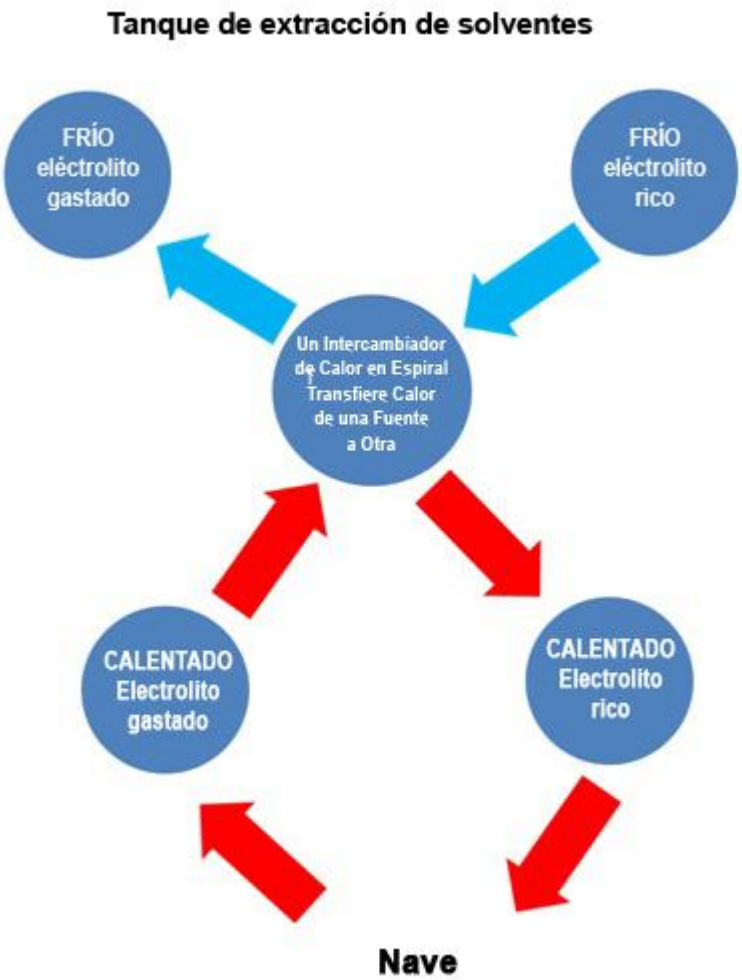


Figura 11

Intercambiadores de calor con juntas (empaques)

Los intercambiadores de calor con juntas (empaques) utilizan electrolito gastado para precalentar el electrolito fuerte antes de la electro obtención. Las juntas (empaques) están diseñadas teniendo en cuenta ambientes agresivos, garantizando un rendimiento sin fugas y un ciclo de vida largo.

Los intercambiadores de calor de placa empaquetada están hechos de dos placas terminales y de placas de forma prensada con juntas (empaques), apretadas entre las placas terminales. Las placas del intercambiador de calor se pueden colocar con precisión por medio de barras de guía. Los intercambiadores de calor de placas con juntas (empaques) se fabrican en varios tamaños diferentes de placas. El número de placas depende de la salida (rendimiento) requerida, el rango de temperatura requerido y la caída de presión permitida.

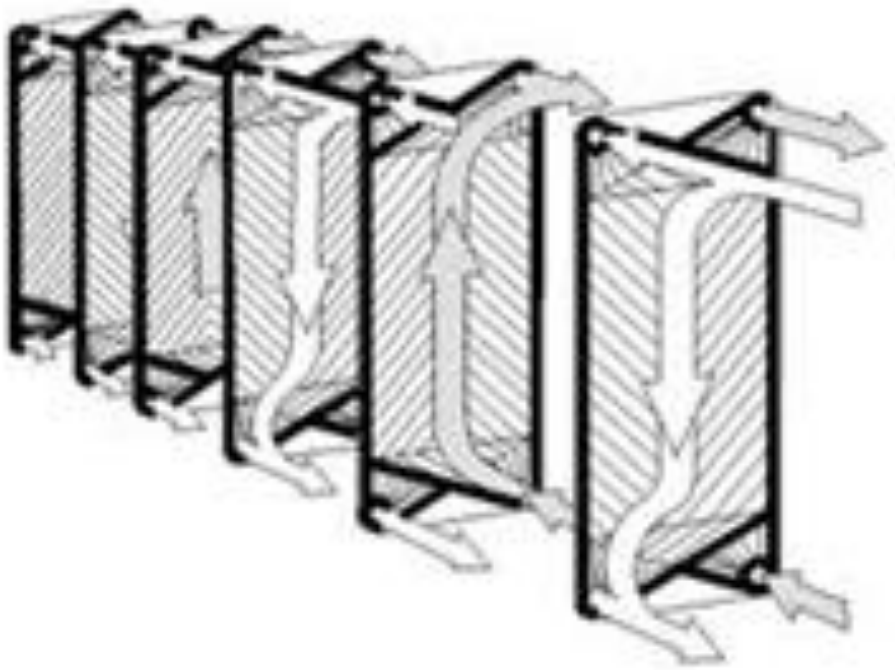


Figura 12

Figura 13

Tanques

Los tanques se construyen generalmente en el piso de una nave. Este es el contenedor que contiene la solución y las placas de electrolito. A continuación se muestra un ejemplo de una configuración de tanque, una nave podría contener cientos de estos contenedores. Si el borde de un tanque que contiene un líquido está menos de 1 metro por encima del suelo o de la plataforma, el tanque debe asegurase ya sea cubriéndolo, o colocando un cerco a una altura de al menos 1 metro.

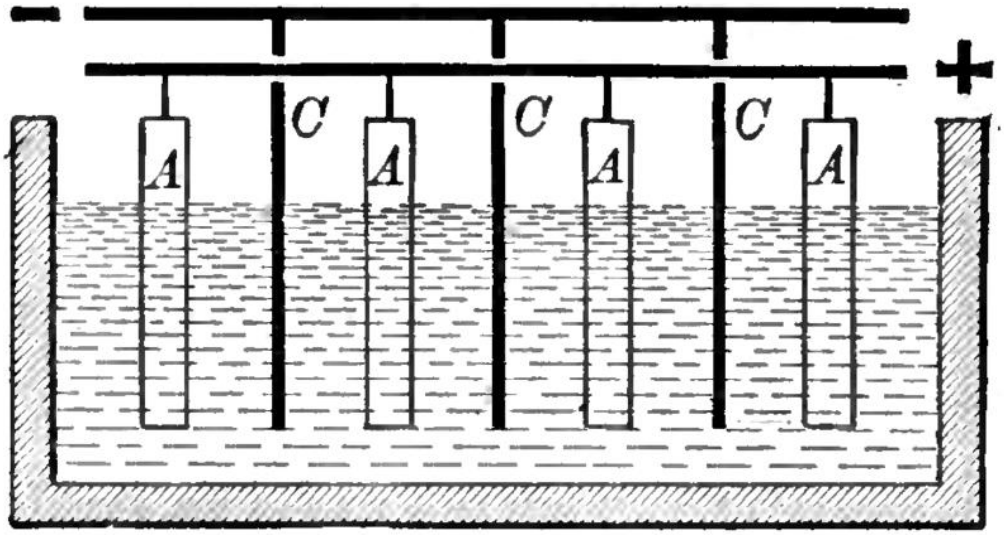


Figura 14

C = Cátodos A= Ánodos

Drenaje del piso y eliminación de residuos (desperdicios)

El suelo de cada habitación de galvanoplastia debe estar hecho de un material impermeable, por ejemplo, hormigón o asfalto, y ser uniformemente inclinado hacia los desagües del piso, que conducen al sistema de eliminación. Los tanques deben drenar, en la medida de lo posible, directamente a las salidas del piso. Los efluentes de las plantas de galvanoplastia deben cumplir con los requisitos de las autoridades locales.

Iluminación

La iluminación debe ser por luz natural tanto como sea razonablemente práctico. Una buena iluminación es importante, sobre todo cuando la visión está limitada por el uso de equipos de protección, tales como viseras, respiradores de cara completa o lentes de seguridad (antiparras). La iluminación debe seleccionarse adecuadamente, recibir mantenimiento correcto y reemplazarse cuando sea apropiado.

Bombas

Las bombas juegan un papel vital en el funcionamiento de una nave, sin la solución de electrolito la nave no puede funcionar. Las bombas y cañerías alimentan la solución electrolítica en la nave, y también retiran la solución utilizada y la reciclan de vuelta en el circuito de SX EW (Electro obtención por extracción de solventes).

Los productos químicos ácidos, cáusticos, abrasivos y corrosivos presentes en el electrolito tienen un fuerte efecto en las bombas y cañerías, y por lo tanto, se requiere acero inoxidable resistente al ácido para los materiales de las bombas y cañerías en el proceso de extracción química.

Se requiere una verificación de laboratorio de la solución de electrolito para determinar los tipos de bombas y cañerías necesarias para el proceso de lixiviación y de extracción. Esto se decide en el momento que la empresa diseña su mina.

Cada fabricante tendrá requisitos específicos de mantenimiento para sus equipos. Asegúrese de que ha obtenido esta información durante la reunión de cambio de turno. En algunos casos, una compañía minera puede solicitar bombas o cañerías diseñadas a la medida debido a los resultados de las pruebas de laboratorio. Hay un número de factores variables a considerar, por ejemplo:

- Ubicación.
- Límites geográficos.
- Clima.
- Rotación de los productos.

Reflujos

Se utilizan dispositivos de reflujo en los sistemas de cañería (piping) para impedir que el líquido fluya de vuelta a un área que acaba de bombear dicho líquido hacia afuera.

Tanque de circulación

El tanque de circulación recoge la solución usada después de que las partículas metálicas se han eliminado. En el tanque de circulación, el electrolito fuerte se mezcla con el electrolito usado que regresa de las celdas de electro obtención.

Barras conductoras (Bus Bars)

Una barra conductora (bus) es una tira de cobre o de aluminio que conduce la electricidad, que puede venir en forma de una tira plana o tubo hueco. El tamaño de la barra conductora determina la cantidad máxima de corriente que se puede llevar de forma segura.

En la electro obtención, las barras conductoras se colocan en los tanques de electrolito. Este es el medio en el que la electricidad se aplica a la solución para el proceso de electro refinación.

Figura 15

Equipos auxiliares

Hay un número de posibles herramientas de equipos auxiliares que podrían utilizarse durante el proceso de extracción por solvente. Por ejemplo:

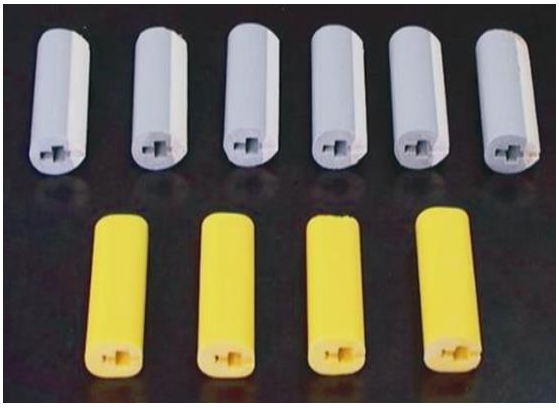
- Compresores.
- Sistemas de Control de Distribución (DCS).
- Alimentadores.
- Grúas de pórtico y accesorios, y otros equipos móviles.
- Herramientas manuales y eléctricas.

Cada equipo contará con las especificaciones del fabricante para las necesidades de operación, pruebas y mantenimiento. Consulte las especificaciones para más detalles.

Cátodos

Los cátodos son lo contrario de un ánodo, son terminales ***negativos*** de cualquier dispositivo eléctrico utilizado para proporcionar corriente eléctrica.

Los cátodos son de acero inoxidable y pueden venir en forma de un plato o de lana de acero tejida en torno a un marco de placa. Las 2 formas más comunes son cilindros y chapas (placa).



Formas cilíndricas

Chapas (placas)

Figura 16

Puente Grúa

Ésta es una grúa que se compone de una viga de puente, soportada en cada extremo por patas montados sobre carros al final. Es capaz de viajar a lo largo de pistas, en la superficie o a nivel de la cubierta, y tiene una cabina con una o más unidades de elevación destinadas a circular por el puente.

Estas grúas tienen un trabajo sencillo al levantar bastidores de placas de ánodo y cátodo en un tanque. Este trabajo exigente requiere de grúas de gran potencia que puedan trabajar las 24 horas. La parte más importante de la grúa es el accesorio más abajo del gancho, llamado arco, que extrae un bastidor completo de cátodos de 150kg de los tanques.

El arco debe estar aislado eléctricamente del resto de la grúa para evitar un corto circuito entre los tanques electrificados y la tierra física que toca a la estructura metálica del edificio. Los arcos deben ser también capaces de posicionarse muy bien con un margen de unos pocos milímetros/fracciones de pulgada en los ganchos del cátodo.

Figura 17

Ánodos

Los ánodos son un terminal positivo de los dispositivos eléctricos que se utilizan para proporcionar corriente eléctrica. Estos se pueden encontrar en una serie de elementos comunes de la casa, por ejemplo baterías y cilindros de agua caliente.

En la electro obtención de metal, se produce oxígeno en el ánodo. El oxígeno se convertirá en gas oxígeno, oxidando los materiales en el electrolito, o corroyendo el ánodo de plomo. El objetivo principal de la investigación de la aleación de plomo del ánodo es el desarrollo de materiales para ánodo que resistan a la corrosión por el oxígeno desprendido.

Figura 18

Cada ánodo se compone de una placa perforada con agujeros a través de toda su superficie para permitir que la solución fluya a través de la placa.

Maquinas despegadoras de cátodos

Las máquinas despegadoras de cátodos se utilizan para extraer el metal precioso de los cátodos. Las Máquinas despegadoras de cátodos operan cuchillos de funcionamiento neumático que se mueven a través o hacia abajo de la cara de un cátodo separando el metal precioso que se acumula en el cátodo. Lo que queda después de esta acción es un cátodo y una placa de metal limpios.

Hay una variedad de diferentes tipos de máquinas despegadoras de cátodos disponibles en el mercado hoy en día, algunas son totalmente robóticas y no requieren ninguna asistencia humana para completar el proceso de separación. Otras máquinas cosechadoras requieren la asistencia de operadores y grúas para mover los pesados cátodos en el sistema.

A continuación se presentan algunos ejemplos de los diferentes tipos disponibles.

Figura 19

Conceptos innovadores de Paul Wurth para plantas totalmente automatizados provistos de sistemas de manejo de electrodos de tecnología avanzada.

Figura 20

Celda cosechadora de cátodo robótica

Los operadores de proceso están obligados a supervisar el proceso de cosecha para asegurar que:

- No hay placas con sobrepeso.
- No hay placas con bajo peso.
- La maquinaria no está dañada.

Máquinas de embalaje y enzunchado

Una vez que el metal precioso ha sido cosechado de los cátodos, las placas de metal deben ser empaquetadas y enzunchadas.

Figura 21

Placas cosechadas apilándose y listas para moverse

El embalaje y enzunchado sólo se realiza con la ayuda de maquinaria pesada y transportadores de rodillos industriales o cargadores frontales. Es imposible que una sola persona levante o maniobre el peso de un solo paquete. Los paquetes apilados se colocan a través de una máquina enzunchadora y se utiliza alambre de acero para asegurar cada paquete.

Figura 22

Máquina enzunchadora industrial

Figura 23

Paquete individual con un peso promedio de 1 tonelada

Se utilizan transportadoras de rodillos para cargas pesadas o montacargas para mover los paquetes envueltos en un área de almacenamiento, listos para su envío a los clientes.

2.1. Procedimientos de operación del proceso de celdas de electro obtención

La electro obtención es la recuperación eléctrica y química de los metales a partir de su estado disuelto. Los metales se encuentran en el mineral y luego se disuelven a través de un proceso de lixiviación.

Esto implica el uso de corriente eléctrica entre dos electrodos sumergidos en una solución que contiene metal (conocida como electrolito). En las condiciones correctas, el metal disuelto se convertirá en una placa en el electrodo negativo (cátodo).

¿Cuál es la diferencia entre electro obtención y electro refinación?

La electro obtención se refiere a la reducción de los metales de la solución al estado sólido. Esto se conoce como extracción por solventes.

La electrorefinación comienza con un metal impuro, es decir, una mezcla de metales que se oxida en una solución para separar partículas de metal y luego se convierte en placas de metal objetivos en los cátodos, por ejemplo, cobre sólido puro.

Durante el proceso de lixiviación la solución utilizada para disolver el mineral se mezclará para apuntar a un metal específico, por ejemplo cobre en una mina de cobre u oro en una mina de oro. La recolección de mineral de la mina se centrará en las vetas del metal específico antes de sacarlo de la tierra.

La electro obtención consta de una nave, bombas y tanques de electrolitos, equipos de manejo de material para el inicio de la producción de las placas y el empaquetado del producto cátodo y el envío. Aunque la tecnología ha estado en vigor durante cerca de 100 años, las características de las naves de tanques de electro obtención modernas están relacionadas principalmente a la reducción en los costos operativos y de capital y la mejora de la calidad de los cátodos de cobre.

A continuación se muestra un ejemplo de la electrólisis de gran escala que se lleva a cabo en la industria minera.

Figura 24

La electro obtención es el paso final en el proceso de minería de metales preciosos.

Esta se compone de dos (2) etapas:

- Extracción por solvente (SX).
- Electro obtención (EW).
- A continuación se muestra un digrama de flujo del proceso de SX EW después de que se ha completado la lixiviación:

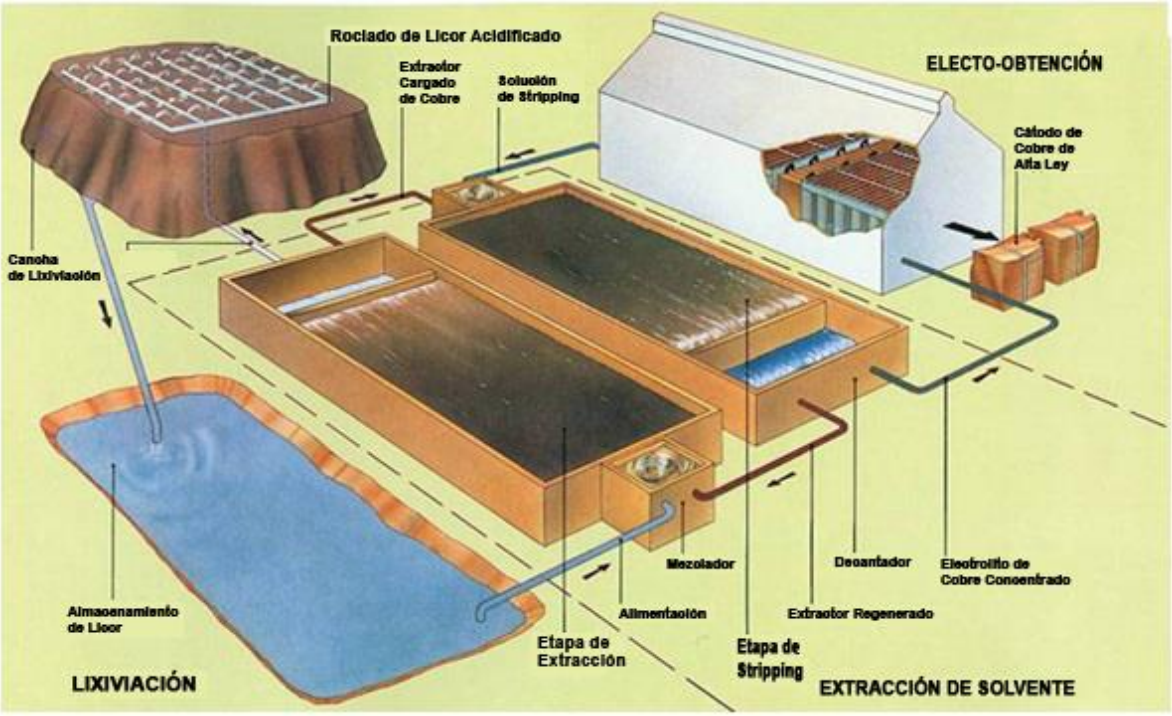


Figura 25

El mineral en bruto se saca fuera de la tierra, se transporta para ser chancado, triturado, molido; las partículas molidas aglomeradas finas son transportadas luego a una cancha de lixiviación donde se pulveriza una solución sobre la parte superior de la pila. La solución cae en cascada a través de la pila para disolver el mineral.

