



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTTLAN**

**" MANUAL DE OPERACION DE UNA REFINERIA
ELECTROLITICA DE COBRE "**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :**

ARMANDO ENRIQUE CARRANZA ALCANTARA

ASESOR : I.Q.M. RAFAEL SAMPERE MORALES

ASESOR EXT.: ING. JUAN CARLOS, DELGADO GONZALEZ

CUAUTTLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M. -
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos 1ª TESIS:

Manual de Operación de una Refinería electrolítica de cobre.
(Revisión Bibliografica)

que presenta el pasante: Armando Enrique Carranza Alcántara.
con número de cuenta: 8140242-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 4 de Septiembre de 1997.

PRESIDENTE	I. O. I. Alvaro Leo Ramirez.	
VOCAL	I. O. M. Rafael Sampere Morales.	
SECRETARIO	Dr. Adolfo Obaya Valdivia.	
PRIMER SUPLENTE	M. en C. Eligio Pastor Bayero	
SEGUNDO SUPLENTE	I. O. Ma. de Jesús Cruz Osfere.	

**DEDICO ESTE TRABAJO ESPECIALMENTE CON RESPETO Y CON MUCHO AMOR,
A LAS DOS PERSONAS QUE ME DIERON EL SER , Y QUE SON LO MAS
IMPORTANTE DE MI VIDA...**

A MIS PADRES.

AGRADECIMIENTOS.

A mi padre, Hector Carranza Herrera, por ser para mi y toda mi familia, un ejemplo de tenacidad y responsabilidad.

A mi madre, Guadalupe Alcántara Jasso, por el amor y apoyo incondicional que me ha brindado hoy y siempre, y por ser parte fundamental de mi desarrollo como persona, enseñándome los valores mas bellos de la vida.

A mis hermanos, Hector, Patricia, Salvador, Guadalupe, Angel, Esperanza y Adrián, por todos los momentos que hemos compartido juntos, y por alentarme a seguir adelante, siempre con tanto amor.

A mis sobrinos, Nancy, Ulises, Alberto, Jessica, Jennifer, Michelle, Eduardo, Mariana y Vanessa, quien con su inocencia y ternura han sido la fuente de inspiración que me ha motivado a finalizar este trabajo, por compartir todos los momentos mas especiales siempre con una sonrisa.

A toda mi familia, por estar siempre conmigo y por el apoyo que me han brindado cuando los he necesitado.

A la sra. Carmen Fabila Martínez, por estar siempre al pendiente de mi y de mi familia.

A mi novia, Verónica Mercado Fabila, quien con su cariño y ternura, ha estado junto a mi en todo momento, impulsándome para lograr una de las metas mas importantes de mi vida gracias.

A mis cuñados, por el apoyo que me han brindado para la realización de este trabajo, especialmente a Angel Alberto Flores Cuervo.

Al Ing. Everardo Murga Monarrez, por ayudarme siempre que lo necesite, por sus conocimientos y apoyo incondicional.

A mi asesor de tesis, Ing. Rafael Sampere Morales, por compartir conmigo sus conocimientos, los cuales fueron de gran utilidad para la realización de esta tesis.

Como agradecimiento especial, a mi asesor externo Ing. Juan Carlos Delgado González, que por su tenacidad, responsabilidad y sencillez, me ha motivado a realizar este trabajo, que sin su ayuda, no hubiese sido posible realizarlo. Mil gracias.

A mis compañeros y amigos, que han seguido de cerca la terminación de mi carrera y mi tesis.

Y en general, a todas las personas que han contribuido para que yo halla realizado uno de mis grandes anhelos.

A TODOS USTEDES, MIL GRACIAS.

INDICE

MANUAL DE OPERACION DE UNA REFINERIA ELECTROLITICA DE COBRE.

OBJETIVO GENERAL

INTRODUCCION.

CAPITULO I.

DESCRIPCION DE PROCESO.

- 1.- PLANTA DE FUNDICION
- 2.- PLANTA ELECTROLITICA
- 3.- PLANTA DE ALAMBRO.

CAPITULO II.

ELECTROLISIS DE COBRE.

1. ELECTROLISIS DE COBRE
2. TIPOS DE CELDAS
3. PROCESO DE ELECTRODEPOSICION DE COBRE

A. LEYES DE FARADAY.

CAPITULO III.

PROCEDIMIENTOS DE OPERACION.

1. EFICIENCIA DE CORRIENTE
2. MANEJO Y CIRCULACION DE ELECTROLITO
3. ADITIVOS
4. PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ANODICOS
5. FILTROS HORIZONTALES.
6. RECTIFICADOR.
7. MAQUINAS.

RESULTADOS.

CONCLUSIONES.

GLOSARIO.

BIBLIOGRAFIA.

MANUAL DE OPERACION DE UNA REFINERIA ELECTROLITICA DE COBRE

OBJETIVOS.

- ELABORACION DE UN MANUAL DE OPERACIONES PARA UNA REFINERIA DE COBRE ELECTROLITICO DEL TIPO ANODO SOLUBLE

- CONFIRMACION Y ACTUALIZACION DE METODOS Y PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS CON LA FINALIDAD DE ESTANDARIZAR LAS OPERACIONES DE LA PLANTA Y UNIFICACION DE CRITERIOS.

- FUENTE DE INFORMACION BASICA Y ESTRATEGICA PARA CAPACITACION DEL PERSONAL DE OPERACION DE LA PLANTA Y SUPERVISION EN GENERAL.

- COMPENDIO DE PROCEDIMIENTOS NECESARIOS PARA OBTENER REGISTRO ISO 9000 A NIVEL MUNDIAL.

MANUAL DE OPERACION DE UNA REFINERIA ELECTROLITICA DE COBRE.

I. INTRODUCCION.

El propósito de realizar este trabajo surge por la necesidad de desarrollar todos los procedimientos inherentes al proceso electrolítico con la finalidad de homogeneizar la información y unificar criterios de operación para que exista un adecuado manejo de los equipos de proceso y saber desempeñar de la mejor manera posible las funciones dentro de la planta.

Es importante señalar que tanto el personal de supervisión como el personal de operación deben de entender, interpretar, y ejecutar al pie de la letra la serie de procedimientos de cada una de las operaciones de la planta para que se logren resultados favorables tanto en la eficiencia de corriente como en la obtención del producto terminado.

Este manual de operación trata de explicar en una forma sencilla y clara los procedimientos básicos de operación de la planta, tales como: la eficiencia de corriente, el manejo y control de electrolito que fluye en las celdas de proceso, el efecto de los aditivos en el sistema, el tratamiento que se efectúa a los lodos anódicos que se obtienen en el sistema, la función de los filtros horizontales para la circulación del electrolito, la función primordial que juegan las máquinas de proceso y la importancia del suministro de corriente directa en el circuito de celdas.

Esta refinería inicio sus operaciones en el mes de junio de 1991 y hasta la fecha se han llevado a cabo una serie de modificaciones tanto en los equipos de proceso como en los procedimientos de operación, en los cuales el personal de supervisión y operación han sabido asimilar para llevarlos a cabo detalladamente, y éstos a la vez, impacten directamente en la producción de la planta.

Este manual tiene como finalidad ser una fuente de consulta e información básica para capacitación del personal de operación de la planta electrolítica (incluyendo la planta de tratamiento de lodos anódicos). Se pretende que el personal de operación sea capaz de entender en una forma sencilla y clara los procedimientos de operación implementados en la planta.

Es importante destacar que cuando no se comprenda alguno de los puntos de operación de la planta, se consulte inmediatamente con los supervisores, ya que al incurrir en cualquier anomalía en el sistema, podría

ocasionar una serie de desequilibrios en el mismo que pudiera ser difícil de controlar y eliminar, si no se detecta y corrige inmediatamente.

Por tanto, en este trabajo se llevará a cabo un estudio generalizado, claro y sencillo, de los procedimientos de operación de una refinería electrolítica de cobre del tipo ánodo soluble para capacitación y fuente de información del personal de operación.

Finalmente, este trabajo servirá como soporte para la obtención del registro internacional ISO 9000.

CAPITULO I

CAPITULO I.

MANUAL DE OPERACION DE UNA REFINERIA ELECTROLITICA DE COBRE.

I. DESCRIPCION DEL PROCESO.

Cobre de pastejé es una refinería electrolítica de cobre, ubicada en la parte sur del complejo industrial IUSA, Industrias Unidas, a 40 km. aproximadamente de la Cd. de Toluca, en lo que comprende la periferia del casco de pastejé.

Siende la segunda en su genero en el país y la primera en cuanto a su avanzada tecnología, la refinería tiene como objetivo principal la producción de cobre electrolítico de alta pureza (99.997%), el cual se suministra a las diferentes plantas del complejo para la elaboración de productos terminados, tales como: conductores, conexiones (codos, tes, coples, válvulas) tuberías, etc., contribuyendo así a satisfacer la demanda nacional.

La refinería, constituida en su mayoría por tecnología Japonesa, Italiana y Nacional, tiene una capacidad instalada de 67,000 ton/año de cobre catódico.

La integración del proceso comprende las siguientes áreas de interés:

- 1.- Planta de fundición
- 2.- Planta electrolítica
- 3.- Planta de alambión.

1. PLANTA DE FUNDICION.

Como materia prima básica para el proceso se tiene el cobre ampollado llamado "blister", la chatarra de cobre reciclable en sus distintas formas, y el scrap de ánodos (desperdicio) que se recicla del proceso electrolítico.

El cobre blister contiene muchas impurezas, las cuales perjudican el proceso de refinación electrolítica de este metal; por lo tanto, es necesario su eliminación previa. Puede contener la siguiente composición típica:

ELEMENTO	UNIDAD	CONCENTRACION
cobre	: %	97.99%
plata	:g/ton	120-1000 g/ton
oro	:g/ton	0-3.0 g/ton
azufre	: %	0.1-1.0%
arsénico	: %	0-0.2%
antimonio	: %	0.01-0.2%
plomo	: %	0.05-0.2%
níquel	: %	0.01-0.1%
zinc	: %	0.00-0.02%
hierro	: %	0.005-0.3%
selenio	: %	0.001-0.01%

El proceso se inicia con el pesaje y el registro del blister, scrap y chatarra, los cuales se cargan a los hornos de reverberos para su fusión a fuego a través del método de óxido - reducción. Los hornos cuentan con una capacidad instalada de 120 ton/día con 2 quemadores de gas por horno, lo cual permite tener ciclos de refinación en 24 horas.

El proceso de refinación consiste en la oxidación de las impurezas presentes en el cobre blister las cuales flotan en el baño por diferencia de densidades y son removidas manualmente, permaneciendo en el baño oro, plata, telurio, selenio, entre otros.

El mecanismo de oxidación de las impurezas que tienen mayor afinidad por el oxígeno que el cobre se pueden representar según las siguientes reacciones:

- Inicialmente se oxida el cobre :



El óxido de cobre Cu_2O , disuelto en el baño metálico (6-10% Cu_2O), reacciona con las impurezas según la reacción:

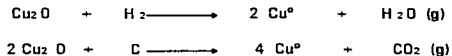


Donde: [] baño
() escoria
Me impureza

De esta manera, el cobre se encuentra en el baño en forma de Cu_2O , el cual suministra oxígeno a las impurezas metálicas Me y las oxida.

El óxido de la impureza (MeO) no se disuelve y flota en la superficie del baño formando la escoria. Al final de la oxidación, el baño queda libre de escoria, saturado de óxido de cobre y con cierta cantidad de bióxido de azufre disuelto. Posteriormente tiene lugar la operación de desoxidación cuya finalidad es reducir el óxido de cobre Cu_2O y remover el bióxido de azufre SO_2 .

Esto se hace por medio de la operación de pertigado (poiling), introduciendo al baño troncos de madera verde después de retirar la escoria. La madera se destila y expulsa los gases que agitan el baño, reducen el Cu_2O y remueven el SO_2 . En esta operación se efectúan, entre otras, las siguientes reacciones:



El contenido de oxígeno resulta ser de 0.02%. La agitación intensa del baño durante la operación de pertigado favorece las condiciones para remover el SO_2 de diferentes partes del baño. Para esto, la reducción con carbón de madera, que no tiene azufre, produce buenos resultados.

El final de la reducción se controla mediante la toma de muestra cuya fractura presenta lustre metálico color rosado y aspecto sedoso con cristales finamente radiantes, además del análisis de oxígeno (menor a 0.10%) y azufre (menor a 150 ppm).

Una vez cumplidas las etapas de óxido - reducción, se efectúa el proceso de moldeo a una temperatura entre $1160^\circ - 1170^\circ \text{C}$. La instalación esta equipada con una rueda de colar para 24 moldes, que esta sincronizada automáticamente y en conjunto con los sistemas de pesaje, vaciado, enfriamiento, cadena transportadora y aplicador de barita. Este último se utiliza con el fin de tener una capa de sulfato de bario en forma de lechada y evitar así que se adhiera el metal al molde e incrementar su vida útil.

El moldeo tiene como función obtener ánodos de calidad bien dimensionados para ser empleados en el proceso electrolítico.

La capacidad de moldeo es de 50 Ton/Hr. Los ánodos son acomodados ordenadamente para su inspección antes de pasar a las cubas electrolíticas.

El peso promedio de los ánodos es de 330 kg., con una ley de 99.5% de cobre. Tanto mayor sea la pureza del ánodo, tanto mas fácil y económico será el proceso de refinación electrolítica.

2. PLANTA ELECTROLITICA.

Esta planta tiene una capacidad instalada de 5,600 ton. mensuales de cobre catódico y consta de las siguientes áreas de interés:

- A. Máquinas
- B. Celdas electrolíticas
- C. Circulación y manejo de electrolito
- D. Grúa viajera
- E. Rectificador.

Los ánodos provenientes de fundición actúan en la celda electrolítica como ánodo soluble, y los cátodos son láminas delgadas del mismo metal y son conocidas como hojas iniciadoras. Ambos electrodos se sumergen en una solución acuosa con sales del metal por refinar (CuSO_4 y H_2SO_4).

Los ánodos son transportados a través de una maquina preparadora de ánodos, en la cual se les aplica un cepillado mecánico a las partes que tendrán contacto directo en la celda (las orejas), y son acomodados en forma equidistante a 10 cm cada uno hasta completar grupos de 55 piezas.

En forma alternada, se cuenta con un banco de celdas (sección) destinada a matrices o formación de la hoja iniciadora, en la cual el ánodo es de cobre y el cátodo es de placa de acero inoxidable con barra de cobre sólida. Aproximadamente cada 20 horas se obtiene 1540 hojas iniciadoras con un peso aproximado de 5.5 kg. en promedio, de las cuales de obtendrá el cátodo comercial.

De las hojas iniciadoras se efectúan recortes para la elaboración de las orejas que sostendrán al cátodo. Esto se lleva a cabo en la maquina cortadora de orejas, que cuenta con cajones especiales donde se acomodan las orejas recortadas y quedan listas para utilizarse.

Los cajones de las orejas son transportados con la grúa viajera y colocados en la máquina preparadora de hojas. También se desforran las hojas de la sección de matrices acomodándose en cajones para ser transportadas a esta máquina.

Paralela a la máquina de hojas iniciadoras esta la máquina transportadora de barras, la cual en una forma sincronizada, proporciona la barra para formar el cátodo comercial.

En la preparación del cátodo comercial intervienen 3 elementos básicos: las orejas, las barras, y las hojas iniciadoras. Se conjuntan en una unidad de remachado mecánico para ser agrupadas como cátodo inicial y ordenándolos en forma equidistante cada 10 cm en grupos de 56 piezas.

En las celdas, tanto el ánodo como el cátodo se sumergen en una solución acuosa formada por sales de cobre, sulfato, iones hidronio (CuSO_4 , H_2SO_4) y otros elementos provenientes de las impurezas del ánodo formando la solución electrolítica.

Los metales con potencial mas electropositivo que el cobre no se disuelven en el electrolito (Ag, Au, Te, Se) y caen al fondo de la celda precipitándose en forma de lodos anódicos.

Los metales con potencial mas electronegativo que el cobre (Ni, Co, Fe, Zn, Pb, y Sn) pasan fácilmente a la solución; pero debido a la baja tensión de la celda y a la pequeña concentración de dichas impurezas no se depositan sobre el cátodo.

Las impurezas mas perjudiciales son las que tienen un potencial muy cercano al del cobre, tal es el caso del arsénico, antimonio y bismuto.

En cuanto al manejo del electrolito, éste se recircula constantemente por todo el circuito de celdas para mantener homogénea la concentración en todos los puntos de las celdas. Esto se lleva a cabo a través de un sistema de bombeo del tanque de circulación general hacia una red de intercambiadores de calor, pasando en seguida a un tanque cabeza el cual, por gravedad distribuye el electrolito a las celdas con un flujo de 30 lts/min. a una temperatura de 60 ° C.

El electrolito contiene un promedio de 40-45 gr./lt de Cu^{++} y de 180-190 gr/lt/de H^+ libre

El sulfato de cobre ($CuSO_4$) constituye el principal componente del proceso. La presencia de H_2SO_4 libre mejora la conductividad del electrolito y la disolución de los ánodos.

En el circuito del electrolito se prevé la adición de sustancias coloidales orgánicas en pequeñas cantidades, tales como : cola, thiurea y avitone (M .R.) que mejoran y ayudan a controlar la calidad de la superficie de los cátodos.

Los parámetros básicos de control del proceso son : eficiencia de corriente y consumo de energía, por lo tanto, el personal de operaciones de la refinería limpia periódicamente los contactos eléctricos (barras de cobre de las celdas), verifican y eliminan los cortos circuitos existentes en las celdas, checan con voltmetro y gaussmetro el buen funcionamiento de la electrólisis y corrigen cualquier anomalía que interfiera para una buena eficiencia de corriente en el sistema.

La planta electrolítica cuenta con 20 bancos de celdas (secciones) formados de 14 celdas cada uno, dentro de los cuales se sumergen 55 ánodos y 56 cátodos. Los ánodos tienen un promedio de vida útil de 22 días y el cátodo de 11 días. Se obtienen 2 cosechas de cátodo comercial por cada carga de ánodos.

El cátodo, después de cumplir se ciclo de 11 días, es transportado por la grúa viajera hasta la máquina lavadora de cátodo, en la cual pasa a través de unas espreas que inyectan agua caliente a $55^{\circ}C$ y vapor saturado para eliminar las partículas de sulfato remanente en la superficie de los mismos.

En esta máquina, por medios mecánicos, se les retira la barra portacátodo, saliendo los cátodos en grupos de 18 - 19 piezas, de ahí, pasan directos a pesaje y se estiban, listos para su embarque. El peso promedio de cada cátodo es de 140 Kg.

El ánodo, después de cumplir su ciclo de 22 días, es transportado por la grúa viajera a la máquina lavadora de scrap. Al igual que el cátodo, pasa a través de espreas que con agua caliente y vapor retiran el lodo anódico impregnado en la superficie. Estos ánodos son agrupados en paquetes de 18 piezas y son enviados a fundición para su reciclaje y recuperación. El peso promedio de cada pieza es de 45 Kg.

El lodo anódico que se acumula en el fondo de las celdas es removido cada vez que el ánodo cumple su ciclo de vida. Esto se realiza por un sistema de bombeo enviándose a la planta de lodos. Aquí se recupera el cobre que va atrapado en forma de compuestos o ligas químicas a través de oxidadores, en los cuales se efectúa una lixiviación ácida en caliente separando el cobre, el cual pasa a solución. El lodo conteniendo valores se filtra y centrifuga para ser secado y envasado en recipientes metálicos.

La producción de lodos secos se acumula hasta formar lotes de cierto tonelaje para ser vendidos a las refinerías de oro y plata.

El suministro de corriente directa para el proceso es por medio de un rectificador del tipo tiristores con capacidad de 28000 amperes y 106.0 volts., teniendo instalados sistemas de enfriamiento para aceite y tiristores en circuito cerrado.

La distribución de corriente es en serie y por medio de un sistema de barras (bus-bar), teniendo la alternativa de puentear cualquier sección por medio de interruptores de corta-circuito para realizar movimientos de carga y descarga en las celdas.

La grúa viajera es, por mucho, el componente principal para efectuar movimientos diversos de ánodo cátodo, hoja iniciadora, scrap, matrices, barras, orejas, cajones, etc.

Tiene una capacidad de carga de 26.8 ton. y un gancho auxiliar para 5 ton. Además, esta equipada con un gancho principal que permite realizar movimientos de carga para 1 celda completa y 14 ganchos individuales para corrección de cortos-circuitos en el cátodo.

3. PLANTA DE ALAMBRO.

Esta planta tiene una capacidad instalada de 7 ton/hr. de alambro electrolítico con un diámetro nominal de 8.0 mm. Consta de las siguientes áreas:

1. Fundición
2. Vaciado
3. Laminación
4. Templado (quenching)
5. Embobinado.

La planta opera continuamente obteniendo la producción de alambón deseada dependiendo de las necesidades requeridas en las plantas del complejo (planta de conductores).

Inicialmente se coloca el cobre catódico procedente de la planta electrolítica ordenándolo en bases para ser transportados y cargados a el horno vertical tipo flecha, en el cual se inicia el proceso de fundición. Este horno tiene una capacidad instalada de 15 ton/hr. y es cargado en forma constante con una máquina cargadora de cátodo. La fusión del horno no es retenida en el mismo, es decir, así como va fundiendo el cobre, lo va vaciando automáticamente hacia el horno de retención, alcanzando una temperatura aproximada de 1200° C.

Posteriormente el cobre fundido en el horno tipo flecha pasa a través de una canaleta que une a este horno con el horno de retención (holding), cuya función principal es la de mantener el cobre fundido del horno vertical, teniendo una temperatura de bóveda de 1200° - 1220° C. Posteriormente, el cobre líquido es transportado por medio de una canaleta hacia la cuchara de vaciado (tundish).

El sistema de vaciado comprende 2 áreas de interés:

- a) Cuchara de vaciado (Tundish)
- b) Rueda de colar.

La cuchara de vaciado es un recipiente que recibe el cobre líquido del horno de retención para depositarlo en la rueda de colar. Tiene una capacidad de almacenamiento de cobre de 400 ± 10 kg. y gobierna automáticamente al horno de retención por medio de una celda de carga, es decir, el horno de retención envía automáticamente cobre líquido hacia la cuchara de vaciado manteniendo la capacidad de carga constante.

La rueda de colar es, uno de los equipos principales en la obtención del alambón. la rueda es un dispositivo o molde en el cual se deposita el cobre líquido de la cuchara de vaciado y solidifica el cobre por medio de un sistema de enfriamiento (con agua de proceso), mandando la barra a una temperatura de 790 ± 10 ° C. detectada por medio de un pirómetro intermedio entre la rueda y el laminador. Antes de pasar la barra al laminador, pasa por un mecanismo de cepillado y rasurado para eliminar las ojuelas metálicas que traen consigo la barra al salir de la rueda de colar.

En seguida, la barra pasa a un laminador, en el cual se realiza el proceso de laminación del alambón por medio de 10 pasos (stands) debidamente calibrados para darle el diámetro nominal al alambón. En el laminador se emplea una emulsión para lubricar y refrigerar el proceso (la solución emulsificante esta recirculando constantemente por un sistema de bombeo). En el laminador se obtiene el alambón con un diámetro de 8.0 mm.