Hay 2 tanques utilizados en el proceso de extracción por solvente, el primer tanque se llama el tanque de mezcla y el segundo tanque se llama tanque de decantación.

2.2. La Electro obtención

La electro obtención es el método utilizado para recuperar los metales preciosos de la solución de electrolito producida por la extracción por solvente. La electro obtención utiliza ánodos inertes (no solubles) de plomo (aleado con calcio y estaño) o de acero inoxidable, que se llaman láminas o placas.

Para estabilizar la temperatura de funcionamiento de la nave y precalentar la solución de electrolito entrante, el electrolito fuerte (después de la filtración) se pasa a través de intercambiadores de calor donde se extrae el calor del electrolito gastado saliente, que está más caliente. Después de pasar a través de celdas de placa madre (inicial), el electrolito fuerte se recibe en un tanque de circulación. En el tanque de circulación, el electrolito fuerte se mezcla con el electrolito utilizado que regresa de las celdas de electro obtención. El agua y cualquier reactivo modificador de depósito se añade en este tanque.

El electrolito de alimentación se bombea luego a las celdas electrolíticas continuamente. La reacción electroquímica en los ánodos a base de plomo produce gas oxígeno y ácido sulfúrico por electrólisis. Los metales preciosos se chapan (galvanoplastia) en cátodos de acero inoxidable o en placas finas iniciales del metal objetivo. El cátodo de metal precioso se envía luego a un molino de barras para la fabricación.

El ácido usado se recicla y se bombea de nuevo a la operación de lixiviación, mientras que algo del electrolito se bombea a los limpiadores-mezcladores-decantadores de la extracción por solvente a través de los intercambiadores de calor del electrolito.

En los procesos de electro obtención, se puede lograr el funcionamiento eficiente mediante la manipulación de la temperatura y la densidad de la corriente. Las temperaturas de entre 30°C y 60°C se consideran adecuadas para la extracción electrolítica de cobre.

En resumen, la electro obtención implica:

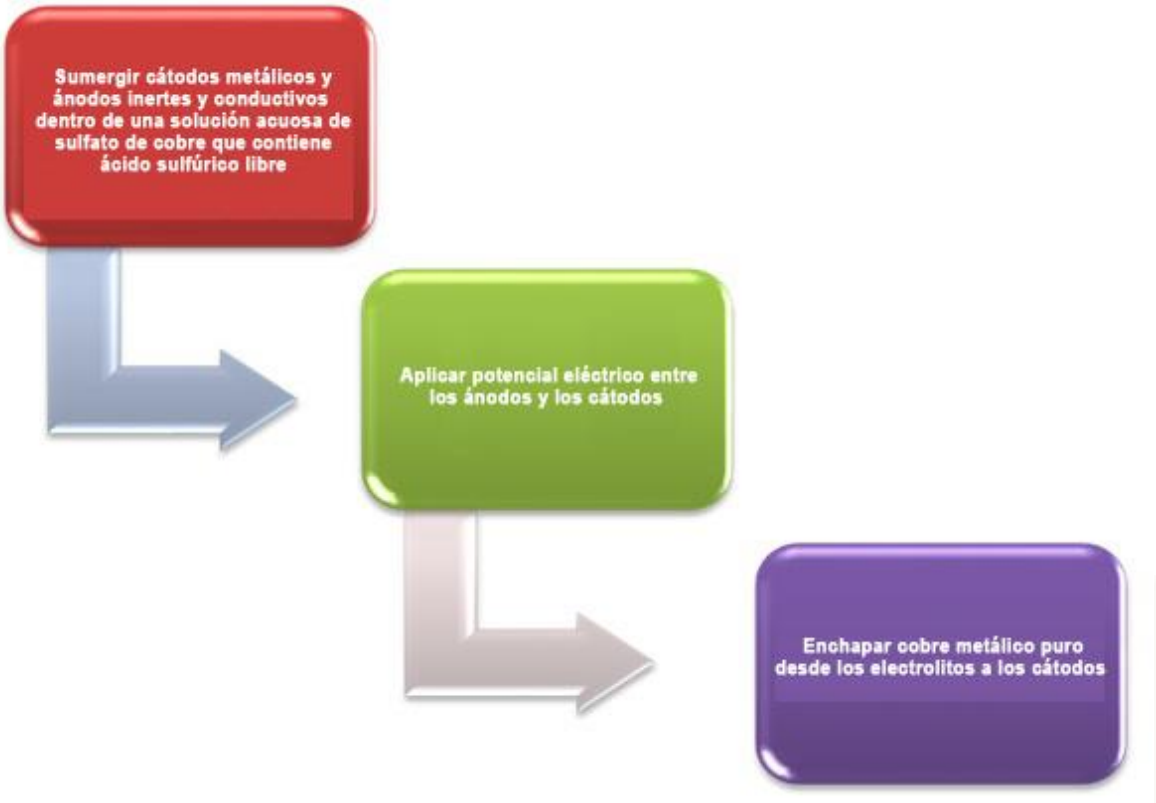


Figura 26

Cómo funciona la electro obtención

Una nave tendrá un número de tanques (llamados a veces tinas); estos tanques tienen una autopista de cañerías con bombas que mueven la solución de electrolito a todas las tinas.

Las grúas se utilizan para posicionar y alinear las placas de ánodo y cátodo en los tanques. Las correas se utilizan para suspender las placas de la barra de suspensión del tanque.

El electrolito se bombea desde la planta de SX a los tanques y se aplica una corriente eléctrica a las barras recolectoras que hacen que las partículas de metales preciosos se peguen a los cátodos. Los cátodos se levantan de la solución y se agrupan y se apilan para su distribución.

La solución que fue una vez rica en partículas de metales preciosos se bombea luego fuera del tanque y se recicla de nuevo en la planta de SX.

Aquí es donde sucede la magia, los iones de cobre son atraídos a los cátodos cargados positivamente. Los iones de cobre se chapan (pegan) a los cátodos, los cuales, cuando se retiran del tanque de circulación de la solución que lleva el metal, forman láminas sólidas de cobre puro.

2.3. Funciones del operador planta en el proceso de las Celdas de Electro obtención

Mientras se desarrolla el proceso de electrolisis en las celdas de electro obtención, el operador de planta puede realizar entre otras funciones:

- Detección de condiciones operacionales que puedan representar un riesgo para las personas o equipos, informando de estas a quien corresponda, de acuerdo a los estándares y procedimientos de la empresa.
- Alineamiento y centrado de los electrodos, según estándares y procedimientos de la empresa. Mantenimiento de barra de contacto libres de sulfato por medio de un lavado de contactos, según procedimientos de la empresa.
- Chequeo del flujo de descarga y nivel de las celdas, asegurando que la cantidad en cada celda sea idéntica, según estándares y procedimientos de la empresa, y en coordinación constante con controlador de sala de control.
- Detección de cortocircuitos mediante el uso de instrumentos de medición de campos magnéticos y temperatura, según procedimientos de la empresa.
- Mantenimiento operacional (revisión y reparación de electrodos, reposición de aisladores, limpieza y reposición de bolitas anti nebulizantes y descarte de las borras de óxido de plomo), según estándares y procedimientos de la empresa.

Figura 27

Cabe mencionar, que dado que los cátodos de un lado y los ánodos de la celda contigua, están todos conectados en paralelo a través de la barra de contacto, es importante un constante aseo de los contactos.

En este sentido, se deben comprobar uno a uno los respectivos apoyos, ya que los electrodos deben recibir la misma corriente. Si unos reciben más corriente que otros, se producirán densidades de corriente muy distintas, lo que inducen el crecimiento de dendritas, las cuales pueden generar cortocircuitos y aumentar la temperatura de las barras y contactos hasta incluso llegar a derretir los apoyos de los aisladores de plástico.

Para detectar estas desviaciones se pueden utilizar un gaussmetro, detectores de temperatura con visores infrarrojos, o bien se puede monitorear el voltaje de cada celda de electro obtención. Lo relevante es corregir rápidamente la anomalía para optimizar la eficiencia de corriente.

La circulación de la corriente de ánodo a cátodo a través del electrolito, por su parte, se puede identificar mediante el movimiento de los cationes en la solución, y por medio de las barras y los contactos de apoyo, a través de la circulación de los electrones en el sólido conductor.

Actividad N° 1

Hidrometalurgia: El proceso de electro obtención.

Introducción a la actividad

Las siguientes actividades se relacionan con el proceso de electoobtención, las cuales se trabajarán en 4 secciones: 1) materiales y conductividad; 2) Campo magnético; 3) Corriente alterna y continúa 4) nociones de electroquímica. Cada una de ellas cuenta con su propio cierre.

Introducción a la actividad:

La siguiente actividad se divide en 2 secciones: materiales y conductividad y campo magnético. El cierre es común a amabas secciones.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Explicación demostrativa vía plataforma web.	✓
Explicación demostrativa en aula.	
Recurso audiovisual.	
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

1) Materiales y conductividad

Objetivos de aprendizaje

- Observar los efectos de la conductividad de un circuito al cambiar los materiales de sus elementos conductores.

Descripción de la actividad

A través de una plataforma vía Internet el participante podrá experimentar y ver qué ocurre con la conductividad en metales, plásticos y fotoconductores.

Materiales y recursos:

- Computadores (con conexión Internet).
- Un computador con conexión Internet y proyector (datashow) para el Instructor.
- Plataformas Interactivas:
  "Materiales y conductividad"
  http://phet.colorado.edu/es/simulation/conductivity
  "Campo magnético"
  http://phet.colorado.edu/es/simulation/faraday
  "Ley de Faraday"
  http://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_es.html

Desarrollo

El instructor dividirá el curso en grupos o individualmente y les explicará a los participantes que trabajarán identificando la fuerza impulsora en un circuito y deberán experimentar para luego explicar la diferencia en el comportamiento en la conducción entre metales, plásticos y fotoconductores en términos de la diferencia en la estructura de los niveles de energía.

Consejos para el Instructor en el uso de los controles de la plataforma:

Como la actividad se basa en el concepto de conductividad de diversos elementos, el instructor deberá asegurarse de probar todas las pestañas y aplicaciones de la simulación con anterioridad y seguir las instrucciones de la plataforma, para realizar la actividad exitosamente.

Hay controles que no son obvios:

Por ejemplo se puede escribir el valor del voltaje de la batería o usar flechas para cambiarlo.

Si se usa para una demostración en clases, debe ocupar una resolución de pantalla de 1024x768 de manera que la simulación ocupe toda la pantalla y se vea bien.

Puede ser que: los participantes piensen que los electrones se producen por el voltaje. La simulación los ayudará a ver que los electrones están siempre en un circuito y que el voltaje hace que se muevan.

En instructor podrá realizar preguntas que ayuden al participante a entender la función del simulador. Se sugieren algunas como:

- ¿Qué pasa al encender la luz cuando se tiene un metal como conductor?

Solución: No varía ¿por qué no? no varía, porque el metal solo depende de la excitación de la batería y no de la luz.

- ¿Qué pasa al usar el plástico como conductor? Solución: El plástico es mal conductor.
- ¿Qué sucede con los materiales fotoconductores? Solución: El flujo de energía depende de la luz. El flujo de electrones depende tanto de la batería como de la alimentación de luz a una fuente constante de luz.

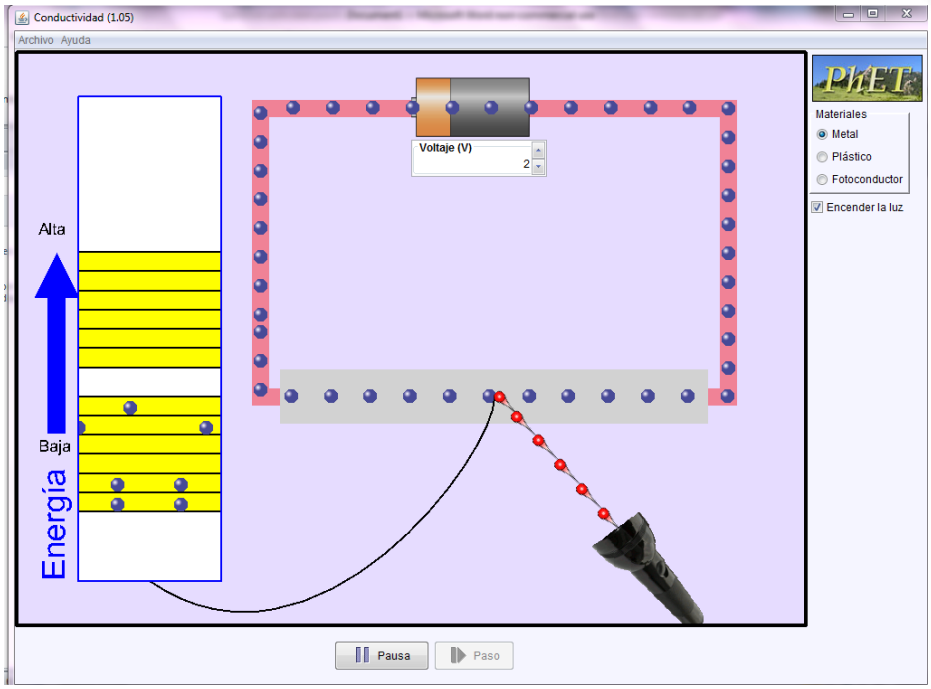


Figura 28

2) Campo magnético

Objetivos de aprendizaje

- Ver efectos de un campo magnético sobre una ampolleta

Descripción de la actividad

Los participantes a través de una simulación vía Internet podrán usar una barra de imán y bobinas para aprender sobre la ley de Faraday. Para esto deberán mover un imán cerca de una o dos bobinas para hacer que una ampolleta se encienda y observar las líneas de campo magnético. Un medidor muestra la dirección y la magnitud de la corriente.

Desarrollo

El instructor deberá recordarles a los participantes que ley de inducción electromagnética o simplemente ley de Faraday, establece que el voltaje inducido en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que

atraviesa una superficie cualquiera, con el circuito como borde.

El Instructor para ejemplificar puede demostrar lo anterior o pedirles a los participantes que experimenten y observen lo mencionado a través de la simulación siguiente:

http://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_es.html

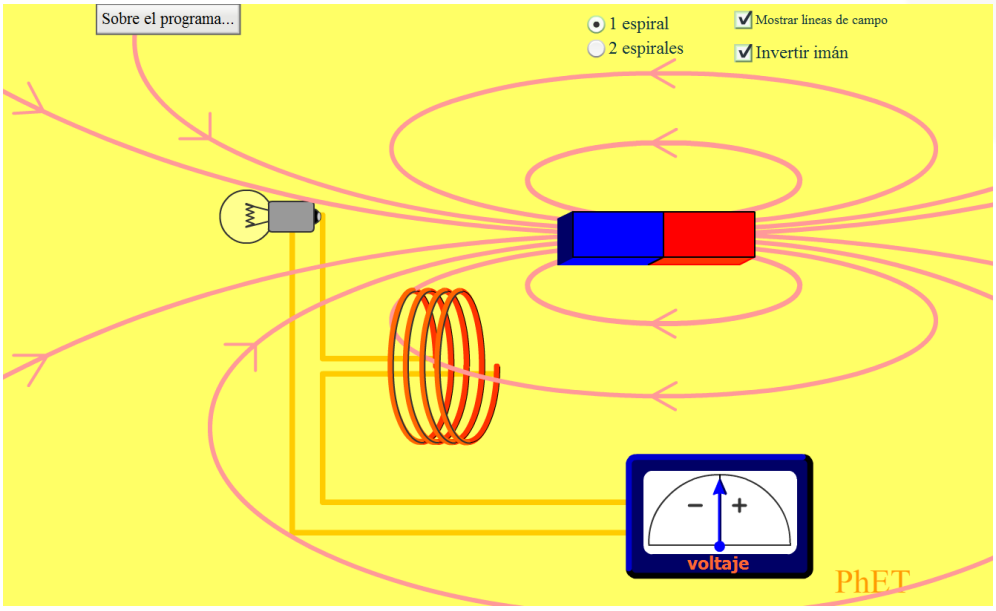


Figura 29

Consejos para el Instructor en el uso de los controles de la plataforma:

El instructor deberá asegurarse de probar todas las pestañas y aplicaciones de la simulación con anterioridad y seguir las instrucciones de la plataforma, para realizar la actividad exitosamente.

El instructor podrá realizar una serie de ejercicios y a continuación se mencionan algunos como:

El instructor les pedirá a los participantes **muevan rápidamente la batería por debajo de la bobina** y reportar que sucede como en el siguiente ejemplo:

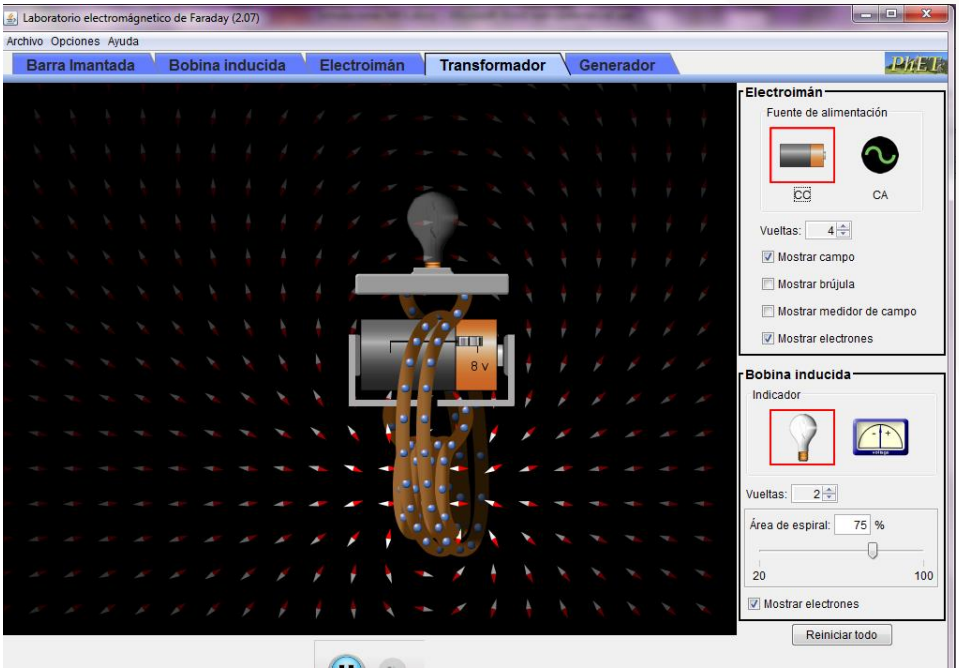


Figura 30

¿Qué sucede si no se mueve la batería por debajo de la bobina? Al ocupar corriente continua (batería) si se deja quieta, no pasa nada, es decir no se enciende la ampolleta, se puede variar el voltaje.

¿Qué pasa cuando cambiamos la polaridad en la batería? Se enciende la ampolleta.

¿Qué pasa cuando conectamos la fuente alterna? También se enciende. La ampolleta. **¿A qué se debe esto?** La corriente alterna va cambiando sola su flujo magnético en el tiempo, lo que equivale al cambio de polaridad del voltaje. El cambio de la polaridad de voltaje de la corriente alterna incide en el flujo magnético.

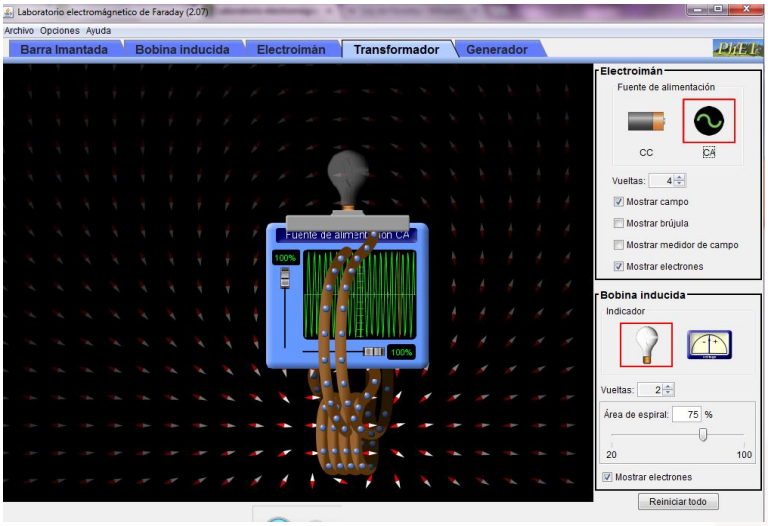


Figura 31

¿Qué pasa cuando se enciende la llave de agua?

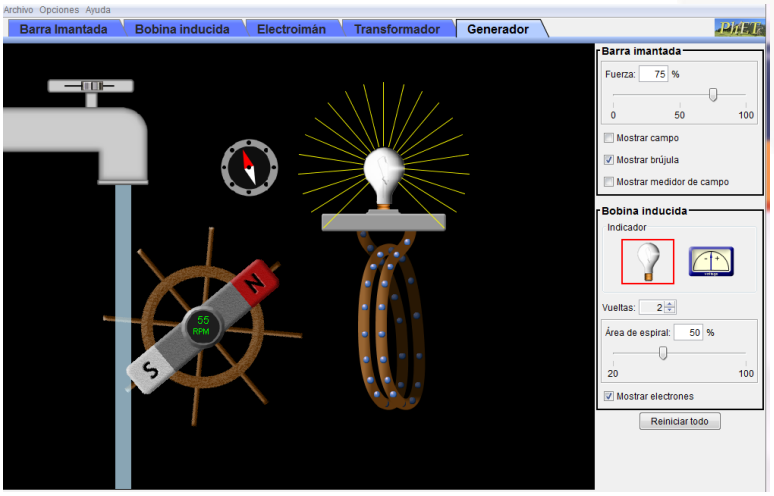


Figura 32

Se aprovecha la energía potencia del agua para generar un campo magnético que induce un voltaje que enciende la ampolleta. Acá se produce el mismo efecto que en las de la corriente alterna, puedo ir modificando la apertura de la llave y con eso el flujo magnético.

Cierre

El instructor destacará que un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al movimiento de carga eléctrica. Mientras que un aislante es un material que se opone al flujo de corriente eléctrica.

Los aislantes se utilizan para aislar diferentes trayectorias de conducción y para proteger conductores que tienen altos voltajes en ellos. Hay aislantes son mejores que otros, el PVC por ejemplo es mejor aislante que el aire.

Toda corriente eléctrica creará un campo magnético alrededor de su conductor. Esto se llama inducción electromagnética. El efecto magnético causado por una corriente eléctrica es quizás la más útil de todas.

El magnetismo está presente en el funcionamiento de un gran número de dispositivos eléctricos tales como generadores, motores, instrumentos de medición, transformadores, relés, contactores, timbres, dispositivos de levantamiento, parlantes, micrófonos, cocinas. También se usa en otras áreas tales como: brújulas, grabadoras, discos flexibles, exámenes electromagnéticos (de resonancia magnética).

3) Corriente alterna y continua

Objetivos de aprendizaje

- Ver efectos sobre la ampolleta al ser alimentada con una batería (CC) y con una fuente de CA. (armar circuito formado por fuente - interruptor y ampolleta)

Descripción de la actividad

El instructor dividirá el curso en grupos o individualmente y les explicará a los participantes que construirán circuitos en una plataforma interactiva, con condensadores, bobinas, resistencias y fuentes de tensión de CA y CC. Utilizarán instrumentos de laboratorio tales como voltímetros y amperímetros.

Materiales y recursos:

- Computadores (con conexión Internet).
- Un computador con conexión Internet y proyector (datashow) para el Instructor.
- Plataforma Interactiva:
  "Construcción de circuitos CA y CC"
  http://phet.colorado.edu/es/simulation/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab

Desarrollo

El instructor partirá por explicar que en la siguiente actividad podrán observar la diferencia entre CA y CC construyendo dos simulaciones y realizará preguntas que determinan las diferencias entre ambas.

Consejos para el Instructor en el uso de los controles de la plataforma:

Como la actividad se basa en la construcción de un circuito semejante a uno real, el instructor deberá asegurarse de probar todas las pestañas y aplicaciones de la simulación con anterioridad y seguir las instrucciones de la plataforma, para realizar la actividad exitosamente.

Por ejemplo para construir un circuito eléctrico podrá hacer "click" en el botón derecho para explorar una variedad de situaciones como romper una unión, remover un componente o cambiar los valores.

Algunas competencias básicas el instructor deberá conocer y revisar en relación a la plataforma de simulación:

- Añadir piezas.
- Conectar partes con cables.
- Borrar cables, partes o añadir partes. Note que no podrá añadir nada después que el circuito ha sido construido.

- Usar el voltímetro y amperímetro. El amperímetro sin contacto es especialmente útil, pero el otro es realista.
- La diferencia entre vista esquemática y realista.
- Borrar una imagen para iniciar algo más.

Se sugiere que el instructor prepare con antelación estos u otros circuitos para que los participantes los reproduzcan de acuerdo a sus instrucciones.

El instructor podrá comenzar la actividad solicitando los participantes que construyan un circuito de corriente CC y luego otro de CA y noten las diferencias observando en el gráfico de voltaje.

<u>Corriente continua:</u>

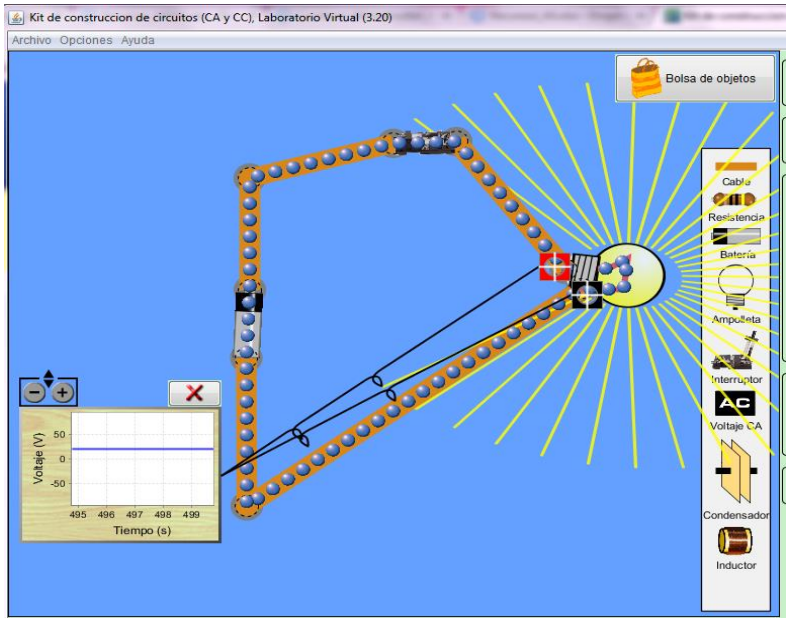


Figura 33

Corriente alterna:

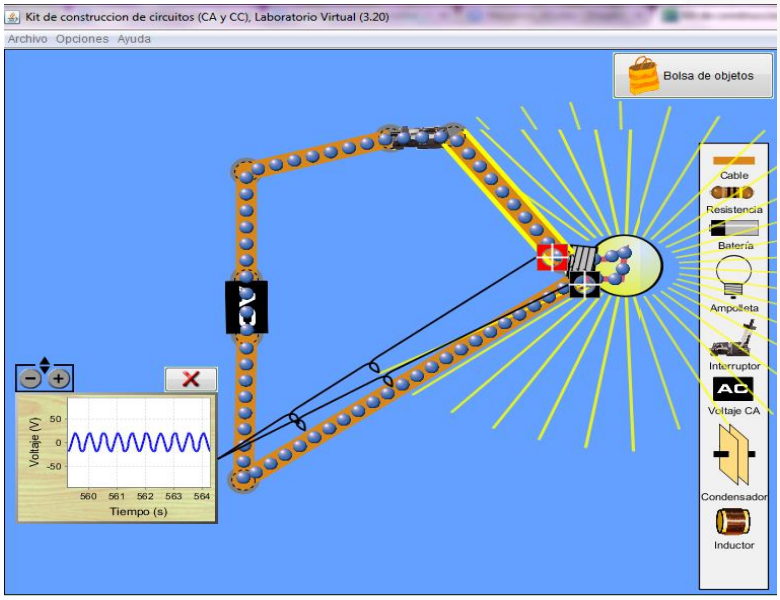


Figura 34

El instructor ahora les solicitará a los participantes armar un circuito en el simulador interactivo que tenga: **12 Volt continuo y ampolleta con resistencia de 25Ω** como se muestra en la imagen a continuación. :

Resultado:

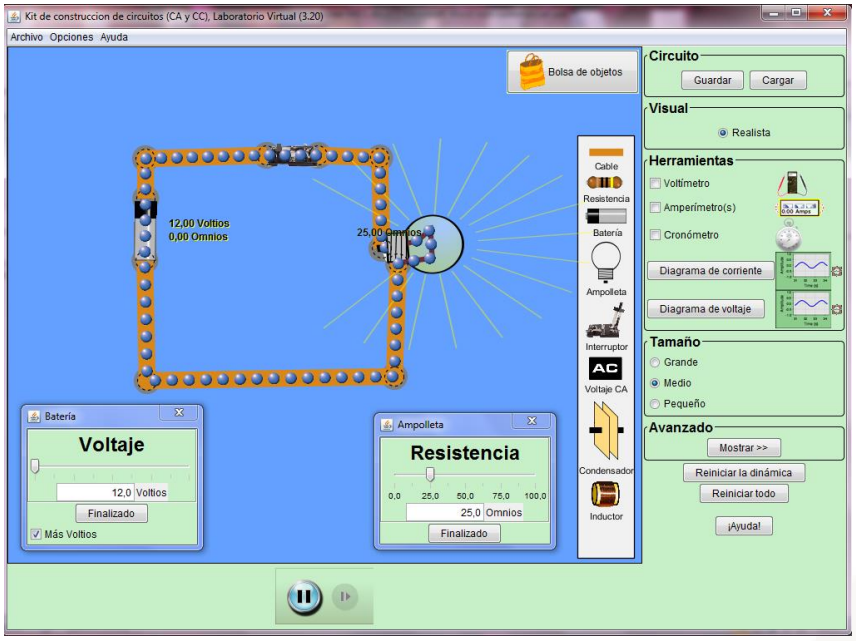


Figura 35

El instructor una vez que los participantes han construido correctamente el circuito podrá preguntar:

¿Qué pasa con el flujo de los electrones? Este es bajo. Si observa, el flujo va siempre en un solo sentido, esto es la corriente continua.

Ahora el participante deberá usar el diagrama de voltaje para ver la forma de onda del voltaje en la ampolleta como se muestra a continuación:

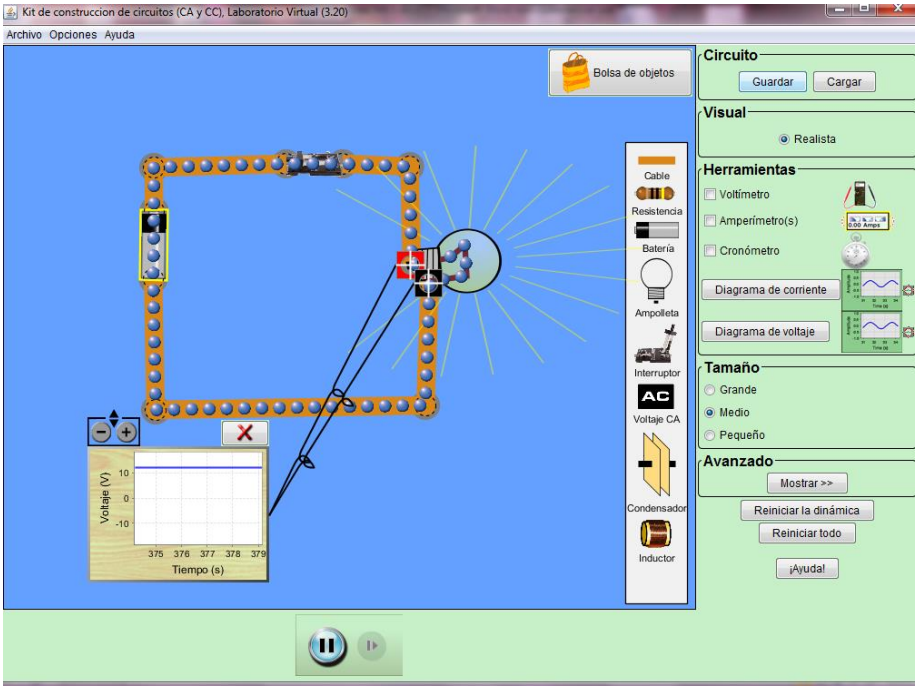


Figura 36

¿Qué pasa si la batería se reemplaza por una fuente de voltaje de corriente alterna y que ocurre con el flujo de los electrones? El flujo de los electrones cambia constantemente su sentido de circulación en el circuito, esto debido al cambio de polaridad de la fuente alterna. Esto se puede apreciar en el diagrama de voltaje.

¿Al mantener el voltaje contaste y variar la frecuencia que pasa con el flujo de los electrones? Aumenta la velocidad de circulación de los electrones.

¿Qué sucede si el voltaje varía, aumenta o disminuye? Si voltaje es aumentado o disminuye la luminosidad de la ampolleta también varía.

Cierre

La principal diferencia es que en la corriente continua no cambia de sentido en el tiempo. Esto se puede relacionar a las actividades realizadas observando el diagrama de voltaje donde en la experiencia de CC la magnitud de voltaje se mantiene constante en el tiempo a diferencia de la CA que varía su polaridad, lo que gráficamente se puede observar en el circuito, donde los

electrones cambian su dirección constantemente. La corriente que usamos en la viviendas es corriente alterna, cuyo cambio en el sentido de circulación es a una razón de 50 veces por segundo (50 Hz) por lo que el flujo de cambio de sentido no es perceptible, a diferencia de lo que se ve en las simulaciones. Las fuentes de corriente alterna se generan en grandes magnitudes en plantas eléctricas. Algunas ventajas de la corriente alterna:

- Permite aumentar o disminuir el voltaje a través de transformadores.
- Se puede transportar a grandes distancias, perdiendo poca energía.
- El cambio de voltaje que se requiera introducir (es decir de CA a CC) es relativamente sencillo y económico.

Las principales fuentes de corriente continua son:

- Baterías: Distintos tipos, tamaños y pesos; recargables y no recargables y su uso es extensivo en automóviles y fuentes de respaldo. El principal tipo de batería es la de plomo – ácido.
- Pilas: Distintos tipos y tamaños y pueden producir electricidad a partir de reacciones químicas, entre distintos elementos.
- Fotoceldas: Elementos que producen electricidad a partir de reacciones químicas causadas por la exposición se su parte activa a la luz solar.

Si quisiéramos transportar corriente continua en largas distancias necesitaríamos conductores más robustos de una mayor sección transversal, y eso aumentaría los costos.

4) Nociones de electroquímica

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer el fenómeno de electrodeposición.

Descripción de la actividad

Los participantes observarán un video de un experimento de electro obtención de cobre, el cual podrán replicar en clases.

Materiales y recursos

Recurso audiovisual:

- Experimento: http://www.youtube.com/watch?v=oAeLpOTlGNs

Equipo modelo de electro obtención:

- 2 electrodos de cobre
- Vaso precipitado de 1 litro
- Tapa plástica para el vaso
- Solución de sulfato de cobre en medio ácido súlfurico

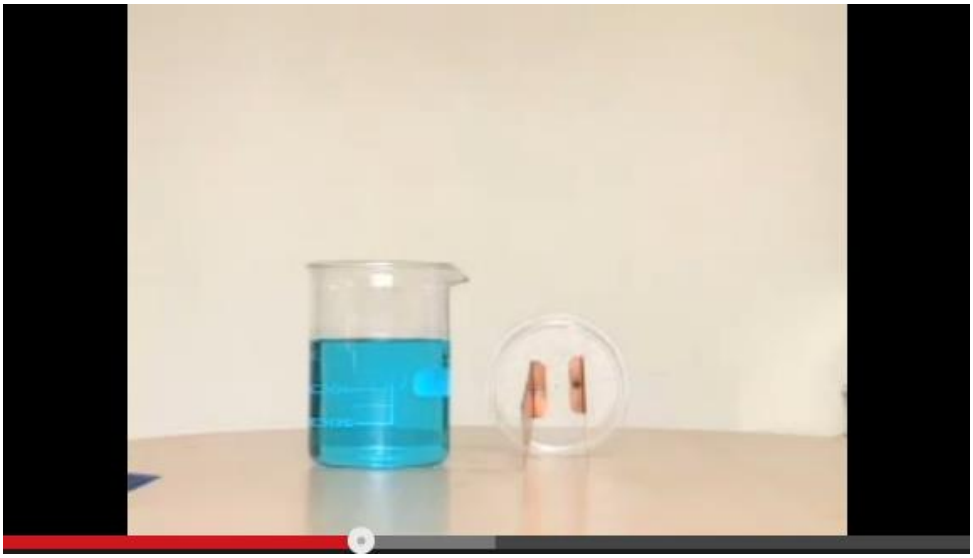
- Transformador de corriente continua (CC) de 3 Volt.