Cuando sale el alambón del laminador, éste pasa a un sistema de enfriamiento y decapado (quenching) empleando para esto una solución de agua suave y alcohol isopropílico al 4.5 % en volumen.

Después de pasar el alambón por el quenching, éste pasa por un sistema de secado con aire y encerado; se le aplica un recubrimiento de cera al alambón con la finalidad de protegerlo de la intemperie (oxidación) y para darle brillantéz a la superficie del mismo.

El alambón, ya seco y encerado, pasa a una enrolladora de vueltas, la cual va formando bobinas y las deposita en unas canastas rotatorias, debidamente calibradas, para dar el peso requerido de las mismas. Una vez obtenida la bobina, es retirada de la canasta rotatoria por medio de un montacargas y es estibada para embarque.

En esta planta se realizan pruebas de laboratorio como son: resistencia a la torsión, elongación, contenido de oxígeno (reportado en ppm), entre otras.

El alambón es enviado a las plantas del complejo para la elaboración de productos tales como conductores eléctricos de distintos calibres.

CAPITULO II.

CAPITULO II.

II. ELECTROLISIS DEL COBRE.

1. ELECTROLISIS DEL COBRE

La electrólisis es una parte de la química que se encarga de la transferencia de iones metálicos entre electrodos cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de una solución acuosa conductora llamada electrolito.

Los componentes principales que constituyen el proceso de electrólisis son :

- Celda Electrolytica : Recipiente que contiene electrodos metálicos sumergidos en una solución acuosa fuertemente ácida o electrolito; dichos electrodos están conectados a una fuente de suministro de corriente directa o rectificador.

- Electrolito: Es una solución acuosa conductora de electricidad, que contiene iones en solución (Cu^{++} , H^+ , SO_4^- , etc.) la cual favorece la electrodeposición del metal en el cátodo.

- Ánodo : Es el electrodo cargado positivamente (+). En la electrólisis, es el electrodo en el cual son depositados los aniones (-) ocurren reacciones de oxidación. Los ánodos empleados en la electrólisis del cobre trabajan como ánodos solubles, es decir, los iones de cobre del electrolito se depositan en el cátodo y el cobre despreñado del ánodo pasa a la solución.

- Cátodo : Es el electrodo cargado negativamente (-). En la electrólisis, es el electrodo en el cual se depositan los cationes (+) ocurren reacciones de reducción. El cátodo en la electrólisis del cobre es una lámina delgada de cobre en la cual se depositan los iones de cobre de la solución.

- C.D. : Corriente directa usada en el fenómeno de electrólisis (las fuentes de poder son baterías o rectificadores, los cuales convierten la corriente alterna en corriente directa).

2. TIPOS DE CELDAS.

Hay 2 tipos de celdas comúnmente encontradas:

- a) Celdas galvánicas
- b) Celdas electrolíticas.

Las celdas galvánicas son aquellas en las cuales la energía química se transforma en energía eléctrica.

Las celdas electrolíticas son aquellas en las cuales la energía eléctrica es transformada en energía química.

CELDA ELECTROLITICA.

Se presenta un esquema de una celda electrolítica : (fig.2.1.)

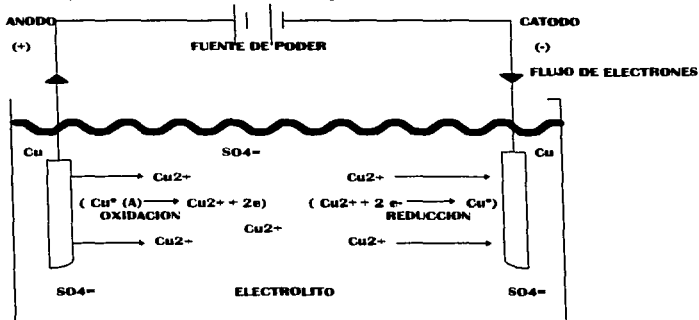


Fig. 2.1.- Elementos que constituyen la celda electrolítica

Una fuente de poder eléctrica puede ser disponible para forzar las reacciones que ocurren, ya que no son espontáneas por ellas mismas.

El ánodo en la celda electrolítica es positivo (+) y la reacción que ocurre es la de oxidación.

El cátodo en la celda electrolítica es negativo (-) y la reacción que ocurre es la de reducción.

3. PROCESO DE ELECTRODEPOSICIÓN DE COBRE.

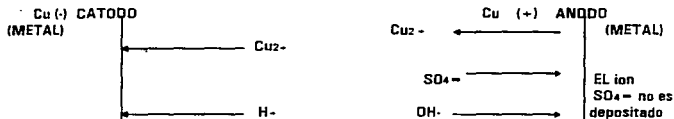
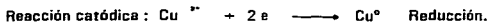
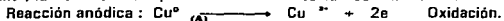


Fig. 3.1.- Proceso de electrodeposición de cobre

En una celda electrolítica, bajo la influencia de un potencial aplicado entre 2 electrodos sumergidos en la solución (potencial de celda), los iones cargados positivamente emigrarán hacia el cátodo o electrodo negativo, y los iones cargados negativamente emigrarán hacia el ánodo o electrodo positivo.

En el proceso de electrólisis del cobre, el ánodo que se emplea es de cobre y es soluble, el cátodo empleado es una lámina de cobre anteriormente refinado.

Por tanto, las 2 reacciones predominante en la celda electrolítica son :



LEYES DE FARADAY

Los fundamentos de la electrólisis fueron investigados por Faraday, que estableció la relación entre la cantidad de electricidad que fluye y la cantidad de material liberado. Formuló 2 importantes principios, los cuales son:

1) La cantidad de descomposición electroquímica en un electrodo es proporcional a la cantidad de electricidad (coulombs) que pasa a través del circuito. En otras palabras, el peso (w) del metal depositado es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por el circuito (corriente (i) x tiempo (seg)).

2) La cantidad de diferentes sustancias producidas por la misma cantidad de electricidad será proporcional a sus pesos equivalentes. En otras palabras, para la misma cantidad de corriente (i), el peso del metal depositado es proporcional a su equivalente químico (asumiendo una eficiencia de corriente del 100%).

Un equivalente de alguna sustancia será liberado (oxidado o reducido) por un faraday, f, el cual es igual 96,500 coulombs. así :

$$W_t = \frac{E \cdot I \cdot t}{96500}$$

Donde :

W = Peso del metal liberado (gramos)

t = Peso equivalente de metal liberado
(peso atómico/valencia).

I = Intensidad de corriente (amperes).

t = Tiempo (seg).

Otro término algunas veces usado es el equivalente electroquímico (la cantidad de material liberado por 1 coulomb).

Para calcular el equivalente electroquímico del cobre, se asume que 1 amp/hr es un amper que fluye en 3600 sec. Entonces:

Donde:

$$E_q = \frac{N \cdot t}{96500} \quad \begin{array}{l} N: \text{Peso equivalente del cobre} \\ t: \text{tiempo (seg).} \end{array}$$

$$E_q = \frac{(31.75 \text{ g/p.eq.}) (3600 \text{ seg/hr})}{96500 \text{ amp/p.eq.} \cdot \text{seg}}$$

$$E_q = 1.185 \text{ g cu / amp-hr.} \quad \begin{array}{l} \text{Equivalente electroquímico} \\ \text{del cobre.} \end{array}$$

Por lo tanto, sustituyendo este valor en la ecuación de la ley de faraday, queda:

$$W_t = E_q \cdot I \cdot t$$

Se presenta un ejemplo de la aplicación de estas leyes:

1. Calcular la cantidad de cobre depositado de una solución con 90% de eficiencia de corriente, con una densidad de corriente en el cátodo de 20 amp/ft² por 1 hora. El cátodo es de 2 ft x 3 ft.

Solución:

Primeramente la reacción en el cátodo debe ser determinada. En muchos electrolitos la valencia del cobre es 2; sin embargo, esta puede ser 1 en algunas soluciones de depósito o en la presencia de ciertos componentes orgánicos. Si se asume el estado de valencia del cobre en 2+, entonces:



$$n = 63.5 / 2 = \underline{31.75 \text{ g/p.eq.}}$$

$$D_c = \frac{20 \text{ amp/ft}^2 \times 2 \text{ ft} \times 3 \text{ ft} \times 2 \text{ Lados}}{1 \text{ Catodo}}$$

$$D_c = 240 \text{ Amp/Cátodo.} \quad ; I = 240 \text{ amp.}$$

Entonces:

$$W_t = \frac{E \cdot I \cdot t}{96500} = \frac{(31.75 \text{ g/p.eq.})(240 \text{ amp})(3600 \text{ seg})}{96500 \text{ amp/p.eq. seg}}$$

$$W_t = \underline{284.3 (0.90)}$$

$$W_t = \underline{255.8 \text{ g Cu depositados}}$$

CAPITULO III

CONTROL DE EFICIENCIA DE CORRIENTE

CONTROL DE EFICIENCIA DE CORRIENTE

A. INTRODUCCION

El parámetro mas importante que determina el buen funcionamiento del proceso electrolítico, es la eficiencia de corriente. los rangos normales para este tipo de proceso electrolítico se mencionan a continuación:

94 %	Mínimo
95 %	Aceptable
96 %	Bueno
97 %	Muy bueno
98 %	Excelente

La refinería ha tenido una operación y control "estable" a partir de junio 92 para un promedio global de 95.6 % de eficiencia, pero esto es un indicativo de que existen muchos factores y condiciones para tener estabilidad en el proceso y poder tener eficiencias del orden del 97 %.

Los aspectos mas relevantes que impactan en la eficiencia de corriente son los siguientes:

FISICOS

1. Falsos contactos.
2. Cortos circuitos
3. Limpieza de contactos
4. Calidad de hoja iniciadora
5. Alineación y centrado
6. Planchado en húmedo
7. Control de niveles en celdas
8. Sólidos en suspensión.

QUIMICOS

1. Circulación de electrolito
2. Temperatura de electrolito
3. Lodo flotante
4. Concentración de impurezas
5. Concentración de aditivos
6. Concentración de cobre

7. Concentración de ácido libre.

Los factores químicos una vez en equilibrio, normalmente están bajo control y estables en gran parte del proceso, permitiendo centralizar la atención en los físicos ya que estos últimos dependen en gran parte de la experiencia del personal y de la estrecha supervisión en el momento de ejecutar los trabajos en la celda electrolítica.

Cuando por alguna razón se tiene desequilibrio en los factores químicos, es necesario centrar la atención en el proceso electroquímico, puesto que estos factores impactan globalmente a la planta y su corrección no es inmediata.

En este último punto, se deberá contar con personal de muy amplia experiencia que conozca y comprenda los efectos de aditivos principalmente, así como el comportamiento de las impurezas en el electrolito; de no ser así, es recomendable asesorarse oportunamente, ya que de ello depende en gran medida la producción de la planta.

En un punto de desequilibrio de aditivos, difícilmente se logran eficiencias del 90 %, puesto que estos son los que regulan la interacción iónica en la electrodeposición, lo que implica que en ausencia de aditivos el depósito electrolítico queda fuera de control y se desarrolla anárquicamente aun con los factores físicos controlados.

B. PROCEDIMIENTO.

El método de monitoreo y control que se ha establecido en la refinera comprende todos los aspectos físicos de relevancia, los cuales se tienen que llevar a detalle y con la mayor aplicación posible, siendo responsabilidad de todos verificar y confirmar cada uno de ellos.

Los pasos son los siguientes:

1. Una vez que se ha medido la carga de ánodos, éstos deberán estar centrados y alineados, cuidando que el contacto con la barra sea firme y corroborado el "autoplomo" de éstos, en caso contrario, marcar la(s) pieza(s) dañada(s) para corregir la(s) o sacarla(s) según sea el caso.

Se corrigen las piezas (ánodos) en los siguientes casos:

- a) Cuando tienen las orejas chuecas y muy pequeñas (no resisten el peso del ánodo)
- b) Cuando el perímetro del ánodo se encuentra con rebaba.
- c) Cuando el cuerpo del ánodo se encuentra ampollado y pando.

2. Cuando se introduce la carga de hoja iniciadora hay que hacerlo con extremo cuidado y lentamente para evitar doblez en los extremos inferiores de la hoja; se corregirán aquellas que vengan chuecas o en su caso cambiarlas.
3. Posteriormente una vez que la celda se ha llenado con electrolito y esta recirculando, proceder a la alineación y centrado verificando el contacto con la barra centrando la hoja aproximadamente de 3/4" a 1" hacia el lado del contacto para que el depósito sea uniforme en ambos lados de la hoja.
4. Teniendo la carga de ánodos, hoja iniciadora y circulación de electrolito, colocar mampara del no. 10 para engrosar oreja durante 48 horas aproximadamente; después, cambiar a mampara del no. 9.5 por otras 48 horas y finalmente a nivel de operación normal (mampara del no. 9).
5. Estando listas las celdas de la sección, ajustar el flujo de electrolito a 30 lts/min en cada una de ellas.
6. Se procede a meter corriente a la sección y se lavan inmediatamente contactos con agua caliente. Se pasa voltmetro para corregir falsos contactos y confirmar los contactos del ánodo y barra en la hoja iniciadora.
7. A las 4 horas de tener corriente en la celda, se pasa gaussmetro y se detectan "contactos calientes" corrigiendo todos en forma inmediata.
8. A las 20 horas de tener corriente, realizar el "Planchado en Húmedo" de hoja por hoja checando nuevamente la alineación y centrado; tiene que quedar la sección lavada y con mampara del no. 10 para continuar engrosando oreja.
9. Pasar voltmetro confirmando contactos, marcar cortos y corregirlos tomando voltaje entre celda y observando el depósito superficial.
10. Cumplidas las 48 horas, bajar nivel de operación de electrolito a mampara del no.9.5 y continuar monitoreando la sección con voltmetro y gaussmetro corrigiendo cualquier anomalía, además de la inspección física del depósito, cortos-circuitos, alineación, crecimiento en los extremos, contactos, espesor uniforme del depósito, lodos flotantes, etc.
11. Para la extracción de la primera cosecha, 24 horas antes se coloca mampara del no. 9.5 para disolver la cristalización y sulfato en el lomo y orejas del cátodo.

12. 4 horas antes de la extracción, subir nivel de electrolito a mampara del no. 10 con la finalidad de evitar corrosión en la parte mas delgada de la oreja y evitar que caiga el cátodo a la caída.

13. Al efectuar la extracción, cerrar la válvula de alimentación de electrolito en la celda antes de sacar los cátodos para evitar que el lodo flotante se vaya al sistema general de circulación y contamine el circuito.

14. Una vez que se metió cátodo inicial (hoja iniciadora) nuevo, abrir circulación en la celda colocando a la descarga de la misma mampara no. 10 y regulando el flujo de electrolito a 30 lts/min. Aquí debe verificarse que no exista arrastre mecánico de lodo; puede ser que se tenga un poco de "lama", pero en cantidades muy pequeñas, debido a que el lomo del ánodo queda descubierto al sacarlo del cátodo.

15. Para meter corriente a la sección, hay que tener circulación de electrolito con flujos regulados, carga centrada y alineada, y la temperatura de salida de electrolito en cada celda normalmente con 52° - 54° C, que son suficientes para meter corriente; nunca con temperatura menor a la indicada, ya que este puede ocasionar deposito sumamente dendrítico y nodulación espontánea sin control alguno provocando una cantidad importante de cortos circuitos , además de la apariencia física del cátodo.

C. ASPECTOS DE INTERES.

Los primeros 4 días son críticos referente a los aspectos mencionados con anterioridad; si se logra un buen control y calidad en la ejecución de cada trabajo, es muy seguro que el número de cortos por celda sea menor a 2.0 durante todo el ciclo de electrodeposición, lo que resultará en una eficiencia de corriente mayor del 94 % cuando se efectúe la extracción o primera cosecha.

El cambio o segunda cosecha, se verá favorecido por la separación que queda entre ánodo y cátodo la cual es mayor y la posibilidad de cortos es menor, con un promedio aproximado por celda de 1.0.

El primero y segundo turno programaran invariablemente personal para voltmetro en todas las secciones, principalmente las que tengan carga nueva pasándole las veces que sea necesario el voltmetro para asegurar transferencia al cátodo y disolución del ánodo.

Esto repercute directamente en la eficiencia de corriente y el buen aprovechamiento de la energía eléctrica, que como todos saben, es el insumo principal de la planta electrolítica.

El punto de planchado en húmedo es vital para lograr los resultados esperados, ya que si se efectúan en forma correcta los trabajos de corrección se minimizarán; de forma contraria, el depósito va creciendo y la hoja cada vez será más difícil de enderezar y corregir, impactando directamente en cortos circuitos.

Un voltaje normal en la celda es de 300 +- 10 mv, aspecto que hay que seguir de cerca, ya que nos indica la condición de "normal o anormal" dentro de la celda, esto es cuando esta en periodo de primera cosecha, y cuando entra a segundo periodo, este sube a 350 +- 10 mv, por la separación que queda entre electrodos y la tensión del electrolito afectada por el contenido de impurezas presentes.

Todos estos aspectos implican la correlación de datos con el número de cortos-circuitos, falsos contactos, limpieza de los mismos, tiempo de depósito, tendencia de cortos y voltajes, etc.

Cualquier aspecto que no sea bien comprendido, se consultará inmediatamente; de igual forma, la más mínima condición anormal que se detecte deberá reportarse para su corrección inmediata con el personal de supervisión de operación.

Se presentan diagramas de flujo representativos de las dimensiones y arreglos de las celdas de proceso, ánodos, hoja iniciadora, matrices, etc (ver figuras 1.1 a la 1.6).

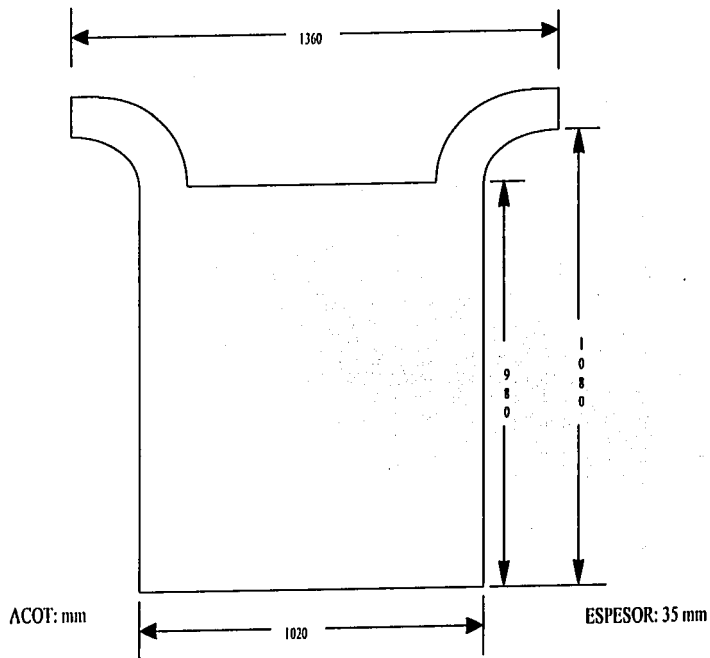
D. CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS.

Para valorar el control llevado en ambas cosechas, se tomarán los siguientes valores:

Kamp totales (durante cada ciclo)
Tiempo total de depósito
No. celdas = 14
Factor electroquímico = 1.185 kg cu/ Kamp--Hr.

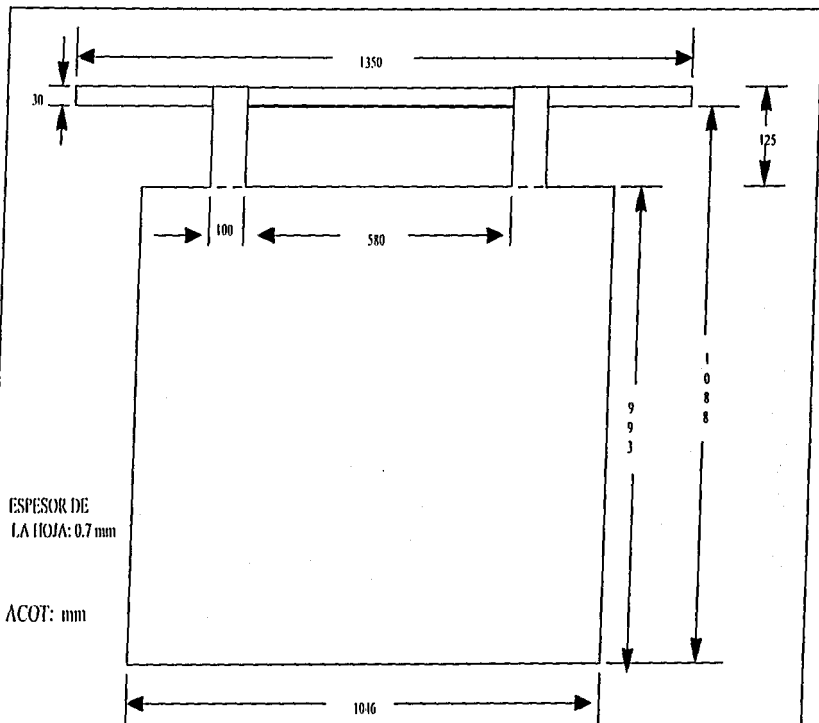
Con estos datos, se calcula la producción teórica esperada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Wt = INT \quad Fq \quad CT \dots\dots(1)$$

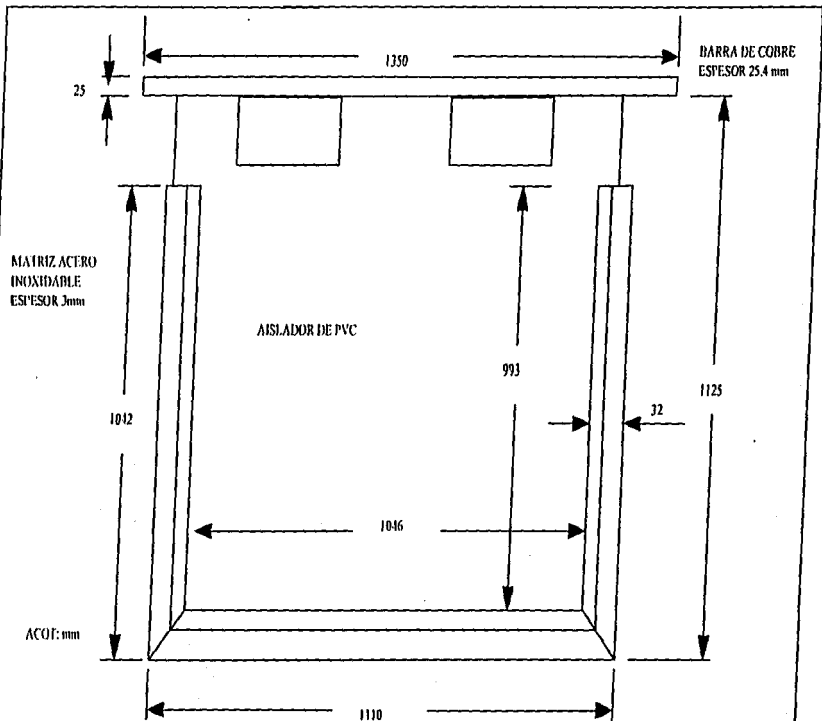


U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTILAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG	DIAGRAMA DE DIMENSIONES DEL ANODO EMPLEADO EN
1.1	LAS CELDAS DE PROCESO