Desarrollo

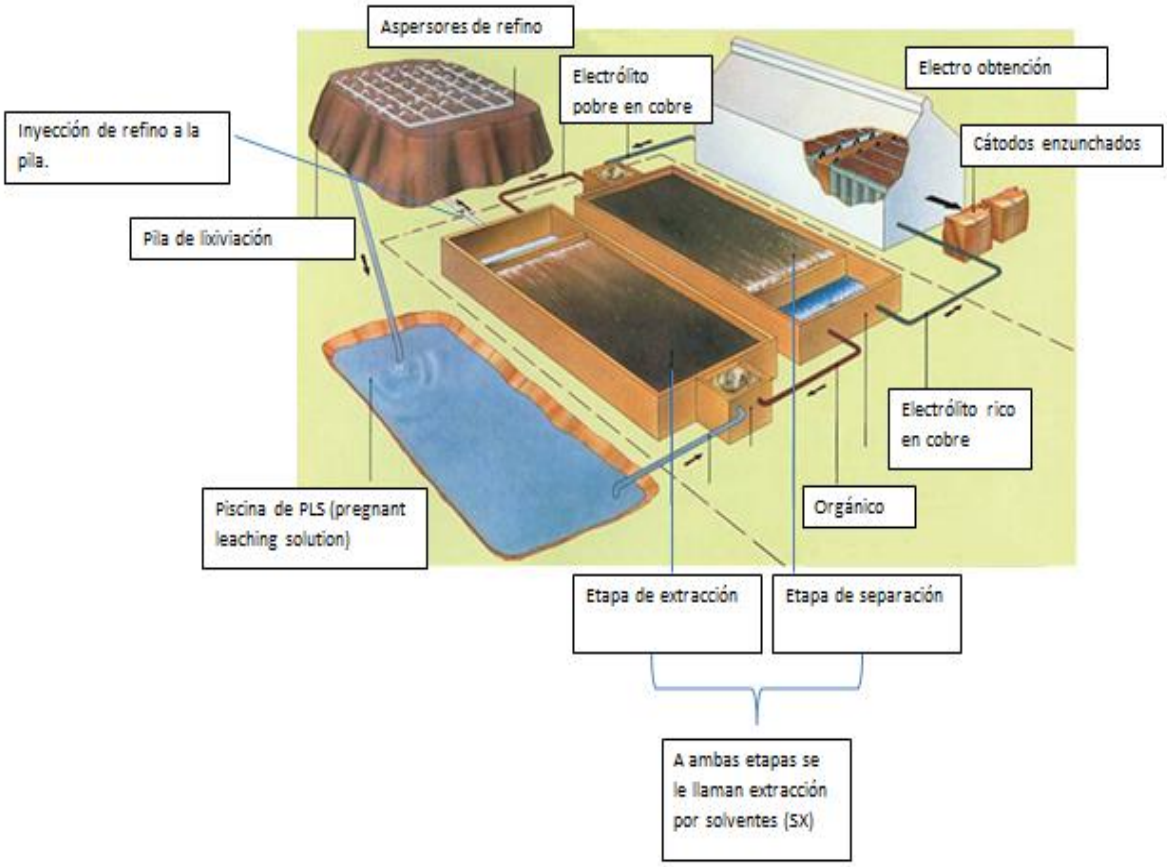
El procedimiento para realizar el experimento es el siguiente:

- Se ponen los electrodos de cobre dentro de solución.
- Se conecta el transformador a la corriente.
- Se conectan los terminales de transformador a los electrodos poniendo. atención cual es el positivo o ánodo y el negativo o cátodo.
- Se deja trabajar funcionar el aparato hasta que se hagan evidentes los cambios en los electrodos.
- Registrar observaciones.

"Experimento: Electro obtención"



Con ayuda del instructor los participantes realizarán una revisión paso a paso de lo que es el procesamiento la electro obtención y sus etapas. Con este propósito los participantes deberán nombrar cada etapa en donde se ha dejado el espacio en blanco. Este material se encuentra en el cuaderno de contenidos y se recomienda que el instructor lo trabaje con los participantes antes de entrar en detalle en cada proceso.



Cierre

El instructor deberá recordar que en las celdas de electro obtención se utiliza una corriente continua para que el cobre que está en el flujo de electrolito se pegue al ánodo de cobre y forme el cátodo de cobre. Para que lo anterior suceda las magnitudes de la corriente continua aplicada son del orden de los 20 kA (que salen del rectificador a las celdas), es decir más de 1300 veces la corriente máxima que circularía por nuestros hogares (del orden de los 15 A)". Este hecho pone en evidencia lo peligroso de circular por la nave de electro obtención ya que hay peligro con las soluciones ácidas que están al interior de las celdas y además de la corriente elevada circulando por estas.

3. Parámetros y variables generales de la operación de celdas de electro obtención

3.1. Control del Funcionamiento de la Maquinaria de Planta

Es importante que la maquinaria se mantenga en una condición mecánica segura. La seguridad del operador y la de otras personas en el área de operación es de suma importancia. Los altos costos para un empleador respecto de la sustitución de la maquinaria, y de la maquinaria que está inactiva debido a daños prevenibles, son también razones importantes para conservar la maquinaria en buen estado.

Las formas en que se puede garantizar la ausencia de desgaste excesivo y daños son a través de:

- Limpieza frecuente.
- inspección y ejecución de trabajos de cuidado diario y periódico.

Cualquier defecto o daño debe ser reportado inmediatamente y las reparaciones llevadas a cabo con prontitud.

- Los ajustes pueden requerir la acción de un operador senior de planta, operador de sala de control, operador de grúa o el operador de montacargas.

El monitoreo de la maquinaria de cosecha puede requerir:

- Respuesta a bloqueos u obstrucciones.
- Recolecciones de muestras.
- Registro de pesos y números de lote.
- Etiquetado de paquetes.
- Utilizar el computador de etiquetado para re-impresiones.
- Cambio manual de los pesos y números de paquetes.
- Informes de fin de turno.
- Operación manual del pesaje para imprimir etiqueta.
- Cambios de etiquetas y cintas.
- Rectificar problemas propuestos en el proceso de toma de muestras.

Monitoreo de los siguientes procesos y respuesta a las alarmas:

- Enzunchado.
- Muestreo.
- Pesaje.

- Identificación de fallas.
- Corrección de defectos y reconocimiento de la alarma.

Monitoreo y enzunchado de paquetes de metales preciosos según el procedimiento:

- Modo automático.
- Modo manual.
- Operar maquina enzunchadora manual.

Es importante obtener, revisar y entender los manuales de operación y procedimientos antes de trabajar en una nave de electro obtención.

Indicadores de equipo

Los circuitos de electrodeposición tienen una serie de indicadores que deben ser leídos e interpretados para determinar la eficiencia de operación. A continuación se listan algunos indicadores comunes:

- Flujo de corriente.
- Densidad del solvente.
- Restricciones.
- Flujos de aire.
- Presión.
- Ruidos inusuales.
- Temperatura.
- Humedad.

Hay una serie de fabricantes que entregan aparatos indicadores para medir los procesos recién enumerados, cada aparato con sus propias especificaciones y necesidades de mantención.

Algunos recintos de estanques tienen una sala de control en donde hay computadores que monitorean la operación de cada maquinaria utilizada. Desde esta sala se pueden hacer ajustes a todos los procesos anteriores desde un punto centralizado.

Cuando se revisa directamente en terreno, usted puede monitorear de forma física:

- Niveles de la solución.
- Derrames y puntos calientes.
- Tasas de flujo.
- Presiones.
- Toma de energía.

- Niveles de emisión.
- Adición de reactivos.

Las revisiones físicas al recinto del estanque son vitales para asegurar buenas condiciones de operación del proceso de electrodeposición.

3.2. Ajuste del volumen de la solución, la calidad de la alimentación y la tasa de flujo

Niveles de líquido del tanque

Los niveles químicos deben estar al menos 100 mm por debajo del borde del tanque para reducir los derrames por los lados.

Los tanques que contengan cualquier ácido fuerte, álcali fuerte, desengrasante líquido, cromo o una solución de cianuro deben estar claramente etiquetados y cubiertos cuando no estén en uso.

Cuando los niveles de suspensión, solución o reactivo no se supervisan las consecuencias podrían ser:

- Escasez.
- Flujos bajos.
- Falta de flujo.
- Incendios.
- Explosiones de gas de hidrógeno.

Es importante supervisar y controlar los procesos electroquímicos. Un operador experto y bien informado puede mantener una calidad de chapado razonable con poco equipo de apoyo. Sin embargo, la tendencia a una mayor automatización para reducir los costos, con velocidades de procesamiento más altas, la aplicación de recubrimiento de productos de mayor valor, y la garantía de calidad de las planchas, hacen que sea necesario utilizar muchas herramientas de seguimiento y control.

Los resultados del proceso de galvanoplastia dependen de la estabilidad y el control del proceso y de la composición química del baño de chapado. En un mínimo, por lo general es importante controlar la concentración de los iones metálicos y el electrólito de soporte. También puede ser necesario controlar los ingredientes que interactúan en cantidades traza o aditivos orgánicos que pueden modificar el comportamiento del proceso.

Es necesario el análisis frecuente de la solución y el mantenimiento, especialmente cuando existe chapado rápido, debido a la velocidad con la que cambia la química. El muestreo manual del baño y el análisis son a menudo poco prácticos. Se han desarrollado máquinas que toman muestras automáticamente para comprobar la composición de la solución del baño.

Los procesos de recubrimiento, ya sean electrolíticos o no electrolíticos, se utilizan para muchos fines. Estos pueden ser para la fabricación de piezas simples y baratas o para la fabricación de componentes de precisión de tecnología extremadamente alta o componentes únicos en su tipo. En cualquier caso, las decisiones sobre la cantidad de esfuerzo a poner para controlar los parámetros del proceso y su impacto en el proceso deben realizarse sobre la base de la economía, el volumen de los productos, y los resultados esperados.

Una línea de galvanoplastia está compuesta por un complejo conjunto de equipos, que incluyen motores, tanques, lavaderos de agua, equipos de transporte de productos, filtros, calentadores, fuentes de alimentación eléctrica, dispositivos de supervisión de procesos, dispositivos de control de proceso, y otros similares. Las condiciones del proceso de galvanoplastia que deben ser monitoreados y controlados en una línea típica pueden incluir:

- Nivel de solución.
- Temperatura de la solución.
- Flujo y agitación de la solución.
- Química de la solución:
    - concentración de metal(es).
    - niveles de pH.
    - concentración de aditivo(os).
    - niveles de impureza.
- Corriente en cada paso electroquímico.
- Carga pasada.
- Voltaje de las celdas.
- Velocidad de la línea.
- Presión de soplado Vacío de escape.

Las máquinas de galvanoplastia pueden funcionar automáticamente a altas velocidades, hacer ajustes e indicar a un operador si se necesita ayuda. Con el nivel de control y automatización disponibles en la actualidad, puede diseñarse un equipo completamente automatizado para manejar casi cualquier tarea.

Niveles de solución

El nivel de líquidos o el volumen en los tanque utilizados para los procesos de enchapado deben ser controlados por diversas razones.

Mecánicamente, se debe tener suficiente solución en el estanque para permitir:

- Operar bombas.
- Cubrir cualquier componente o sensor que deba estar sumergido.
- Llevar a cabo las operaciones de enchapado en sí mismas.

El mantener un nivel relativamente constante de solución también es importante dado que se relaciona a controlar las concentraciones de los elementos de la solución. Es importante ser capaz de determinar niveles bajos o la ausencia de líquido en casos en donde los calentadores eléctricos de inmersión se usan para prevenir la posibilidad de incendios.

Los sensores de niveles de líquido normalmente se usan para mantener los niveles de solución con rellenado de agua.

El nivel de solución en un estanque se puede monitorear simplemente por medio de un flotador que contenga un imán que actúa como un interruptor de lengüeta: uno para cada nivel a ser detectado en el estanque. Otros tipos de sensores que se pueden usar para detectar los niveles de líquidos incluyen aparatos capacitivos, sensores de presión, ópticos y de ultrasonido. También se pueden usar celdas de carga en algunos casos para determinar el volumen de la solución. Algunas de estas se pueden usar en el exterior el estanque de enchapado (dependiendo de los materiales de construcción), dejándolos menos expuestos al ataque de los químicos agresivos utilizados en el proceso de enchapado.

También hay varios tipos de sensores de nivel que se pueden diseñar para entregar un resultado análogo que represente la altura de la solución de enchapado, en oposición a un mero detector que indica que hay solución en una determinada ubicación. Los estanques de enchapado con altas concentraciones de electrolito pueden formar depósitos de sal en un flotador, que lo inmovilizan. Esto se puede evitar dirigiendo el agua de relleno al área del flotador. La Cristalización que interfiere con el funcionamiento de los sensores, la confiabilidad en condiciones químicas duras, y las tasas de señal-a-ruido bajo operaciones prácticas de operación son todos factores que deben ser tomados en cuenta al seleccionar sensores de nivel de solución. También es importante considerar el modo de falla de los sensores normalmente abiertos o normalmente cerrados y el impacto de una falla en los equipos y el proceso.

Una excepción común al uso del control a nivel de solución es para estanque de enchapado para metales preciosos. Los enchapadores pueden estar preocupados acerca de la confiabilidad de un sistema automático de nivel de solución para un estanque de enchapado de metales preciosos debido al temor de un sobre flujo y de perder oro o platino porque estos se vayan por el drenaje. En vez de haber adición automática de agua a los estanques para enchapado de oro y para enchapado de otros metales preciosos, una alarma audible puede activarse para que el operador pueda ajustar el nivel manualmente.

Temperatura de la Solución

La temperatura de una solución se puede monitorear con un termopar, un termistor, un RTD (detector de resistencia de temperatura), o un aparato de circuito integrado de silicona. Muchos sensores para parámetros de enchapado son sensibles a la temperatura y la señal de salida debe compensarse con una medición exacta de la temperatura. Esto a menudo se hace con un aparato integrado de silicona que detecta la temperatura y corrige la medición de los parámetros.

Flujo de la Solución

Un flujo rápido de solución alrededor del cátodo es un método común de brindar agitación y así permitir velocidades más altas de enchapado. Los estanques grandes para enchapado de barril o de rack mejoran la agitación en el cátodo moviendo el cátodo o la solución de dispersión o el aire desde el fondo del tanque hacia arriba. En una barra de enchapado que usa una línea de pequeñas celdas de enchapado y estanques de reserva debajo, la solución se bombea a las celdas a tasas suficientes para rellenar el contenido de ion del metal, pero también, y quizás más importantemente, para producir una agitación rápida alrededor de la barra para así permitir enchapado de alta velocidad.

Los sistemas de enchapado con semiconductor o microelectrónicos normalmente usan alguna combinación de flujo de solución, rotación de agua y agitación mecánica para brindar agitación de fluidos en la superficie del cátodo.

Para mediciones de la tasa de flujo, los siguientes aparatos se pueden usar

Tipo de Medidor de flujo	Ejemplos
Rotámetro	Figura 169 Figura 170
Aparatos magnéticos con rueda de paletas	Figura 171 Figura 172
Diferencial de Presión	Figura 173 Figura 174

También hay numerosos fabricantes que producen sensores de flujo que usan otras tecnologías que son útiles para aplicaciones de enchapado. En cualquier caso, es útil tener nociones de la tecnología que se utiliza y cómo los resultados pueden ser afectados por la viscosidad, la gravedad específica, la conductividad de la solución o la presencia de burbujas arrastradas en la solución.

También es importante hacer notar como varios sensores de flujo se calibran y que la calibración podría tener que repetirse si las propiedades de la solución cambian.

Corriente de Enchapado Voltaje de la Celda

La corriente de enchapado normalmente se controla durante un proceso industrial de enchapado dado que tiene una relación directa con la tasa de deposición y porque no es tan sensible como el voltaje de las celdas a los cambios al sistema físico. La corriente en cada paso electroquímico se puede medir con un amperímetro.

La corriente también puede ser fácilmente monitoreada midiendo la caída de voltaje en un resistor en serie con la celda de enchapado.

El monitoreo de los voltajes de las celdas de electroenchapado es necesario para detectar la variaciones de celda tales como corto-circuitos eléctricos o circuitos abiertos entre el ánodo y el cátodo, contaminación o polarización del ánodo, o cambios en las concentraciones de la solución. Los corto-circuitos pueden ocurrir en celdas de electro-pulido de placas de barra con espaciado ánodo-cátodo reducido cuando la barra es una aleación de cobre.

Se produce polvo de cobre; este se junta en el cátodo y eventualmente forma una ruta conductor entre el ánodo y el cátodo.

Timers, Amperímetros y Coulómetros

Los timers con amperímetros fueron el primer medio de monitorear la cantidad de metal electro-enchapado. En muchos talleres, son los únicos instrumentos que se necesitan para producir un producto aceptable. El primer aparato de control automático fue el medidor Amperio-hora, que detiene el enchapado cuando un número de culombios predeterminado ha pasado por la celda.

Los coulombs son la carga transportada por la corriente estable de un ampere por segundo. Esta se puede contar usando un coulómetro.

Las máquinas de enchapado automático se basan en los timers para hacer que el producto avance por los pasos productivos. El control de los pasos de enchapado por coulómetro normalmente se incluye en fuentes de energía y rectificadores diseñados para electroenchapado.

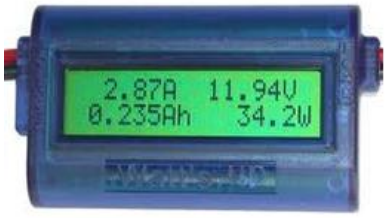
Tipo de Medidor	Ejemplos
Amperímetro	Figura 175 Figura 176
Timers con amperímetros	 Figura177 Figura 178
Coulómetros	Figura179

Figura 180

Sensores

Un estanque de enchapado típico incluye varios tipos de sensores diferentes.

Hay tres tipos de sensores básicos:

- Encendido–apagado.
- Análogo.
- Digital.

Los tipos de encendido-apagado se pueden considerar una clase de sensor digital ***sin*** información medible. En muchas situaciones, un sensor de encendido-apagado es suficiente. Por ejemplo, cuando un carrete de toma se llena o un carrete de dispensación queda vacío, una señal de encendido-apagado es adecuada.
Los sensores análogos brindan información medible que se puede leer en un medidor, pero para control automático, normalmente es necesario convertir la señal de análoga a digital para procesamiento electrónico.

Muchos sensores producen una señal digital directamente. Un ejemplo es un sensor fotoeléctrico que genera pulsos en una tasa proporcional a la velocidad de línea de enchapado. El procesamiento electrónico convierte esta tasa de pulsos a velocidad de línea que se puede leer en un display o se puede alimentar a un controlador electrónico de velocidad de motor.

Se requiere un sistema integrado de sensores ligados a un controlador electrónico para liberar al operador de estar vigilando la maquinaria y haciendo ajustes críticos de la sintonía fina del proceso.

La tecnología del sensor ha evolucionado rápidamente en los últimos años. Por ejemplo, una encuesta mostró que había 144 fabricantes de sensores de nivel fabricando más de 20 tipos diferentes de los mismos.

Los ítems importantes son la exactitud, la confiabilidad, la vida útil del sensor, costo, condicionamiento de señal, y mantención. La exactitud requerida depende del proceso o

función de la máquina. Las temperaturas de la solución podrían requerir ser controladas a f10°C o a f0.2°C dependiendo del proceso. Una diferencia en la temperatura puede resultar en un 3% adicional de enchapado en un cátodo.

Velocidad de la línea

La velocidad de línea determina el tiempo de permanencia del producto en cada paso del procesamiento en una aplicación de cosecha o extracción de placa. Puede determinar el espesor del chapado en el chapado de celdas. La grandes máquinas que electrogalvanizan las bandas de acero monitorean el espesor del zinc con un medidor de rayos X que proporciona una señal de retroalimentación a un computador para el ajuste de velocidad de la línea para mantener un espesor de zinc especifico. Se utilizan periódicamente partes troqueladas que interrumpen la luz para controlar la velocidad de la tira con un sistema foto-óptico que produce un impulso eléctrico, a medida que cada segmento se mueve. Hay un contador de pulso electrónico calibrado para mostrar la velocidad de la línea y proporcionar información para el control de la velocidad de la línea.

Calidad del Enjuague

En algunos casos, tiene sentido medir la calidad de los procesos de enjuague después de las etapas químicas. Esto se puede hacer mediante la medición de la resistividad del agua que se utiliza para enjuagar las piezas. A medida que los productos químicos se eliminan y el agua de enjuague se vuelve menos contaminada, la resistividad del agua de enjuague se incrementará. Esto puede ser útil, especialmente cuando se utiliza agua desionizada durante el proceso de enjuague.

Sin embargo, es importante prestar mucha atención al diseño del sistema para asegurar que el agua de enjuague contaminada no se retiene en el sistema donde se producirá una lectura alta, incluso después de que las partes estén bien enjuagadas. Esto puede ser un poco difícil, ya que las sondas de resistividad utilizadas normalmente deben mantenerse sumergidas en todo momento.

Soplado de la solución

Se puede minimizar el arrastre de la solución hacia afuera a medida que las piezas salen de una celda de procesamiento mediante el soplado de aire a la pieza en la dirección correcta a medida que las piezas salen del tanque. Las grandes máquinas de galvanoplastia de molienda para el electroestañado de bandas de acero pueden arrastrar 30 galones de solución por hora, a menos que se tomen medidas especiales para retirar la mayor cantidad posible de solución. No se deben utilizar compresores estándar para el soplado de aire, ya que este último por lo general contiene aceite. Es preferible un buen ventilador de aire de techo; debe monitorearse su presión para asegurar que se produce la expulsión adecuada de solución.

Actividad N° 2

Parámetros y variables de operación del proceso de celdas de electro obtención.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades:

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Objetivos de aprendizaje

- Conocer los parámetros y variables de operación del proceso de celdas de electro obtención.

Descripción de la actividad

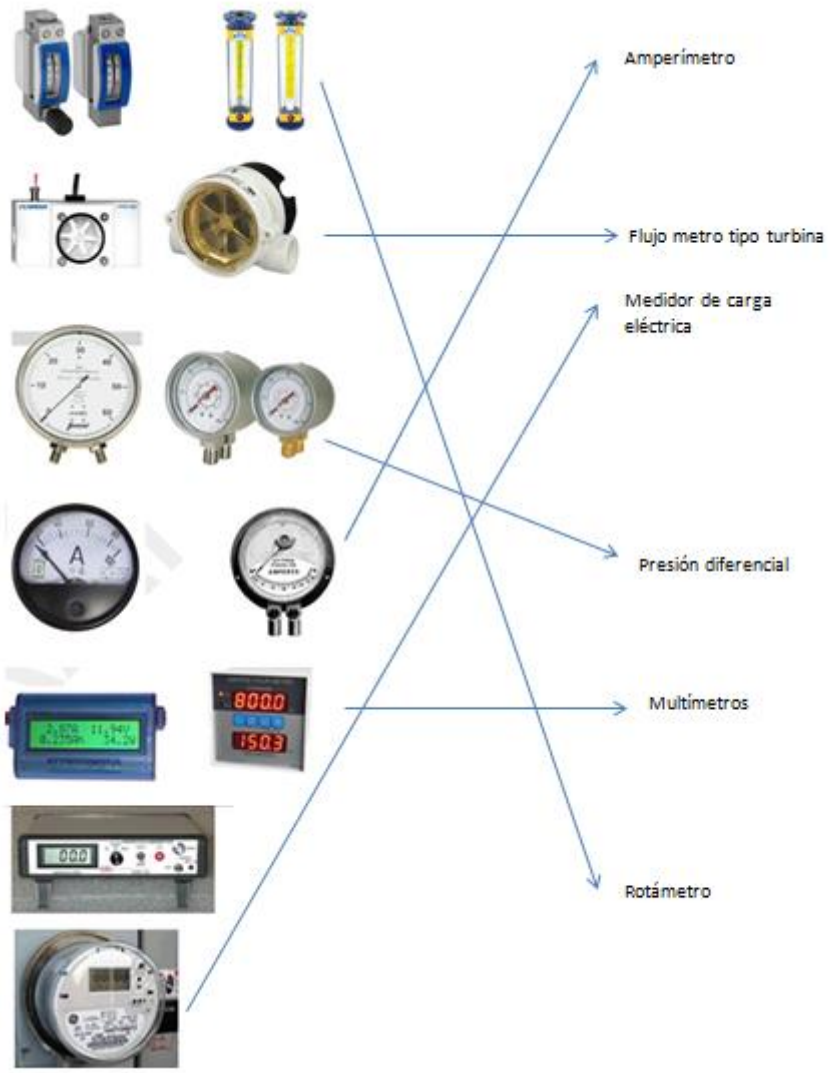
El participante deberá distinguir que instrumento es y unirlo con su denominación. El instructor adicionalmente podrá explicar cuál es su función y cómo se usa.

Materiales y recursos

Imágenes adjuntas

Desarrollo

El instructor explicará que durante el procesamiento de óxido hay una serie de instrumentos que el operador de planta deberá saber usar correctamente. El participante deberá distinguir que instrumento es y unirlo con su denominación con una flecha. El instructor adicionalmente podrá explicar cuál es su función y como se usa.



Cierre

El instructor deberá enfatizar la importancia de la mirada de procesos, es decir lo que entra a la planta y lo que sale de planta de Hidrometalurgia. En conjunto con lo anterior es fundamental que un operador pueda reconocer el instrumental que utilizará en terreno, ya que será el primero en notar cualquier anomalía en el proceso y para ello se apoyará de los flujómetros, termómetros, entre otros.

3.3. Riesgos asociados al proceso de Electro Obtención

Peligros y controles

Debe existir un método eficaz para identificar los peligros y riesgos potenciales, a fin de determinar si existen riesgos significativos que requieren más acciones. Un peligro es una situación o acontecimiento nuevo o potencial existente que podría causar lesiones o daños a la salud.

Una hoja de análisis de seguridad en el trabajo es un documento diseñado para ayudar en la identificación de los riesgos y procedimientos de seguridad sugeridos, necesarios para su área de trabajo. Los requisitos mínimos para el análisis de seguridad del trabajo incluyen:

- una identificación de los peligros;
- una evaluación de los riesgos de los peligros identificados;
- medidas de control necesarias para eliminar o minimizar los riesgos de los peligros;
- identificación de la persona responsable de la aplicación y seguimiento de las medidas de control.

Siempre que sea posible, se debe eliminar un peligro o reducir el riesgo, cambiando o modificando el método de trabajo propuesto, o método de construcción, o mediante el uso de equipos alternativos. Por ejemplo se puede utilizar una pala de mano para eliminar la suciedad y las rocas alrededor de áreas peligrosas, tales como cajas de transformador o generadores portátiles colocados en el sitio para fines operacionales.

A continuación se muestra un ejemplo de un formulario de Análisis de Seguridad del Trabajo y Guía de Gestión de Riesgos. La guía le ayudará en la evaluación y control de los riesgos involucrados en las tareas y actividades en el entorno de aprendizaje o de trabajo. Lo mejor es completar ambos documentos consultando a otros miembros del equipo.

CONSULTA
CONSULTA
CONSULTA
CONSULTA
PASO 1
Identificar
Peligros
PASO 2
Evaluar los
riesgos
PASO 3
Decidir una
medida de
control
PASO 4
Implementar
medidas de control
PASO 5
Monitorear y
revisar la
efectividad
del control
Proceso de Gestión
de riesgos

Figura 37

Muestras de identificación de peligros

Peligro	Jerarquía	Acción/Controles de Riesgo
Manipulación Manual	Eliminación	
	Substitución	Aligerar la carga. Modificar el objeto
	Aislamiento	
	Controles de Ingeniería	Modificar el diseño del lugar de trabajo. Modificar las acciones y las fuerzas necesarias. Reducir al mínimo las fuerzas de izaje y descenso. Usar equipo de izaje mecánico.
	Controles Administrativos	Izaje en equipo. Capacitación en el manejo e izaje. Rotación en la labor. Reorganizar el flujo de trabajo. Consultar con los trabajadores.
	EPP	Guantes con agarre. Cinturón de soporte lumbar. rodilleras.
Sustancias Peligrosas	Eliminación	
	Substitución	Sustituir por productos menos peligrosos. Sustituir procesos físicos por procesos químicos.
	Aislamiento	Recipientes cerrados
	Controles de Ingeniería	Monitoreo atmosférico. Sistemas de ventilación y extracción.
	Controles Administrativos	Duchas y áreas de lavado. Reducir al mínimo la frecuencia o duración de la exposición. Procedimientos de emergencia. Equipo de primeros auxilios. Equipo de control de Derrames. Limpieza y orden. Consultar con los trabajadores. Vigilancia de la salud. Hojas de datos de seguridad de los materiales. Rotación en la labor. Señalética de advertencia. Etiquetas.
	EPP	Guantes. Delantales. Protección respiratoria. Lentes.
Maquinaria de transporte y móvil	Eliminación	
	Substitución	Programa de trabajo para los períodos de poco tráfico.
	Aislamiento	Separar el tráfico del equipo de trabajo (por carretera, cierres, desvíos, barreras, bolardos, distancias de separación).Zonas peatonales designadas y pasos de peatones.

	Controles de Ingeniería	Iluminación adecuada. Visibilidad. Focos y luces utilizadas en la maquinaria móvil. Espejos retrovisores. Circuito cerrado de televisión. Espejos convexos. Alarmas de retroceso.
	Controles Administrativos	Reducir los límites de velocidad. Controladores de tráfico. Planes de control de tráfico. Luces y señalética de advertencia. Capacitación e instrucción.
	EPP	Linternas y barras luminosas. Prendas reflectantes de alta visibilidad.
Prevención de caídas y altura	Eliminación	Realizar la tarea desde el suelo o en una construcción sólida.
	Un dispositivo pasivo de prevención de caídas	Baranda de seguridad o plataforma de trabajo temporal por ejemplo, malla de seguridad en el techo.
	Un sistema de sujeción	Acceso con cuerda industrial, restricción de desplazamiento, eslingas.
	Sistema de prevención de lesiones por caídas	Red de seguridad, plataforma de captura o arnés (sin restricción de desplazamiento)
	Controles Administrativos	Use una escalera portátil fija o controles administrativos adicionales
Eléctrico	Eliminación	Realice trabajo muerto.
	Substitución	
	Aislamiento	Medidas de aislación de alto y bajo voltaje. Mantener límites de acercamiento.
	Controles de Ingeniería	Tierra y dispositivos de protección. Aislación aprobada.
	Controles Administrativos	Aislación, bloqueo y permiso para el sistema de trabajo. Autorizaciones de acceso. Procedimientos de trabajo en vivo. Autorizaciones de capacitación y enseñanza. Avisos y barreras. Observadores de seguridad. Limite la exposición a los campos eléctricos y magnéticos fuertes. Prueba de equipos y procedimientos.
	EPP	Guantes y calzado aislante. Guantes y barrera de protección Elementos de la maquinaria aterrizados y testeados eléctricamente. Revestimiento de aislación. Uso de equipos de Live-line.

Subterráneo/Bajo tierra	Eliminación	Realice el trabajo a nivel del suelo
	Substitución	
	Aislamiento	Guardas, rieles y barreras
	Controles de Ingeniería	Parapetos, bancos o apuntalamiento. Espacios libres y aislación. Ubicación de los servicios básicos Estructuras de entrada y salida. Control del movimiento de tráfico pesado y de la maquinaria móvil.
	Controles Administrativos	Ingreso autorizado. Capacitación y supervisión. Observador de seguridad.
	EPP	Calzado. Ropa HV
Riesgos medioambientales y al aire libre	Eliminación	
	Substitución	
	Aislamiento	Áreas sombreadas para la hora del almuerzo. Entrada/salida segura desde y hacia el área de trabajo. Servicios.
	Controles de Ingeniería	Caja de captación. Disminución del polvo. Barreras para el sol. Disminución del ruido. Acceso alternativo para evitar la flora sensible. Retiro del ganado. Evitar terreno áspero. Ventilación Iluminación.
	Controles Administrativos	Equipo de control de Derrames. Kits PCB. Kits de primeros auxilios. Comunicaciones. Prevención y control de incendios. Control de visitas. Permisos. Inspección de vehículos, procedimiento/protocolo de lavado. Descontaminación de vehículos.
	EPP	Protección UV .Reflejo de calor y protección del frio. Protección auditiva. Calzado protector. Guantes. Ropa HV.

Respuesta a emergencias

Los siguientes son ejemplos de los tipos de señalética de emergencia y equipos que se pueden encontrar en y alrededor de una nave.

Estación de lavado de ojos	
	Estación de ducha de emergencia
Detectores de gas de alta frecuencia (HF)	
	Guantes: Interior nitrilo/exterior neopreno
Manga para materiales peligrosos (HazMat)	

	Kit para derrames de ácido
Antiparras para salpicaduras químicas	
	Escudo facial

	Overol: Tychem
Botas: SuperPoly	
	Aparato de respiración autónomo (SCBA en inglés)

Exposición de los trabajadores al electrolito

Si ocurre que en algún momento durante el trabajo alrededor de electrolitos y estos hayan estado en contacto con una parte no protegida de un trabajador, siga los pasos de emergencia que figuran en la Tabla.

Tabla 20: Respuesta de Emergencia al Contacto con el electrolito				
Contacto	Químico	Paso	Acción	Revisión
Piel	Electrolito	1	Quítese la ropa y enjuáguese con ducha de seguridad/lavaojos. Toda la ropa contaminada debe quitarse mientras se lava con agua.	
		2	Informar al personal de emergencia tan pronto como se produce la exposición.	
		3	Debe hacerse entonces una segunda llamada a los médicos para avisar al médico de guardia de la exposición y obtener su consejo.	
		4	Al cabo de cinco minutos de enjuagar el área, si la asistencia médica no está a su disposición (dar asesoría), comenzar a aplicar gluconato de calcio USP al 2,5% en la zona afectada. Deben usarse guantes de goma desechables durante el tratamiento para eliminar la posibilidad de recibir una quemadura secundaria. Se debe masajear con altas cantidades de gluconato de calcio el área quemada de manera continua durante varias horas. El alivio del dolor es un indicador de la eficacia del antídoto.	
Ojo	Electrolito	1	Enjuáguese los ojos y la piel circundante con agua. Utilice la estación de lavado de ojos de emergencia. Los párpados deben ser levantados de modo que el agua pueda lavar esa zona. Proseguir con el lavado de los ojos a partir del momento de la exposición hasta que se realice el tratamiento en la sala de emergencias.	
		2	Toda la ropa contaminada debe quitarse	

			mientras se lava con agua.	
		3	El ”hombre número 2” debe informar al personal de emergencia tan pronto como se produce la exposición	
		4	Debe hacerse entonces una segunda llamada al servicio médico para avisar al médico de guardia de la exposición y obtener su consejo	
		5	Cuando llegue el personal de emergencia, este debe ser alertado sobre el hecho de que se trata de una exposición a HF en los ojos y que los ojos deben lavarse continuamente con solución salina normal mientras se transporta a la sala de emergencias	
Inhalación	Gas HF	1	No se ponga en una situación peligrosa ingresando a una zona con niveles elevados de gas HF sin una capacitación y EPP adecuados	
		2	Los detectores de gas HF portátiles y en la pared deben usarse para comprobar el nivel de gas HF en la zona.	
		3	**Si la concentración de HF está en o por encima de 20,0ppm:** 1. Abandone inmediatamente el área. 2. Haga que alguien realice una llamada de emergencia desde un lugar seguro. 3. Debe hacerse entonces una segunda llamada al servicio médico para avisar al médico de guardia de la exposición al ácido y obtener su consejo 4. Intente mover a la víctima a un lugar seguro sólo si está autorizado. 5. Use EPP de trabajo Clase 2 para todo electrolito. No trate de ayudar a menos que esté calificado para ello. 6. Mueva al trabajador expuesto a un lugar seguro. 7. Mantenga al trabajador expuesto tibio y	

			cómodo hasta que llegue la ayuda. 8. Se debe administrar oxígeno al 100% al trabajador expuesto tan pronto como sea posible. **Si la concentración de HF está en o por encima de 2,0 ppm, pero por debajo de 20 ppm:** 1. Abandone inmediatamente el área. 2. Haga que alguien realice una llamada de emergencia desde un lugar seguro. 3. Debe hacerse entonces una segunda llamada al servicio médico para avisar al médico de guardia de la exposición al ácido y obtener su consejo 4. Intente mover a la víctima a un lugar seguro sólo si está autorizado para usar mascara de respiración para HF. Use sólo un dispositivo con el que usted esté calificado para su uso. Utilice el dispositivo que hará posible la asistencia al trabajador lesionado en el menor tiempo posible. 5. Use mascarilla para HF y EPP de trabajo Clase 2 para todo electrolito. 6. Mueva el trabajador expuesto a un lugar seguro. 7. Mantenga el trabajador expuesto tibio y cómodo hasta que llegue la ayuda. 8. Se debe administrar oxígeno al 100% al trabajador expuesto tan pronto como sea posible. **Si la concentración de HF es menor a 2,0ppm:** 1. Use EPP de trabajo Clase 2 para todo electrolito. 2. Mueva inmediatamente a la víctima al aire fresco. Minimice la cantidad de tiempo en que se encuentra trabajando en el área de concentración elevada de HF.	

			3. Haga que alguien realice una llamada de emergencia desde un lugar seguro. 4. Debe hacerse entonces una segunda llamada al servicio médico para avisar al médico de guardia de la exposición al ácido y obtener su consejo 5. Mantenga el trabajador expuesto tibio y cómodo hasta que llegue la ayuda. 6. Se debe administrar oxígeno al 100% al trabajador expuesto tan pronto como sea posible. Notas: 1. Las directrices anteriores se basan en un 2,0 ppm de HFTLV-C (Valor de umbral-tope límite). 2. El uso de un respirador de cartucho de HF aumenta el límite máximo de exposición por un factor de 10.	
Ingesta	Electrolito	1	Haga que los trabajadores expuestos beban 1-2 vasos de agua lo más rápido posible para diluir el ácido. No induzca el vómito. No de bicarbonato de sodio. No dar nada por la boca a una persona inconsciente.	
		2	Administre varios vasos de leche de magnesia, Mylanta, Maalox o triture y de hasta 30 Tums, Caltrate u otras tabletas antiácidas con agua.	
		3	El ”hombre número 2” debe informar llamar al personal de emergencia tan pronto como se produce la exposición	
		4	Debe hacerse entonces una segunda llamada al servicio médico para avisar al médico de guardia de la exposición al ácido y obtener su consejo	
		5	Mantenga el trabajador expuesto tibio y cómodo hasta que llegue el equipo de respuesta de emergencia.	

Tabla 21: Respuesta A Una Alarma De Gases Peligrosas Sin Exposición De Los Trabajadores			
Concentración	Paso	Acción	Revisión
HF < 1.0ppm	1	Trabajar para identificar y mitigar la fuente del gas HF. La duración total de tiempo en el ambiente con gas HF no debe exceder los 60 minutos (véase también los documentos de procedimientos de respuesta de emergencia).	
	2	Si el nivel de gas HF permanece por debajo de 1,0 ppm, no es necesario evacuar el área de herramientas o llamar a emergencias o el servicio médico.	
HF ≥ 1.0ppm	1	Llame e informe al centro de operaciones de las condiciones en las que se produjo la alarma.	
	2	Trabaje con el Departamento de Bomberos para determinar el motivo de la alarma y el mejor plan de respuesta.	
	3	El Comandante del Departamento de Bomberos decidirá cuales medidas de evacuación, si son necesarias, se requieren.	
	4	El equipo de trabajo de electrolitos debe estar preparado para brindar asistencia a los bomberos, lo que incluye: 1. Un trabajador de HF calificado con EPP Clase 3 para electrolitos. 2. Un trabajador calificado con respirador HF con un respirador apropiado para el gas HF. 3. Un detector portátil de gas HF. 4. Un operador calificado en Tool EP.	

Medioambiente

Residuos generados

El electrolito agotado se recoge con un transportador de materiales peligrosos calificado y se transporta a un sitio del proveedor en el que se neutraliza y desecha. Es responsabilidad del proveedor satisfacer todos los requisitos ambientales federales, estatales y locales en el proceso de eliminación.

Respuesta a Hechos Fuera de lo Normal

El Coordinador de desechos/ambiental será informado inmediatamente de cualquier suceso fuera de lo normal donde esté involucrado el electrolito.

Los planes de respuesta son apropiadas para los casos en que no hay exposición de los trabajadores que requieran tratamiento.

Riegos del polvo

El polvo se convierte en un factor que debe considerarse ya que algunos productos químicos tienen un punto de ebullición muy bajo, y en el depósito de electro obtención la temperatura que rodea el tanque puede causar que la solución hierva.

Las burbujas se crean en el líquido concentrado hirviendo; cuando las burbujas suben a la superficie del líquido se revientan y un residuo fino de metal sólido y sustancias químicas sólidas, por ejemplo polvo, se liberan en el aire. Esto se conoce como vapor ácido.