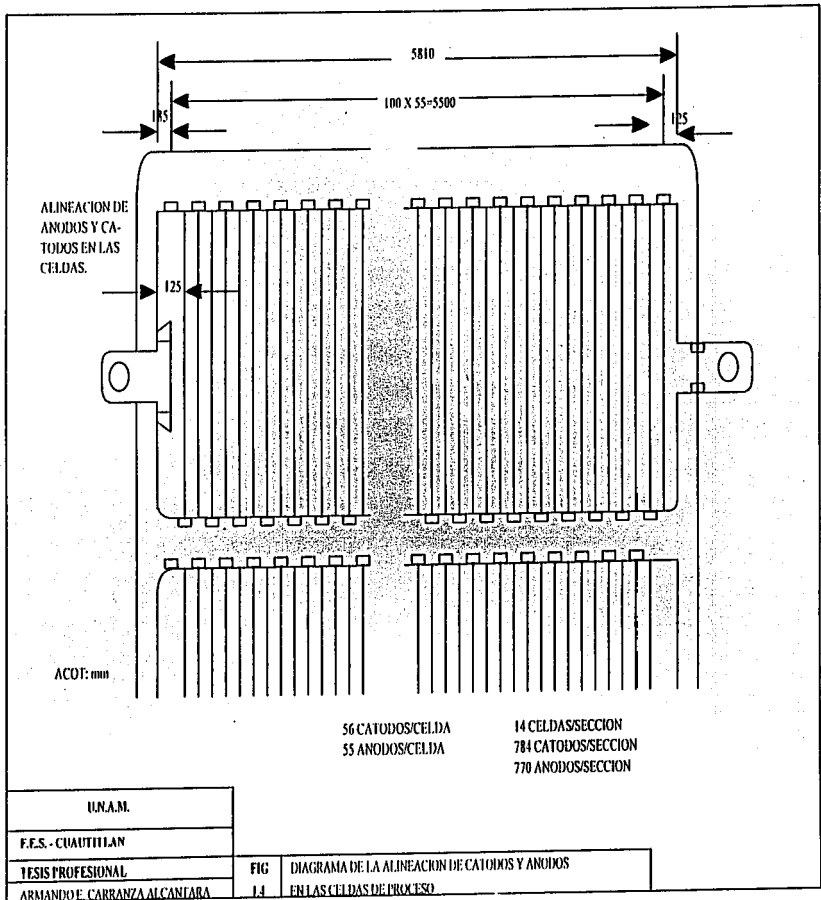


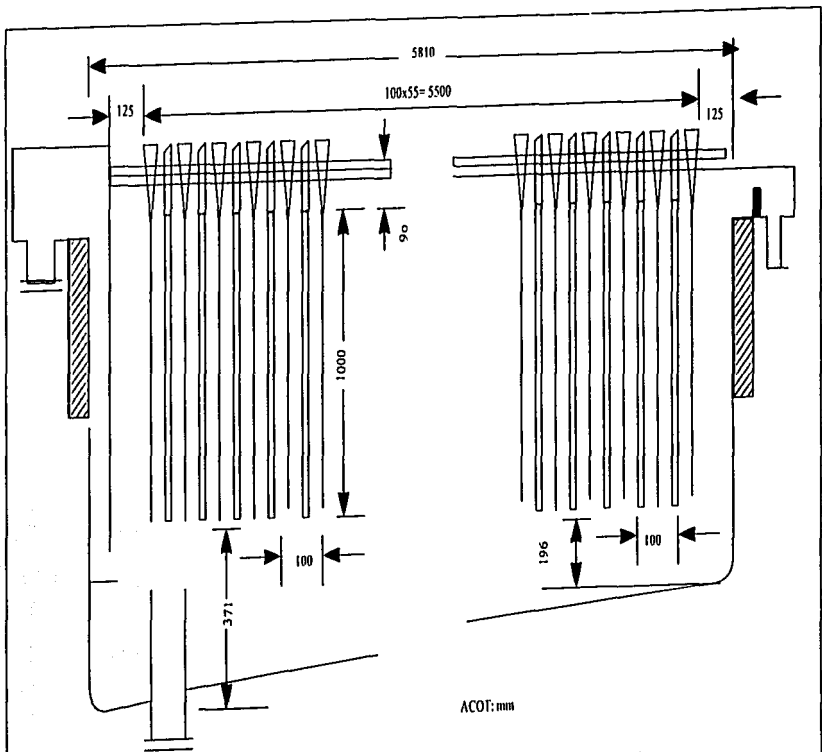
UNAM.		
F.F.S. - CUAUHTILAN		
TESIS PROFESIONAL	FIG:	DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE A HOJA INICIADORA
ABRAMO E. CARRANZA ALCANTARA	1.2	EMPLEADA EN LAS CELDAS DE PROCESO



UNAM
F.E.S. - CHAUHTILAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

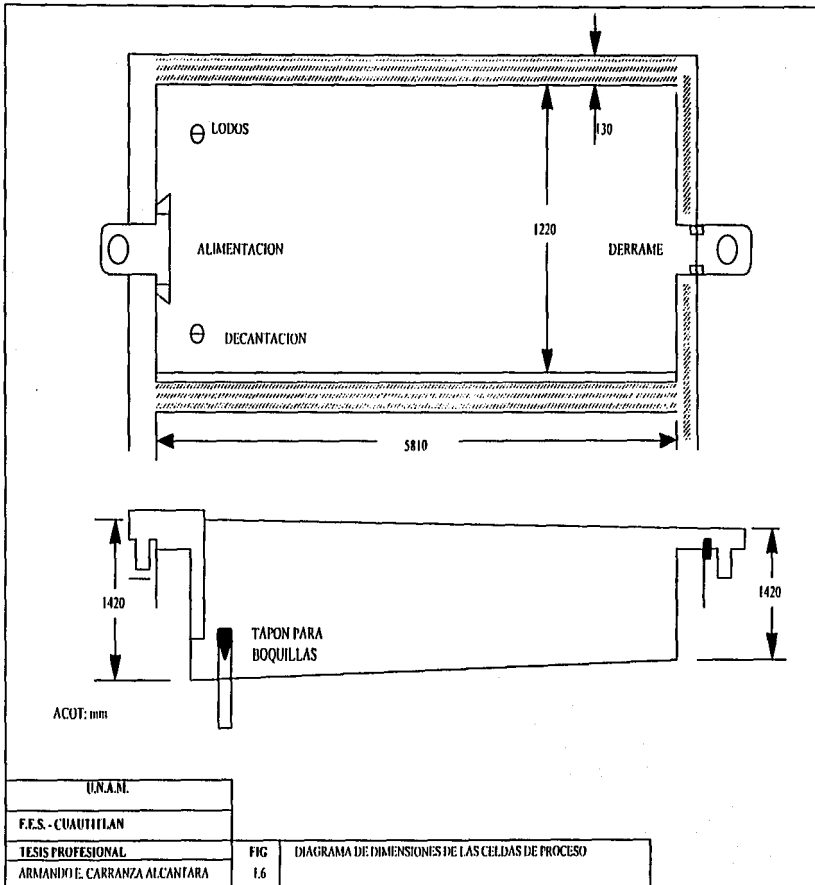
FIG. 1.1 DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE LA MATRIZ EMPLEADA PARA LA FORMACION DE LA HEDA INICIALORA





U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTITLÁN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO F. CABRANZA ALCANTARA

FIG 1.5	DIAGRAMA DE ARREGLO DE ANILLOS Y CATHODOS EN CELDAS
------------	---



U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUHTLAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 1.6	DIAGRAMA DE DIMENSIONES DE LAS CELDAS DE PROCESO
------------	--

donde: I = intensidad de corriente (kamp)
 T = tiempo de deposito (hr)
 Nt = eficiencia de corriente (100% = 1) teórica
 Fq = factor electroquímico para cobre = 1.185
 C = no. de celdas que producen

$$Wt = kamp (1.0) \frac{kg_{cu}}{kamp-hr} (14) (hr) = kg_{cu}$$

Posteriormente ya que se obtuvo el peso teórico esperado, se calcula la eficiencia de corriente real (Nr) a partir del peso real de cátodo producido, entonces:

$$Nr = \frac{Wr}{Wt} \times 100 \quad (\%)$$

$$Wr = \text{Peso real (kg)}$$

Pero el peso real se ve afectado por la hoja iniciadora ya que esta cuando inicia tiene un peso que no es depositado en el ciclo de electrodeposición, así mismo se deberá descontar el peso de ambas orejas.

El promedio normal de hoja iniciadora incluyendo orejas es aproximadamente de 5.5 kg/pza. entonces :

$$WHI = 5.5 \text{ kg}$$

en cada celda se tienen 56 cátodos iniciales, luego :

$$WHI = 14 (5.5) (56) = 4312 \text{ kg}$$

finalmente:

$$N = \frac{W_r - WHI}{Wt} \times 100 \dots (2)$$

A raíz del resultado de eficiencia real, se correlacionán el no. de cortos prom./sección, voltaje prom./celda, voltaje prom./sección, peso de scrap, peso de la carga inicial de ánodos, y de preferencia graficar para conclusiones finales.

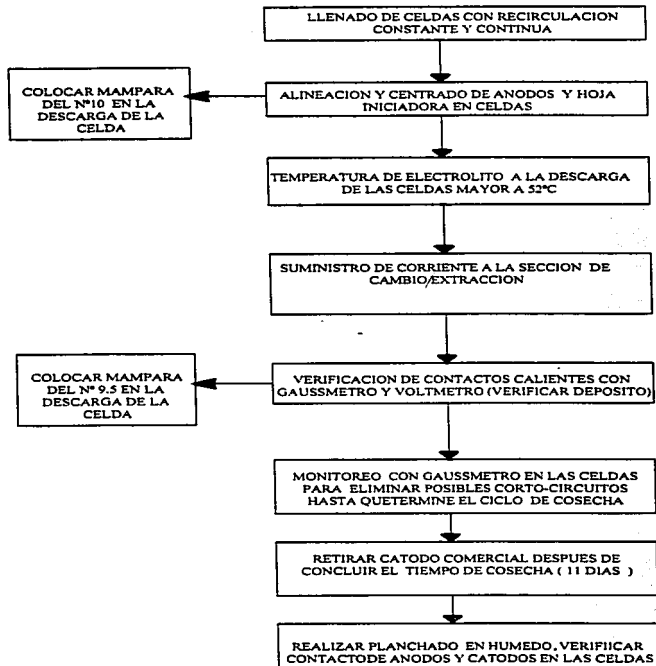
También se observará la calidad física del cátodo final en los siguientes aspectos:

1. Tipo de superficie (tersa-aspera)
2. Nodulación espontánea (superficie).
3. Cátodo dendrítico sin control (superficie)
4. Tamaño de grano (microestructura)
5. Lodo ánodico impregnado
6. Rayas superficiales
7. Sulfato impregnado u ocluido
8. Dimensiones (ancho-largo-espesores)
9. Crecimiento inferior, superior y lateral
10. Orificios en superficie
11. Crecimientos anormales.

En cuanto a la calidad química, esta tendrá que ser de acuerdo a la norma ASTM - B - 115 - 83

Ley de Cu = min 99.996%
Ley de Ag = max 10.000 ppm (gr/ton).

EFICIENCIA DE CORRIENTE



U.N.A.M.

F.E.S. - CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG. 1.0. DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DE EFICIENCIA DE CORRIENTE

SISTEMA CIRCULACION DE ELECTROLITO

SISTEMA CIRCULACION DE ELECTROLITO

A. INTRODUCCION.

Dentro de los puntos básicos en el proceso de electrodeposición del cobre esta el manejo y circulación del electrolito.

De un buen funcionamiento en el equipo empleado para la circulación del electrolito, dependerá que se obtengan eficiencias de corriente del orden del 95%, además de favorecer el proceso de electrodeposición de cobre.

Es necesario mantener el electrolito bajo ciertas condiciones de operación para favorecer el proceso de electrodeposición de cobre, es decir, se deben mantener el electrolito bajo las siguientes condiciones de operación:

Temperatura de operación entrada : 61° c.

Temperatura de operación salida : 58 - 60° c.

Flujo de alimentación en cada celda : 30 Lts/Min.

Sólidos en suspensión: 0-10 PPM

H₂ libre : 180 - 190 gr/lit.

Cu²⁺ : 40 - 45 gr /lit.

Controlando estos factores, además de ajustar otros como: sólidos en suspensión, concentraciones de pequeñas impurezas en solución, concentración de aditivos y limpieza periódica en lonas de filtros horizontales, se tendrá una eficiencia de corriente aceptable y los problemas de electrodeposición se minimizaran.

Es importante además contar con el equipo de proceso en condiciones óptimas de operación (bombas de filtros, circulación, intercambiadores de calor, tuberías, válvulas, filtros, etc), ya que cualquier anomalía en estos equipos puede impactar directamente en la producción de la planta.

B. PROCEDIMIENTO.

El método y monitoreo establecido en la planta para el manejo de electrolito se tiene que llevar a detalle y con la mayor aplicación posible, siendo responsabilidad directa del supervisor de circulación y eficiencias verificar y confirmar cada uno de ellos.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Cuando se va a sacar la carga de ánodos y cátodos de las celdas, cerrar completamente la válvula de alimentación de cada celda. Posteriormente se quita el tapón de decantación y el electrolito es enviado al tanque de emergencia.
2. Cuando se tiene las celdas sin carga y sin electrolito, abrir el tapón de la línea de lodos de cada celda para enviar el lodo a la planta de tratamiento de los mismos.
3. Una vez que se ha colocado la carga de ánodos en cada celda y estar perfectamente alineados, abrir la válvula de alimentación y colocar mampara del no. 10 en la caja de descarga de electrolito.
4. Hacer el llenado de las celdas una a una. Esto con el fin de no disminuir el nivel de operación del tanque cabeza para que siempre exista derrame de electrolito hacia las celdas.
5. Cuando se tienen las celdas de la sección del cambio con la carga colocada y alineada (ánodos y hoja iniciadora), y con el electrolito derramando en las mismas, chechar la temperatura del electrolito en la descarga para proseguir a meter corriente en dicha sección. Nunca meter corriente con la temperatura del electrolito en la descarga menor de 52° C (temperatura aceptable: 52° - 54° C).
6. Regular el flujo de alimentación de electrolito de cada celda en 30 lts/min., monitoreando manualmente las válvulas de alimentación según sea el caso. Mantener el flujo de electrolito en todas las celdas constante y con alimentación continua.
7. Cuando se va a efectuar la extracción de cátodo en determinada sección, cerrar la válvula de alimentación de electrolito en cada celda antes de sacar el cátodo, esto con la finalidad de no arrastrar lodo flotante que pase directamente al sistema general de circulación y contamine el circuito.

8. Una vez que se ha colocada el cátodo inicial nuevo en cada celda (hoja iniciadora), abrir la válvula de alimentación de cada celda colocando mampara del no. 10 y regular el flujo a 30 lts/min.

9. El manejo de las mamparas empleadas en las cajas de descarga de cada celda durante el periodo de electrólisis es como sigue:

a) Teniendo la carga de ánodos, hoja iniciadora, y circulación en las celdas, colocar mamparas del no. 10 para engrosar la oreja del cátodo durante 48 horas aproximadamente.

b) Después, cambiar mampara del no. 9.5 por otras 48 horas.

c) Finalmente, colocar mampara de nivel normal de operación (no. 9).

d) Para la extracción de la primera cosecha, 24 horas antes colocar mampara del no. 9.5 para disolver la cristalización y sulfato en el lomo y orejas del cátodo.

e) 4 horas antes de la extracción, subir nivel de celda a mampara del no. 10, con la finalidad de eliminar remanente de cristalizaciones en la parte mas delgada de la oreja y evitar que caiga el cátodo a la celda.

10. Hacer limpieza de cedazos en las cajas de descarga de cada celda periódicamente, con la finalidad de evitar que se tapen las líneas de descarga y exista derrame de electrolito en las mismas.

11. Mantener la temperatura del electrolito constante en cada celda (a la entrada) en 61° C. El monitoreo de la temperatura se hace tanto manual como automáticamente. Se suministra vapor a los 3 intercambiadores de calor a través de una válvula de alimentación neumática; cuando se tienen la temperatura del electrolito en 61° C la válvula cierra automáticamente, y abre la válvula cuando la temperatura del electrolito desciende 2° C.

En el sistema de circulación de electrolito se manejan efluentes provenientes de la planta de lodos, de los tanques de lavado de máquinas de proceso, y solución que se recolecta en el sótano de la planta. Los efluentes principales son:

a) Licor (ácido diluido)

b) Agua de servicio

c) Electrolito de planta de lodos

Si no se manejan adecuadamente estos efluentes, podrían repercutir directamente en la eficiencia de corriente y en la producción de la planta. Estos efluentes son descargados directamente por sistemas de bombeo en el tanque de emergencia, abriéndose completamente las válvulas de descarga de cada línea en el mismo.

Ahora bien, dentro del sistema de electrólisis existen situaciones especiales de operación, las cuales cuando se dan, repercuten directamente en el proceso y en la producción de la planta. Estas situaciones son:

- a) Paro de energía eléctrica.
- b) Fallas en líneas de proceso, accesorios y caldas electrolíticas.

Los procedimientos básicos a seguir cuando existen paros de corriente en planta son:

- a) **Cerrar inmediatamente** las válvulas de descarga del tanque cabeza.
- b) **Cerrar inmediatamente** las válvulas de descarga de las bombas de circulación.
- c) Cerrar también la válvula de la línea de alimentación de vapor a los intercambiadores de calor.
- d) Para dosificación de aditivos.

Cuando hay paros en corriente de planta, ésta cuenta con un sistema de emergencia, la cual es accionada segundos después de que sucede el paro. Los equipos de proceso que se encuentran activados con la planta de emergencia son :

- a) Calderas
- b) Bombas de condensados
- c) Planta de tratamiento de agua
- d) Compresor para instrumentación
- e) Alumbrado
- f) Bombas de filtros (2)
- g) Bombas de circulación (2).

Cuando trabaja la planta de emergencia, es importante seguir la siguiente secuencia en la planta:

- a) Abrir las válvulas de descarga del tanque cabeza al 25% de su capacidad.

- b) Arrancar solamente 2 bombas del tanque de circulación.
- c) Arrancar la bomba de filtros
- d) Con las 2 bombas de circulación operando, regular a nivel mínimo el flujo de alimentación de electrolito en todas las celdas, aproximadamente 20 lts/min.
- e) Cuando existe paro de corriente, se desenergiza el rectificador y no opera con la planta de emergencia.
- f) Abrir la válvula de alimentación de vapor a los intercambiadores de calor operando con la planta de emergencia.

Es necesario operar la planta bajo estas condiciones hasta que se normalice la energía en el sistema.

El procedimiento de arranque en la planta cuando se normaliza la energía es el siguiente:

- a) Arrancar las 3 bombas de circulación
- b) Cuando el tanque cabeza recupera su nivel de operación, abrir paulatinamente las válvulas de descarga del mismo en su totalidad para alimentar a las celdas de proceso.
- c) Arrancar la bomba del tanque de emergencia que corresponde a filtros.
- d) Regular el flujo en todas las celdas de proceso a 30 lts/min.
- e) Verificar el funcionamiento de equipos secundarios en el proceso.
- f) Suministrar paulatinamente la energía al circuito de celdas.

Cuando existen daños en las líneas de proceso, accesorios y celdas, el procedimiento a seguir para eliminar dichos desperfectos es:

- a) Detectar el (los) elementos (s) dañado (s)
- b) Desenergizar el sistema bajando corriente en el rectificador a cero amps.
- c) Puentear la (s) sección (es) en la cual se va a realizar la reparación.

d) Cuando se tienen fugas en el revestimiento de las celdas, sacar la carga de ánodos y cátodos de dicha celda, decantar y vaciar la celda para la corrección de fugas.

e) Cuando la fuga ha sido eliminada, cargar nuevamente la celda, alimentar electrolito y volver a suministrar energía.

f) Cuando se tienen válvulas de alimentación a celdas dañadas, cerrar la válvula de alimentación general de la sección, y proseguir a drenar la tubería para cambiar la (s) válvula (s) dañada (s).

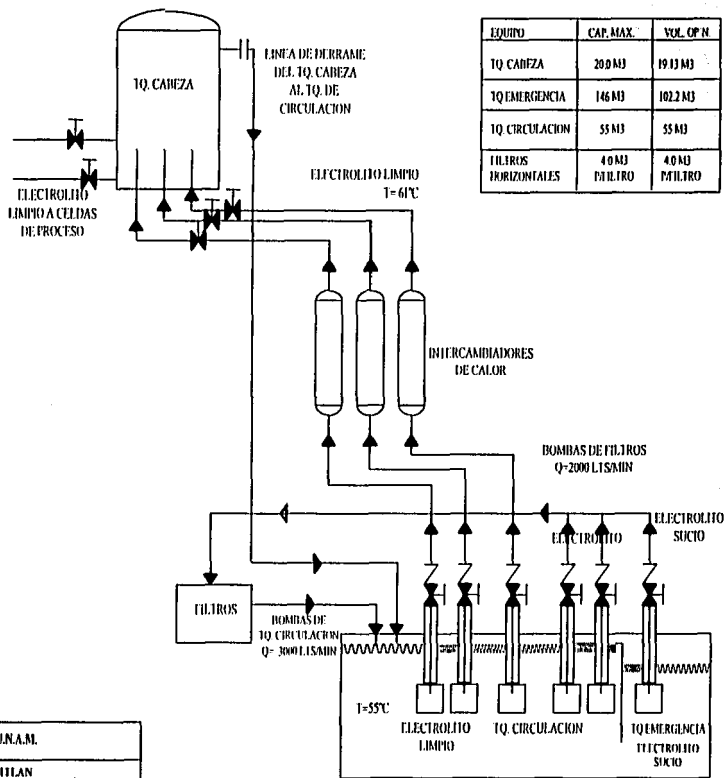
g) Una vez reparada la válvula o accesorio, cerrar la válvula de dren de la línea de alimentación de electrolito, abrir paulatinamente la válvula de alimentación hasta tener flujo constante de electrolito en las celdas abierta completamente, y verificar que la fuga se elimino al ir subiendo el nivel

12. Cuando se lleva a cabo el vaciado de celdas para cambio de ánodo o para reparación de las mismas, verificar que se tenga abierta completamente la válvula de descarga general de decantación hacia el tanque de emergencia.

13. Cuando se tienen las celdas en operación, el sobre derrame de electrolito de las mismas pasa directamente hacia el tanque de circulación (en operación normal).

14. Cuando se desaloja el lodo asentado en las celdas o cuando hay cambio de ánodos en las mismas, este lodo es recolectado en la línea general de lodos de cada sección y es transportado por gravedad hacia las fosas de lodos (sótano), y de ahí, por sistema de bombeo, enviarlo a la planta de lodos para su tratamiento.

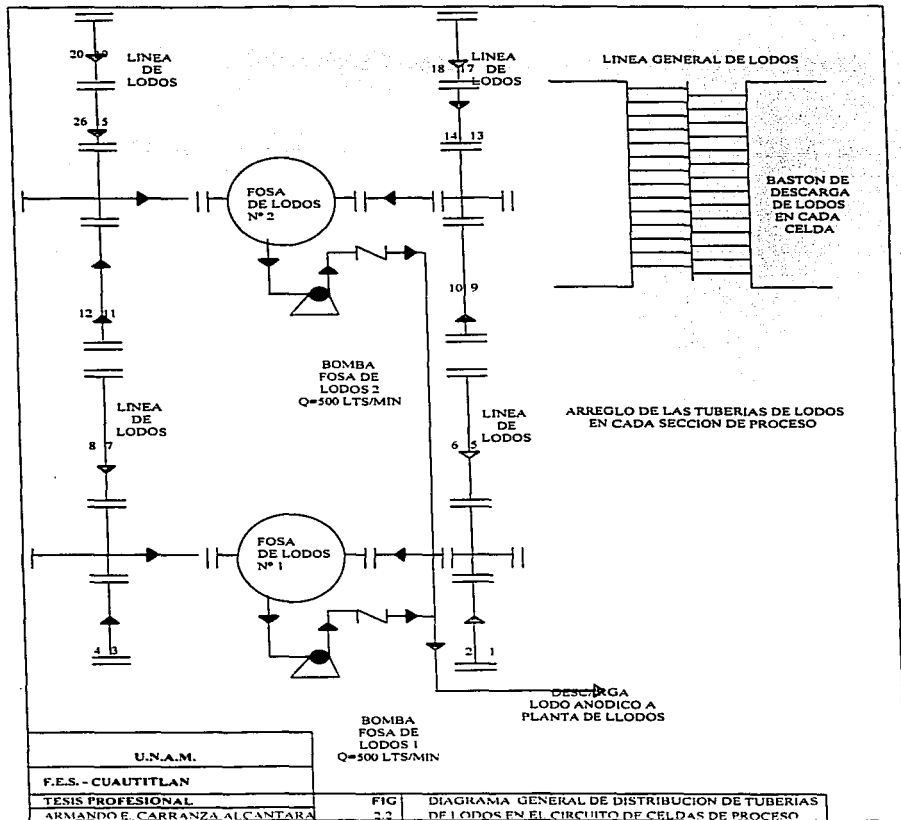
Se presentan diagramas de flujo representativos del manejo de electrolito, lodos anódicos, distribución general de líneas de alimentación, decantación y sobrederrame de electrolito en celdas. (Fig. 2.1 a la 2.4)

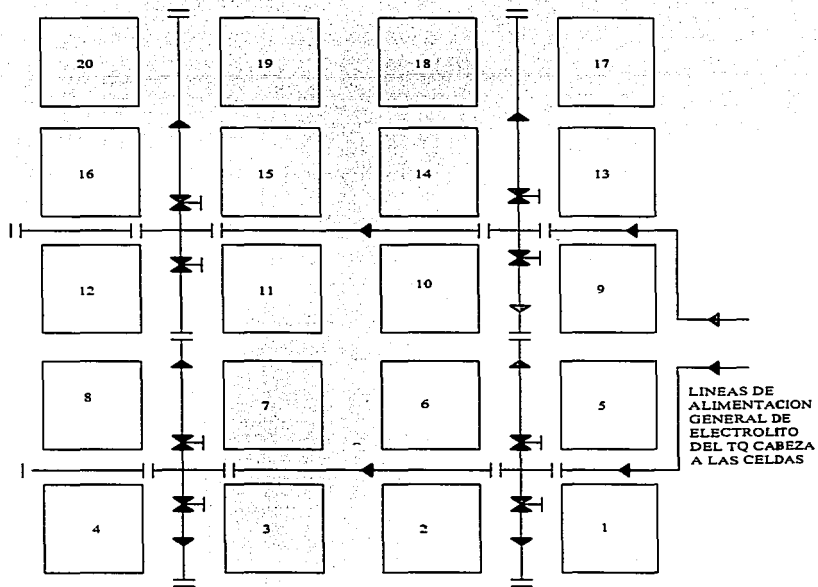


EQUIPO	CAP. MAX.	VOL. OP.N
TQ. CABEZA	200 M3	1913 M3
TQ. EMERGENCIA	146 M3	1022 M3
TQ. CIRCULACION	55 M3	55 M3
FILTROS HORIZONTALES	40 M3 FILTRO	40 M3 FILTRO

U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTILAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL MANEJO DEL ELECTROLITO AL CIRCUITO DE CELDAS DE PROCESO.



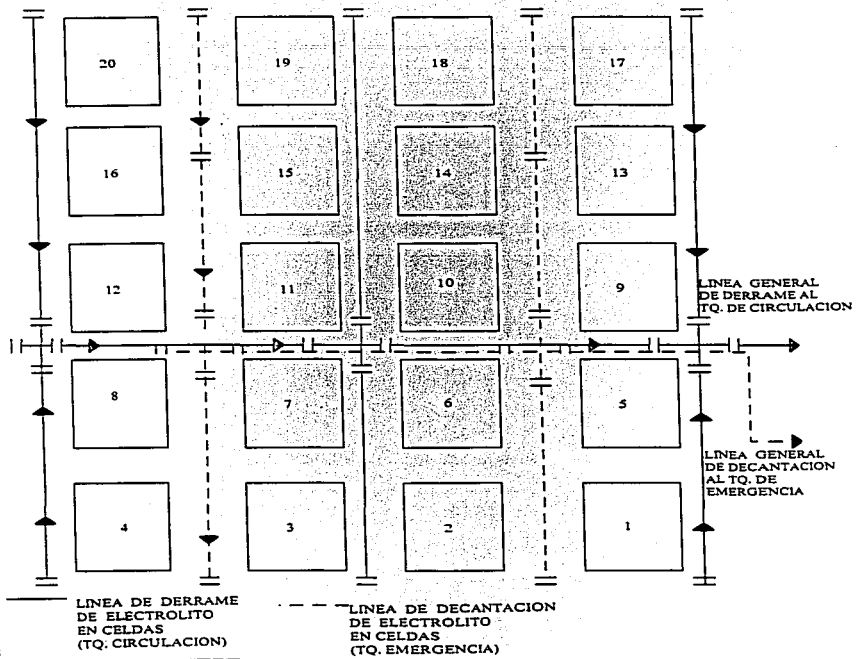


RED DE ALIMENTACION
DE ELECTROLITO A LAS
CELDAS

LINEAS DE
ALIMENTACION
GENERAL DE
ELECTROLITO
DEL TQ CABEZA
A LAS CELDAS

U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO F. CARRANZA ALCANTARA

FIG 2.3 DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE LA RED DE ALIMENTACION DE ELECTROLITO AL CIRCUITO DE CELDAS



U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 2.4 DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE LA RED DE DECANTACION Y DERRAME DE ELECTROLITO EN LAS CELDAS

E. CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS.

Con el procedimiento de operación implantado en la refinería para el manejo y circulación de electrolito, se han obtenido resultados favorables de operación que se ven reflejados directamente en la eficiencia de corriente. Es necesario siempre cuidar de ciertos factores que puedan repercutir directamente en el manejo del electrolito e impactan en la producción de la planta. Estos factores son :

- a) Niveles de tanques de operación en el sistema bajos
- b) Lonas de los filtros en mal estado (tapadas)
- c) Bombas de operación en mal estado (filtros , circulación)
- d) Tubería y mangueras de alimentación a celdas de proceso en mal estado
- e) Válvulas de alimentación a celdas en mal estado
- f) Manejo inapropiado de efluentes en el sistema.

Para eliminar estos factores, es necesario coordinar al personal de operación y al personal de mantenimiento de la refinería para detectar los mismos y eliminarlos inmediatamente. Es necesario además programar trabajos de mantenimiento preventivo a equipos de proceso tales como : bombas de filtros y circulación, limpieza del tanque de emergencia, limpieza periódica del tanque de H₂O de lavado; limpieza mínimo cada 3 meses a los fluxes de los intercambiadores de calor para eliminar incrustación que se deposita en las paredes de los mismos; cambio de tuberías de proceso dañadas, según sea el caso; cambio y reparación de válvulas de alimentación a celdas, etc.

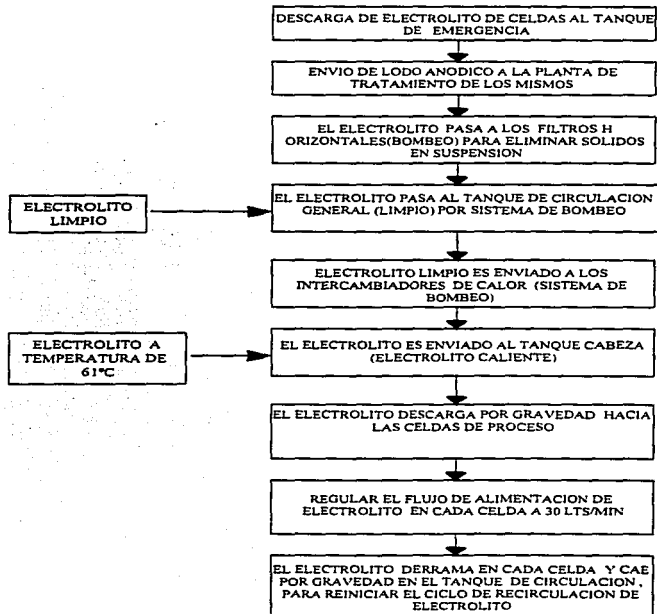
Controlando estos factores, es de esperarse que se tengan resultados en el manejo del electrolito como los siguientes:

	Cu.- gr/lit	H-gr/lit	Cl- (ppm)	d(gr/cc)
Electrolito	42.70	188.2	30,6	1.2800

(Estos valores son promedios de los valores obtenidos diariamente en el laboratorio de la refinería). Además de mantener las siguientes condiciones de operación:

Temperatura de entrada : 61° c.
Temperatura de salida : 58 - 60° c
Flujo de alimentación por celda : 30 lts/min.

CIRCULACION DE ELECTROLITO



U.N.A.M.

F.E.S. - CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG. 2.6. DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DEL MANEJO DE ELECTROLITO.

SISTEMA DE ADITIVOS

SISTEMA ADITIVOS.

A. INTRODUCCION.

Los aditivos son compuestos orgánicos coloidales de alto peso molecular, los cuales son empleados en la electrodeposición del cobre para ayudar y favorecer la calidad del cátodo que se obtiene. Los aditivos comúnmente usados en el proceso son: cola, thiourea y avitone (m.r).

Estos aditivos afectan de alguna manera el comportamiento de la electrodeposición del cobre y las propiedades físicas de los cátodos, tales como : dureza, ductilidad y apariencia.

Se cuenta en la planta con problemas para encontrar el punto óptimo de concentraciones de aditivos que impacten en la eficiencia de corriente. Para esto, es necesario implementar un marco óptimo de control y ajuste de concentraciones en los aditivos para mejorar la calidad de la superficie del cátodo obtenido y elevar la eficiencia de corriente.

Se requiere controlar la concentración de los aditivos en el electrolito, ya que éstos son los que regulan la interacción iónica de aniones y cationes en la electrodeposición, un desequilibrio de éstos ocasiona problemas de corto circuitos en el cátodo, nodulación y depósito dendrítico en el mismo, y a su vez, eficiencias de corriente bajas (por debajo del 90%).

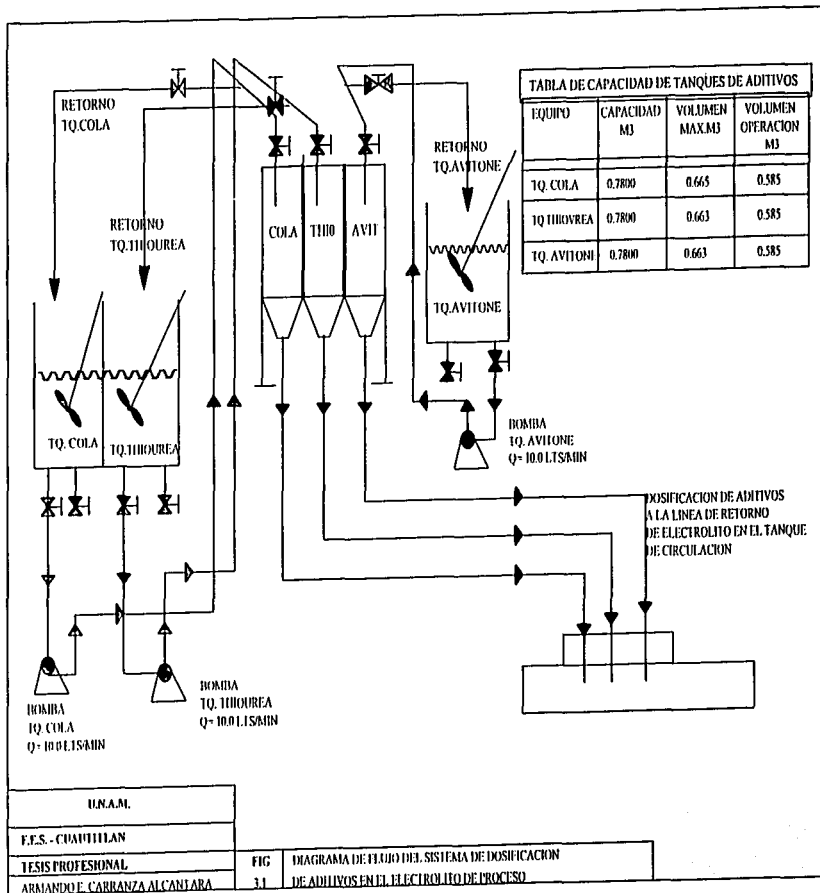
Para llevar a cabo del control de los aditivos es necesario contar con personal con experiencia que conozca y sepa interpretar el comportamiento y efectos de los mismos en la electrodeposición. De no ser así, es conveniente obtener asesoría oportuna con los supervisores de turno, ya que este es un punto básico del cual depende el manejo y producción de la planta.

B. PROCEDIMIENTO.

Se ha implementado un método de control y preparación de aditivos en la refinería, el cual se tiene que llevar a detalle y con la supervisión del personal encargado para aplicarse adecuadamente. Es importante hacer la preparación de éstos dependiendo del número de secciones que se tengan operando.

Los pasos a seguir para la preparación y control de los aditivos son:

1. Llenar con agua tratada de proceso los tanques de cola, thiourea y avitone (m.r), hasta alcanzar un volumen aproximado de 100.0 cm. de altura en cada tanque.(600 Lts).
2. Abrir la válvula de suministro de vapor del tanque de cola y thiourea hasta alcanzar una temperatura en ambos de 46° C , 48° C y mantenerla constante. El control de temperatura de estos tanques es automático, manteniéndose en el rango de operación establecido.
3. Pesar la cantidad adecuada de cola y thiourea, y medir el volumen de avitone (m.r), dependiendo del número de secciones que se tengan operando.
4. Adicionar paulatinamente las cantidades requeridas de cola, thiourea y avitone en cada tanque, con agitación previa.
5. Mantener en cada tanque un tiempo de agitación mínimo de 40 minutos.
6. Después de agitar la solución de cada uno de los aditivos, operar las bombas de alimentación de cada uno de ellos y suministrarlo al sistema a razón de 450 ml/min.
7. Mantener flujo constante de aditivos en el sistema. La preparación de los mismos esta calculada para dosificarse en 24 horas en el sistema.
8. Lavar y limpiar periódicamente los tanques de aditivos, para eliminar partículas que puedan tapan y dañar las líneas de alimentación, descarga y recirculación, además de las válvulas del equipo.
9. Hacer la preparación de los aditivos a primeras horas de día (6:00 a 7:00 a.m.) .(ver diagrama de flujo en la fig. 3.1).



U.N.A.M.

F.E.S. - CHAUTILAN

TESIS PROFESIONAL

ARMANDO F. CARRANZA ALCANTARA

FIG 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE DOSIFICACION DE ADITIVOS EN EL ELECTROLITO DE PROCESO

D. ASPECTOS DE INTERES.

En cuanto al manejo de avitone, antes de ser suministrado al sistema, requiere de una preparación previa, esto con el fin de eliminar partículas extrañas del mismo que pueden repercutir en el proceso. Esta preparación es como sigue:

- a) Pasar 30 kg. de avitone (m.r.) sólido.
- b) Llenar con agua tratada el tanque de preparación del mismo aproximadamente a 60 lts. de su capacidad.
- c) Suministrar vapor en el tanque hasta alcanzar una temperatura de 60° C.
- d) Accionar el agitador del tanque y adicionar paulatinamente el avitone sólido hasta que se disuelva completamente.
- e) Dejar agitando la solución aproximadamente 3 horas para homogeneizar por completo la misma.
- f) Después de parar el agitador, dejar la solución en reposo durante 24 horas, para eliminar la "nata" parafinosa que queda en la superficie de la misma.
- g) La solución final se envasa y pasa directamente a la preparación de avitone para suministrar al proceso.

Existen situaciones especiales en la planta como son los paros de energía y los daños del equipo de proceso de aditivos que pueden desequilibrar el suministro de estos e impactar en el deposito electroлитico, ya que en ausencia de los aditivos el deposito queda fuera de control.

Cuando se desea realizar mantenimiento en los equipos y accesorios de proceso de aditivos, se puede realizar aislando cada uno de los sistemas, es decir, los sistemas son independientes, los cuales cuando se requiere dar mantenimiento a cualquiera de los 3, no repercute en la adición de los otros 2, procurando que el mantenimiento sea rápido y eficaz.

E. CONFIRMACION DE RESULTADOS.

Se ha adoptado un marco óptimo de concentraciones de aditivos que se suministran al electrolito en el circuito de celdas dependiendo del número de secciones que se tengan en operación, los cuales han dado resultados favorables al obtener el cátodo comercial con una calidad física y química dentro de norma.

La tabla de concentraciones de aditivos empleada en el sistema en sus niveles óptimos se puede resumir como sigue:

NO. SECC. OP.*N	GR. COLA	GR. THIOUREA	GR. AVIT.
20	11700	11700	3910
19	11160	11160	3680
18	10620	10620	3450
17	10080	10080	3335
16	9540	9540	3220

Las cantidades de aditivos suministradas al sistema son calculadas empleando 6 PPM de cola y thiourea y 2 PPM de avitone con un inventario de electrolito de 1970 m3 (para 20 secciones).

En forma general, se presenta el siguiente esquema relacionando los efectos que se pueden presentar cuando se tienen variaciones de concentraciones en aditivos para el sistema:

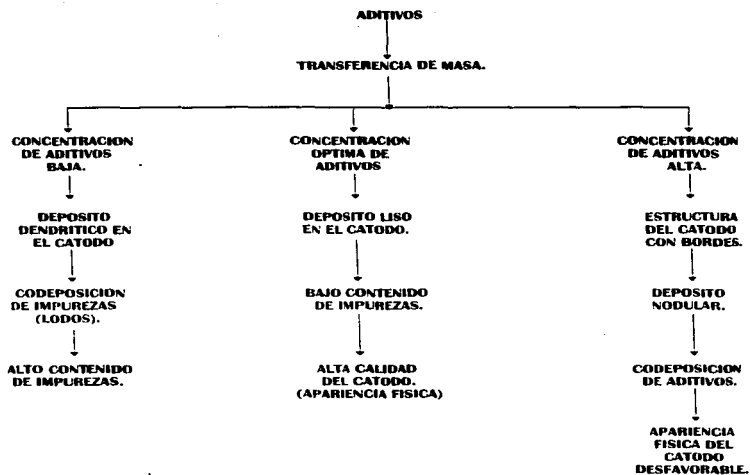
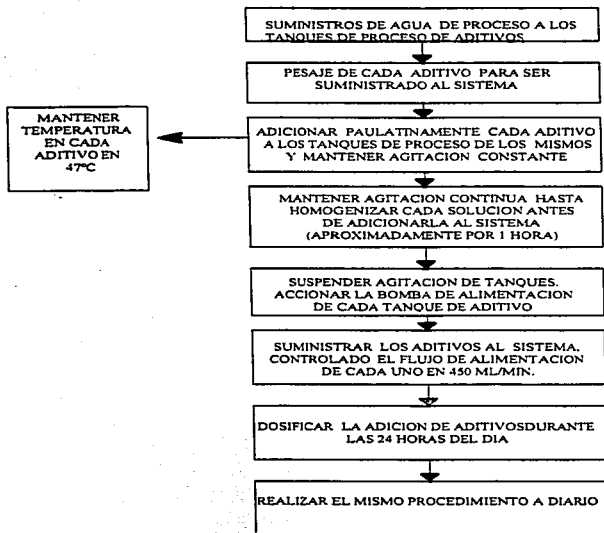


Fig.3.2 ESQUEMA COMPARATIVO DEL PROCESO DE LOS ADITIVOS EN EL SISTEMA

ADITIVOS



U.N.A.M.

F.E.S. - CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 3.0

DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DEL MANEJO DE ADITIVOS EN EL PROCESO

SISTEMA FILTROS HORIZONTALES

SISTEMA FILTROS HORIZONTALES.

A. PROCEDIMIENTO.

Dentro del sistema de circulación de electrolito, es importante contar con el manejo y control de los filtros de proceso, que son de discos (disco metálico cubierto con lona de polipropileno y precapa inicial de 1.0 mts. de diámetro con 33 piezas por cada filtro), y los cuales su función principal es la de eliminar sólidos en suspensión (flotantes en el electrolito) y mantener el electrolito limpio en el circuito de celdas.

La operación mas importante a seguir es la limpieza de los mismos, la cual se tiene que llevar a detalle, con personal que conozca el funcionamiento de los mismos, para evitar que surjan anomalías que perjudiquen directamente en el circuito de celdas.

El procedimiento de limpieza de filtros es el siguiente:

- PREPARATIVOS PARA LIMPIEZA.

- a) Antes de parar la operación de filtrado, verificar el nivel del tanque de circulación (nivel 48 m3), ya que durante la limpieza este equipo esta fuera de operación. En caso de que el nivel del tanque de circulación sea menor de 40 m3, adicionar agua de dilución directa al tanque de circulación.
- b) Herramienta para quitar tapas de filtros.
- c) Herramienta para quitar anillos de lonas dañadas
- d) Lonas nuevas para cambio de lonas dañadas, y empaques
- e) Instalar bomba sumergible en fosa de filtros para enviar solución a fosa de lodos no. 2
- f) Equipo para lavar a presión (hidrolaser)
- g) Contar con compuestos de filtro ayuda (compuestos a base de perlititas insolubles), tales como decalite, solkafloc.

- PROCEDIMIENTO

- a) Parar bomba de filtros (fuera de operación)

- DRENAR FILTROS

- a) Abrir válvula de desfogue de cada filtro.
b) Abrir válvula de dren de cada filtro al tanque de circulación.

- ABRIR FILTROS

- a) Quitar tuercas de tornillos de apriete de tapas de los filtros.
b) Operar dispositivo para remover tapas (hacia afuera)

- LIMPIEZA DE LONAS

- a) Desmontar una por una y lavar con agua a presión
b) Verificar estado de lonas
c) Cambiar lonas dañadas
d) Montar nuevamente las lonas lavadas

- CERRAR FILTROS

- a) Operar dispositivo par acomodar tapas (adentro)
b) Poner tuercas de tornillos y apretar tapas de los mismos.