La ruptura de estas burbujas en la superficie es la responsable de la generación de niebla ácido crómica.

Hay una gama de sistemas de control disponibles para limitar la liberación del vapor ácido crómico en el aire del lugar de trabajo. Estos incluyen ventilación de escape, inhibidores de vapor que modifican la tensión superficial de la solución, y bolas de plástico pequeñas que se llaman bolas de flotación (chroffles).

Figura 38

Celda de electro obtención con bolas de flotación (Chroffles) flotando en la superficie

Las Chroffles son similares a las pelotas de

ping-pong

Figura 39

Éstas forman una capa flotante en la superficie del electrolito. Tienen poco efecto sobre el nivel de niebla creada (su propósito principal es reducir la pérdida de calor desde el depósito) y no se consideran una medida de control de seguridad y salud.

La niebla ácida es altamente corrosiva y produce la corrosión de placas de cátodo, barras de suspensión del ánodo, el equipo de la nave y las estructuras de los edificios. Supone también un riesgo grave para la salud y causa gran incomodidad en la piel, ojos y sistema respiratorio de los trabajadores de la nave. Los efectos de los diferentes parámetros del proceso sobre la cantidad de niebla ácida se discutieron en detalle en nuestra publicación anterior.

Las técnicas de supresión de polvo son fundamentales para controlar este peligro. Por ejemplo:

- Use una máscara anti-polvo.
- Suprima el polvo con agua.
- Elimine el polvo con ventiladores de extracción.

La ventilación de extracción viene generalmente en forma de extracción en las orillas a lo largo de cada lado de la tina para evitar obstaculizar el funcionamiento del proceso. Incluso cuando el proceso puede realizarse en un espacio cerrado se debe entregar ventilación de extracción en el recinto (para evitar la acumulación de gases explosivos).La extracción debe ser suficiente para asegurar que no hay movimiento de aire en el recinto cuando los puntos de acceso a este se abren a fin de controlar el proceso, con el propósito de evitar las emisiones de vapor ácido crómico en la atmósfera del taller.

Las áreas con ventilación insuficiente darán lugar a dificultades respiratorias. Asegúrese de que existe suficiente ventilación mecánica del área de trabajo antes de comenzar. Asegúrese de usar una máscara respiratoria donde sea necesario.

La señalética de advertencia pueden venir en muchas formas y maneras, a continuación se presentan algunos ejemplos de señalética de advertencia de los peligros del polvo.

Figura 40

Asegúrese de que esté familiarizado con los signos de advertencia de polvo en la zona que va a trabajar.

¿Qué es la galvanoplastia?

La galvanoplastia es el recubrimiento de un objeto de metal con otro metal, utilizando una corriente eléctrica que pasa a través de una solución química.

Los metales utilizados en los revestimientos incluyen:

- Zinc.
- Cobre.
- Latón.
- Cromo.
- Níquel.
- Oro.
- Plata.
- Cadmio.
- Plomo.

¿Está usted en riesgo?

Los trabajadores en los lugares de trabajo de galvanoplastia pueden estar expuestos a sustancias peligrosas. Estas sustancias se encuentran principalmente en la forma de:

- Humos.
- Vapores o nieblas.
- Polvos metálicos.

Otros peligros en galvanoplastia implican el uso de:

- Electricidad.
- Maquinaria mecánica.
- Manipulación manual.

¿Cuáles son los riesgos?

Los trabajadores expuestos a los productos químicos de galvanoplastia pueden desarrollar:

- **A corto plazo**
  - problemas de salud como irritación y quemaduras en garganta, los pulmones, los senos nasales, la piel y en los ojos.

- **A largo plazo**
  - problemas de salud tales como asma, trastornos de la piel, el corazón, pulmón y de los nervios y, en algunos casos, cáncer.

El riesgo de desarrollar efectos en la salud depende de la cantidad de producto químico que se absorbe en el cuerpo.

Además, la electrólisis libera burbujas de hidrógeno que, a menos que se contengan o se ventilen con seguridad, pueden:

- **volverse explosivas.**
- **transportar otros productos químicos en una niebla tóxica.**

¿Qué sustancias peligrosas pueden estar presentes?

Las sustancias peligrosas en la galvanoplastia pueden incluir:

- **disolventes** tales como el cloruro de metileno, fenol, ácido cresílico, (un químico similar al fenol);
- **gases** como el cianuro de hidrógeno;
- **ácidos** tales como el ácido crómico y dicrómico, ácido sulfúrico y ácido clorhídrico;
- **álcalis** como el hidróxido de sodio (también conocido como soda cáustica);
- **cianuros** tales como cianuro de sodio y cianuro de potasio;
- **metales pesados** tales como el níquel, cromatos y dicromatos, cromo, cadmio y plomo; y
- **desechos tóxicos.**

Estas sustancias se utilizan o producen comúnmente en:

- la preparación;
- el revestimiento; y
- el pulido de elementos metálicos.

¿Cuándo se puede producir la exposición a un químico?

Las personas que trabajan en galvanoplastia pueden estar expuestas a los productos químicos cuando:

- Hay fuga o derrame de contenedores durante el transporte, almacenamiento, decantamiento o eliminación.
- Los gases o vapores explosivos o tóxicos se acumulan durante el almacenamiento en lugares cerrados o poco ventilados.
- Los operadores son salpicados por los artículos que se levantan dentro o fuera de los tanques de galvanoplastia.
- Hay burbujeo excesivo o se produce vapor en los ácidos, cáusticos u otros productos químicos.
- Se inhala polvo durante el pulido o molienda de artículos chapados.
- Se emite hidrógeno u oxígeno en exceso durante la electrólisis o anodizado, provocando una atmósfera explosiva o inflamable.

- La ventilación local falla, o es inadecuada para manejar los gases, vapores y nieblas que escapan.
- Los puentes grúa, ganchos o eslingas fallan al bajar o levantar objetos desde los tanques de inmersión.
- Se eliminan residuos líquidos y lodos procedentes de los tanques de inmersión.
- La falta de limpieza (por ejemplo, las sustancias gotean a los pasamanos) provoca el contacto de soluciones de galvanizado con la piel.
- Se hacen trabajos de mantenimiento y reparación a los tanques.
- Los residuos químicos se eliminan en las alcantarillas antes de neutralizarse debidamente.
- Los residuos químicos se eliminan en los sitios de inflexión sin la aprobación y los procedimientos del departamento de medio ambiente y conservación.

¿Cómo pueden ingresar las sustancias peligrosas al cuerpo?

Las sustancias peligrosas pueden entrar al cuerpo a través de:

- La piel o los ojos, tras el contacto con líquidos o partículas.
- Los pulmones y las vías nasales, cuando se inhalan humos, gotitas, gases o polvos.
- La boca, al comer o fumar con las manos contaminadas.

¿Cómo se pueden identificar los peligros?

Los riesgos laborales pueden identificarse a través de:

- La lectura de embalajes o las etiquetas de los recipiente y la HDS
- Comunicación regular entre los trabajadores, supervisores y empleadores sobre los probables peligros, como las charlas informativas específicas.
- Inspección frecuente de los lugares de trabajo, maquinaria y equipo.
- Revisión periódica de las tareas y procedimientos.
- Comprobar incidentes anteriores y los registros de lesiones para las situaciones que se repiten.

¿Cómo se puede evaluar el riesgo?

Riesgos generales:

El riesgo de lesión o daño derivado de los riesgos generales del lugar de trabajo se pueden evaluar a través de:

- La evaluación de la probabilidad de que el peligro cause lesiones o daño;
- La evaluación de la severidad probable de lesión o daño.

- La revisión de los registros de los incidentes y lesiones donde los riesgos han causado daño o lesiones.
- Revisar la maquinaria y el equipo para controlar adecuadamente los peligros, por ejemplo, si está protegido de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Sustancias Peligrosas

Además, el riesgo de lesión o daño proveniente de las sustancias peligrosas se puede evaluar mediante:

- La obtención de información sobre los peligros, como la HDS, etiquetas, manuales de operación, y las normas australianas.
- La revisión de los procesos de trabajo para que los riesgos estén controlados de forma adecuada, por ejemplo, si se utilizan productos químicos de acuerdo con su HDS.
- La realización de monitoreo atmosférico para determinar los niveles de exposición a la inhalación de productos químicos como el ácido crómico, y
- Vigilar la salud para detectar los efectos adversos para la salud de los productos químicos en una fase temprana.

¿Cómo se puede reducir el riesgo?

El riesgo se puede reducir mediante el uso de métodos de control, en el siguiente orden de prioridad:

- Eliminar o retirar el peligro, por ejemplo mediante la eliminación del uso de un producto químico o un elemento de la planta si no se requiere.
- Sustituir o reemplazar el peligro con maquinaria, equipos o sustancias más seguras.
- Aislar el riesgo de los trabajadores, por ejemplo mediante el uso de sistemas cerrados para los productos químicos, la reubicación de los trabajadores, o barreras físicas.
- Introducir controles de ingeniería, tales como la vigilancia o la ventilación de extracción.
- Controles administrativos, por ejemplo, limitar el tiempo que los trabajadores pasan cerca del peligro.
- Elementos de protección personal.

Los lentes de seguridad (antiparras) y los respiradores, si bien son esenciales para algunos procedimientos de trabajo, deben ser lo último en la lista de prioridades.

¿Qué información y formación es necesaria cuando se trabaja con galvanoplastia?

Todos los trabajadores deben ser informados de los riesgos en el lugar de trabajo. Los trabajadores deberán recibir la información, la enseñanza, la capacitación y la supervisión sobre

los procedimientos de seguridad, incluyendo el uso, almacenamiento y mantenimiento de los elementos de protección personal y el equipo. Esta información debe ser proporcionada a los trabajadores de manera que sea fácilmente comprensible, con especial consideración a cuestiones lingüísticas y de alfabetización.

Los trabajadores deben saber cómo identificar los peligros e informarlos a un supervisor. La capacitación debe ser continua, con revisión periódica de los procedimientos de seguridad.

Los trabajadores que puedan estar en riesgo de exposición a sustancias peligrosas deben recibir capacitación antes de comenzar el trabajo. Esta capacitación debe incluir:

- El riesgo potencial para la salud y los efectos tóxicos asociados a las sustancias peligrosas.
- Las medidas de control utilizadas para reducir al mínimo el riesgo para la seguridad y la salud.
- El uso correcto de los métodos para minimizar los efectos adversos de la exposición a las sustancias peligrosas.
- El cuidado y uso correcto de los elementos de protección personal y el equipo.
- La necesidad de, y los detalles, de la vigilancia de la salud.

Deben mantenerse registros de información y capacitación relacionados con las sustancias peligrosas. Para otros tipos de formación, se recomiendan los registros como la forma más práctica de establecer la necesidad de capacitación actualizada y demostrar que se ha entregado la capacitación adecuada.

Consideraciones de seguridad

Las soluciones electroquímicas de inmersión y decapantes suelen contener ingredientes altamente agresivos (cianuro, cáusticos o ácidos fuertes) que presentan un riesgo grave para la salud. Muchos decapantes son productos comerciales que pueden ser relativamente benignos en base a la ficha de seguridad, pero estos productos están diseñados para mezclarse con ingredientes peligrosos como el cianuro u otro para producir la solución de separación final.

Cuando manipule manualmente las placas, es importante utilizar guantes resistentes para proteger las manos de cortes o abrasiones. Las placas pueden ser muy pesadas, asegúrese de que usted está físicamente en forma y es capaz de levantar objetos grandes y pesados.

Algunos ingredientes de soluciones decapantes pueden llegar a ser especialmente peligrosos si se mezclan accidentalmente con un material incompatible (por ejemplo, nitrato de amonio combinado con combustible diésel se convierte en una bomba).

El usuario debe consultar tanto la HDS como la Ficha Técnica para cualquier producto comercial de decapado a fin de obtener información suficiente para manejar con seguridad la solución de

decapado. Debido a que un proveedor comercial puede proporcionar asistencia técnica, se recomienda usar productos disponibles comercialmente en lugar de soluciones genéricas, siempre que sea posible.

Actividad N° 3

Riesgos asociados al proceso de electro obtención

La siguiente actividad se divide en dos secciones: a) Procedimientos de operación del proceso de celdas de electro obtención y b) Parámetros y variables de operación del proceso de celdas de electro obtención. El cierre es común a las dos.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades:

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Objetivos de aprendizaje

- Identificar principales funciones del operador en el monitoreo de los equipos y medición de variables de las celdas.

Descripción de la actividad

El instructor haciendo uso de una "planta piloto de electro obtención" realizará una actividad de reconocimiento de las principales funciones del operador en el monitoreo de los equipos y medición de variables. También los participantes deberán identificar los riesgos asociados al proceso de electrobtención respondiendo a una serie de preguntas.

Materiales y recursos

Planta piloto de electro obtención.

Desarrollo

1) Se sugiere que el instructor haciendo uso de una “planta piloto de electro obtención” realice una actividad de reconocimiento de las principales funciones del operador en el monitoreo de los equipos y medición de variables de las celdas.

De no tener la posibilidad de trabajar con una planta piloto, se sugiere una visita a terreno donde se podrán ver los equipos estudiados y donde el instructor podrá enfatizar el rol del operador en el monitoreo de las variables de las celdas de electro obtención tales como: número de celdas en operación, cantidad de cátodos por celdas, corriente aplicada a las celdas, superficie de los cátodos. Hacer inspección constante y rutinaria de las celdas para confirmar que los cátodos se han ido formando correctamente

El instructor deberá mantener en mente los objetivos de aprendizaje sugeridos y realizar preguntas que ayuden a los participantes a profundizar los contenidos vistos en clases. Se sugiere:

¿Qué aspectos de seguridad deberían ser considerados respecto al ambiente de la nave de electro obtención?

La seguridad de la nave de electrowinning tiene relación con la neblina ácida por eso hay extractores gigantes, (ventiladores) que ayudan a controlar la neblina ácida que se forma en la nave de electro obtención.

Se recomienda chequear los niveles de la celda de electro obtención habitualmente. Se hacen chequeos visuales para ver que los cátodos se están formando correctamente. También se deben ir monitoreando el flujo y la temperatura que ingresan a la celda. Una temperatura inferior a la recomendada puede influir en la calidad del cátodo a obtener.

2) En la siguiente actividad los participantes deberán identificar los riesgos asociados al proceso de electrobtención. Para esto en la siguiente tabla se detallan riesgos comunes a los que un operador se expone al trabajar en los procesos de electro obtención. Los participantes deberán sugerir medidas de prevención.

Riesgos	Medidas de prevención
Atrapado por maquinarias.	No intervenir en equipos y maquinarias en movimiento.
Aplastado por carga en suspensión (cátodos y ánodos).	Avisar a la sala de control su ingreso a la planta y el lugar donde debe trabajar (riesgo: Aplastado por carga suspendida). No ubicarse debajo de la carga en suspensión.
Caídas por escaleras y pasillos de tránsito peatonal.	Sólo se debe transitar por lugares debidamente señalizados y ocupe las barandas de apoyo para subir y bajar escaleras.
Atrapado por manejo manual de cátodos.	No arriesgar la integridad física cuando se esté trabajando en la máquina despegadora de cátodos y mantener el puente grúa con la menor altura posible para desprender placas de cátodos.
Corte por contacto por bordes filosos de los cátodos.	Utilizar guantes específicos al manipular placas de cátodos.
Neblina ácida.	Utilizar protección respiratoria cuando al estar expuesto a neblina ácida.
Caídas a las celdas de electro obtención.	Circular en las celdas por los sectores demarcados.
Exposición a electrocución.	No tocar cables descubiertos (pelados), no se acercarse a lugres donde la señalética indica que hay alto voltaje. A no ser que sea estrictamente necesario y en compañía con algún supervisor de la planta. Si un equipo se interviene se debe utilizar el bloqueo personal.

Cierre

El instructor podrá destacar que la solución de electrolito que contiene sulfato de cobre, ingresa a unas piscinas pequeñas denominadas celdas en donde el contenido de cobre que tiene el electrolito se va pegando en unas placas verticales (de acero inoxidable) llamadas ánodos. Este fenómeno de depositación de cobre en las placas se origina por la aplicación de corriente continua a las celdas.

La calidad del cátodo a generar depende entre otras variables de la temperatura del electrolito, la corriente aplicada por celda y la rectitud de las placas de ánodo.

El periodo de cosecha puede esconder defectos en el cátodo ya que estos se están formando sumergidos en las celdas. Lo anterior le da importancia a monitorear constantemente las variables del proceso y evitar cátodos defectuosos con alto contenido de impurezas.

3.4. Puentes Grúa en Electro obtención

Ésta es una grúa que se compone de una viga de puente, soportada en cada extremo por patas montados sobre carros al final. Es capaz de viajar a lo largo de pistas, en la superficie o a nivel de la cubierta, y tiene una cabina con una o más unidades de elevación destinadas a circular por el puente.

Estas grúas tienen un trabajo sencillo al levantar bastidores de placas de ánodo y cátodo en un tanque. Este trabajo exigente requiere de grúas de gran potencia que puedan trabajar las 24 horas. La parte más importante de la grúa es el accesorio más abajo del gancho, llamado arco, que extrae un bastidor completo de cátodos de 150 kg de los tanques.

El arco debe estar aislado eléctricamente del resto de la grúa para evitar un corto circuito entre los tanques electrificados y la tierra física que toca a la estructura metálica del edificio. Los arcos deben ser también capaces de posicionarse muy bien con un margen de unos pocos milímetros/fracciones de pulgada en los ganchos del cátodo.

Figura 41

Las grúas se utilizan para posicionar y alinear las placas de ánodo y cátodo en los tanques

Características técnicas y principios básicos de funcionamiento

Los puentes grúas son utilizados para servir las celdas de Electro obtención. En general son cuatro, uno para cada sección.

Cada grúa tiene una capacidad aproximada de 7,5 toneladas en el tecle principal y 2 toneladas en el tecle auxiliar.

La araña de la grúa está diseñada, normalmente, para recoger 20 cátodos a la vez durante la cosecha. Esto se logra con la cremallera vertical de cátodos que está enganchada en los dos ganchos de la grúa.

Durante la limpieza de celdas, se levantan a la vez 31 ánodos de la celda. Esto se ejecuta enganchando manualmente hacia arriba la araña de levantamiento de ánodos en los dos ganchos de la grúa, de forma que se pueda levantar toda la celda de ánodos.

Figura 42

El puente grúa se posiciona sobre la celda que se va a cosechar. Una vez que la grúa está sobre la celda en la posición correcta, la araña de cátodos se baja hasta la parte superior de la celda de electro obtención. Luego se recogen los cátodos y se extraen de la celda. La carga de cátodos se transfiere a la correa transportadora de carga de cátodos de la máquina despegadora y el

puente grúa levanta los cátodos permanentes despegados desde la correa transportadora de separación de cátodos permanentes de la máquina despegadora, para posteriormente regresarlos a la celda de electro obtención desde donde se extrajeron, luego coloca los cátodos permanentes en la celda.

El puente grúa se mueve hacia la celda siguiente y repite el procedimiento o extrae otra carga desde la misma celda. Al final del programa de cosecha del día, la grúa se estaciona en su área de estacionamiento designada.

Electroobtención

Figura 43

La nave de electro obtención opera todos los días al año, 24 horas al día. Los cátodos se cosechan después de cinco días de que hayan sido depositados. Habitualmente, la cosecha se lleva a cabo siete días a la semana, con un turno diario.

Una vez que se ha completado la cosecha, se utiliza el tiempo restante para realizar actividades relacionadas con la limpieza, el orden, aseo, mantención de la celda y la separación de cátodos.