- LLENAR FILTROS

- a) Cerrar válvula de dren de cada filtro
b) Operar bomba de filtros

c) Verificar sellos (existencia de fugas)

d) Cerrar desfuegos de ambos filtros

- **APLICAR PRECAPA** (FILTRO AYUDA)

a) Filtro ayuda decalite: 66 kg.; 0.5 kg/m² sup. de filtrado

solka floc: 6.0 kg.; 0.050 kg/m² de sup.de filtrado.

b) Llenar tanque de precapa con electrolito vía línea de retorno a tanque de precapa.

C) ESTABLECER CIRCUITO DE PRECAPA:

	filtro no. 1	filtro no.2
v. abierta	v7, v9	v2, v4
v. cerrada	v6, v8, v10	v1,v3, v5

(se anexa diagrama de precapa diag. 2)

d) Bomba del tanque de precapa operando

e) Agregar filtro ayuda según especificación. mezclar en tanque de precapa (aprox. 33 m². sup/filtro)

f) Mantener circuito de precapa hasta que retorne electrolito limpio (libre de filtro ayuda) aproximadamente 45 min.

- **OPERAR NORMAL**

a) Abrir válvulas de alimentación de descarga de filtros de operación de filtrado

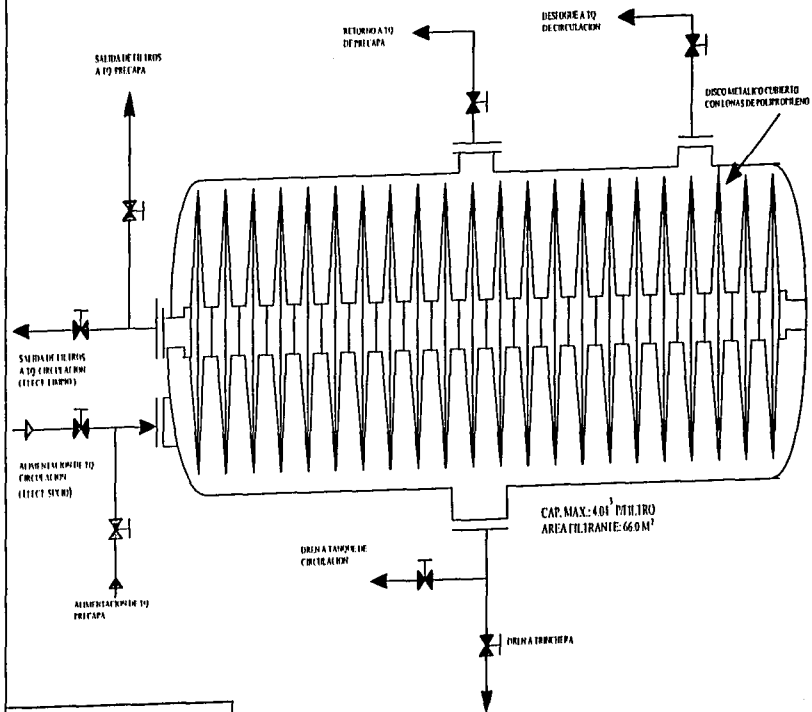
	filtro no. 1	filtro no. 2
v. abierta	v6, v7, v8, v9	v1, v2, v3, v4,
v. cerrada	v10	v5

b) Dejar que se vacíe el tanque de precapa y parar bomba de precapa

c) Cerrar válvulas de alimentación y descarga de filtro de operación de precapa

	filtro no. 1	filtro no. 2
v. abierta	v6, v8	v1, v3,
v.cerrada	v.7 v9, v10	v2, v4, v5

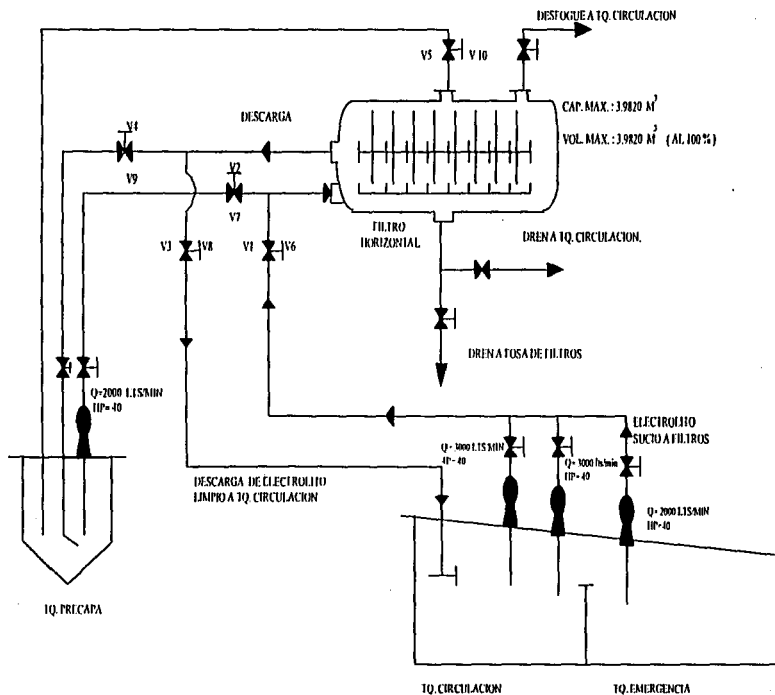
FILTROS



U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO CARRANZA ALCANTARA

FIG	DIAGRAMA REPRESENTATIVO
5.1	DE LOS FILTROS HORIZONTALES DE PROCESO

SISTEMA DE FILTROS



U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL.
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 5.2 DIAGRAMA REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DE PRECAPA DE LOS FILTROS HORIZONTALES DE PROCESO

d) Operar bomba de filtros retirar herramientas, materiales, equipo hacer limpieza general en área de filtros.

ASPECTOS DE INTERES.

En este caso, es de vital importancia mantener los filtros lo mas limpio posibles, ya que de éstos depende también que exista una circulación aceptable en el circuito de celdas.

Cuando las lonas de los filtros se encuentran ya muy dañadas, es decir, saturadas de lodo y otras partículas flotantes en el electrolito, se pueden presentar problemas en el sistema que afectan directamente en la electrodeposición del cobre. Estos problemas pueden ser los siguientes:

- Nivel de electrolito de operación del tanque cabeza y del tanque de circulación bajos.
- Flujo de alimentación de electrolito en celdas lentos y bajos.
- Por consiguiente, el llenado de las celdas cuando se realiza cambio de sección es lento (niveles de los tanques bajos).

Se puede evitar este tipo de situaciones en el sistema llevando a cabo una limpieza periódica de los filtros mínimo cada 2 meses. Esta limpieza ocasionará una circulación de electrolito aceptable, trabajando el sistema en " cascada " hacia el tanque de circulación en forma continua, favoreciendo así la electrodeposición de cobre y manteniendo eficiencias de corriente globales del 95% .

C. CONFIRMACION DE RESULTADOS.

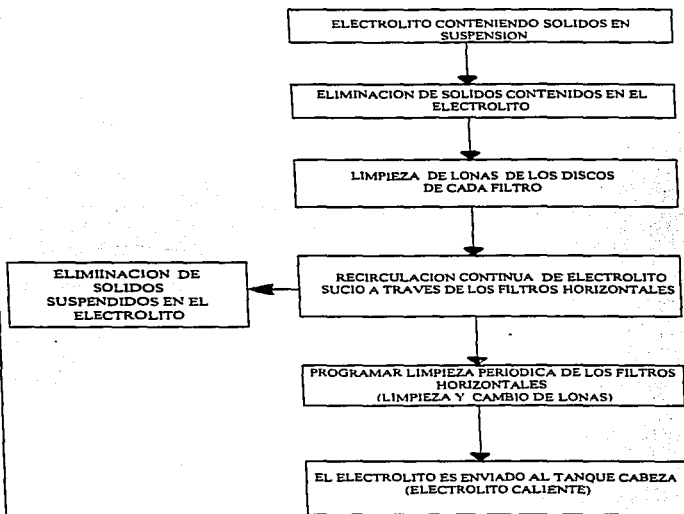
Dependiendo del procedimiento de limpieza de los filtros implementados en la planta, se han obtenido resultados favorables que se ven reflejados en la circulación del electrolito en las celdas y en las eficiencias de corriente del proceso.

Es necesario programar con el personal de operación y el personal de mantenimiento mecánico de la refinería realizar limpiezas de los filtros mínimo cada 2 meses, para así eliminar sólidos suspendidos y pequeñas cantidades de lodo en solución que puedan desequilibrar tanto el funcionamiento del equipo de proceso (bombas de filtros y circulación principalmente) como las eficiencias de corriente en el proceso.

Por ultimo, el lodo retirado de los discos cuando se hace la limpieza de los mismos (torta), es almacenado en tambos de plástico y enviado a la planta de tratamiento de lodos anódicos para ser secado, molido y envasado para embarque.

El nivel óptimo de sólidos en suspensión para el electrolito será menor a 10 ppm y el flujo mínimo necesario de la bomba de filtros no será menor a 1000 lts/min.

FILTROS HORIZONTALES



U.N.A.M.
F.E.S. - CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
ARMANDO E. CABRANZA ALCANTARA

FIG. 1. DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DE FILTROS HORIZONTALES

PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ANODICOS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ANÓDICOS.

A. PROCEDIMIENTO.

Los lodos anódicos a manejar inicialmente son enviados de la planta electrolítica cada vez que los ánodos han cumplido su ciclo de vida, es decir, cada 22 días cuando se realiza el cambio de sección.

El procedimiento a seguir para el manejo y tratamiento de los lodos anódicos se tiene que llevar a detalle, para separar el cobre en solución y obtener lodo seco conteniendo metales tales como oro y plata, bajo condiciones de operación específicas. Los pasos a seguir son:

1. Verificar en planta de lodos que se encuentre libre el permisivo para poder enviar el lodo a la misma (mecanismo que permite el paso del lodo anódico en la línea de descarga al tanque receptor del mismo).
2. Comenzar a vaciar las celdas de proceso una por una. Cuando están decantadas, quitar el tapón de la línea de lodos de cada celda y, por gravedad, enviar el mismo a la fosa de lodos.
3. Accionar la bomba de la fosa de lodos (planta electrolítica) enviando el lodo a la planta de lodos. Abrir la válvula de descarga de la línea de lodos al tanque receptor.
4. Recibir el lodo de las celdas en el tanque receptor. Verificar cuando acaben de enviar el lodo de la sección de cambio para colocar el permisivo en la línea de descarga al tanque receptor.
5. Una vez acabado el cambio, dejar reposar el licor en el tanque receptor aproximadamente una hora para asentar el lodo de la solución (sedimentación libre).
6. Una vez asentado el lodo de la solución, se procede a decantar la solución. El tanque receptor cuenta con 5 niveles de decantación, en los cuales se va decantando la solución nivel por nivel. Abrir la válvula del nivel 5 y accionar la bomba del tanque receptor, abriendo la válvula de descarga de la misma hacia el tanque auxiliar 403.
7. La solución decantada (limpia) pasa al tanque auxiliar 403. Abrir la válvula de descarga de dicho tanque y accionar la bomba del mismo. Este electrolito pasa por un filtro canasta, para eliminar cantidades pequeñas de lodo que aun quedan en solución, y es enviado al tanque de emergencia de la planta electrolítica para su utilización.

8. Una vez que se ha decantado la solución del tanque receptor hasta el nivel 3, parar la bomba del tanque receptor, cerrando la válvula de decantación del nivel 3 y la descarga de la bomba.
9. Cuando el tanque receptor se encuentra a nivel de lodo (nivel 3), abrir la válvula de descarga hacia el tanque oxidador para cargar el lodo al mismo y accionar la bomba.
10. Cargar el tanque oxidador a un nivel aproximado de 6.0 m3. con el lodo a lixiviar. Cuando se tiene dicho nivel de carga en el oxidador, parar la bomba del tanque receptor cerrando la válvula de descarga del tanque y la válvula de descarga de la bomba.
11. Una vez cargado el lodo en el oxidador, abrir la línea de vapor del mismo hasta alcanzar una temperatura de operación de 70° C. y mantenerla constante. Suministrar aire al oxidador a procesar para oxidar el lodo abriendo la línea de alimentación accionando el soplador (lixiviación ácida).
12. Al inicio de la lixiviación, tomar una muestra de lodo a procesar para analizar la acidez del licor anódico así como el porcentaje de cobre contenido en el licor, ($H^+ = 125 - 130 \text{ gr/l}$ y $\% \text{ Cu} = 19 - 24$). En caso contrario, ajustar la acidez a este rango. Mantener en operación el oxidador aproximadamente 20 horas, con suministro de vapor y aire continuo.
13. Pasado el tiempo de operación del oxidador (20 hrs.) tomar una muestra para analizar la acidez y el $\%$ de Cu finales en el licor anódico.
14. Suministrar agua de condensado al oxidador hasta completar la capacidad del oxidador (12 M3.). Dejar reposar la solución y decantar la misma cada 6 horas, enviando la solución al tanque de emergencia y volviendo a llenar el oxidador.
15. Después de decantar la solución del oxidador por tercera ocasión, dejar el oxidador a nivel del lodo (hasta el nivel 2 de decantación) para proceder a filtrar la solución restante.
16. Para el proceso de filtrado, abrir la válvula de descarga inferior del oxidador, abrir la válvula de descarga de lodo a la centrifuga, y abrir la válvula de retorno de solución de la centrifuga al oxidador en proceso. Accionar la centrifuga y la bomba del tanque oxidador para comenzar a filtrar.

17. Una vez filtrada la solución del oxidador, retirar el lodo acumulado en la centrifuga, este lodo se recibe en recipientes metálicos de acero inoxidable.

18. Cargar el lodo obtenido de la centrifuga hacia un secador de parrilla, equipado con un quemador de gas para eliminar la humedad contenida en el mismo.

19. Después de secar el lodo, cargar el lodo en el molino para desmenuzarlo y obtener el mismo en forma de polvo. Este lodo se envasa en recipientes metálicos, los cuales se pesan y muestrean, se tapan, se almacenan en lotes de tonelaje específico para su embarque.

Este procedimiento de operación se lleva a cabo siempre que se realiza cambio de ánodo agotado en las celdas de proceso.

E. ASPECTOS DE INTERÉS .

1. Para la decantación de solución limpia de los tanques oxidadores y el tanque receptor, cada uno cuenta con un tren de válvulas de decantación, con la finalidad de ir decantando la solución paulatinamente hasta un nivel de lodo.

2. Normalmente se utiliza hasta el nivel 3 para decantar la solución del tanque receptor; y se utiliza hasta el nivel 2 para decantar la solución de los tanques oxidadores.

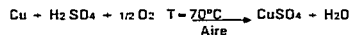
3. Durante el tiempo de operación de lixiviación de cada oxidador, es necesario suspender el proceso cada 6 horas, para reponer nivel en el mismo, ya que existen pérdidas por evaporación que disminuyen el nivel de operación, poniéndose en operación nuevamente dicho oxidador.

4. Cuando se envía la solución decantada hacia el tanque de emergencia via filtro canasta, es necesario mantener la lona del filtro lo mas limpia posible, eliminando partículas que puedan tapar el mismo, se requiere limpiar la lona del filtro al menos 2 veces cada que se realiza la decantación de solución hacia la planta electrolítica, ya que de lo contrario esta solución pasara al tanque de emergencia conteniendo pequeñas cantidades de lodo y puede contaminar al electrolito reciclable en el sistema.

5. Además de manejar y tratar lodo anódico, la planta recupera barredura de cobre, la cual se envía a la planta de lodos cuando realizan limpieza de celdas electrolíticas. Esta barredura se separa, lava, escurre, envasa y se envía a la planta de fundición para su reciclaje.

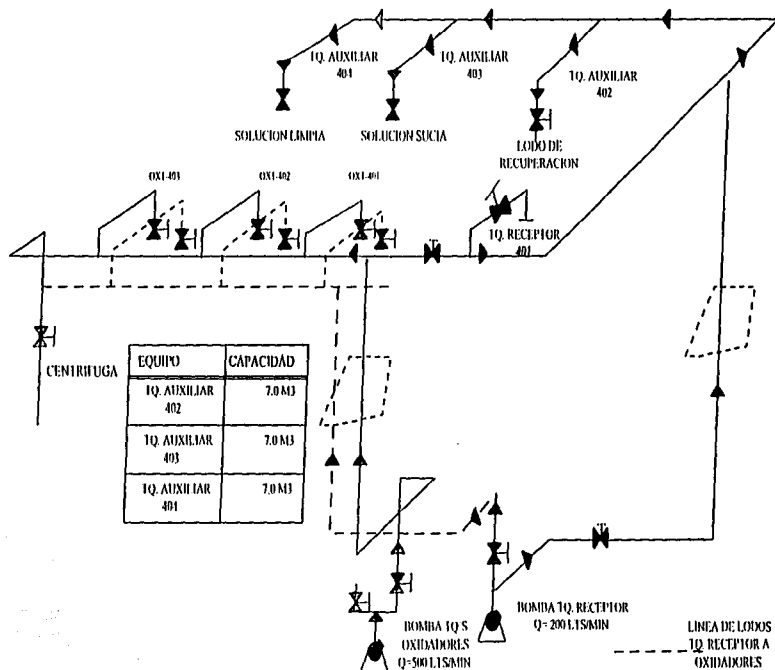
La operación básica en el tratamiento de los lodos anódicos es la decuprización del mismo, la recuperación de todo el cobre contenido en el lodo anódico. Después de la remoción en celdas, el lodo es pasado a través de un cedazo para retirar inclusiones largas de cobre (barreduras) y otros materiales extraños los cuales permanecen en el fondo de las celdas. El lodo es enviado hacia el proceso de lixiviación.

En el proceso de lixiviación (en caliente y en medio ácido), dentro de las reacciones posibles que se efectúan en los oxidadores, esta la siguiente:



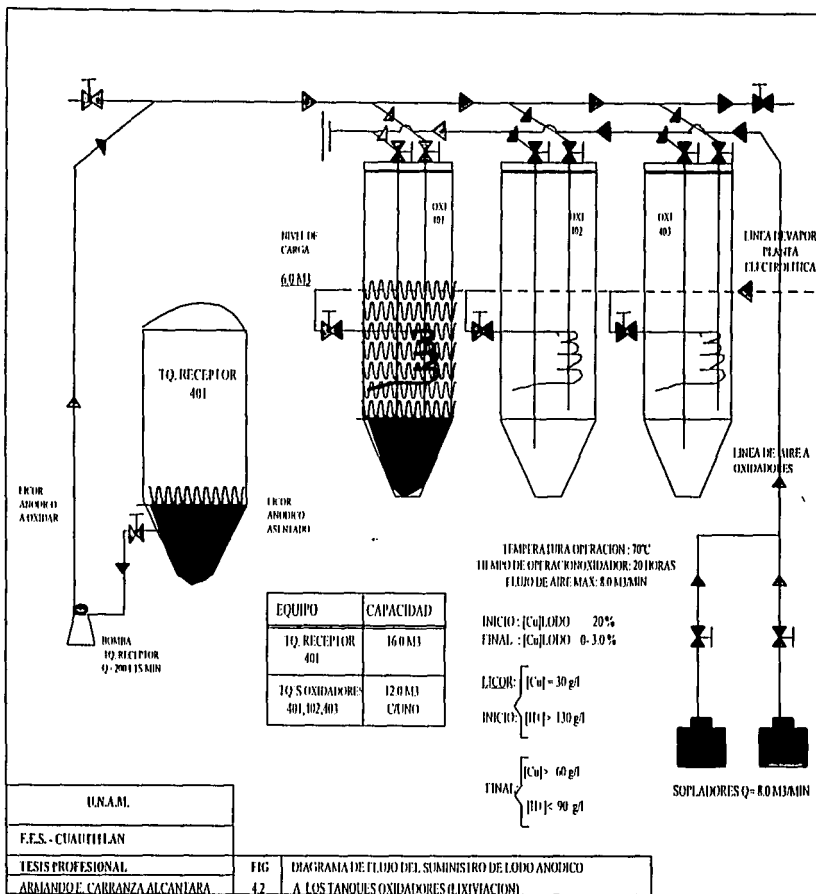
El CuSO_4 se envía en solución hacia la planta electrolítica para su reciclaje, obteniéndose también metales preciosos, tales como Au, Ag, Se y Te.

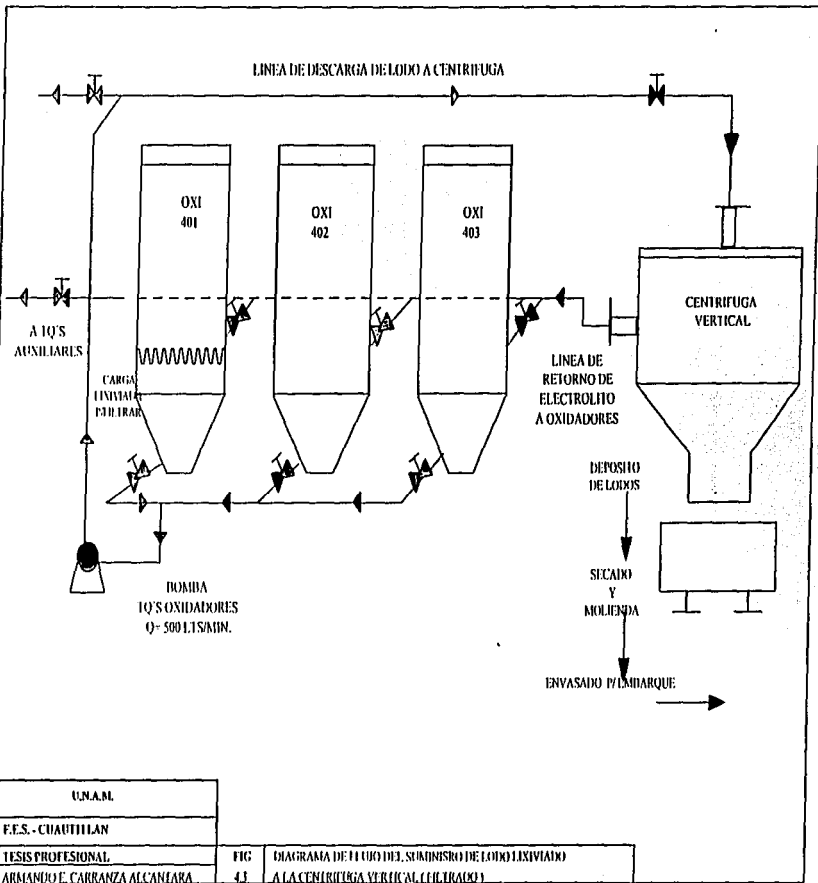
Se presentan diagramas de flujo representativos de las operaciones en la planta de tratamiento de lodos anódicos (ver fig 4.1 a la 4.5).

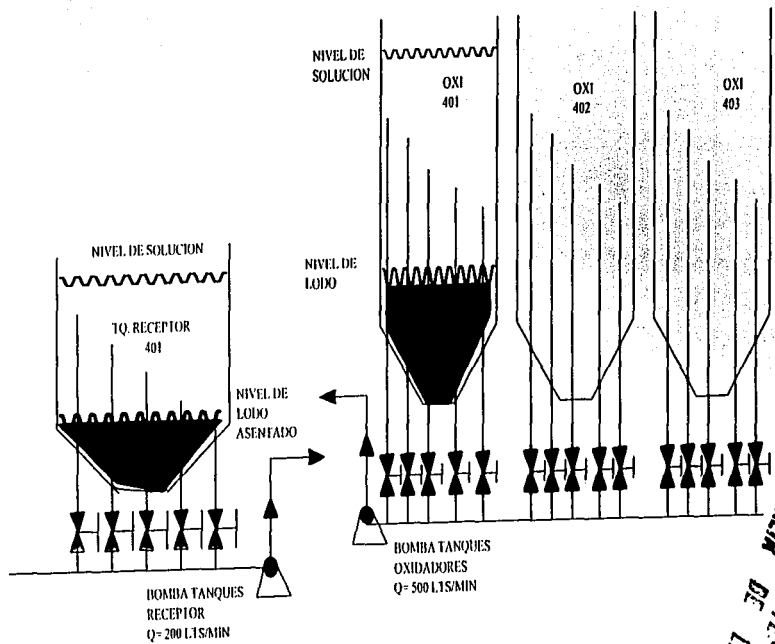


UNAM
F.E.S. - CUAUHUILAN
TESIS PROFESIONAL,
ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ARREGLO GENERAL DE LINEAS PARA DECANACION DE ELECTROLITO DE BOMBAS A LANCHAS DE PROCESO Y AUXILIARES (ENLACE)

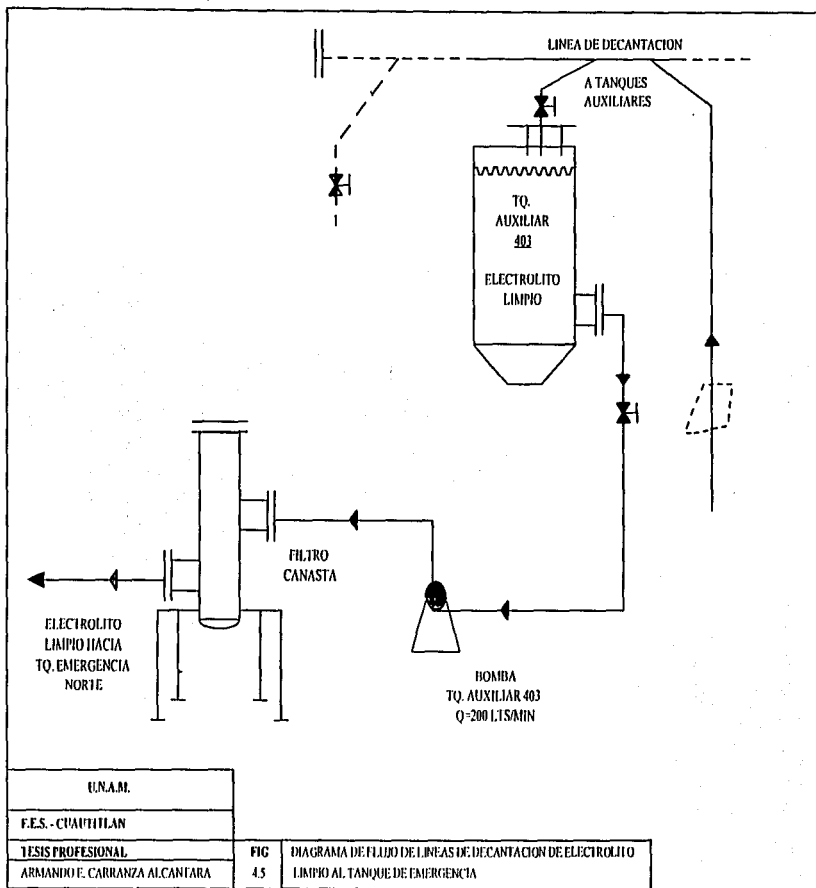






ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

UNAM.		
F.E.S. - CUAMHTLAN		
TESIS PROFESIONAL	FIG. 4.4	DIAGRAMA REPRESENTATIVO DE LOS CABEZALES DE DECONTAMINACION DE LOS TQ. OXIDADORES Y RECEPTOR
ARMANDO C. CARRANZA ALCANTARA		



D. CONFIRMACION DE RESULTADOS.

Es importante recalcar que para llevar a cabo a detalle el procedimiento de operación en el tratamiento de los lodos anódicos, se deben de tener en condiciones óptimas de operación tanto los equipos principales de proceso como tuberías, válvulas, accesorios, etc., que pueden repercutir en la producción de la planta.

En forma general, se presenta la siguiente tabla con los resultados obtenidos en la planta de lodos aplicando el procedimiento de operación:

OPERACION DE OXIDADORES		ELECTROLITO		
	Tiempo (horas)	Cu (lodo)	Cu(g/l)	H+ (g/l)
Inicio	0	19.27	35.66	130.1
Final	20	2.01	76.45	74.6

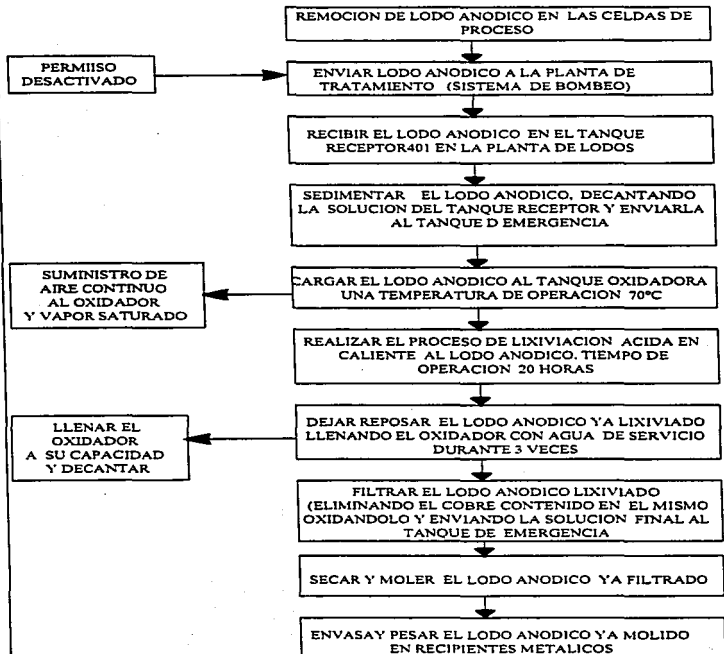
Es necesario señalar que el tiempo de operación en los oxidadores se puede extender 1 o 2 hrs mas, dependiendo de los resultados finales en la lixiviación.

Análisis final de lodos anódicos :

Plata (kg./ton)	: 195.561	Níquel (%)	: 0.33
Oro (kg./ton)	: 1.436	Fierro (%)	: 0.14
Selenio (%)	: 6.42	Cobre (%)	: 2.71
Telurio (%)	: 1.10	Acidez (%)	: 0.17
Antimonio (%)	: 5.45	Cobre Soluble	: 0.58
		(%)	
Bismuto (%)	: 1.05	Insoluble (%)	: 11.34
Arsénico (%)	:	Humedad (%)	: 8.72
Plomo (%)	: 13.37		
Zinc (%)	: 0.67		
Calcio (%)	: 0.93		

El lodo obtenido en la planta (seco, molido y envasado) es enviado a las refinерías para extracción de metales preciosos, tales como oro y plata.

TRATAMIENTO DE LODOS ANODICOS



U.N.A.M.
 F.E.S. - CUAUTITLAN
 TESIS PROFESIONAL
 ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 4.6 DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DEL TRATAMIENTO DE LODOS ANODICOS

SISTEMA RECTIFICADOR.

SISTEMA RECTIFICADOR.

A. INTRODUCCION .

Uno de los factores esenciales para llevar a cabo el proceso de electrólisis es el suministro de corriente directa en el sistema de celdas. Es de vital importancia conocer el control y manejo de los equipos empleados en el suministro de corriente para no ocasionar desequilibrios en la electrodeposición del cobre, ya que cualquier falla en los mismos, impactaría directamente en la producción global de la planta.

Para llevar a cabo el monitoreo del equipo de corriente eléctrica en el sistema es necesario que exista una adecuada coordinación del supervisor del área eléctrica y el supervisor de circulación para hacer movimientos en el rectificador para trabajos tales como: puenteo (s) de sección (es), corrección de fallas registradas en el sistema de barras (bus-bar), en los switches de corta-circuito en cada sección, reparación de recubrimientos en las celdas de proceso, cambio de accesorios de las mismas etc.

Es de vital importancia mantener un suministro continuo de corriente en el banco de celdas de proceso, tanto mayor sea la continuidad de operación del rectificador, se llevara a cabo una optima electrodeposición de cobre.

B. PROCEDIMIENTOS.

El procedimiento de monitoreo que se ha implantado en la refinería para el rectificador se tiene que llevar a detalle con la estricta supervisión del personal del área eléctrica y circulación, para que en determinado momento no exista fallas que repercutan directamente en la producción global de la planta. Con la finalidad de evitar accidentes y daños al equipo (switches de corta-circuitos) por arcos eléctricos en los contactos de los mismos, y para llevar a cabo una mejor supervisión al realizar la operación de cierre o apertura del puenteo en cada sección, se recomienda llevar a cabo el siguiente procedimiento:

1. Bajar la corriente a cero amperes o para el rectificador (verificar con voltmetro la ausencia de corriente en el bus-bar).
2. verificar la posición del equipo de corta-circuito a través de las mirillas, revisando que no existan bloqueos entre los contactos móviles y los fijos, y que se tenga contacto efectivo entre las barras.

3. Colocar la llave del switch localizado en la caja de conexiones eléctricas a posición "permiso"
4. Dirigirse hasta el panel de control remoto y operar la llave del switch de la sección correspondiente hacia "cierre o apertura", según sea el caso.
5. Regresar al equipo de corta - circuito y verificar que la operación se realizó satisfactoriamente y que la lámpara local indicadora, correspondiente a la posición, señala la misma.
6. Colocar la llave del switch localizado en la caja de conexiones eléctricas a posición " no permiso ". esta llave deberá guardarla consigo cada supervisor.
7. Restablecer la corriente en el sistema de bus-bar, suministrándose paulatinamente hasta normalizar la misma en el sistema de celdas.

Rectificador Conversión de corriente alterna en corriente directa.

Construcción : Gabinete
 Barra de cobre electrolítico
 Tiristores
 Fusibles

Distribución : Barras conductoras en las secciones
 (bus - bar)
 2 seccionadores de barras principales.
 Switchs de corta - circuito

Capacidad de operación: 28000 amperes, c.d. max.
 106.0 volts max.

Registros de operación : Formato de control

Kamp entrada; Volts; Amp. alta tensión; Voltaje (alta tensión); Temp. aceite (°C); Posición de tap; No. de secciones en operación.

GUIA PARA SELECCION DE TAP EN EL RECTIFICADOR :

No. SECC.	VOLTAJE.	No. TAP.
10	57.2	5
11	61.8	5
12	66.4	6
13	71.0	6
14	75.6	6
15	80.2	7
16	84.8	7
17	89.4	8
18	94.0	8
19	98.6	9
20	103.2	10

Tabla 7.1.- tabla de guía para selección de tap en el rectificador

DATOS DE DISEÑO

TAP	VOLTAJE
1	40.8
2	47.1
3	51.0
4	55.6
5	61.2
6	70.7
7	81.5
8	88.3
9	96.4
10	106.0

Tabla 7.2.- tabla con datos de diseño del rectificador

TAPS.	VOLTS	No. SECCIONES
1	40.8	7
2	47.1	8
3	51.0	9-10
4	55.6	10-11
5	61.2	12
6	70.7	13-14
7	81.5	15-16-17
8	88.3	17-18
9	96.4	19-20
10	106.0	22

Tabla 7.3.- tabla para guía de selección de tap en el rectificador, dependiendo del número de secciones en operación.

En la practica depende:

1. Voltaje de entrada al transformador
2. No. de liberadores
 - 1seccion = 14 celdas = 4.2 volts.
 - Caída de tensión del bus-bar : 5.0 volts.

D. ASPECTOS DE INTERÉS

Es importante tener en cuenta que para realizar cualquier movimiento de carga en determinada sección, checar con un multímetro de que no exista energía en la misma.

Además, el rectificador cuenta con un transformador principal, el cual consta de una serie de devanados los cuales se deben de ajustar dependiendo del no. de secciones que se tengan en ese momento.

Para hacer estos cambios de tap (tap = paso) en el rectificador, se baja la corriente en el mismo a cero amperes, se abre el interruptor principal (se desenergiza el sistema), se cambia al tap de operación deseado, se vuelve a cerrar el interruptor principal y se va suministrando la corriente paulatinamente al sistema hasta normalizarlo.

El rectificador debe de trabajar en condiciones de operación normales de 27.5 - 28.0 k amp. Si no se trabaja bajo esta condición, es necesario cambiar de tap dependiendo de las secciones que se tengan operando. Para alcanzar este suministro de corriente de operación en el sistema y tratar de mantener este rango de operación constante.

El personal de mantenimiento eléctrico de la planta revisara periódicamente los contactos de los corta - circuitos de cada sección, ya que se pueden ensuciar con electrolito que escurre de las celdas y sulfatan los mismos. La limpieza de estos se realiza con el fin de evitar arcos, corriente a tierra y dañar al bus-bar, además de falsos contactos.

Dentro de la operación de la planta, se presentan situaciones especiales las cuales repercuten directamente en el suministro de corriente al sistema. La situación mas importante es cuando existen paros generales de planta. Cuando esto sucede hay que seguir el procedimiento siguiente:

Cuando existen paro programado de energía en la planta, se baja la corriente en el rectificador a cero amperes, y se abre el interruptor principal del mismo para desenergizar el sistema; además, cuando hay paros de energía inesperados en la planta, el rectificador se dispara, quedando desenergizado el sistema.

Cuando se restablece la energía general de planta, se procede a cerrar el interruptor principal del rectificador y se va suministrando la corriente paulatinamente al sistema de celdas hasta normalizar el mismo.

El control del rectificador cuenta con un panel de control en el cual se pueden realizar todo tipo de operaciones que se deseen efectuar en el mismo. Cuenta además con un sistema de protección automático para cada una de las funciones que controla el rectificador.

Las condiciones de operación del rectificador son:

1. Temperatura del agua de enfriamiento del rectificador:
40° - 50°c.
2. Temperatura del aceite para enfriamiento del rectificador:
40° - 55°c.
3. Amperaje de entrada (corriente directa) : 28000 amperes.
4. Voltaje de entrada (corriente directa) : 106.0 volts.
5. Voltaje de alta tensión (corriente alterna) : 10500 volts.
6. Amperaje requerido en corriente alterna : 198 - 200 amps.
7. Factor de potencia ($\cos \phi$) : 0.85 - 0.90.
8. Posición de tap (seleccionador) : de 6 al 10, dependiendo del número de secciones en operación.

9. Flujo de aceite (q) para enfriamiento del rectificador:
2000 lts/min.

10. Flujo de agua (q) para enfriamiento en el rectificador:
150 lts/min.

Protecciones automáticas en el panel de operación del rectificador:

- a) Sobrecorriente de alta tensión (corriente alterna) : el rectificador se dispara cuando se sobrepasa el valor de 210 amp.
- b) Relevador buch-holtz de sobre -presión de aceite : dispara el rectificador cuando se incrementa o decrece la presión en el tanque del aceite del rectificador. dispara también cuando existen bajo nivel de aceite.
- c) Sobre temperatura de aceite : el rectificador dispara cuando la temperatura del aceite sobrepasa los 60°C. Procede disparo del interruptor principal del rectificador.
- d) Falta de flujo de aceite en el rectificador: el interruptor principal dispara cuando el flujo de aceite es de 0 (q ac = 0).
- e) Falta de flujo de agua al rectificador y sobretemperatura de la misma : el interruptor principal del rectificador dispara cuando la temperatura del agua de enfriamiento sobrepasa los 50°C, y cuando no exista flujo de la misma (q agua= 0).
- f) Seleccionador de tap : este punto depende de cuantas secciones se tengan en operación. Dispara cuando no se tiene el tap adecuado.
- g) Falla de tiristores : el interruptor principal del rectificador dispara cuando se tiene algún tiristor dañado en el rectificador.
- h) Sobre-intensidad (corriente directa) en el rectificador de entrada: el interruptor principal del rectificador dispara cuando se tiene una corriente de entrada al rectificador mayor de 29500 amperes.

i) Apertura de seccionadores de corriente directa : el interruptor principal del rectificador dispara cuando hay apertura en uno o ambos seccionadores de corriente al sistema.

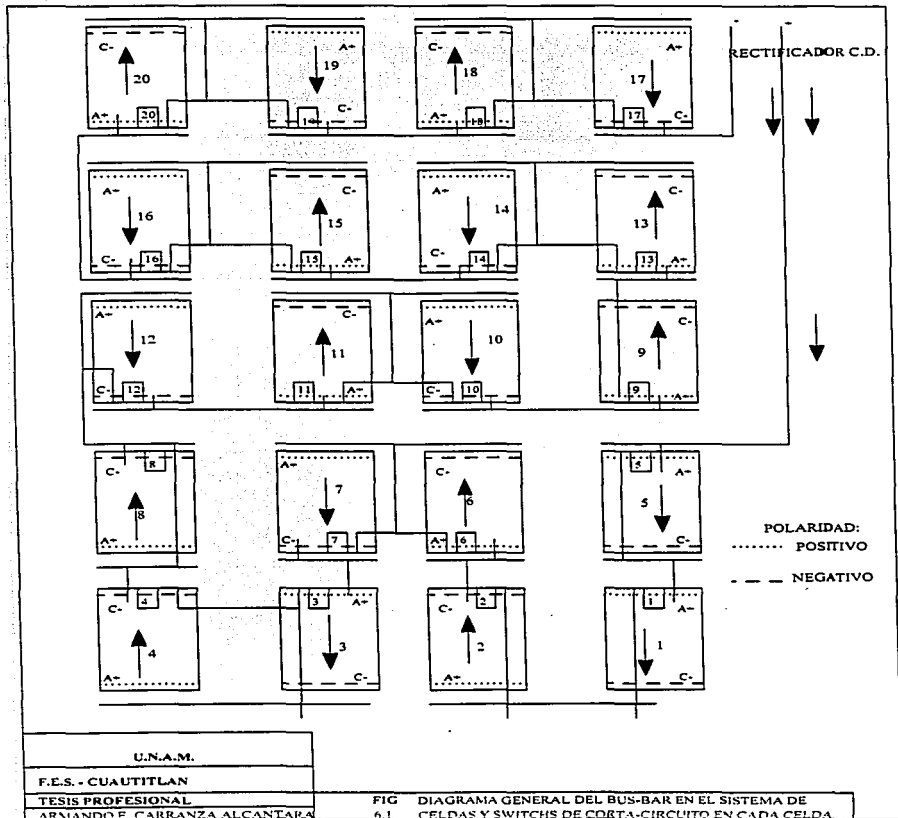
Además, en la planta se cuenta con interruptores para casos de emergencia que se presenten en el sistema. Estos interruptores son pulsadores de "hongo", que se operan manualmente y están colocados en puntos visibles estratégicos en la planta (área de electrólisis).

E. CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS.

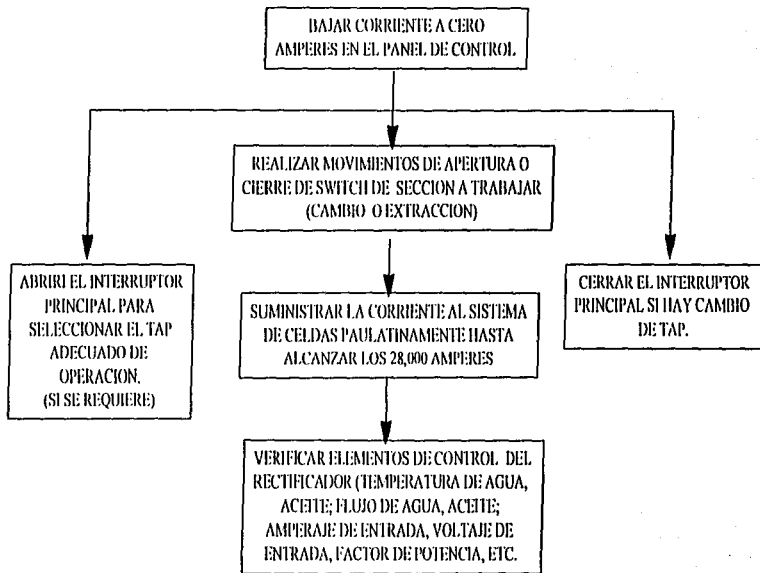
Con el método de operación implementado en la planta para el manejo y control del rectificador, se han logrado resultados favorables en cuanto a eficiencias de corriente en operación continua en la planta,

Además, es necesario concientizar al personal de operación y mantenimiento acerca de la importancia que tiene este equipo en la producción de la planta. Cualquier anomalía registrada en el sistema de bus-bar, rectificador y corta-circuitos de las secciones deberán ser reportados inmediatamente al supervisor inmediato para su pronta solución.

Se han implementado programas de mantenimiento preventivo en los elementos y dispositivos del sistema de suministro de la energía eléctrica periódicamente (limpieza y revisión de los switches de corta-circuitos, limpieza de fluxes de los intercambiadores de calor empleados en el sistema de enfriamiento en el rectificador, limpieza y revisión de las barras de cobre del bus-bar, etc.), con la finalidad de tener continuidad en el proceso, y solo se requiere hacer movimientos en el rectificador cuando sea necesario (cambio y extracción de secciones, reparación (es) en alguna (s) celda (s), etc.).



MANEJO DEL RECTIFICADOR



UNAM.

F.E.S. - CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

ARMANDO CARRANZA ALCANTARA

FIG
60

DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION DEL
MANEJO DEL RECTIFICADOR

SISTEMA MAQUINAS DE PROCESO.

SISTEMAS MAQUINAS DE PROCESO

A. INTRODUCCION .

Uno de los puntos básicos en la producción de la planta y en el proceso de electrólisis del cobre es el manejo y control de las máquinas de proceso, ya que estas son las que proporcionan los elementos necesarios para que se lleve a cabo esta operación.

Dentro de la refinería se cuenta con las siguientes máquinas de operación principales:

1. **Máquina lavadora de cátodo:** se le retira la barra porta-cátodo, se lava el cátodo y se agrupan en paquetes de 18-19 piezas para ser embarcados como producto terminado.
2. **Máquina lavadora de scrap (ánodo agotado):** se lava el scrap agotado y se agrupa en paquetes de 18-19 piezas enviándose a fundición para su reciclaje.
3. **Máquina preparadora de ánodos:** se le da un cepillado mecánico a las partes que tendrán contacto directo con las celdas (orejas) ordenándose en forma equidistante en grupos de 55 piezas por medio de una cadena transportadora para ser enviadas a las celdas.
4. **Máquina preparadora de hoja iniciadora:** en la cual se conjuntan la hoja iniciadora, las orejas y la barra porta- cátodo para ser remachados y ordenarse en grupos de 56 piezas equidistantemente para ser enviadas a las celdas de proceso.
5. **Máquina transportadora de barras:** en forma sincronizada se le retira la barra porta-cátodo a los cátodos en la maquina lavadora y es transportada a la maquina preparadora de hoja iniciadora.
6. **Máquina cortadora de orejas:** se realizan recortes de la hoja obtenida de la sección de matrices para elaborar la oreja que sostendrá al cátodo en las celdas de proceso.