El puente grúa extrae, en general, un tercio de los cátodos depositados en una celda al mismo tiempo. Por lo tanto, demora tres viajes en retirar los cátodos de una celda completa. Mientras se extrae desde la celda un tercio de los cátodos para el despegue, se continúa suministrando energía eléctrica a la celda. La densidad de la corriente es un 50 por ciento más alta durante este período, por lo que resulta muy importante minimizar este período de tiempo, debido a que una densidad alta de corriente puede traducirse en características catódicas no deseadas.

Actividad N° 4

El proceso de puente grúa en Electrobtención

Introducción a la actividad:

La siguiente actividad en relación al "proceso de puente grúa" se divide en 2 secciones: 1) Principales características del puente grúa y señalización; 2) práctica de técnicas de carga. El cierre es común ambas actividades.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades:

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

1) Principales características del puente grúa y señalización

Objetivos de aprendizaje

- Identificar cómo se opera el puente grúa y el código de señales manuales que tiene asociado.

Descripción de la actividad:

Los participantes guiados por el instructor conocerán las principales características del puente grúa y aprenderán a reconocer los códigos de señales de mando entre el que dirige la maniobra y el que opera la grúa. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con este proceso y su operación. Para esto además observarán una serie de videos, que apoyarán los contenidos vistos en clases y practicarán el manejo de un puente grúa.

Materiales y recursos

Recurso audiovisual:

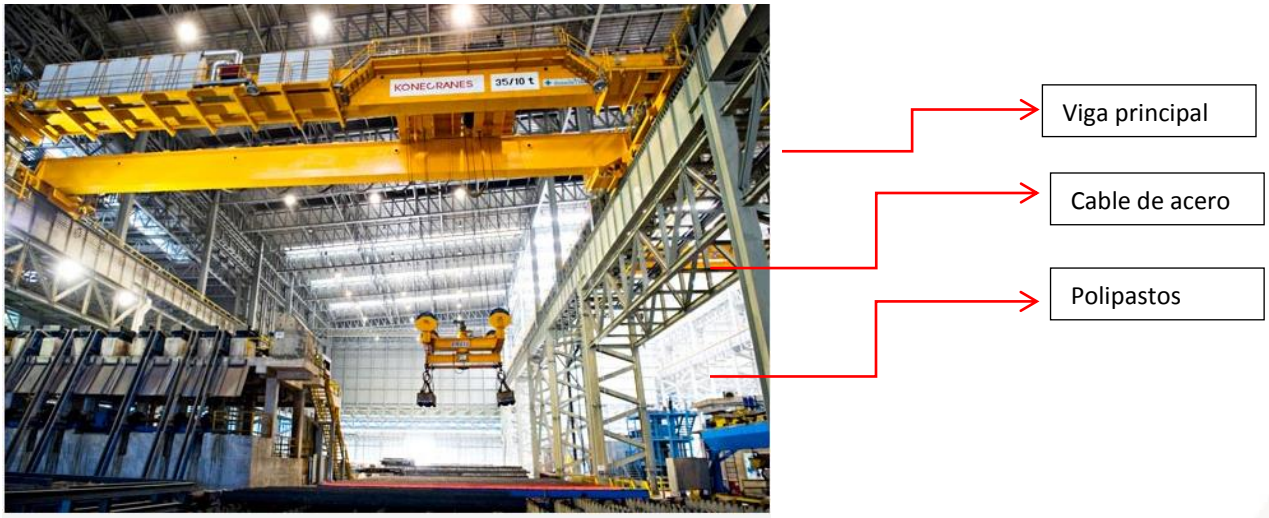
- Puente grúa:
  http://www.youtube.com/watch?v=NEXbeTFwp9U

  http://www.youtube.com/watch?v=m9oG4gYZw3c

- Señales manuales
  http://www.youtube.com/watch?v=E89u3_jRmeg

Desarrollo

1) El Instructor en base a su experiencia podrá guiar la observación de los videos sugeridos y pedirles a los participantes que distingan los principales componentes: vigas, polipastos y cable de acero. La siguiente imagen se puede utilizar para nombrar y comentar respecto a los componentes antes mencionados:

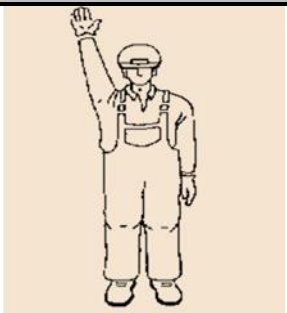
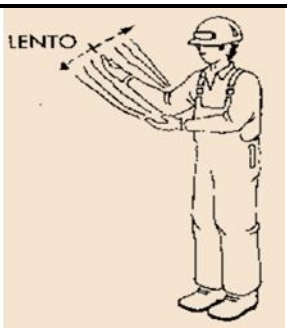
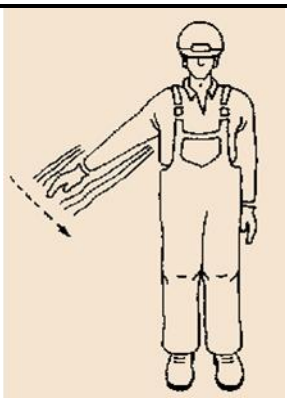


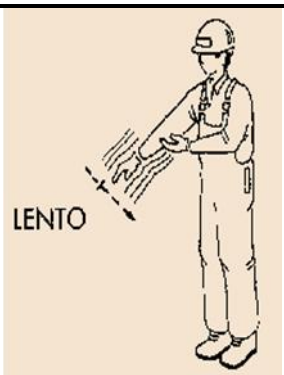
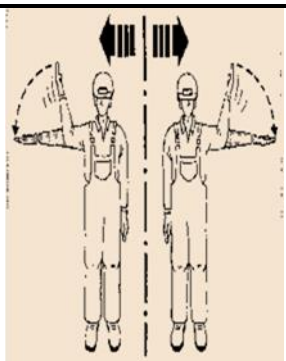
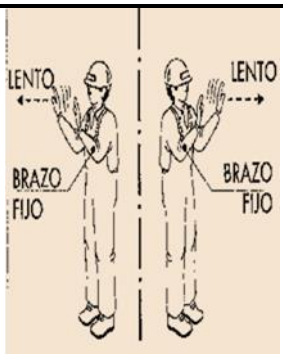
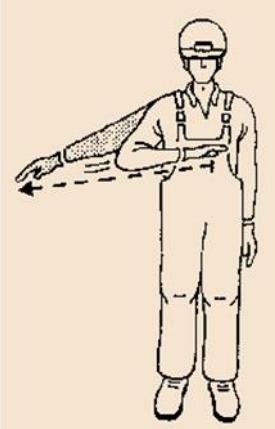
Se sugiere que el instructor adopte un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir de los recursos visuales y la conversación respecto a estos, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar, reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

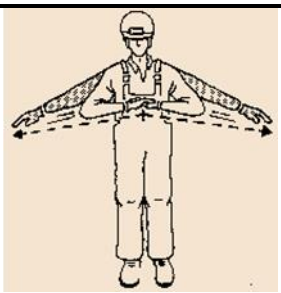
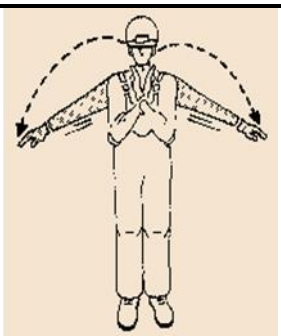
“Puente grúa”

El instructor podrá solicitar a los participantes que junto con observar detenidamente la operación del puente grúa, recuerden cuanta carga puede levantar el puente grúa y conversar al respecto.

Luego de observar el material visual los participantes contestarán en la tabla siguiente qué significan las señas presentadas. Luego de dar sus respuestas y comprobar que son las correctas con el instructor, deberán ensayar los movimientos de los dibujos en pareja con el EPP adecuado puesto.

Seña	¿Qué significa?
	Atención
	Subir
	Subir lentamente
	Bajar

	Bajar lentamente
	Desplazamiento horizontal
	Desplazamiento horizontal lento
	Parada

	Parada urgente
	Fin de maniobra

2) Técnica de levante de cargas

Objetivos de aprendizajes:
Realizar maniobras de levante de carga utilizando tecle para elevar carga pesada.

Descripción de la actividad
La finalidad de la actividad es que los participantes puedan practicar u observar como elevar carga pesada utilizando un tecle. Los elementos sugeridos son equipos típicos de la industria.

Materiales:
Tecle Eléctrico de Levante; 6 METROS; 220V-Monofásico; 200 Kg (requiere infraestructura de soporte)
Objetos de masa inferior a lo soportado por el tecle. Por ejemplo sacos de arena de 100 kg

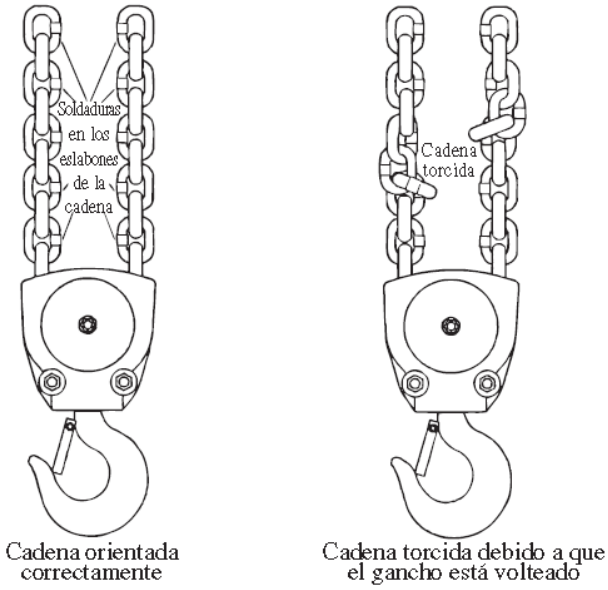
Los materiales son accesibles con proveedores nacionales.

Desarrollo
Se sugiere que el instructor encargado del curso, adquiera los materiales y equipos para la realización de la actividad de taller. El instructor deberá considerar que el participante debe practicar la operación de levante, traslado y entrega de carga. Debe diseñar los objetivos de aprendizaje y dar cumplimiento a lo esperado, además de decidir cómo abordará la actividad práctica.

El instructor deberá preparar esta actividad con antelación asegurándose que existan los elementos de protección personal adecuados para los participantes. Además deberá cerciorase de guiar la actividad de manera clara y precisa enfatizando los aspectos relevantes de seguridad para la elevación de carga pesada.

Algunas consideraciones:

1. El instructor deberá verificar junto a los participantes que la cadena de carga no esté torcida o enrollada antes de operar el tecle cadena y corrija todas las irregularidades de la cadena antes de efectuar la operación.
Ejemplo:



2. Antes de conectar el tecle de cadena de deberá asegurar de que los puntos de conexión, los componentes de suspensión y su estructura de soporte sean las adecuadas para sostener el tecle y su carga.

3. Se deberá asegurar del perfecto funcionamiento y que tuercas y pernos se encuentren suficientemente sujetos.

Es importante que los participantes practiquen el levantar carga con seguridad.

Cierre

El instructor podrá mencionar a los participantes que cuando comienzan las operaciones con la grúa, se debe recordar el refrán "una cadena es solamente tan fuerte como su eslabón más débil". Por tanto, las medidas de seguridad y acciones para un correcto funcionamiento del equipo requieren que este sea operado por una persona correctamente capacitada.

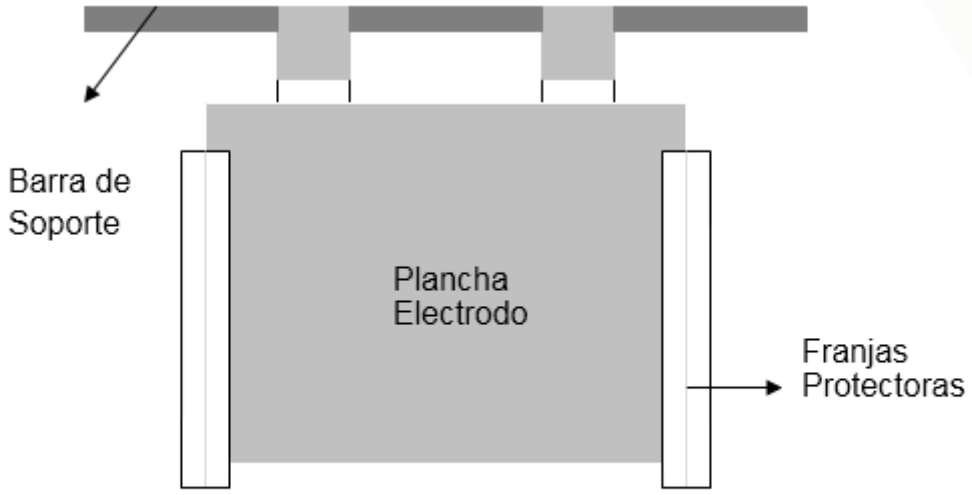
En cómo aparejar una carga a una grúa puede ser la diferencia entre un levantamiento correcto y un accidente los cuales pueden ser mortales, debido a las grandes y pesadas cargas que se levantan. Nunca se debe elevar más carga que la soporta el equipo. Una vez que una carga se cae, poco se puede hacer para pararla, y hay poco tiempo para que la gente pueda apartarse y moverse con seguridad.

Un operador debe utilizar siempre los elementos de protección personal. Los autocuidados son fundamentales. La pregunta ¿por qué estoy haciendo esto? debe estar presente cada vez que se realicen actividades de manipulación y de levantes de cargas pesadas y la respuesta debe siempre orientarse a la integridad física del trabajador y de sus compañeros.

4. Procedimientos de operación del proceso de cosecha de cátodos

El cátodo está compuesto de tres partes básicas:

- Placa del electrodo.
- Barra de suspensión.
- Franjas protectoras.



Características del Cátodo

Figura 44

La plancha del electrodo es de acero inoxidable, con bajo contenido de carbono, con elementos que contribuyen a que tenga propiedades aptas para medios corrosivos, como ocurre en la celda.

La superficie del cátodo debe presentar ciertas características para que puedan ocurrir las reacciones tanto de reducción de iones cúpricos como parásitas, y para esto la plancha se encuentra recubierta de una delgada capa de óxido de cromo, adherente y conductora electrónica.

El espesor de la plancha es generalmente de 3 a 3,3mm.

Para el manejo de los electrodos con la grúa en la nave, los cátodos poseen ganchos soldados a la barra de soporte en la parte superior de la plancha.

La barra de suspensión es en general, de cobre o de acero inoxidable con bajo contenido de carbono, y está soldada a la plancha del electrodo. La conductividad eléctrica de la barra de soporte de acero inoxidable se asegura con un recubrimiento electrolítico de 2,5 mm de espesor de cobre de alta pureza.

La función de éstas es impedir que el cobre penetre y se deposite en los bordes del cátodo. Los cubrejuntas son de PVC y se fijan a la plancha con pasadores de plástico. El borde inferior del cátodo se deja libre para el normal despegue del depósito catódico de cobre de cara y en ocasiones, es necesario cubrir la base del electrodo con una cera de alto punto de fusión o con un cubrejunta (igual a las utilizadas en los bordes).

4.1. Planificación y preparación para la puesta en marcha del procedimiento

Circuito del Ánodo

- Las placas de ánodo se suspenden en las celdas de electrólisis y son cargadas negativamente en la operación.
- Los ánodos limpios de escamas de ácido se acumulan y regresan a las celdas de electro obtención para su posterior uso.

Revisiones de los ánodos antes de la puesta en marcha

- Inspeccione visualmente las placas de ánodo, revise:
  - Posicionamiento
  - Alineación
  - Niveles de sarro
- Limpie el sarro de las placas, si es necesario
- Reubique las placas cuando sea necesario
- Asegúrese de que el espacio entre las placas de cátodos están a la distancia óptima. Ajuste cuando sea necesario

Circuito del Cátodo

- Las placas de cátodos se suspenden junto a las placas de ánodos en las celdas de electro obtención y son cargadas positivamente en la operación.
- Se aplica una carga eléctrica de baja tensión a las barras recolectoras que alinean las celdas de electro obtención.
- La galvanoplastia óptima del metal objetivo recubre los cátodos.
- Cátodos recubiertos son enganchados a la grúa de pórtico y sacados de la solución.
- Las placas son llevadas a las máquinas de extracción con la grúa.
- Las placas son despojadas del metal objetivo y llevadas de nuevo a las celdas de electro obtención para repetir el proceso.

Revisiones de los cátodos antes de la puesta en marcha

- Inspeccione visualmente las placas de cátodo, revise:
  - Posicionamiento.
  - Alineación.
  - Limpieza.

- Limpie las placas si es necesario.
- Reubique las placas cuando sea necesario.
- Asegúrese de que el espacio de las placas de ánodo está a la distancia óptima.

Producto Final

- Las placas de metal objetivo se empaquetan y apilan.
- Un montacargas recoge una pila de placas y la lleva al patio de almacenamiento antes de enviarlas al cliente.

Revisiones antes del empaquetado y apilado

- Camine por el área y asegúrese de que caminos están libres de obstrucciones.
- Limpie y elimine cualquier basura en la zona.
- Ejecute las comprobaciones previas a la puesta en marcha de la maquinaria empaquetadora antes de empezar.
- Realice las comprobaciones previas a la puesta en marcha del montacargas antes de empezar.

El diagrama de flujo que reciben los operadores durante el cambio de turno mostrará el calendario de puesta en marcha de cada pieza de equipo. La extracción por solventes es el paso final del proceso de extracción de cobre y la extracción de metales preciosos es dependiente de la disponibilidad de la solución de lixiviación cargada en tanques o piscinas. La nave no puede funcionar sin el líquido lixiviado cargado concentrado.

4.2. Características del producto en etapa de término

Aspereza

La aspereza de la superficie chapada es una medida de la calidad del proceso de recubrimiento que también está relacionado con el brillo del depósito. Un depósito que tiene un acabado áspero, sin brillo o mate, en vez de brillante, es de baja calidad.

Dureza

La dureza de la galvanoplastia es una propiedad importante a controlar en aplicaciones donde se requiere un mínimo desgaste. Existen muchos métodos disponibles para pruebas de dureza, pero todos se hacen fuera de línea. La mayoría de las pruebas se realiza con indentadores de diferentes diseños. Los diferentes tipos son Brinell, Rockwell, Vickers, Solersoope, Knoop y Tukon. Se utiliza un indentador para formar una hendidura en el depósito a través de una fuerza conocida, y el tamaño de la hendidura se mide para determinar la dureza del material.

Se debe tener cuidado de asegurar que el tamaño de la hendidura es lo suficientemente pequeña como para no verse afectada por el espesor de la película o de los bordes de una estructura modelada que se utiliza para las mediciones.

Tensión de la película

La tensión de la película puede ser un parámetro muy importante para controlar debido a la posibilidad de que cause problemas en la pieza después del chapado o galvanoplastia. La tensión excesiva de la película puede crear problemas con la adherencia lo que lleva a la delaminación o puede causar grietas, o conducir a un decapado excesivo de la película cuando se expone a la química.

Chapado de celdas de ensayo para el monitoreo de la tensión.

La tensión de la película también se puede medir en la pieza después de que se produce el depósito de electrogalvanizado.

La tensión de la película también puede estimarse a partir de mediciones de XRD. Estas mediciones son esencialmente una medida de la deformación de los cristales individuales del depósito tomados de la medición de su parámetro de red, por lo que no pueden estar en correlación con la tensión global de la película medida usando el método de arco wafer o de la viga de flexión.

Granulometría

El tamaño del grano de una película electro depositada es importante en la determinación de las propiedades mecánicas del material. Por supuesto, el tamaño de grano se relaciona con la dureza del material. También se ha demostrado que el tamaño del grano de las películas de cobre galvanizadas tiene un fuerte impacto en la resistividad de estos depósitos. Ha habido bastante volumen de trabajo presente en la caracterización de los cambios de tamaño de grano que se producen en estas películas después de la deposición a temperatura ambiente o a temperaturas elevadas. Los cambios en el tamaño del grano se han relacionado con cambios en la resistencia, dureza, textura cristalina, y la incorporación en la película de aditivos orgánicos.