Es necesario contemplar un marco de control óptimo para el manejo de estas máquinas, con la finalidad de que no existan anomalías en las mismas que impacten directamente en la producción de la planta, siendo responsabilidad directa del supervisor de máquinas que estas se encuentren en óptimas condiciones de operación para realizar los movimientos requeridos y suministrar los elementos necesarios en cada una de ellas para el proceso.

B. PROCEDIMIENTO

Los procedimientos para cada máquina de proceso implantado en la refinería debe de llevarse a cabo a detalle y con la estricta supervisión para que no existan anomalías en las mismas que puedan repercutir en la producción global de la planta.

Para las máquinas de proceso, se tienen prácticamente los mismos principios de operación, es decir, operan de una manera semejante tanto en el arranque, el paro, y la operación en automático.

- Cada máquina tiene la capacidad de trabajar automáticamente, salvo cuando se llegan a tener problemas en alguna de ellas, es recomendable trabajar en manual.
- Las máquinas por si solas tienen unidades hidráulicas línea general de suministro de aire (aire para instrumentos), para accionar automáticamente válvulas neumáticas. Además, de contar con sensores (micros) que reciben señales de los paneles de operación para realizar su operación automáticamente.
- Cuando ha concluido la operación de cada máquina de proceso, es necesario realizar inspección en micros, catarinas, cadenas transportadores, válvulas, difusores, espreas, etc., esto con la finalidad de mantener en condiciones de operación cada una de ellas.
- Coordinarse con el personal de mantenimiento tanto eléctrico como mecánico, para realizar mantenimiento preventivo en cada una de las máquinas de proceso para abatir posibles anomalías en la operación de las mismas que impacten directamente en la producción de la planta.

C. ASPECTOS DE INTERES

Para el manejo y control de las máquinas de operación del proceso de electrólisis, es necesario implementar un programa de mantenimiento tanto eléctrico como mecánico para evitar anomalías en las mismas que repercutan en la producción de la planta.

Algunos aspectos básicos que se deben contemplar en el manejo de las máquinas de proceso son:

1. El llenado de los tanques de proceso de las máquinas de lavado de cátodo y scrap se debe de realizar en el tercer turno por el personal de operación de circulación a sus niveles indicados y suministrarles vapor a los mismos 2 horas antes de comenzar a operar.

2. Una vez que se ha terminado de sacar la producción de cátodo y sacar el scrap resultante de la sección de cambio, se decantan los tanques de estas máquinas enviando la solución por sistema de bombeo hacia el tanque de agua de lavado, y pasarlo nuevamente al tanque de emergencia para su reciclaje.
3. Después de que paran las máquinas de lavado de cátodo, scrap, verificar diariamente que no estén bloqueadas las espreas, cedazos de las bombas, guías de las válvulas de dren, verifican que exista lubricación con grasa en los vástagos, que no existan fugas en las tuberías de proceso de las mismas, checar empaques, desgaste de cadenas, catarinas; checar posición de guías, limpieza de micros, condiciones de estructura en general, grasa en válvulas de bombas, etc.
4. Este programa de mantenimiento preventivo descrito anteriormente se le debe de dar a cada una de las máquinas de proceso (preparadora de ánodos, preparadora de hoja iniciadora, cortadora de orejas), con la finalidad de que no existan fallas que puedan impactar en la producción de la planta.
5. Es importante recalcar que cuando se hace el cambio de ánodos en una sección, si no se tiene completa la cantidad de ánodos requerida para hacer el cambio (770 ánodos), la sección quedara fuera de operación y estará en espera hasta que le vuelva a tocar su ciclo de cosecha ; solamente se llenan las celdas con electrolito que estará circulando en las mismas.

E. CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS.

Dentro del manejo de las máquinas de proceso para la obtención del producto terminado (cátodo comercial), se debe de llevar a detalle el procedimiento de operación de cada una de ellas. Un punto de operación realizado incorrectamente en cualquiera de ellas, ocasionara desequilibrios en el sistema y se reflejara en la producción de la planta.

Diariamente, llevando a cabo a detalle la operación de cada una de estas máquinas, se obtiene cátodo comercial con una producción estimada por sección de 110 ton, reciclándose un promedio de 35.0 ton de scrap retirado de las celdas de cambio.

Es importante recalcar que se debe de tener una coordinación adecuada con el personal de mantenimiento eléctrico y mecánico de la planta para realizar mantenimiento preventivo en las máquinas de proceso, para poder trabajarlas a diario al 100% de su capacidad. (se anexa una tabla del programa mensual de la producción de la planta).

PROGRAMA DE PRODUCCION DE OCTUBRE DE 1997

ELECTROLISIS

NOTAS	DIA	ANODOS	EXTRACC	PROD	CAMBIO	PROD	PROD	No. HOJAS	ACUM	ACUM	DIF
		pzas	secc	est	secc	est	total	INIC.	PROG	REAL	
Tabla calculada con 92% Efic. 95% de utilización y 27 kamp Peso promedio anodos 330kgs	MIE 1	770	15	107	7	107	214	1568	214		
	JUE 2		16	107			107	784	321		
	VIE 3	770			8	107	107	784	428		
	SAB 4	770	17	107	3M/9	214	321	1568	749		
	DOM 5	1540	18	107	3M/10	107	214	2352	963		
	LUN 6		19	107			107	784	1070		
	MAR 7	770	20	107	11	107	214	1568	1284		
	MIE 8	770	4	107	12	107	214	1568	1498		
	JUE 9	770	1	70	13	107	177	1288	1675		
	VIE 10		5	107			107	784	1782		
	SAB 11	770	6	107	14	107	214	1568	1996		
	DOM 12	770	7	107	15	107	214	1568	2210		
	LUN 13	770			16	107	107	784	2317		
	MAR 14		8	107			107	784	2424		
	MIE 15	770	9	107	17	107	214	1568	2638		
	JUE 16	770	10	107	18	107	214	1568	2852		
	VIE 17	770			2M/19	214	214	784	3066		
	SAB 18	1540	11	107	2M/20	107	214	2352	3280		
	DOM 19	770	12	107	4	107	214	1568	3494		
	LUN 20	495	13	107	1	70	177	1288	3671		
	MAR 21	770			5	107	107	784	3778		
	MIE 22	770	14	107	6	107	214	1568	3992		
	JUE 23	770	15	107	7	107	214	1568	4206		
	VIE 24		16	107			107	784	4313		
	SAB 25	770			8	107	107	784	4420		
	DOM 26	770	17	107	9	107	214	1568	4634		
	LUN 27	770	18	107	10	107	214	1568	4848		
	MAR 28		19	107			107	784	4955		
	MIE 29	770	20	107	11	107	214	1568	5169		
	JUE 30	770	4	107	3M/12	214	321	1568	5490		
	VIE 31	1540	1	70	3M/13	107	177	2072	5667		

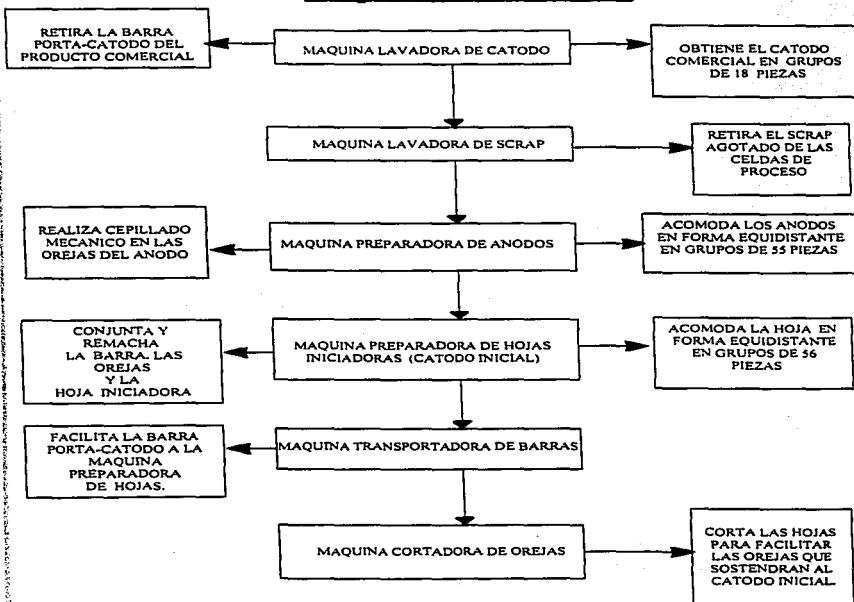
TOTAL 21285 2708 2959 5667 41496

TONS 7024

228

TABLA 7.1.- PROGRAMA MENSUAL DE PRODUCCION DE LA PLANTA ELECTROLITICA (MES DE OCTUBRE)

MAQUINAS DE PROCESO



U.N.A.M.

F.E.S. - CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

ARMANDO E. CARRANZA ALCANTARA

FIG 7.0

DIAGRAMA DE BLOQUES REPRESENTATIVO DE LA OPERACION MAQUINAS DE PROCESO

RESULTADOS

RESULTADOS

Se presentan tablas y gráficas representativas de las condiciones de operación que ha generado un equilibrio en la planta electrolítica a niveles de producción.

Es de esperarse que los resultados obtenidos en la refinera reflejen las constantes mejoras y modificaciones tanto en el equipo de proceso como en los procedimientos de operación, obtenidos gracias a los constantes programas de capacitación a los que han sido objeto el personal de operación de la refinera y que se han reflejado en la producción global de la planta.

CONTROL OPERATIVO PLANTA ELECTROLITICA 1996

ELECTROLITO

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Cu. gr/l	43.9	42.7	44.2	42.6	45.6	45.0	41.7	43.1	43.4	40.7	42.87	42.4	43.18
H2SO4 *	190.5	181.3	181.1	185.6	182.0	184.0	188.2	184.6	183.2	189.8	185.03	184.2	184.13
C1 ppm	24.5	29.7	21.7	26.8	29.3	29.1	30.6	29.3	28.9	30.4	28.6	26.3	27.93

IMPUREZAS EN ELECTROLITO

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
As gr/l	20.05	19.49	19.60	20.00	19.94	19.58	19.96	19.32	17.38	17.35	17.04	16.72	18.87
Sb gr/l	0.76	0.86	0.80	0.89	0.72	1.22	0.68	0.56	0.76	0.72	0.72	0.78	0.79
Ni gr/l	19.20	19.60	20.40	20.84	24.40	24.10	24.24	25.00	25.80	25.68	26.00	27.00	23.51
Zn gr/l	2.76	2.78	2.92	2.96	2.98	3.10	3.18	3.19	3.32	3.34	3.34	3.34	3.10
Fe gr/l	1.14	1.14	1.14	1.14	1.10	1.15	1.17	1.20	1.20	1.20	1.44	1.36	1.23
Bi gr/l	0.08	0.08	0.12	0.12	0.11	0.14	0.08	0.10	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11
Se gr/l	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02
Te gr/l	0.06	0.02	0.05	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03
Ca gr/l	0.40	0.38	0.49	0.50	0.46	0.44	0.42	0.52	0.44	0.44	0.44	0.36	0.44
Pb gr/l	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
Mo gr/l	1.37	1.28	1.19	1.27	1.14	1.20	1.07	1.04	1.00	1.09	1.11	1.17	1.16

OPERACION DE FILTROS CASA DE TANQUES

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
ENTRADA	9.7	11.0	10.3	13.7	12.4	12.3	17.2	13.7	27.6	11.4	26.7	12.3	16.21
SALIDA	7.5	6.0	5.7	7.6	5.7	9.9	13.3	7.9	11.4	11.4	6.9	8.4	8.48

PRODUCCION LODOS ANODICOS

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Ag gr/l	166.352	133.557	162.421	110.610	144.680	122.800	195.561	251.520	178.668	145.813	134.885	126.000	156.07
Au gr/l	1.581	1.059	1.530	0.801	0.790	0.694	1.436	1.650	1.019	0.880	1.086	0.746	1.11
Se %	3.88	4.20	4.60	3.88	5.07	4.17	6.42	7.83	7.95	5.15	4.20	5.23	5.30
Ie %	0.41	0.36	1.20	0.04	0.04	0.78	1.10	1.17	1.06	0.87	0.95	0.80	0.73
Sb %	12.47	7.53	12.93	8.12	6.30	5.90	5.45	5.93	7.15	10.18	9.00	9.80	8.40
Bi %	0.55	0.92	1.13	0.85	1.07	1.15	1.05	0.98	1.18	1.35	1.00	1.08	1.03
As %	5.33	5.67	5.54	6.18	5.50	5.10	5.40	5.34	4.90	5.25	6.53	5.33	5.51
Pb %	13.75	16.33	14.91	19.17	17.70	19.50	13.31	11.53	14.86	13.10	13.95	18.28	15.46
Zn %	0.50	0.45	0.82	1.02	0.74	0.88	0.64	0.72	0.73	0.50	0.70	1.25	0.78
Ca %	0.67	0.68	1.00	0.80	0.87	0.82	0.93	0.85	0.93	0.72	0.73	0.75	0.81
Ni %	0.30	0.43	0.26	0.31	0.31	0.28	0.33	0.30	0.33	0.20	0.23	0.23	0.29
Fe %	0.17	0.11	0.18	0.16	0.16	0.16	0.14	0.13	0.14	0.16	0.15	0.38	0.17
Mn %											1.50	1.50	1.50
Cu %	2.44	2.07	2.18	1.75	3.50	2.75	2.71	2.73	2.90	2.30	2.10	2.95	2.88
Acidez %	0.87	0.58	0.57	0.62	0.59	0.00	0.17	0.19	0.41	0.46	0.50	0.33	0.44
Cu. sol %	1.04	0.60	0.37	0.27	0.58	0.16	0.58	0.92	0.59	0.41	0.16	0.33	0.50
Instof %	12.88	15.10	13.56	18.17	14.42	15.10	11.34	12.64	12.04	16.80	19.87	17.79	14.98
Humedad %	6.50	8.21	8.40	10.51	6.60	8.80	6.72	6.60	7.30	6.50	6.00	7.30	7.95

TABLA 11 - CONTROL OPERATIVO DE LA PLANTA ELECTROLITICA

CONTROL OPERATIVO PLANTA ELECTROLITICA 1996

ARSENIURO DE COBRE														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.	
As	%	29.64	29.79	28.45	28.85	28.76	27.26	31.27	29.90	29.43	26.16	29.52	27.59	28.88
Sb	%	0.91	1.13	3.47	0.85	0.89	0.86	0.96	1.29	1.27	1.26	1.36	1.28	
Bi	%	0.11	0.15	0.13	0.16	0.18	0.11	0.10	0.14	0.15	0.15	0.13	0.14	
Cu	%	53.13	52.70	54.20	55.59	54.77	52.17	50.20	51.60	53.80	51.20	51.71	49.00	52.49
Pb	%								0.42	0.61	0.52	0.49	0.51	
Fe	%								0.06	0.10	0.11	0.19	0.12	
Zn	%								0.10	0.12	0.18	0.19	0.15	
Ni	%								0.42	1.31	0.11	1.54	0.85	
Te	%								0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	
Sn	%								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ca	%								0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	
Se	%								0.05	0.01	0.01	0.02		

OPERACION LIBERADORES													
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Entrada													
Arsenico	2.40	3.26	2.79	2.50	2.44	2.25	4.15	3.08	2.87	2.52	2.73	3.39	2.87
Cobre	1.70	1.93	1.65	1.65	2.17	1.62	2.37	2.27	2.30	1.90	2.23	2.85	2.05

Salida													
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Arsenico	0.80	2.21	1.59	1.59	1.23	1.59	2.60	1.73	1.74	1.50	1.67	2.21	1.71
Cobre	0.10	0.29	0.20	0.20	0.30	0.23	0.40	0.30	0.40	0.23	0.36	0.72	0.31

IMPUREZAS EN ANODOS DE FUNDICION														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.	
As	ppm	590	633	470	473	510	776	630	250	553	453	297	423	504.83
Sb	ppm	570	467	373	340	310	490	333	125	170	257	195	317	329.00
Bi	ppm	30	60	32	47	45	62	37	25	20	27	17	36	36.50
Se	ppm	180	177	123	263	320	411	423	163	133	120	147	150	217.50
Te	ppm	0	113	20	13	1	100	90	47	7	30	60	20	29.25
Pb	ppm	995	770	1040	970	1400	500	620	1015	700	777	1340	657	868.50
Ni	ppm	247	107	256	230	300	253	303	189	163	247	360	270	260.00
Zn	ppm	940	80	145	93	130	40	40	238	30	43	173	53	74.75
Fe	ppm	17	7	17	17	17	3	3	3	0	20	13	3	9.00
Ca	ppm	12	3	9	10	7	2	7	0	3	0	23	1	6.75
Sn	ppm	217	133	134	167	230	20	68	80	80	120	100	95.00	
S	ppm										43	45	44.00	

TABLA 1.1 - CONTROL OPERATIVO DE LA PLANTA ELECTROLITICA (CONTINUACION)

CONTROL OPERATIVO PLANTA ELECTROLITICA 1996

NORMA ASTM												
VALOR	Sb	As	Bi	Fe	Pb	Ni	Ag	Te	Sn	Zn	Se	S
MAXIMO	(Partes por Millón)											
GRADO A	4	5	1	10	5	10	25	2	5		2	15

HISTORICO

MES	Sb	As	Bi	Fe	Pb	Ni	Ag	Te	Sn	Zn	Se	S	Cu %
	(Partes por Millón)												
ENERO	37	32	0.40	2.8	1.2	1	9.7	0.5	0.4	0.5	0.9	8	99.9967
FEBRERO	32	33	0.30	7.0	1.1	2.1	12.2	0.5	0.5	1.1	6.5	6.5	99.9961
MARZO	1.7	2.2	0.21	4.3	0.7	1.6	9.4	0.6	0.3	0.2	0.8	5.5	99.9972
ABRIL	1.5	1.3	0.19	9.5	0.8	2.1	11.1	0.2	0.3	0.4	0.4	6	99.9969
MAYO	1.9	2.2	0.16	2.8	0.7	3	11.2	0.6	0.2	0.3	0.6	6	99.9970
JUNIO	1.5	1.7	0.25	2	0.9	2.3	12.6	0.6	0.4	0.5	0.5	4.8	99.9971
JULIO	2.1	1.7	0.2	2.8	0.9	2.2	13.9	0.6	0.5	0.7	0.6	4.3	99.9969
AGOSTO	1.2	1.7	0.3	2.4	1.1	1.9	14.7	0.8	0.5	0.5	0.6	7.1	99.9967
SEPTIEMBRE	1.6	1.6	0.3	0.9	1.4	1.1	12.3	0.3	0.3	0.1	0.6	6.1	99.9973
OCTUBRE	0.9	1.5	0.2	3.4	0.8	2.7	12	0.6	0.4	1.6	0.4	5.8	99.9969
NOVIEMBRE	2.0	1.3	0.19	2.3	1	3.7	9.7	0.9	0.4	0.5	0.4	5.2	99.9972
DICIEMBRE	1.7	1.3	0.2	2.1	0.8	3	9.3	0.5	0.4	0.5	0.4	5.1	99.9974
PROMEDIO	1.9	1.9	0.2	3.5	0.9	2.2	11.5	0.6	0.4	0.5	0.6	5.9	99.9980

TABLA 1.2 - PARAMETROS DE CONTROL DE IMPUREZAS EN EL PROCESO ELECTROLITICO EN BASE A LA NORMA DE CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL.

EFICIENCIAS

MESES	1991				1992				1993				1994				1995				1996				
	EFI	OC	V	ACUM.	EFI	OC	V	ACUM.	EFI	OC	V	ACUM.	EFI	OC	V	ACUM.	EFI	OC	V	ACUM.	EFI	OC	V	ACUM.	
ENERO					82.87	2.50	16.671	82.83	84.41	1.82	288	84.41	84.00	1.81	305	84.00	81.07	2.14		81.07	81.80	2.40	332	81.80	
FEBRERO					80.86			86.85	84.76	1.53	309	84.59	84.23	2.11	305	84.12	83.90	1.52	335	82.49	84.28	1.48	337	83.24	
MARZO					87.56	12.5		87.08	83.64	1.69	309	84.27	84.40	1.74	305	84.21	85.11	1.36	334	83.36	82.90	1.86	340	82.95	
ABRIL					79.51	8.8		85.15	84.01	1.50	306	84.21	84.16	1.85	317	84.25	83.40	1.57	337	83.39	85.80	1.22	334	83.85	
MAYO					83.81			84.93	84.39	1.23	306	84.24	84.72	1.66	311	84.30	82.82	1.74	312	83.24	86.54	1.01	331	84.22	
JUNIO					83.95	3.10	277	84.77	85.72	1.43	308	84.49	84.37	1.81	332	84.31	83.81	2.78	314	82.83	85.72	1.32	315	84.47	
JULIO					81.50	1.63	312	85.73	84.75	1.56	316	84.53	83.31	1.62	328	84.17	82.55	2.22	328	82.62	85.57	1.40	306	84.63	
AGOSTO	INICIO				85.10	1.07	310	86.90	85.96	1.27	313	84.71	82.82	1.86	317	84.01	83.31	1.89	319	82.71	87.15	0.84	314	84.95	
SEPTIEMBRE	111				86.95	0.54	299	88.02	85.70	1.21	308	84.82	81.81	2.51	311	83.68	81.84	2.47	325	82.81	87.43	0.87	318	85.22	
OCTUBRE	71.05				87.47	0.73	302	88.96	88.03	1.19	309	84.95	89.14	2.41	310	83.23	83.68	1.83	332	82.72	86.61	1.21	305	85.36	
NOVIEMBRE	71.87				71.46	86.68	0.84	296	89.66	84.80	1.55	313	84.92	81.12	2.06	324	83.04	83.31	1.87	331	82.77	85.81	1.34	315	85.38
DICIEMBRE	71.49	8.52			71.32	96.87	1.11	289	90.27	84.96	1.73	315	84.93	80.40	2.32	323	82.82	83.60	1.61	329	82.84	84.74	1.74	312	85.33
PROMEDIO	71.47	8.52			71.48	90.27	3.31	298	90.27	84.93	1.48	308	84.93	82.82	1.98	318	82.82	82.84	1.92	289	82.84	85.33	1.80	322	85.33

TABLE 13. TABLE COMPARATIVE OF THE EFFICIENCIES OBTAINED SINCE THE ARRIVAL OF THE PLANT ELECTRICITY UNTIL 1996

PLANTA ELECTROLITICA

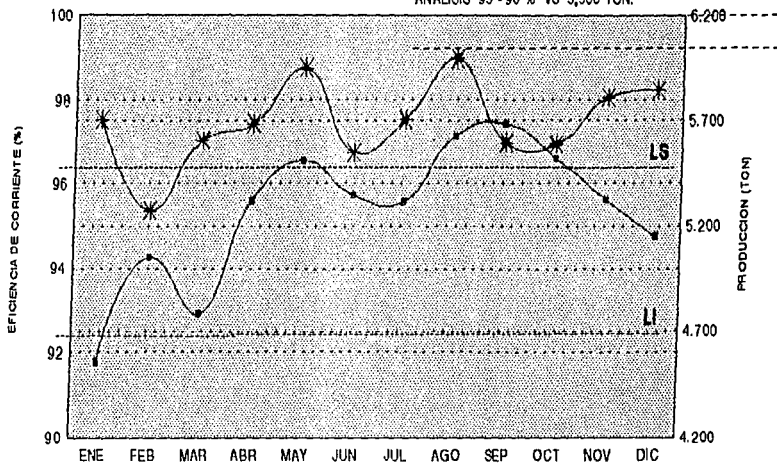
PROGRAMA : CONTROL DE CALIDAD Q.O.S.

ELEC3

COMENTARIOS:

GRAFICA DE TENDENCIAS

ANALISIS 95 - 96 % VS 5,500 TON.



EFICIENCIA →	91,8	94,28	92,9	95,6	96,54	95,72	95,57	97,16	97,43	96,61	95,61	94,74
PRODUCCION *	5.707	5.274	6.607	6.687	5.955	5.548	5.707	5.995	5.597	5.589	5.812	5.849

* PRIMER RECORD DE PRODUCCION

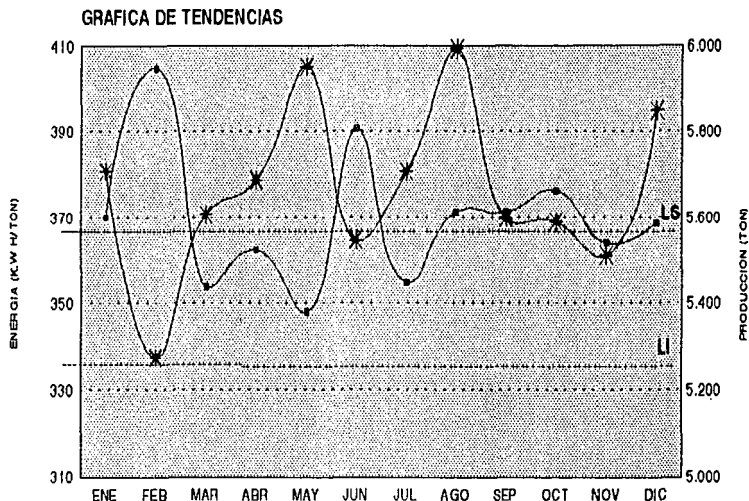
** SEGUNDO RECORD DE PRODUCCION

Gráfica 1.1.- Gráfica representativa de los resultados de eficiencia de corriente y producción de cobre electrolítico en el año de 1996.

PLANTA ELECTROLITICA

PROGRAMA : CONTROL DE CALIDAD Q.O.S.

ELECT



ENERGIA	→	370	405,1	353,8	362,5	348	390,7	364,8	371,2	371,3	376,27	364,11	369,59
PRODUCCION	✱	5.707	5.274	5.607	5.687	5.955	5.548	5.707	5.995	5.697	5.689	5.512	5.849

Gráfica 1.2.- Gráfica representativa de los resultados del consumo de energía y la producción de cobre electrolítico en el año de 1996.

PLANTA ELECTROLITICA

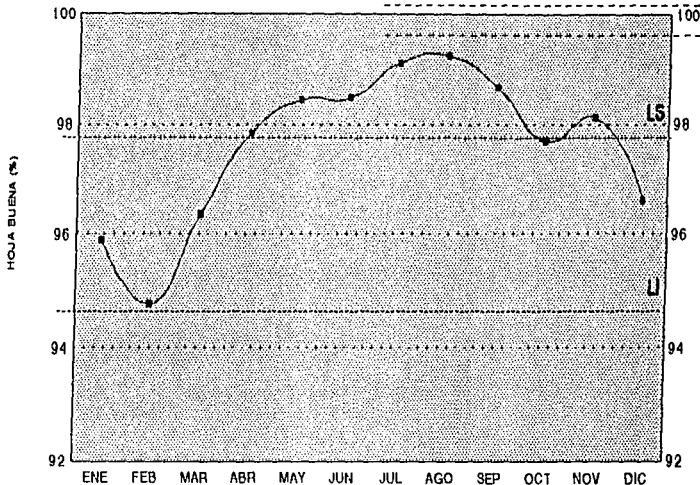
PROGRAMA : CONTROL DE CALIDAD Q.O.S.

ELEC5

COMENTARIOS :

GRAFICA DE TENDENCIAS

ANALISIS : INCREMENTO POR ANODOS HAZOZARI



HOJA BUENA (%) →	95,9	94,9	96,36	97,85	98,43	98,46	99,11	99,24	98,66	97,7	98,12	96,82
------------------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------

Gráfica 1.3.- Gráfica representativa de los resultados de la hoja iniciadora obtenida en la sección de matrices en el año de 1998.

PLANTA ELECTROLITICA

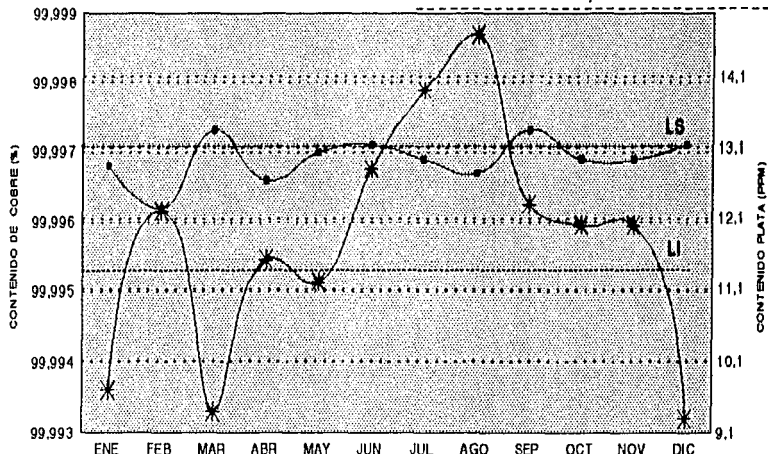
PROGRAMA : CONTROL DE CALIDAD Q.O.S.

ELEC4

COMENTARIOS :

GRAFICA DE TENDENCIAS

REGRESION LOGARITMICA $y = A + B \ln x$



% COBRE	99,9968	99,9962	99,9973	99,9966	99,997	99,9971	99,9969	99,9967	99,9973	99,9969	99,9969	99,9971
PPM PLATA	9,7	12,2	9,4	11,5	11,2	12,8	13,9	14,7	12,3	12	12	9,3

Gráfica 1.4.- Gráfica representativa de los resultados obtenidos en la pureza del cátodo final y el contenido de plata en el mismo en el año de 1996.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

RESUMEN ANALISIS ESTADISTICO DE TENDENCIAS

GRAFICA	INDICADOR	RANGO
1	Eficiencia	95 - 96 %
1	Producción	5.500 - 5.600 TON
2	Energía	360 - 370 KwH/T
3	Scrap	17 - 18 %

TABLA 1.A.- Resumen del análisis estadístico de tendencias.

Para lograr el equilibrio de la planta electrolítica en niveles de producción, es necesario mantener los parámetros descritos anteriormente, para que se vea reflejado en la producción global de la refinera.

Analizando las gráficas de tendencias (eficiencias, hoja iniciadora, pureza del cátodo, etc.), se observan tendencias favorables que se ven reflejadas en la producción global de la planta.

La calidad y pureza del cátodo depende principalmente de las concentraciones de aditivos empleados en el sistema y del control de impurezas presentes en el electrolito que en base a la norma astm de control que rige la calidad del cátodo comercial se obtiene el producto final bajo los parámetros de calidad deseados.

Además, se ha observado una tendencia favorable en cuanto a la eficiencia de corriente obtenida al inicio de las operaciones de la planta y la obtenida hasta el año de 1996.

Esto es un reflejo de las mejoras que se han obtenido en la planta en cuanto a los programas de capacitación para el personal de operación y las continuas mejoras y cambios tanto en los equipos de proceso como en los procedimientos de operación, que han dado como resultados el equilibrio de niveles de producción deseado en la refinera.

Este trabajo cumple con el objetivo trazado al inicio: elaborar un manual de operación que sirva de fuente de información básica y estratégica para capacitación del personal de operación de la refinera, y tenerlo como soporte para la obtención de registro iso-9000 a nivel internacional.

GLOSARIO

G L O S A R I O

- ADITIVO:** En el proceso de electrodeposición son compuestos orgánicos coloidales de elevado peso molecular que se emplean en el proceso de electrodeposición del cobre para ayudar y controlar la apariencia física del cátodo obtenido.
- ALAMBRO:** Alambre de cobre electrolítico de diámetro nominal de 8.0 mm. que se emplea para la elaboración de conductores eléctricos de diferentes calibres.
- AMPERES:** Es la unidad de intensidad de la corriente eléctrica. Es la intensidad de corriente que deja circular un coulomb en cada segundo.
- ANODO:** En el proceso de electrólisis, es el electrodo positivo. Al paso de la corriente por el sistema los iones cargados negativamente (aniones) emigran hacia el ánodo, ocurren reacciones de oxidación.
- APLICADOR DE BARRA:** Dispositivo que se emplea para aplicar una lechada de sulfato de bario en los moldes de la rueda de colar, para evitar que se adhiera el metal a los mismos e incrementar el tiempo de vida útil.
- AVITONE (M.):** Es una sustancia coloidal orgánica (en forma sólida). Compuesto sulfonado derivado del petróleo. Ayuda a modificar cualquier efecto adverso por exceso de cola en el sistema.
- BARRA SOLIDA DE COBRE:** Es el elemento que sirve para sostener a la hoja iniciadora y en la cual se realiza el contacto directo en las celdas para lograr la electrodeposición del cobre y formar el cátodo comercial.
- BUS BAR:** Se le llama así al sistema de conexión para las secciones del proceso para el suministro de corriente eléctrica. Es un sistema de barras de cobre electrolítico capaz de transportar la energía eléctrica a cada una de las secciones de proceso. Su conexión es en serie, lo que permite realizar puenteo de secciones para movimientos diversos de carga y descarga sin afectar a las demás en operación.

- CALOR DE FUSIÓN:** Es la cantidad de calor necesario para pasar del estado sólido al estado líquido
- CÁTODO:** En el proceso de electrólisis, es el electrodo negativo. Al paso de la corriente por el sistema, los iones cargados positivamente (cationes) emigran hacia el cátodo, ocurren reacciones de reducción.
- CELDA ELECTROLITICA:** Recipiente que contiene electrodos metálicos sumergidos en una solución acuosa fuertemente ácida, o electrolito; dichos electrodos están conectados a una fuente de suministro de corriente directa o rectificador.
- COLA:** Compuesto granular empleado en el proceso electrolítico de cobre como aditivo (sintético o animal). Polímero proteínico que ayuda a refinar el tamaño del grano en el depósito catódico.
- CORRE BLISTER:** Es la materia prima básica (cobre amollado en primera fusión) y esencial para la elaboración del ánodo empleado en el proceso de electrodeposición del cobre electrolítico.
- CONDUCTIVIDAD:** Medida de la propiedad de conducir la electricidad. La conductividad eléctrica estándar de cobre es 0.15328 ohm (metro-gramo) a 20°C. Esto es, un alambre de cobre de 1 metro de log., y pesando 1 gramo, tiene una resistencia de 0.15328.
- CONTACTO CALIENTE:** Un contacto caliente se detecta cuando la barra porta cátodo al hacer contacto con la barra equalizadora de la celda de proceso se calienta. Esto se detecta con el gaussmetro y es indicativo de que existe corto-circuito en ese cátodo.
- CORTO-CIRCUITO:** son alteraciones superficiales presentes en el cátodo cuando existen anomalías de tipo electrolítico en el proceso (falsos contactos, impurezas presentes en el electrolito, etc.)

<u>COLUMB:</u>	Es la cantidad de electricidad que hace circular en un segundo una corriente de intensidad de un ampere, es la cantidad de electricidad transportada en un segundo a través de cualquier sección de un circuito por una corriente de un ampere de intensidad.
<u>DECANTACIÓN:</u>	Cuando hay cambio de sección en una celda el electrolito es separado del lodo áno dico y enviado al tanque de emergencia. A la operación de separar un líquido de un sólido ya sedimentado se le llama decantación.
<u>DENSIDAD DE CORRIENTE:</u>	Es la intensidad de la corriente total que fluye por un conductor, dividida por el área de su sección expuesta (normalmente con unidades de amp/ft ² , amp/m ² , etc.)
<u>DEPOSITO:</u>	Es la acción y efecto de acumulación sobre una superficie el material transportado por un medio cualquiera.
<u>DERRAME:</u>	Se efectúa en las celdas de proceso cuando estas han alcanzado su nivel de operación y el electrolito restante descarga y recircula constantemente. El derrame de electrolito de cada celda se efectúa a la salida de las mismas, y el electrolito se transporta por gravedad hacia el tanque de circulación.
<u>DUCTILIDAD:</u>	Capacidad de un material para deformarse plásticamente sin fracturarse, medida por la elongación o reducción de área en una prueba tensil.
<u>DUREZA:</u>	El termino puede referirse a la rigidez o templado a la resistencia al rayado, la abrasión o el corte.
<u>EFICIENCIA DE CORRIENTE:</u>	En electrólisis, es un factor de aprovechamiento de corriente dado por la relación del deposito real/deposito teórico; el deposito teórico esta gobernando por la ley de Faraday.
<u>ELASTICIDAD:</u>	Propiedad de un material en virtud de la cual tiende a recuperar su tamaño y forma originales después de la deformación.
<u>ELECTRODEPOSICIÓN:</u>	Es un deposito de una capa de materia sobre un electrodo de una celda electrolytica cuando se suministra corriente eléctrica

<u>ELECTRODO:</u>	Pieza conductora entre la cual se establece una corriente eléctrica através de un fluido. (líquido o gas). Hay por lo menos 2 electrodos en un dispositivo: uno, llevado a potencial negativo, se llama cátodo; el otro, llevado a potencial positivo, se llama ánodo.
<u>ELECTROLITO:</u>	Es una solución acuosa conductora de electricidad, que contiene iones en solución (Cu^{2+} , SO_4 , H^+), la cual favorece la electrodeposición del metal por refinar.
<u>ELONGACION:</u>	En una prueba tensil. Incremento en la longitud calibrada de la muestra medida después de la factura de la muestra.
<u>EQUIVALENTE ELECTROQUIMICO:</u>	Para cualquier sustancia o grupo de elementos, es el No. de gramos de dicha sustancia depositados por el paso de una cantidad de electricidad de un coulomb, a través de un electrolito. El equivalente electroquímico es proporcional al equivalente químico.
<u>ESCORIA:</u>	Residuo sólido, generalmente compacto que resulta de la combustión de ciertas sustancias o de la fusión de minerales metálicos, o bien, del afinado de ciertos metales o aleaciones, es generalmente poco soluble
<u>ESPREA:</u>	Dispositivo empleado en el lavado del cátodo comercial y el scrap de ánodo. Por medio de las espreas (difusores), se aplica un rociado a la superficie y las orejas del cátodo con la finalidad de eliminar el sulfato remanente en el mismo; aplican un rociado en la superficie del scrap agotado para eliminar el lodo anódico impregnado en la superficie de los mismos.
<u>FILTROS HORIZONTALES:</u>	Equipos principales de proceso destinadas a retener los sólidos sus pendidos en solución. Son de cuerpo cilíndrico de acero inoxidable y consta cada filtro de 33 discos.
<u>FUSIÓN:</u>	Transformación del estado sólido al estado líquido sin modificación de la naturaleza química del cuerpo, a través de calor

GAUSSMETRO:

Instrumento de medición que nos indica la presencia de campos magnéticos en las celdas de proceso. Es un detector (parámetro de medición) de la existencia o ausencia de cortos-circuitos en los cátodos, a través de la intensidad magnética.

HORNO DE REVERBERO:

Es un equipo en la fundición del cobre blister para la afinación a fuego y obtención de ánodos de proceso. el funcionamiento en general de este horno, es que realiza el fundido del blister a reflejo; la flama de los quemadores en el horno se refleja en las paredes del mismo para realizar el proceso de fundido (reflejo).

IMPUREZA:

Elemento o sustancia con características específicas que pueden perjudicar de alguna manera la electrodeposición de cobre (arsénico, bismuto, antimonio).

LODO ANÓDICO:

Es la solución en forma de pulpa que se obtiene en el fondo de las celdas cuando el ánodo ha cumplido su ciclo de vida (mezcla de lodo y electrolito), y el cual es enviado por sistema de bombeo hacia la planta de tratamiento de lodos ánódicos. También llamado barro ánódico, es el acumulamiento de especies que no reaccionan en el proceso electrolítico de cobre, y se precipitan en forma de lodos, los cuales contienen metales preciosos, tales como oro y plata entre otros.

LIXIVIACION:

La disolución de un sólido por medio de reactivos químicos a condiciones de presión y temperatura específica.

MAMPARAS:

Es una placa delgada de pvc con dimensiones específicas que son colocadas en las descargas de cada celda y sirven para establecer el nivel de operación del electrolito en cada celda (se utilizan mamparas del no. 10, 9.5, 9.0, etc...).

MATRICES:

Son placas de acero inoxidable con dimensiones específicas y una barra de cobre sólido que se emplea para la formación de la hoja iniciadora de la cual se obtendrá el cátodo comercial. Al paso de la corriente por el circuito, los iones de cobre se depositan sobre la superficie de la placa de acero inoxidable, formando así la hoja iniciadora.

MODULACION:

Es una estructura metalografica con tamaño del grano definido que se forma en el deposito metálico al paso de la corriente directa, por efecto de los aditivos.

OREJAS:

Son recortes que se realizan de las hojas iniciadoras(cobre catódico) que se obtienen en el desforre de matrices para sostener la barra porta-catodo y la hoja iniciadora para la formación del cátodo comercial en las celdas de proceso.

OXIDADOR:

Tanque de acero inoxidable en el cual se lleva a cabo el proceso de lixiviación (separación del cobre conteniendo en el licor ánodoico pasando este a solución), el cual esta equipado con serpentín para vapor y un difusor de aire.

PESO EQUIVALENTE:

Es la relación que existe entre el peso atómico de un elemento y el No. de valencia con el cual trabaja en determinado proceso.

PLANCHADO EN HUMEDO:

Es una operación que se realiza en el cátodo después de las primeras 20 horas de operación. Este planchado se realiza con la finalidad de enderezar la hoja iniciadora para que no promueva cortos circuitos en la superficie del cátodo.

PERMISIVO:

Dispositivo eléctrico que impide o permite el funcionamiento de un equipo de bombeo para enviar la pulpa de lodo hacia el tanque receptor. Es accionado desde panel de operación.

POTENCIAL DE ELECTRODO:

Es la diferencia de potencial aplicado entre 2 puntos. Si se unen entre si con un conductor, circulara una corriente eléctrica. La diferencia de potencial es igual al trabajo realizado por la unidad de carga positiva al pasar de uno a otro punto del circuito. Se mide en volts.

PRECAPA:

Es un tratamiento químico que se le aplica a las lonas de los discos en los filtros horizontales para facilitar la retención de partículas y sólidos suspendidos en el electrolito y se depositen firmemente en las lonas de los mismos.

PUENTE DE SECCIÓN:

Cierre del switch de corta-circuito de cada sección para el paso de la corriente eléctrica y realizar movimientos de carga y descarga según sea el caso.

REACCIÓN ANÓDICA:

Es la reacción electroquímica que se realiza en el ánodo al paso de una corriente eléctrica (se lleva a cabo una oxidación)

REACCIÓN CATÓDICA:

Es la reacción electroquímica que se realiza en el cátodo al paso de una corriente eléctrica (se lleva a cabo la reducción).

RECTIFICADOR:

Dispositivo en el cual la corriente alterna es transformada en corriente directa para emplearse en el proceso de electrodeposición del cobre.

RUEDA DE COLAR:

Empleado en el área de fundición para el moldeo y formación de los ánodos de cobre empleados en el proceso de electrólisis. Cuenta con 24 moldes sincronizados con las canaletas del horno de reverbero para la obtención de los ánodos perfectamente dimensionados.

SCRAP DE ANODOS:

Es el desperdicio de ánodos agotados que se extraen de las celdas de proceso una vez que han cumplido su ciclo de vida (22 días).

SOLIDOS EN SUSPENSION:

Son partículas insolubles que se encuentran suspendidas en el electrolito, y que si no se eliminan en forma adecuada, pueden ocasionar daños en el equipo principal de proceso.

TANQUE CABEZA:

Es un tanque de transferencia que recibe el electrolito limpio y caliente y que, por gravedad, lo distribuye a las redes de alimentación de cada sección.

THIOUREA:

Es un compuesto orgánico utilizado como aditivo en proceso. reactivo orgánico que reduce la nodulación en el cátodo. en ciertos niveles de concentración puede causar rayas en el cátodo.

TORSION:

Prueba física a metales que resulta en esfuerzo de corte y deformaciones.

VOLTS:

Es la diferencia de potencial eléctrico de dos puntos de un conductor que transporta una corriente de intensidad constante de un amper.

VOLTMETRO:

Instrumento que mide la diferencia de potencial aplicado entre dos puntos de un conductor que transporta corriente eléctrica.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- James a. Jacobs/kilduff, Engineering Materials Technology, USA., e.d. Prentice Hall Inc. 1989.
- 2.- V.T. Isakov, The Electrolitic Refining of Copper, 2 e.d. Moscow, 1970.
- 3.- G. Anderson, Ciencia de los Materiales, e.d. Limusa, México, 1988.
- 4.- Keyser Carl a. Ciencia de los Materiales Para Ingeniería, e.d. Limusa, 1988.
- 5.- J.E. Hoffmann, The Electrorefining and Winning of Copper, e.d. The Metallurgical Society Inc. 1987.
- 6.- Auner, Metalurgia Fisica, Editorial Trillas, s.a. México, 1988.
- 7.- Zbignew D. Lastrebski, The Nature and Properties of Engineering Materials, e.d. John Wiley and Sons, 1987.
- 8.- C.I. Mantell, Ingeniería Electroquímica, e.d. Reverte, s.a. México, 1980.
- 9.- Allison Butts, Copper, American Chemical Society, Hafner, 1970.
- 10.- kirk, Raymond e., Enciclopedia de Tecnología Química, Mc. Graw Hill 1990.
- 11.- Dreisenger, Aqueous Electrotechnologies, Ed. TMS (Minerals Metals Mayerials), USA, 1997.
- 12.- Ling, High Conductivity Copper and Aluminium Alloys, Ed. Revera Copper Products, INC., New York, 1984.
- 13.- E. H. Partelpoeg, Process Control and Automation in Extractive Metallurgy, Ed. TMS (Minerals Metals Mayerials), USA, 1989.
- 14.- Taylor, Traulsen, World Surve of Non Ferrous Smelters, Ed. The Metallurgical Society, INC., USA, 1994
- 15.- J.D. McCain, Converting Fire Refining and Casting, Ed. TMS (Minerals Metals Mayerials), USA, 1994.