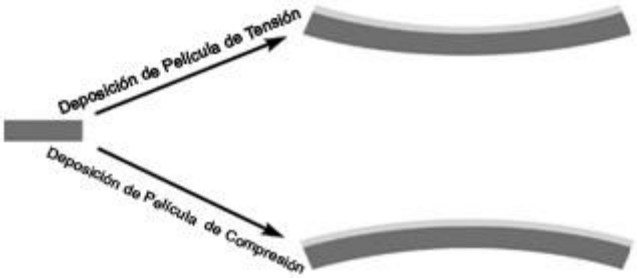


FIGURA 25.17 Efectos de Estrés en las Películas (Recubrimientos)

Figura 45

Sistema de enfriamiento

El agua sucia causará una formación rápida de incrustaciones en los pasos de agua y tubos de radiador, y 0,8 mm de sarro reducirán la cantidad de calor que pasa a través de una pared del cilindro.

El lavado regular de los sistemas de refrigeración es esencial y ha sido establecido incluso en las cartas de servicios. Este periodo se debe reducir acorde al agua dura o sucia. El lavado por sí solo no eliminará todos los depósitos y el sistema de refrigeración debe drenarse, enjuagarse y rellenarse con una solución aditiva de limpieza por dos días y luego escurrirse, enjuagarse y rellenarse con agua.

Actividad N° 5

Procedimientos de operación de cosecha de cátodos

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades:

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer el proceso y funcionamiento de la despegadora de cátodos.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor conocerán las principales características de los equipos y componentes del proceso de cosecha de cátodos. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la despegadora de cátodos y para esto observarán una serie de videos, que apoyarán los contenidos vistos en clases.

Materiales y recursos

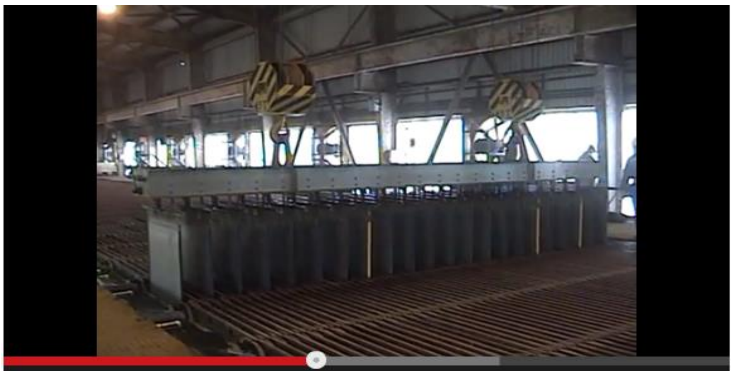
Recursos audiovisuales:

- Proceso de cosecha de cátodos: http://www.youtube.com/watch?v=j96euSkd9lQ
- Máquina despegadora de cátodos: http://www.youtube.com/watch?v=NT_WapER9nc
  https://www.youtube.com/watch?v=9n6iUN_wTIo
  Catálogo: Despegadora de cátodos BrochotLimpact

Desarrollo

El Instructor en base a su experiencia podrá guiar la observación de los videos sugeridos. Junto con la exhibición de estos, el instructor podrá solicitar a los participantes que se fijen atentamente en reconocer equipos como puente grúa, cátodos, ánodos, celdas de electro obtención, rectificador, despegadora de cátodos.

"Proceso de cosecha de cátodos"



"Máquina despegadora de cátodos 1"

"Máquina despegadora de cátodos 2"

El instructor podrá preguntar que realiza cada equipo y que identifique donde está el operador en el proceso mencionando los riesgos a los que se expone.

Se sugiere que el instructor adopte un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir de los recursos visuales y la conversación respecto a estos, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar, reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

El instructor luego de observar los videos y complementar la información con los contenidos vistos en clases **solicitará a los participantes que:**

Expliquen en sus propias palabras como se desarrolla la operación de despegue de cátodos.

Si el instructor considera relevante, se sugiere use el catalogo mencionado en los materiales para ayudar a los participantes a reconocer las características principales: materiales, capacidad de la máquina y dimensiones de las máquinas y dimensiones típicas de los ánodos, explicando que la dimensión del ánodo dará la dimensión del cátodo finalmente.

Cierre

El instructor podrá volver a repasar el proceso de cosecha de cátodos y en especial la operación del despegue de cátodos, recordando que la grúa deposita las placas con cátodos sin despegar en el transportador de entrada, que traslada cada placa hasta la entrada dela máquina. Allí, un manipulador robótico las desplaza a través de la estación de lavado, y luego las deposita en la estación de separación donde son flectadas y martilladas, separando los cátodos de la placa base.

5. Condiciones estándares de operación de equipos

5.1. Limpieza de placas

Placas de ánodo

Después de usarse durante 10-15 días en las celdas de electrólisis, se encontró que se formaron productos desconocidos como capas de descamación en la superficie como se muestra a continuación.

Se necesita limpiar para eliminar estas escamas de la superficie del ánodo cada 10-15 días. Esto se hace mediante el raspado de la superficie del ánodo.

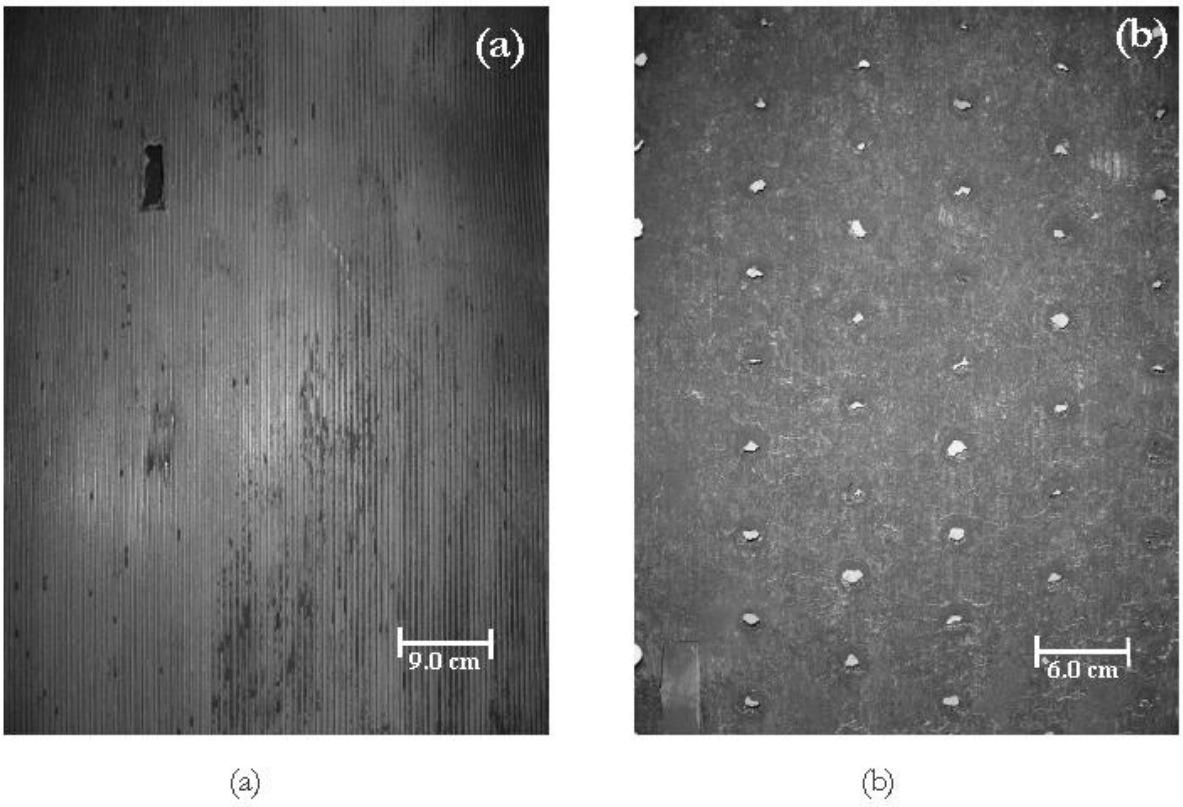


Figura 46

Placa de ánodo antes de usar

Placa de ánodo después de 15 días de uso de electro obtención

La eliminación del sarro de los ánodos debe cumplir con las políticas de la empresa, garantizando que se cumplen las leyes y normas ambientales y de residuos peligrosos.

Placas de Cátodos

Para eliminar el lodo de los cátodos, un operador puede pulverizar la placa con agua. Esto quitará cualquier lodo de la placa. Esto se hace cuando el cátodo está suspendido por encima del tanque de modo que el lodo pueda caer en el tanque.

Limpieza de una celda tanque

Residuos líquidos o lodo caerán a la parte inferior de una celda tanque. Antes de limpiar el lodo, es necesario detener el flujo de electrolito hacia el tanque.

Luego hay que vaciar la solución del tanque, al menos tres cuartas partes de la solución. La parte inferior de un tanque está inclinada, lo cual dirige el lodo a un área de colección. Un operador puede limpiar el lodo a distancia mediante el uso de un spray de agua o chorro de agua, lo que remueve el lodo y lo retira.

Este proceso de limpieza puede completarse con solución electrolítica activa en el tanque; el operador sumergirá la cabeza de la manguera de agua justo por debajo de la superficie de la solución y luego, pulverizará el lodo hacia fuera.

5.2. Control del funcionamiento de los equipos de la planta

Es importante que la maquinaria se mantenga en una condición mecánica segura. La seguridad del operador y la de otras personas en el área de operación es de suma importancia. Los altos costos para un empleador respecto de la sustitución de la maquinaria y la maquinaria en sí, que está inactiva debido a daños prevenibles, son también razones importantes para conservar la maquinaria en buen estado.

Las formas en que se puede garantizar la ausencia de desgaste excesivo y daños son a través de:

- Limpieza frecuente.
- Inspección y ejecución de trabajos de cuidado diario y periódico.

Cualquier defecto o daño debe ser reportado inmediatamente y las reparaciones llevadas a cabo con prontitud.

Los ajustes pueden requerir la acción de un operador senior de planta, operador de sala de control, operador de grúa o el operador de montacargas.

El monitoreo de la maquinaria de cosecha puede requerir:

- Respuesta a bloqueos u obstrucciones.
- Recolecciones de muestras.
- Registro de pesos y números de lote.
- Etiquetado de paquetes.
- Utilizar el computador de etiquetado para re-impresiones.
- Cambio manual de los pesos y números de paquetes.
- Informes de fin de turno.
- Operación manual del pesaje para imprimir etiqueta.
- Cambios de etiquetas y cintas.
- Rectificar problemas propuestos en el proceso de toma de muestras.

Monitoreo de los siguientes procesos y respuesta a las alarmas:

- Enzunchado.
- Muestreo.
- Pesaje.
- Identificación de fallas.
- Corrección de defectos y reconocimiento de la alarma.

Monitoreo y enzunchado de paquetes de metales preciosos según el procedimiento:

- Modo automático.
- Modo manual.
- Operar maquina enzunchadora manual.

Es importante obtener, revisar y entender los manuales de operación y procedimientos antes de trabajar en una nave de electro obtención.

5.3. Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados

Mantenimiento

- El mantenimiento regular asegurará que los equipos, bombas y sistemas están funcionando correctamente. También reducirá la probabilidad de falla, daño y retrasos en el lugar de trabajo, así como lesiones y accidentes.
- Inspeccione y supervise el equipo continuamente a medida que se utiliza para identificar los cambios en los sonidos de los equipos en funcionamiento, los cambios bruscos de temperatura del equipo, cambios en vibraciones y fugas.
- Las inspecciones deben incluir lecturas de medidores, medidores de flujo y otros indicadores, luces, sonidos y alarmas indicadoras.
- El equipo que está en uso constante o pesado, puede requerir un mantenimiento más frecuente.
- Asegúrese de sólo realizar mantenimiento dentro de sus capacidades. Ir más allá de lo que usted es capaz de llevar a cabo es peligroso para usted mismo, los demás y el equipo. Informe a su supervisor si el mantenimiento requerido no está dentro de su conjunto de habilidades para que pueda disponer de personal calificado para hacerlo. Antes de llevar a cabo el mantenimiento, asegúrese de que utiliza el EPP correcto y que ha colocado señalética de advertencia y barreras.
- Siempre mantenga el equipo de acuerdo con las instrucciones y especificaciones del fabricante.
- Asegúrese de:
    - Detener el equipo.
    - Aislar la fuente de energía.
    - Esperar a que la maquina se enfríe.

El mantenimiento general incluye:

- Operar el equipo en modo continuo por un tiempo para comprobar que funciona correctamente.
- Comprobar la temperatura de funcionamiento.
- Revisar la presión.
- Inspeccionar si hay fugas.
- Inspeccionar si hay grietas y corrosión.
- Revisar que los componentes estén ajustados y seguros en su lugar (es decir, tornillos, flanges, pernos, tapones). Apretar si es necesario.
- Revisar el lubricante, el líquido y los niveles de aceite. Vaciar, enjuagar y/o recargar.
- Comprobar que los tornillos del extremo líquido estén firmemente en su lugar.

Mantenimiento

- Para garantizar que el mantenimiento que ha realizado ha rectificado el problema, revise que el equipo tenga una operación estable después del mantenimiento. Utilice el equipo de modo continuo durante un tiempo para comprobar su rendimiento.
- Para ser un buen operador es importante estar familiarizado con el equipo que opera.
- Siempre busque ruidos, olores y vibraciones diferentes en las máquinas.
- Note cómo funciona el equipo. Si actúa de forma diferente o se ve lento, eche un buen vistazo antes de apagarlo e inspeccionar más a fondo. Y siempre, notifique a su supervisor.

Limpieza

- La maquinaria, equipos y herramientas se deben mantener, reparar y limpiar de acuerdo con las especificaciones e instrucciones del fabricante para asegurar su uso seguro y eficaz.
- Limpie la maquinaria y el equipo.
- Elimine el polvo y la suciedad.
- Asegúrese de que todas las partes trabajen de manera correcta.
- Compruebe si hay componentes sueltos.
- Ajuste los componentes.
- Verifique la lubricación.
- Aceite las herramientas si es necesario.
- Cambie y sustituya todas las piezas dañadas y desgastadas.
- Elimine correctamente los residuos, materiales usados y sin usar, y los productos químicos.
- No modifique la maquinaria, equipos y herramientas.
- Almacenamiento - Equipos, Herramientas y Materiales.
- Coloque el equipo, herramientas y materiales en el lugar correcto, alejados del clima y

levantados del piso. Esto asegurará que el equipo es fácil de ubicar, no está dañado y está listo para su uso cuando se necesita.

- Los productos químicos peligrosos y los materiales peligrosos deben almacenarse según las instrucciones del fabricante, las Normas de Seguridad para el Manejo de Materiales Peligrosos, y la información proporcionada en la Hoja de Datos de Seguridad del Material.
- Asegúrese de almacenar los productos químicos peligrosos y los materiales peligrosas de una manera segura, en las estanterías adecuadas, en un lugar alto y no cerca de sustancias incompatibles Asegúrese de que estos productos no se almacenen cerca de material inflamable.

Check list (lista de verificación) diario de la nave

	SÍ	No
¿Están los pasillos y corredores limpios y secos?		
¿Fue lavado el piso?		
¿Todos los derrames fueron limpiados inmediatamente?		
¿Están todos los pasillos y rutas de salida libres de obstáculos?		
¿Los empleados usan ropa de protección para evitar el contacto de la piel con sustancias corrosivas?		
¿Se suministró protección auditiva y esta se utiliza en condiciones de ruido?		
¿Se usa la protección de los ojos donde hay peligro de salpicaduras?		
¿Se desaconseja enérgicamente el fumar en el área de trabajo y está prohibido hacerlo cerca de los tanques de galvanoplastia?		
¿Se llevó a cabo el monitoreo del aire de manera adecuada cuando es necesario?		
¿Están operativas las instalaciones de lavado de emergencia?		

Checklist (lista de verificación) semanal de la nave

	SÍ	No
¿Están cubiertos los agujeros del suelo, como los desagües por ejemplo?		
¿Fueron instruidos todos los empleados que trabajan cerca de los tanques sobre los peligros pertinentes y las prácticas seguras?		
¿Se proporciona el equipo de protección personal adecuado?		

¿La ventilación de los tanques de superficie abierta funciona correctamente?		
¿Está minimizada la exposición de los empleados a sustancias peligrosas?		
¿Todos los recipientes - cubas, tambores, tanques de almacenamiento, etc. tienen una etiqueta legible indicando su contenido?		
¿Están los cianuros almacenados lejos de cualquier posible contacto con los ácidos?		
¿Se usan bombas de tambor, siempre que sea posible, para transferir líquidos?		
¿Los respiradores utilizados son del tipo correcto para el peligro?		
¿Se mantienen los respiradores cerca de todos los procesos en los que puedan necesitarse?		
¿Están limpios los comedores y los baños?		
¿Está seguro y protegido todo el equipo eléctrico?		
¿Fueron reparados o reemplazados los cables expuestos, cables deshilachados, y la aislación deteriorada?		
¿Están los extintores disponibles y accesibles?		
¿Los guantes son personalizados?		
¿Hay almacenamiento disponible para los guantes y respirador de cada trabajador?		
¿Las conexiones de las mangueras de los tanques de galvanoplastia son seguras?		

Checklist (lista de verificación) anual de la nave

	SÍ	No
¿Se han efectuado las verificaciones semanales?		
¿Están los pasillos permanentes debidamente marcados?		
¿En superficies mojadas, se proveen pasarelas o se usan materiales anti-deslizantes?		
¿Está la administración al tanto de los riesgos que presentan las sustancias utilizadas en el lugar de trabajo?		
¿Han sido instruidos los empleados en prácticas de trabajo seguras?		

¿Existen procedimientos para derrames y hay números de teléfono de emergencia puestos en la pared o pizarra de anuncios para facilitar su consulta?		
¿Han sido instruidos los empleados en los procedimientos de primeros auxilios de emergencia para todas las intoxicaciones posibles?		
¿Hay algún medio para enjuagarse inmediatamente los ojos en áreas donde puedan producirse salpicaduras de ácido o alcalinos?		
¿Hay fuentes de agua disponibles para el enjuague rápido donde se utilizan materiales corrosivos?		
¿Hay al menos un empleado por turno calificado como socorrista o en primeros auxilios?		
¿Están los artículos de primeros auxilios fácilmente disponibles, inspeccionados y mantenidos?		
¿Hay personal médico disponible para el asesoramiento y consulta en materia de salud de los empleados?		
¿Se les realizan chequeos médicos periódicos a los empleados que participan en galvanoplastia?		
¿Se han medido los niveles de ruido cuando hay un problema de ruido sospechoso?		
Si los controles de ingeniería no pueden reducir el ruido a niveles seguros, ¿se ha hecho un intento de limitar la exposición de los empleados?		
¿Las cajas de empalme, interruptores y conexiones eléctricas cumplen con las normas eléctricas vigentes?		
¿Están los extintores completamente cargados y guardados en lugares bien señalizados?		
¿Es suficiente la iluminación para iluminar detalles en el proceso de recubrimiento, la contaminación en las superficies y los riesgos de caídas en el suelo?		
¿Todos los empleados tienen acceso a las HDS, a estas guías y cualquier otra información de seguridad relevante?		
¿Ha considerado, en su caso de acción apropiada, todas las sugerencias hechas para mejorar la seguridad del entorno de trabajo?		
¿Se han recibido las normas de operación en materia de seguridad?		

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200

www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD