

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO
EMPRESA "COMTE. ERNESTO CHE GUEVARA"

Tutor: ING. CARLOS RAMÍREZ FUENTES

Diplomante: MARINA CÓRDOVA VEGA

Moa 1989

"AÑO 31 DE LA REVOLUCIÓN"

AGRADECIMIENTO

Por el interés mostrado en la realización de este trabajo de diploma, hago llegar el más sincero agradecimiento al tutor, Ing. Carlos Ramírez Fuentes, - de la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara.

También hago extensivo este agradecimiento a mi esposo, ingeniero Pedro Córdova Vega, al ingeniero Ramón Cousse Miyares, al ingeniero Luis Ramírez - Freyre, a la ingeniera Neycy Cutiño y a todos los compañeros que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este trabajo.

R E S U M E N

En este trabajo se presentan los principales problemas de los sistemas de enfriamiento de la fábrica y se comprueba, que los ciclos de enfriamiento de agua de retorno se corresponden con las capacidades de enfriamiento instaladas y con la asimilación futura de capacidades tecnológicas.

Fueron analizados los enfriadores de tambor rotatorio de la Planta de los Hornos de Reducción, los intercambiadores de calor de la planta Lixiviación y Lavado, Recuperación de Amoníaco y enfriadores de lámina del Taller Puerto. Además, se analizó el sistema de enfriamiento de la Planta de Cobalto.

A través de la evaluación térmica de cada instalación analizada, se comprobó, que las instalaciones se corresponden con las características tecnológicas concebidas por el proyecto.

En base de esto se hace el cálculo de la cantidad del agua necesaria para el enfriamiento del portador caliente del sistema de enfriamiento de cada planta.

Además, se hace el análisis de las deficiencias del equipo de enfriamiento y los problemas que existen en el sistema de abastecimiento del agua que conducen a considerables pérdidas del agua en el proceso.

Esta evaluación térmica del sistema de enfriamiento de la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara" puede servir de base para realizar posteriores investigaciones prácticas y puede ayudar a conocer las características técnicas, problemas presentados y actuales del sistema de enfriamiento en su conjunto con posteriores conclusiones y recomendaciones.

I N D I C E

<u>CAPÍTULO</u>	<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
I	Introducción	1
II	Aspectos generales sobre el flujo tecnológico de la empresa "Comandante Ernesto Ché Guevara"	2
III	Análisis del sistema de enfriamiento del Taller-Puerto	18
3.1	Descripción del proceso tecnológico	18
3.2	Parámetros del diseño y especificaciones	20
3.3	Principales problemas y situación actual	21
3.4	Evaluación térmica del sistema	23
3.5	Cálculo del agua necesario para el enfriamiento	26
IV	Análisis del sistema de enfriamiento de la Planta de Hornos de Reducción	28
4.1	Descripción del proceso tecnológico	28
4.2	Parámetros del diseño y especificaciones	30
4.3	Principales problemas y situación actual	32
4.4	Evaluación técnica del sistema	38
4.5	Cálculo del agua necesario para el enfriamiento	43
V	Análisis del sistema de enfriamiento de la Planta de Lixiviación y Lavado	44
5.1	Descripción del proceso tecnológico	44

CAPÍTULO	Contenido	Página
5.2	Parámetros del diseño y especificaciones	47
5.3	Principales problemas y situaciones actual	50
5.4	Evaluación térmica del sistema	51
5.5	Cálculo del agua necesario para el enfriamiento	54
VI	Análisis del sistema de enfriamiento de la Planta de Recuperación de Amoníaco	55
6.1	Descripción del proceso tecnológico	55
6.2	Parámetros del diseño y especificaciones	58
6.3	Principales problemas y situación actual	62
6.4	Evaluación térmica del sistema	63
6.5	Cálculo del agua necesario para el enfriamiento	72
VII	Descripción del proceso tecnológico y las características de construcción del sistema de enfriamiento de la Planta de Cobalto	75
VIII	Descripción y análisis del sistema de abastecimiento del agua a los sistemas del enfriamiento	85
IX	Tabla resumen de los sistemas de enfriamiento	97
X	Valoración económica de los sistemas del enfriamiento de la empresa "Comandante Ernesto Che Guevara"	98
XI	Medidas de Seguridad	103

<u>CAPÍTULO</u>	<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
	Conclusiones	106
	Recomendaciones	108
	Bibliografía	111
	Anexos	112

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

El presente trabajo "Evaluación de los sistemas del enfriamiento de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara", ha tenido las pretenciones analizar en la cadena tecnológica que conforma la fábrica los principales problemas presentados en este equipamiento básico para la estabilización de la producción y para alcanzar los índices de producción establecidos en el proyecto.

Desde la puesta en marcha hasta etapa actual la fábrica ha confrontado y confronta dificultades diversas en los sistemas del enfriamiento. Se ha desarrollado - un arduo programa de trabajo de modificaciones en estos equipos, algunas dificultades técnicas de estos sistemas se han resuelto, otros están en fase de prueba y - otros pendientes. De igual forma se han confrontado serias dificultades en el suministro estable e ininterrumpido del agua de enfriamiento, lo que ha conllevado a paros de la fábrica en varias ocasiones.

Este trabajo ha tenido como objetivos:

- Caracterizar los sistemas de enfriamiento de la tecnología básica de dicha empresa.

- Evaluar térmicamente estos sistemas de enfriamiento, calculando la cantidad del calor que entra al sistema con posteriores cálculos del área de transferencia de calor y comparando con la existente.

- Calcular el flujo de agua necesario, según exigencia tecnológica de cada instalación de enfriamiento y compararlo con el establecido por proyecto.

- Determinar la problemática por la que han transitado los sistemas estudiados hasta el período actual.

- Evaluar las recomendaciones para solucionar los problemas existentes.

CAPÍTULO II - ASPECTOS GENERALES SOBRE EL FLUJO TECNOLÓGICO DE LA EMPRESA "COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA"

Breve reseña del proceso de obtención del Níquel en la Planta "Comandante Ernesto Che Guevara" de Moa, por medio del esquema de la Lixiviación Carbonato-Amoníacal y en especial en la Planta de Hornos de Reducción, Lixiviación y Lavado, Recuperación de Amoníaco, el taller - Puerto y posteriormente el esquema de obtención de Cobalto. (Planta de Cobalto).

El procesamiento de las menas oxidadas níquelíferas por medio de la Lixiviación Carbonato-Amoníacal, está basado en la capacidad que poseen determinados metales no ferrosos, tales como; el cobre, níquel y cobalto de formar iones complejos con el amoníaco, lo que permite separarlos selectivamente del resto de la masa de mineral (hierro, magnesio, sílici entre otros).

La decisión de utilizar el proceso de Lixiviación Carbonato-Amoníacal en la fábrica de Punta Gorda se explica por las ventajas propias de ésta tecnología:

- Es un proceso continuo que se realiza en las condiciones de presión atmosférica.

- El equipamiento tecnológico se distingue por su sencillez y amplia utilización de aparatos conocidos (Hornos de Soleras múltiples, Espesadores, Columnas de Destilación, etc).

- Permiten obtener una producción con un alto nivel de mecanización y automatización.

- Se admite además la elaboración de la mezcla de los minerales lateríticos y serpentínicos.

- El producto final de la fábrica es un producto estable de exportación en el mercado mundial.

- Este proceso se realiza con un consumo relativamente pequeño de reactivos. El único reactivo que se utiliza en grandes cantidades es el Amoníaco, cuyo consumo es necesario sólo para compensar las pérdidas.

Una de las deficiencias de este proceso es el bajo porcentaje de la extracción del níquel (70-75%) y de cobalto (25-30%).

Considerando lo antes expuesto se trabaja en el perfeccionamiento gradual de la tecnología amoniacal para los próximos años, de acuerdo con los resultados prácticos que se obtengan en ésta fábrica.

El complejo comprende las siguientes entidades principales:

- 1.- Mina
- 2.- Taller de Preparación de Mineral
- 3.- Taller de Hornos de Reducción
- 4.- Taller de Lixiviación y Lavado
- 5.- Taller de Recuperación de Amoníaco
- 6.- Taller de Calcinación y Sinter

Auxiliares:

- 1.- Planta de Producción de Gas a partir del mazut
- 2.- Termoeléctrica
- 3.- Puerto con el Sistema de Recepción y Almacenaje de Petróleo y Amoníaco
- 4.- Planta de Tratamiento de agua
- 5.- Presas de Cola
- 6.- Taller mecánico central
- 7.- Taller Eléctrico
- 8.- Taller de Instrumentación y Automatización
- 9.- Laboratorio Químico y otras
- 10.- El proyecto prevee "La Planta de Cobalto".

2.1 - El Taller - Puerto

En el Taller-Puerto el almacenaje del Amoníaco - Anhidro y la preparación de la solución amoniacal - se realizan en las instalaciones preparadas al efecto en el área del puerto de Moa.

En esta instalación se realiza el almacenaje de - 1 500 t de Amoníaco anhidro y 800 m³ de solución - amoniacal.

El taller-Puerto tiene capacidad para convertir - 100 t/d de amoníaco anhidro en solución amoniacal.

El Amoníaco anhidro se importa de la URSS y se - utiliza en el proceso tecnológico para la Lixivia--ción del Ni y Co.

El proceso tecnológico de esta instalación consta por dos operaciones fundamentales:

- La descarga del Amoníaco del barco y su almacenaje en las belas de tierra.
- Preparación y almacenaje de la solución amoniacal.

El NH_3 anhidro llega al Puerto de Moa en barcos-refrigerados con temperaturas (-33°C) y presión = $9,81 \times 10^5 \text{ Pa}$, que tiene 3 compartimientos de 4000 m³, los que pueden llenarse hasta 98%.

Pureza del Amoníaco anhidro (NH_3 : 99,9 % (mín); - H_2O : 0,1 % (máx), aceite: 10 mg/L; Fe 2 mg/L; gravedad específica: 0,5903).

Cada tanque posee 2 bombas.

Después de la descarga del amoníaco líquido la presión baja hasta $1,962 \times 10^4 \text{ Pa}$ y temperaturas de - $26-17^{\circ}\text{C}$, quedándole 0,59% de la capacidad del amo-

niaco dentro de estos tanques como medio refrigerante.

El amoníaco se almacena en tierra (15 balas de 200 m^3 c/u). Después de tener amoníaco anhidro almacenado y una presión suficiente para que vaya por gravedad hasta el convertidor y penetre en el flujo de agua, puede comenzarse a preparar la solución amoniacal al 25%.

Esta solución se prepara en un convertidor tipo MZ-601 hecho de dos tubos concéntricos, siendo perforado el tubo interior y por donde se alimenta el amoníaco líquido para atravesar el flujo de agua que circula por el tubo de diámetro mayor.

El agua es bombeada al convertidor desde los tanques donde se prepara la misma, la preparación consiste en añadir una solución fuerte de amoníaco (25%) al tanque que llegue a una concentración de 2-3 % de amoníaco.

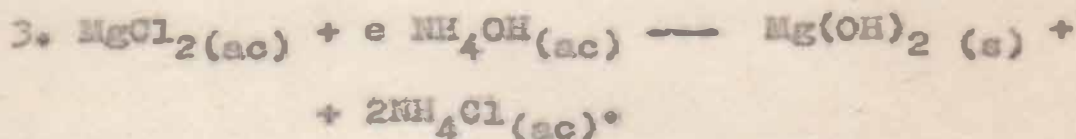
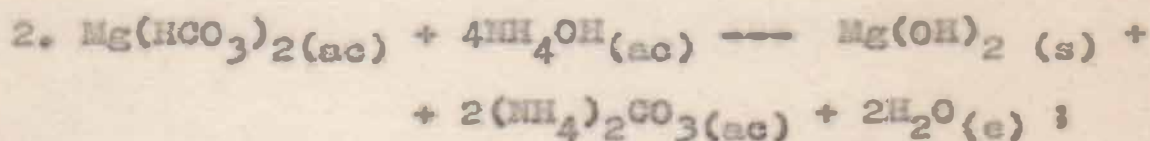
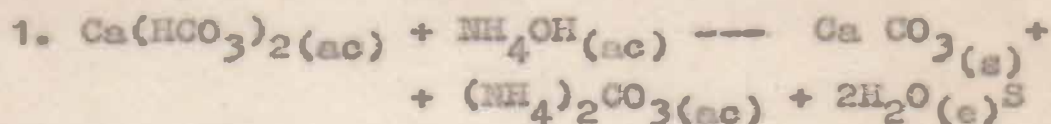
Hay dos tanques, mientras uno se consume, en el otro se prepara el agua, precipitándole las sales de Mg y Ca, las que provocan la dureza al agua.

El amoníaco se obtiene a la temperatura de 76°C en el convertidor. El enfriamiento de esta solución se efectúa en los dos enfriadores laminares tipo EN-602A y EN-602B, donde se logra una temperatura hasta 35°C en la solución.

Como el medio de refrigeración se utilizan el agua, la que se enfría en una torre de enfriamiento.

El agua es tratada con una solución fuerte de NH_4OH hasta que alcance una concentración de 2-3% NH_3 . Así

se precipitan los tones de Mg y Ca que probocan du
reza al H_2O .



Estos precipitados quedan en el tanque de sedimenta
ción como productos insolubles que se separan poste
riormente.

Después, esta solución se enviará a la fábrica, -
por medio de dos bombas entrífugas de varias etapas
y se almacena en cuatro tanques, para ser enviada -
hacia el sistema de absorción de la planta de recu
peración de Amoníaco.

2.2 - Planta de Hornos de Reducción

El objetivo del proceso tecnológico de esta planta es reducir el óxido de Níquel a Níquel metálico. Para ello el taller consta de 24 hornos, 12 transportadores rotatorios e igual número de enfriadores.

Después de secado el mineral hasta 4,5% de humedad y molido hasta una granulometría de 0,074 mm, en la Planta de Preparación de Mineral, el mismo es enviado hasta los silos (225-SI), por medio de un transporte neumático. Posteriormente, a través de 9 bombas del tipo TA-3b (225-BO) el mineral es bombeado hasta las tolvas de los hornos (225-TV) - 12 en total, los que permiten una operación de 8 horas cada uno.

El mineral desde las tolvas pasa a los dosificadores de pesaje automático (225-BA-201) para garantizar una alimentación uniforme al horno con capacidad 13-22 t/hora.

Después que el mineral es pesado, se produce la descarga del mismo al alimentador sinfin (225-FR-202), el cual transporta el mineral al horno hacia el hogar cero a través de la válvula doble de polvo.

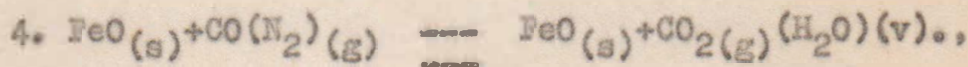
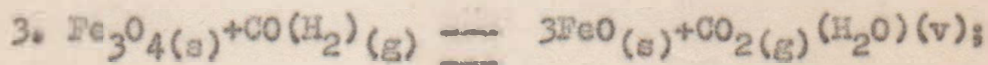
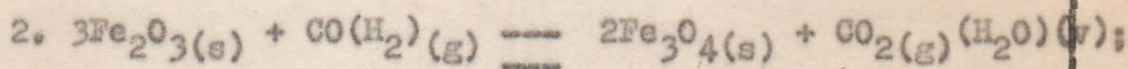
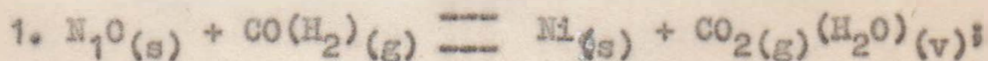
El mineral dentro del horno es sometido al proceso de reducción, el que se logra estableciendo un perfil de temperatura (de 95 °C hasta 730 °C) dentro del mismo y una concentración de gases reductores (CO-H_2) de 22,9 % de CO y 13 % de H_2 .

El proceso de reducción se efectúa en los hornos de hogares múltiples del tipo M17 K-b, 8; de 23,5

metros de alto y 6,8 metros de diámetro con 17 hogares. El horno 225-HR-205 cuenta con un eje central al cual se le articulan 68 brazos. Los brazos tienen dispuesto dientes, los que efectúan el traslado del mineral de un hogar a otro en forma zig-zag, ya que los hogares pares tienen su descarga por la periferia y los hogares impares por el centro.

(El gas reductor, al introducirse por el hogar 16 a $t^{\circ} = 230^{\circ}\text{C}$ se mueve en forma ascendente a contracorriente con el mineral hasta su salida por la chimenea.)

(Después de reducido el óxido de Níquel y los óxidos superiores de hierro a Ni metálico y óxidos inferiores de hierro, conforme a las reacciones:



el mineral es descargado del horno al transportador (225-TR-207); (a su vez, este entrega el mineral con la t° de 650-700 $^{\circ}\text{C}$ al enfriador (225-EN-208), el cual tiene el objetivo de enfriar el mineral hasta una temperatura por debajo de los 200 $^{\circ}\text{C}$. Para ello su interior lo forman unas paletas y los carros raspadores, los cuales se encargan de remover el mineral y raspar la superficie interior del enfriador -

y evitar que el mineral se pegue a éste e interfiera en el proceso de transferencia o intercambio de calor entre el mineral y la superficie del enfriador (gráfico).

Este enfriador rota sobre una piscina de agua; la misma al salir, debe tener una temperatura no menor de 70°C , posteriormente es enviada mediante bombas a la Planta Eléctrica.

El ^{Materia} mineral que sale del enfriador a una temperatura no mayor de 200°C , cae a una de las canales de Lixiviación (225-CD-211 y 212), por donde se introduce una corriente de una solución carbonato-amoniaco formando una pulpa que va a los tanques de contacto (225-TS-213), los cuales tienen una capacidad de 70 m^3 .

Esta pulpa es bombeada a la Planta de Lixiviación y Lavado de las bombas instaladas (225-B0-214).

Dentro de los parámetros que influyen en la productividad de la planta de Hornos de Reducción, así como en la eficiencia del proceso posterior (la lixiviación), se encuentra el enfriamiento del mineral reducido.

El mineral reducido enfriado debe tener una temperatura requerida, pues la pulpa en los tanques de contacto debe tener una temperatura menor de 40°C , que es la permisible para el proceso. De no cumplir con esto provoca la precipitación del magnesio, trayendo consigo tupidiones de las bombas, sedimentadores, etc., afectando la producción, pues se originan las pérdidas de pulpa.

2.3 - Planta de Lixiviación y Lavado

En esta planta se persiguen tales objetivos:

- Lixiviar el Níquel y el Cobalto contenido en el mineral reducido;
- Lavar la pulpa lixiviada para recuperar el Ni disuelto;
- Enviar el licor rico en níquel y las colas salidas a la planta Recuperación de Amoníaco para recuperar el Amoníaco y el Gas Carbónico.

El proceso de lixiviación consiste en separar y obtener mediante el uso de un disolvente los componentes de una mezcla sólida que sean solubles en dicho disolvente.

En caso de extracción del Níquel y Cobalto del mineral reducido se emplea una mezcla de hidróxido y carbonato de amonio provenientes de la Planta de Recuperación de Amoníaco.

El sólido en forma de pulpa entra al sistema por los tanques de contacto y pasa por tres etapas de lixiviación y cinco etapas del lavado, saliendo del último en forma de cola empobrecida de Níquel, mientras que las soluciones se envían en sentido contrario desde la última y penúltima etapa de lavado hasta los dos tanques de contacto TK-001, 002 de capacidad 70 m^3 , obteniéndose el licor producto final rico en Níquel en 1ra. etapa de lixiviación.

Desde los enfriadores rotatorios, el mineral reducido pasa a los tanques de contacto a una $t^{\circ} = 200^{\circ} \text{C}$ donde se mezcla con el licor frío ($33-35^{\circ} \text{C}$) que

viene de los enfriadores de licor en una proporción de 6:1.

En los tanques de contacto se mezcla lo mejor posible el mineral con el licor, formándose una pulpa con una densidad igual a 1130-1140 g/L y t° de 38-40 °C.

Después de los tanques de contacto el licor pasa al área de lixiviación que consta de tres series de lixiviación (A,B,C) con tres etapas (I, II, III).

La pulpa después de los tanques de contacto es - descargada en los distribuidores de mineral DI-100 A y B (repuesto), que distribuyen la pulpa en las - tres series de lixiviación (33 % por cada una línea).

La pulpa distribuida pasa por ocho turboaeradores de la 1ra. etapa TA-101-108A, B, C en cada serie, - donde es agitada y aerada con aire de baja presión.

La pulpa que sale de la 1ra. etapa de lixiviación pasa a los sedimentadores 109 A,B,C y por un electroimán con el objetivo de magnetizar las partículas de hierro y formar flóculos.

Después del sedimentador, donde ocurre una separación del licor y sólido, el licor claro es bombeado por las bombas XPO-S00/25, una parte a los tanques de contactos para recirculación después de ser enfriado, otra parte para los tanques colectores TK-003-004 y el resto para la Planta de Recuperación - de Amoníaco.

Los sólidos se sedimentan formando una pulpa espesa, la cual es descargada por el centro por gravedad

y enviada a la II etapa de lixiviación.

Después tiene lugar el mismo proceso. Desde la III etapa, la pulpa se dirige a dos sistemas paralelos del lavado (de cinco etapas cada uno) con el licor carbonato-amoniaco a contracorriente obteniéndose la pulpa y el reboso (licor rico en Ni y Co).

El licor enriquecido de Ni y Co y la pulpa de desecho se suministran a la planta de Recuperación de Amoníaco.

El gas de escape se dirige hacia el sistema de absorción donde se recupera el NH_3 .

2.4 - Recuperación de Amoníaco

La Planta de Recuperación de Amoníaco tiene la función de recuperar el NH_3 y CO_2 de los licores y las colas recibidas de la planta de Lixiviación y Lavado, obteniéndose la cola, la pulpa de Carbonato de Níquel y licores fuertes de NH_3 y CO_2 .

El licor producto, recibido desde la Planta de Lixiviación y Lavado se distribuye en tres partes - por el distribuidor DI-100 y pasa cada porción a las baterías de turboaeradores (TA-101; 102; 103 - por tres baterías A,B,C con el fin de oxidar el hierro ferroso a férrico.

Por las bombas (BO-104, A,B,C,D) se suministra el licor a los filtros de hojas (FI-105 ... 110), donde se disminuye el sólido en suspensión desde 100 p.p.m. hasta 15 p.p.m. y llega hasta los tanques de licor producto (TK-118 a 120) de 3 000 m³, desde -

ahí a las torres de destilación (AB-201 a 208), don
de se separa parte de NH_3 y CO_2 y se forma el preci
pitado del Carbonato Básico de Níquel.

El precipitado a una presión a $12\ 753 \times 10^4$ Pa se
envía a los tanques despresurizadores (BV-209 y 210)
desprendiéndose parte del agua de la pulpa en forma
de vapor.

La pulpa descargada de estos despresurizadores se
bomba por las bombas (BO-211, A, B, C, D) hasta -
los sedimentadores de carbonato de la Planta de Cal
cinación y Sinter.

Los gases conteniendo NH_3 , CO_2 , H_2O se enfrían en
los intercambiadores de calor de tubo y coraza tipo
CS-201 al 208 hasta t mayor o igual a 57°C para evi
tar la formación de carbonato de amonio, pasando -
luego hasta el sistema de absorción.

A su vez, la cola es enviada desde los tanque de
retención de colas, correspondientes a la planta -
de Lixiviación y Lavado se distribuye por los preca
lentadores (PC-301 a 309), cuya función es aumentar
la t° de la cola que se envía a las columnas de deg
tilación (AB-301 a 309), recuperando parte de calor
de los gases desprendidos de las propias columnas.

En los precalentadores se recircula cerca de 33 %
de la pulpa caliente con el fin de facilitar la pre
cipitación del magnesio sobre las partículas del só
lido de la propia pulpa disminuyendo así las incrus
taciones en la superficie de las tuberías y equipos.

La pulpa caliente alrededor de 50°C se descarga

por gravedad desde los precalentadores hasta los tanques de retención (TK-321, 323, 325 A y B) y después se bombea hasta las torres de destilación (AB-301 a 309) y hasta los tanques despresurizadores (EV-310 y 311).

Después la pulpa se envía por gravedad hasta el pozo de cola (TK-312) y después hasta el dique de cola (BO-313 A, B, C, D).

Los gases desprendidos de las columnas de destilación se enfrían en el intercambiador de calor de tubo y coraza (CS-301 a 309) y se enfría no menor de 57 °C, formando una mezcla líquido-gas que pasan a unirse con la mezcla procedente de la destilación de licor para ser sometida al proceso de absorción.

La absorción se efectúa en las torres absorbedoras (TS-401 a 404) formando 4 sistemas (A, B, C, D), desarrollando a contracorriente.

El licor extraído del fondo de las torres del I sistema se bombea con las bombas (BO-409A, B, C, D) hasta los bancos enfriadores (EN-411 a 415) formados por seis unidades (A, B, C, D, E, F), una parte de este licor enfriado es almacenado en el tanque de licor fuerte (TK-416 y 417), donde se bombea hasta Lixiviación y Lavado.

La solución compensadora de amoníaco se bombea al tanque (TK-406 y 407) proveniente de cuatro tanques de almacenaje (TK-421 y 424) que se encuentran cerca de la planta de Recuperación de Amoníaco y que recibe desde el depósito del Puerto.

Como medio de enfriamiento en esta Planta se utiliza el agua del sistema de retorno y el de las torres de absorción procedentes del sistema de preparación del agua blanda, la que es mezclada con parte del agua del sistema de agua de retorno.

2.5 - Planta de Cobalto

El Licor producto, procedente en la primera etapa y la segunda etapa de lixiviación (de Planta de Lixiviación y Lavado) se transferirá a la planta de Cobalto.

Los licores enfriador se procesarán con hidrosulfuro de amonio, precipitándose casi por completo el Cobalto disuelto en licor a partir del mineral en el proceso de lixiviación.

Los licores arriba mencionados se procesarán por dos líneas independientes. Los sulfuros, producidos a partir de los licores de la primera etapa de lixiviación y mezclarán con el licor de la segunda etapa de lixiviación antes de procesar el tratamiento por hidrosulfuro de amonio, produciéndose una mezcla de sulfuros de dos líneas de procesamiento de los licores.

Las colas de mineral, procedentes de la cuarta etapa de lavado de Planta de Lixiviación y Lavado, se transferirán a la planta de Cobalto, en donde se someterán al tratamiento con la solución de sulfuro de amonio con el objetivo de recuperar el Co por absorción de este.

El licor obtenido por dicho tratamiento se mezclará con el hidrosulfuro de amonio para separar por completo el Ni y Co contenidos en el mismo. El licor libre de metales retornará a la etapa de desorción, mientras que los sulfuros se mezclarán con los sulfuros producidos a partir de los licores de Lixiviación. La pulpa de sulfuros se destilará y quedará deshidratada. El producto final (concentrado de Co), se enviará en contenedores.

Para la producción de hidrosulfuro de amonio se utilizarán el ácido sulfhídrico y el amoníaco acuoso.

Para la producción de sulfito de amonio se utilizará el gas sulfuroso (que se obtiene por la quema del azufre y la solución amoniaca procedente de la instalación de desorción de Co).

El Ácido Sulfhídrico y el gas Sulfuros se producen en las instalaciones especiales.

La proyección de la Planta de Cobalto llevará a las modificaciones en la Planta de Lixiviación y Recuperación del Amoníaco.

El licor producto después de haberse procesado con hidrosulfuro de amonio se transferirá a la Planta de Recuperación de Amoníaco para ser purificado del hierro (por aereación y filtrado).

Se debe prever una línea para la adición de floculante al licor producto de la I y II etapa de lixiviación, así como bombas dosificadoras para alimentar estos licores a los espesadores de sus

respectivas etapas.

De acuerdo con el proceso tecnológico en la Planta de Cobalto, se debe proyectar las siguientes secciones e instalaciones:

1. Sección de enfriadores de licor
2. Sección de precipitación de sulfuros
3. Sección de desorción de Co
4. Sección de Instalación de absorción
5. Sección de destilación y absorción
6. Sección de secado con instalación de recolección de polvo y envase de producto terminado.
7. Instalación de hidrosulfuro de amonio
8. Planta de Ácido Sulfhídrico y gas inerte
9. Instalación de Sulfito de amonio.

CAPÍTULO III - ANÁLISIS DE ENFRIAMIENTO DEL TALLER PUERTO
TO3.1 - Descripción del proceso tecnológico

El intercambiador de calor en el taller Puerto es tá destinado para el enfriamiento de la solución amoniacal después de ser preparada en los convertidores tipo MZ-601. El amoníaco líquido es enviado al convertidor con temperatura 29 °C igual que el H₂O.

La presión del trabajo de NH₃:

$$18 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} (9,81 \times 10^4 \text{ Pa})$$

Ocurre la reacción: $\text{NH}_3(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH} + 8,4$
Kcal (35,196 KJ)

La solución es descargada desde el convertidor por medio de las bombas que transportan la solución hasta el enfriador con una temperatura de 79 °C.

El enfriamiento de la solución de NH₄OH se realiza por medio de intercambiadores de calor laminares, donde la solución se enfría hasta 35 °C para evitar escape de NH₃ que no haya perdido, depositándose en los tanques de almacenamiento.

Como medio de refrigeración se utiliza agua, la que se enfría en una torre de enfriamiento.

Para un convertidor hay dos enfriadores laminares, uno de trabajo y uno de repuesto.

El enfriador laminar representa un aparato horizontal disponible de 48 placas metálicas plisadas,

acomodadas sobre un muro de doble apoyo.

El muro consiste en una placa fija apoyada por las barras, la otra placa de presión y los tornillos.

Las placas contienen los tubos de empalme para los portadores de calor. La placa fija tiene tornillos reguladores para el control de posición del intercambiador sobre la losa.

El apriete del enfriador se realiza sobre los aparatos de cierre, con ayuda de los tornillos de contracción y las tuercas. Las placas se construyen de tal modo que una respecto a otra se sitúa a 180° .

El espacio entre las placas vecinas se amplían como con el intercambiador.

El grupo de placas, formado el sistema de canales en los cuales el intercambiador se mueve en una sola dirección, se llama el paquete. Uno o unos paquetes, los cuales están contraccionados entre placas fijas y de presión es una sección.

Los ángulos de la placa tiene orificios, formando en una sección los colectores distribuidores para el portador de calor. Por las ranuras del canal de determinado colector por un lado de cada placa se mueve el portador caliente, por la otra el portador frío a contracorriente.

Gracias a la superficie plisada de la placa el flujo del líquido tiene alta turbulencia.

La gran turbulencia y la capa fina del líquido le dan posibilidades para obtener altos coeficientes de intercambio térmico con considerablemente pocas resistencias hidráulicas. Cuando aparece sobre la

superficie de las placas de incrustaciones el para-
to se saca de operaciones.

3.2 - Parámetros de diseño y especificaciones

1. Trono 62,015
 2. Tipos: Enfriador de lámina
 3. Cantidad: 2
 4. Temperatura de entrada de NH_4OH : 79°C
 " salida NH_4OH : 35°C
 " entrada de H_2O : 29°C
 " salida de H_2O : 35°C
 5. Presión de trabajo de H_2O - $P_{\text{H}_2\text{O}} = 6 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$
 (58,9 . 10^4 Pa).
 " de prueba - $9 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$ (88,3 . 10^4 Pa).
 6. Temperatura de trabajo de 10°C a 80°C .
 7. Función de enfriador: Enfriar la solución
 NH_4OH , la cual se calienta por el medio de una -
 reacción ocurrida en el convertidor:
- $$\text{NH}_3(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{L}) \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH}(\text{ac}) + 8,4 \text{ Kcal (35,196 KJ)}$$
8. Operación: Continua
 9. Flujos que maneja: Flujo de H_2O = 6,3 t/h
 " NH_3 = 2,1 t/h
 10. Camino de los flujos: De abajo para arriba el
 NH_3 por entre las placas (láminas), de arriba pa-
 ra abajo el H_2O por otras láminas.
 Intensidad de intercambiador de calor es alta por

la cantidad de muchos pasos.

11. Detalles de construcción:

11.1 Área de transferencia de calor de 1 lámina: $0,5 \text{ m}^2$

11.2 Largo del intercambiador de calor: 1,100 m.

11.3 Altura " " : 1,8 m.

11.4 Ancho " " : 0,565 m.

11.5 Peso " " : 673 Kg

11.6 Cantidad de placas : 48

11.7 Cantidad de juntas : 48

11.8 Cantidad de tamizado y tornillos: 6

11.9 Tuercas de prensaestopa: 6

12. Área de transferencia de calor: 25 m^2

13. Coeficiente global de transferencia de calor: $355 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}^\circ\text{C m}^2} = (1\ 387,45 \frac{\text{KJ}}{\text{h}^\circ\text{C m}^2})$

14. Materiales de construcción:

El plato fijo y móvil: Acero 3K 2

Placas: Titánio (Ty 1-5-024077)

Tamizado y tornillos: Auto 35

Juntas: Goma

Tuercas de prensaestopa: Auto 35

3.3 - Principales problemas y situación actual

Durante el período de su explotación, los enfriadores de láminas del Puerto garantizan el enfriamiento establecido con el alto coeficiente de transferencia de calor.

Las placas de intercambiador tienen la superficie plisada y el flujo de líquido tiene alta turbolen-

cia.

La turbulencia fuerte y la capa fina del líquido le dan posibilidades para obtener altos coeficientes de intercambio térmico con considerable pocas resistencias hidráulicas.

Los problemas presentados en este enfriador tiene relación con la resistencia de las juntas:

- Las juntas del enfriador son de goma y se ponen viejas durante el proceso de explotación antes del tiempo planteado por proyecto, lo que provoca los salideros entre las placas del intercambiador y las pérdidas de la solución.
- Casos de la despega o desplazamiento de la junta o los defectos del material.
- Incrustaciones sobre el superficie de las placas antes del tiempo planteado por el problema del agua no suficientemente tratada (ciclo B-1). Es necesario tener en cuenta que el aparato está construido de tal forma, que el desmontaje se puede realizar rápido.
- Montaje incorrecto de las placas contiguas, lo que provoca el paso del portador del calor al espacio contiguo o puede pasar tambien el escape muera o el desplazamiento del portador caliente a parte contraria.
- Casos de la sección de las placas no contraccionado con el efecto negativo de los salideros entre las placas del intercambiador.
- Caídas de las partículas duras (arena, astilla) entre las placas con el efecto negativo de los se

líderos entre las placas. Esto se resolvió con una instalación del filtro para las partículas gruesas.

Actualmente existe una correcta explotación y montaje del intercambiador en el Puerto, lo que disminuye al mínimo las pérdidas de Amoníaco y ausencia de problemas en el bombeo.

No obstante decir, que los consumos del amoníaco en la fábrica son elevados lo que provoca que estén trabajando dos enfriadores y como consecuencia de esto es necesario aumentar el área de transferencia de calor del enfriador.

3.4 - Evaluación térmica del sistema

Para realizar el Balance Térmico del sistema de enfriamiento de la solución amoniaca del taller Puerto, nos basamos en la siguiente metodología:

- a) Determinamos la cantidad de calor que entra al enfriador para un tonelaje de alimentación de amoníaco de 100 t/d, así como analizaremos la temperatura de entrada de la solución al enfriador.
- b) Para este tonelaje de solución a enfriar teniendo en cuenta su área actual, determinamos el área de transferencia de calor y comprobamos con la de proyecto.

Para realizar los cálculos fue necesario la utilización de las fórmulas fundamentales de transferencia de calor para los equipos termopermutadores, siendo estas las siguientes:

$$(1) \quad Q = m C_p \Delta t$$

$$(2) \quad Q = A \cdot K \Delta T_m$$

$$(3) \quad Q_{ent} = M_{NH_3} \cdot Q_{disol}$$

Donde:

Q - Flujo de calor (FJ/h)

m - Flujo másico de solución amoniacal (Kg/h)

t - Variación de temperatura de uno de los agentes que intervienen en el intercambio de calor ($^{\circ}C$)

A - Área de transferencia de calor (m^2)

T_m - Media logaritmico de las deformaciones de temperatura de los agentes que intervienen en el intercambio de calor ($^{\circ}C$)

Q_{ent} - Calor que entra al sistema de enfriamiento (KJ/h)

M_{NH_3} - Masa o tonelaje de amoníaco a procesar

Q_{disol} - Calor de disolución del amoníaco en agua (KJ/Kg)

Cálculos de la cantidad de calor que desprende en el sistema y de la temperatura de entrada de la solución amoniacal.

DATOS:

$$M = 100 \text{ t/d}$$

$$C_p = 1,0 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}C \text{ (4,19 KJ/Kg}^{\circ}C)$$

$$\rho_{NH_4OH} = 0,91 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{disol} = 50 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \cdot (209,5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}})$$

Entrada de NH_3 a los convertidores = $29^{\circ}C$

$$L/S = 4:1$$

$$T_2 = ?$$

$$M_2 = ? \text{ (solución a enfriar)}$$

$$Q_{\text{ent}} = ?$$

$$M_1 = \frac{100}{24} \cdot \frac{1000}{1000} = 4\,166 \text{ kg/h}$$

$$M_2 = 4\,167,4 = 16\,668 \text{ kg/h solución a enfriar}$$

$$\text{Flujo de licor } G_2 = \frac{16\,668}{0,91} = 18\,316 \text{ m}^3/\text{h}$$

Flujo de licor por una línea $18\,316 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ y una línea de repuesto.

Por la ecuación (3)

$$Q_{\text{ent}} = M_{\text{NH}_3} \cdot Q_{\text{disol}} = 4\,166 \cdot 50 = 208\,300 \text{ Kcal/h}$$

$$= (872\,777 \text{ KJ/h})$$

Por la ecuación (1)

$$Q = M C_p \Delta t$$

$$Q = M C_p (t_2 - t_1)$$

$$Q = M C_p t_2 - m C_p t_1$$

$$t_2 = \frac{Q + M C_p t_1}{M C_p}$$

$$t_2 = \frac{208\,300 + 4\,166 \cdot 1 \cdot 29}{4\,166 \cdot 1} = 79,02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Cálculo del área de la transferencia del calor.

Datos:

$$Q = 208\,300 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (872\,777 \text{ KJ/h})$$

$$T_1 = 79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 29 \text{ } ^\circ\text{C} - 29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$K = 355,5 \frac{\text{KCal}}{\text{h } ^\circ\text{C m}^2} \quad (1\,489,545 \frac{\text{KJ}}{\text{h } ^\circ\text{C m}^2})$$

$$A = ?$$

Por la ecuación (2)

$$Q = A \cdot K \cdot \Delta T_m$$

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_m}$$

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right)}$$

$$\Delta T_m = \frac{(79-35) - (36-29)}{\ln \left(\frac{79-35}{36-29} \right)} = 23,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{208\,300}{355,5 \cdot 23,75} = 24,67 \text{ m}^2 \approx 25$$

El área inicial por el proyecto (25 m^2) es equivalente a la obtenida por los cálculos ($24,67 \text{ m}^2$), por eso los cálculos son correctos y estando correcta la temperatura asumida $35 \text{ } ^\circ\text{C}$ para el área y el flujo mencionados, el sistema de circulación garantiza el enfriamiento necesario de la solución amoniacal ya que posee un 2% de sobre diseño en el área de transferencia del calor necesario.

4.5 - Cálculo del ^{Vapor} agua necesaria para el ^{Calor} enfriamiento

Para realizar este cálculo nos basamos en la siguiente metodología:

1) Por la ecuación $Q = mC_p \cdot t \quad (1)$

Calculamos cantidad de agua necesaria para lograr

el enfriamiento necesario del licor, teniendo en cuenta que:

$$Q_1 \text{ perdido por el licor} = Q_2 \text{ ganado por el agua}$$

Datos:

$$Q_1 = 208\,300 \text{ Kcal/h} \quad (872\,777 \text{ KJ/h})$$

$$C_p = 1 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C} \quad (4,19 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C})$$

$$t_1 = 29 ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 35 ^\circ\text{C}$$

$$m_{H_2O} = ?$$

$$Q_1 = Q_2; \quad Q_2 = m_{H_2O} C_{pH_2O} t;$$

$$\Delta t = 35 - 29 = 6 ^\circ\text{C}$$

$$m_{H_2O} = \frac{Q}{C_{pH_2O} t} = \frac{208\,300}{1 \times 6} = 30\,830 \text{ Kg}$$

$$m_{H_2O} = \frac{30\,830}{1\,000} \cdot 1 = 30,83 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$\text{Consumo de agua por un enfriador} = 20,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Consumo de agua por dos enfriadores} =$$

$$(30,83)2 = 61,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

CAPÍTULO IV - ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE HORNO DE REDUCCIÓN

4.1 - Descripción del procedimiento tecnológico

Después de reducido el óxido de níquel y los óxidos superiores de hierro a Ni metálico e hierro metálico, (el mineral es descargado del horno al transportador rotatorio (225-TK-207); a su vez este entrega el mineral a una temperatura de 650-700 °C al enfriador (225-EM-208), el cual tiene el objetivo de enfriar el mineral hasta una temperatura por debajo a los 200 °C. Para ello emplean 1 transportador y 1 tambor para dos hornos. .

El interior del enfriador lo forman unas paletas y los carros raspadores, los cuales se encargan de remover el mineral y raspar la superficie interior del enfriador y evitar que el mineral se pegue a este e interfiera el proceso de transferencia o intercambio entre el mineral y la superficie del enfriador.

Este enfriador rota sobre una piscina de agua y al salir ésta debe tener una temperatura no menor de 70 °C después es enviada mediante bombas a la Planta Eléctrica.

El mineral que sale del enfriador a una temperatura no mayor de 200 °C cae a una de las canales de Lixiviación (225-GD-211 y 212), por donde se introduce una corriente de una solución carbonato-amoniaca formando una pulpa que va a los tanques de contacto (225-TK-213) con capacidad de 70 m³.

Al mineral que sale del tambor es adicionada una mezcla de amonio y carbonato en proporción de 1:6.

Para el grupo de 8 hornos se instalan dos cubos de contacto, utilizando uno y el otro de reserva.

Con ayuda de conmutadores especiales se efectúa en caso de necesidad el paso del mineral desde los tambores de enfriamiento hasta los canales de reserva - y el transporte de la mezcla a la cuba de contacto - de reserva, asegurándose el transporte continuo de la mezcla.

El tambor de enfriamiento representa un cuerpo cilíndrico de 3,08 m de diámetro y 32,54 m de largo - que gira sobre dos chumaceras en un tanque de concreto armado que contiene agua. Este consta de las siguientes partes: Tambor, chumaceras, propulsor, dispositivo amontonador y cámara de salida.

La chumacera consta de un fundamento de fundición, un cuerpo y una tapa en los que estan incorporado - los casquillos con un forro de textolita. Uno de estos cojinetes está acondicionado para absorber las fuerzas axiales. Se admite agua como lubricante al cojinete. La propulsión que tiene es principal y - auxiliar, que tiene un motor eléctrico del tipo - M180LOB para el primer caso y otro para el auxiliar 315M8.

Potencia del motor eléctrico principal ... 75 KW

" " " auxiliar 11 KW

la velocidad del tambor cuando está rotando:

Por el motor eléctrico principal: $6,12 \text{ rev/min}^{-1}$

" " " auxiliar 0,49 "

La cámara de salida está fabricada de chapa en forma de caja cilíndrica, ésta tiene en la parte superior una válvula de seguridad. La pared frontal de la cámara está deslumbreada con una tapa en la que está fijada una tabuladura del tubo que sirve para la admisión de vapor al tambor de enfriamiento. El vapor es admitido con el fin de oxidar parcialmente hierro en forma metálico que constituye una parte del mineral cargado.

• El dispositivo amontonador consta de columnas ancladas en el borde del tanque y de ménsulas con raspadores. Este dispositivo sirve para limpiar la superficie externa del cilindro de enfriamiento. En el interior del cilindro está emplazado un dispositivo amontonador para limpiar la superficie interna del tambor.

La limpieza se realiza con ayuda de rastrillos - que al girarse el cilindro de enfriamiento se levantan bajo el ángulo de 45° , después bajan, raspan y mezclan el mineral.

4.2 - Parámetros del diseño y especificaciones del tambor rotatorio

1. Equipo: TRANS: 08003
2. Cantidad: 12
3. Tipo de construcción: Enfriador tubular,
Tipo 225-EM-203
4. Temperatura de entrada de mineral reducido:
650-700 °F
Temperatura de salida de mineral reducido menos

200 °C

Temperatura de entrada de agua 29 °C - 30 °C.

" salida de " 70 °C - 73 °C.

5. Presión de trabajo de H_2O , P_{H_2O} 300 Pa

6. Presión de vapor 700 Pa

7. Función de enfriador. Enfriar el mineral reducido que va a los tanques de contacto.

8. Operación. Continua

9. Flujos que maneja: Flujo de mineral: 31 t/h

" H_2O : 107 m³/h

" Vapor : 200 Kg/h

10. Camino de los flujos: Tambor: vapor de H_2O y mineral reducido

Piscina: H_2O

11. Detalles de construcción del tambor:

Diámetro: 3,08 m

Largo: 32,6 m

Diámetro de boquilla de alimentación del mineral: 2,4 m;

Cantidad de rascadores del mineral: 8

Capacidad: 31 t/h

Espesor de pared: 0,012 m

Diámetro de boquilla de alimentación de vapor: 0,048m

Masa de reboso de mineral = 900 Kg/m³

Coefficiente de llenado: = 0,17

Volúmen del enfriador: 226 m³

12. Detalles de construcción de la piscina:

Largo: 32,1 m,

Ancho: 3,5 m

Área de la piscina: 112,35 m²

Altura de la piscina: 1,5 (por proyecto)

Diámetro de boquilla de alimentación de agua:

0,714 m con el espesor 0,010 m.

13. Potencia del motor primario: 75 KW

" secundario: 112 KW

Velocidad del tambor, cuando está rodando

Por el motor eléctrico primario 6,12 rev/min⁻¹

auxiliar 0,49 rev/min⁻¹

$$41 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}} = (171,79 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}})$$

14. Coeficiente global de transferencia de calor

15. Capacidad calorífica media del mineral:

$$(1,257 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ \text{C}}) = (0,231 \text{ Kcal/Kg}^\circ \text{C})$$

16. Área de transferencia de calor: 318,08 m²

(junto con las partes cónicas del enfriador)

4.3 - Principales problemas y la situación actual

Los enfriadores de tambor rotatorio se están usando en Cuba desde el año 1942. Eran 6 enfriadores correspondientes a los doce hornos de la Planta de Reducción Oeste.

Estos enfriadores no usaban raspadores internos, pero sí usaban un tubo termo con agua situado con—

centricamente a la carcasa del enfriador. Con aumentar la productividad de la planta, la eficiencia de los enfriadores se disminuyó.

En período o instancia del Ing. Demetrio Presilla se instalaron raspadores interiores que ayudó a disminuir la temperatura del mineral.

Estos carros raspadores provocaron una disminución de la temperatura porque hacen remover las capas de mineral cercanas a la pared del equipo, los carros aumentan el tiempo medio de retención dentro del enfriador por construir resistencia en serie.

En estudios realizados en la década del 50 se añe de vapor de agua al mineral reducido en los enfriadores con el objetivo de aumentar la extracción de Níquel y Cobalto sin afectación en ambos casos y - disminuir la concentración de hierro metálico. Adición de vapor de agua, según las investigaciones - provoca un enfriamiento en el mineral reducido alrededor de 27°C y una disminución de la carga de los motores de los enfriadores en un 25%. Análisis de gases de salida indican una diferencia sustancial - en el contenido de hidrógeno.

Con aumento de la capacidad de la fábrica vieja - en Nicaro, instalaron otros 12 enfriadores con mayor área.

En la fábrica de Punta Gorda los enfriadores de tambor rotatorio presentan un mayor área de transferencia de calor, con partes cónicas $318,08\text{ m}^2$, estos enfriadores son más ventajosos, más voluminosos y de más fácil montaje, limpieza y reparación de -

los raspadores interiores. Estos enfriadores por -
proyecto ya tenían la introducción de vapor al inte-
rior del tambor.

A pesar de que son más ventajosos y no presenta-
ban problemas tecnológicos, existía la necesidad -
de hacer un estudio del diseño de los rastrillos -
con vista a lograr una mejor construcción y evitar
las averías, las averías se presentaban en los ras-
trillos, principalmente en las zonas de uniones sol-
dadas, en este caso en la unión soldada de la guía
superior con las planchas rastrilladoras superiores.

Tenían determinados problemas como:

- Fragilidad de las zonas soldadas producto de la -
influencia térmica.
- Problemas de diseño (poca área soldada)

El rastrillo tenía posibilidades de desplazamien-
tos laterales y de la pared hacia el centro. Un es-
pacio libre lateral de 80-90 mm y un espacio del -
centro a la pared de 60-70 mm. Esto provocaba golpes
constantes del rastrillo con el cuerpo del enfriador
siendo esto perceptible en la guía rota (presenta -
zonas desplazadas por golpeo.)

También existía exceso de holguras axiales y ver-
ticales que permitían el movimiento excesivo del ca-
rro.

Estos problemas han originado afectaciones en la
producción, dejándose de procesar determinadas can-
tidades de mineral que ascienden en valores en el -
orden de los miles de pesos.

Con el tiempo hasta 1989, estos problemas eran resueltos con modificaciones de rastrillos y el cambio de su diseño. El diseño se resolvió con el mejoramiento en la soldadura y añadiéndole las vigas laterales.

El problema de holguras axiales y verticales que provocaban el movimiento excesivo del carro se resolvió con el incremento de las irregularidades en las soldaduras del carcass del enfriador.

En años posteriores el tambor rotatorio seguía provocando los problemas. Esto tuvo lugar por las siguientes causas:

1. En la zona I del enfriador (zona de carga) no había el movimiento deseado del mineral y el mineral tenía la tendencia de acumularse en esta zona. Como la solución de este problema se eliminaron el carro espesador y se soldaron unas paletas.
2. En la II zona del enfriador se soldaron unas canales empujadoras o chánas en posición helicoidal - que le dió el movimiento helicoidal al mineral.

Para mejorar el movimiento del mineral en el enfriador y no provocar el despazo por causa de acomodamiento y retraso del mineral a las paletas empujadoras cambiaron el ángulo teniendo en cuenta la experiencia del Nicaro.

Entre todos los problemas presentados existía también el problemas con las tapas y chumaseras. Las chumaseras de los enfriadores que tienen un casquillo interior de textolita han sufrido un desgaste - no planteado en un período corto, porque el metal -

de la tapa no poseía la dureza y desgastaba, lo que provocó un estiramiento entre el metal y el textolite.

Como la solución se traerán de CAMS-I y cambiaron a todos los enfriadores nuevos casquillos de textolites.

El enfriador #9 posee todavía la tapa vieja. Era consecuencia de una hipótesis que el H_2O que se usaba como lubricante era sucia y por lo tanto se desgastaba el textolite. Hicieron los análisis del agua y montaron los dos filtros en serie antes de cada enfriador.

Otro problema era que las tapas del enfriador se desoldaban y el agua de la piscina entraba hacia el interior del enfriador.

Además, los tornillos que sujetaban la tapa con el cuerpo del enfriador se aflojaban con frecuencia por causa de que la junta de paronita con el tiempo se cristalizaba y se partía. Como solución se cambiaron los tornillos y se quitaron las juntas de paronita. Recomendaron un alambre de cobre entre las bridas o hacer las soldaduras interiores.

Existían también problemas con los carros, los que se desoldaban y desarmaban. Para solucionar este problema, los mismos se hicieron parecidos a los existentes en la fábrica "René Ramos Latour" de Nicaragua, soldados por dentro.

Después de resolver todos estos problemas, el enfriador continuó disparándose.

Después de las investigaciones apareció que exis-

tía un defecto del cálculo y el motor de potencia - 75 KW no servía. Aumentaron la potencia de 75 KW hasta 90 KW de acuerdo al volumen y tamaño del enfriador y el volumen del mineral. Además, para facilidad de operación se puso un breaker reversible para el movimiento derecho e izquierdo del tambor para el caso de avería.

Se detectó que el enfriador continuó los disparos y se pensó que podría ser una acumulación del mineral a la descarga. En la zona de la tapa, situada en el cano de descarga, donde tienen 6 cucharas de descarga, los canales estaban mal diseñadas. Para mejorar la situación, hicieron un tubo, que resolvió, que el mineral que antes caía al interior del tambor, ahora se acomodaba en el tubo y descargaba por medio de él.

Existía también el problema de mal diseño de la piscina, que el H_2O mojaba el piñón y la catalina, la grasa se lavaba y no jugaba su papel protector.

Por el descuido de los operadores, el piñón se desgastaba.

Otro problema con la tubería del vapor, por el mal diseño la estrella se desoldaba con frecuencia. Esto se arregló como los enfriadores de Nicaro.

Unos de los problemas presentados en el año '88, era que el enfriador se disparaba a consecuencia de una mala reducción del mineral con petróleo aditivo, suministrado por la lanza por el hogar H7. Se formaban las piedras y atascaban los carros. La solución se encontró en el montaje de un mezclador.

Otros problemas tecnológicos:

- Disparos del enfriador, como producto de mala operación del enfriador (no mantiene adecuado el nivel del agua en la piscina);
- t° del mineral a la descarga de la piscina, mantiene por debajo del 100 a 120 $^{\circ}\text{C}$ el mineral se enfría y se hace pegajoso.
- Si la t° del mineral a la entrada oscila de 700 a 750 $^{\circ}\text{C}$ por la causa que en el H-16, la t° es alta, puede ocurrir una avería del enfriador. Se supone - que la chumacera del tambor se dilate y hay fricción con la chumacera que provoca el aumento del amperaje.

El suministro del gas-reductor puede originar disminución de la temperatura de la descarga y una serie de ventajas, como:

- Mejorar el enfriamiento del mineral, ya que al ponerse en contacto el gas-reductor, cuya temperatura es 300 $^{\circ}\text{C}$ con el mineral (650-700 $^{\circ}\text{C}$) existe una mayor transferencia de calor.

4.4 - Evaluación térmica del sistema

Para realizar la evaluación térmica del sistema - de enfriamiento del mineral reducido en los hornos de reducción, nos basamos en la siguiente metodología:

- a) Para un tonelaje de alimentación a los enfriadores de 31 000 Kg/h, determinamos el área de transferencia de calor para este tonelaje y analizamos la

temperatura de la pulpa en el tanque de contacto.

b) Calculamos el tiempo de retención del mineral en el enfriador en el caso de la Planta de Punta Gorda.

Para realizar estos cálculos son necesarias las fórmulas de transferencia de calor.

$$Q = M \cdot C_p \cdot t \quad (1)$$

$$Q = A \cdot K \cdot T_m \quad (2)$$

Para el área de transferencia de calor $A(m^2)$:

$$A = \pi \cdot L \cdot D \quad (4)$$

donde:

D = Diámetro del enfriador (m)

L = Largo del enfriador (m)

Para determinación de la temperatura de la pulpa en tanque de contacto utilizamos un balance térmico

$$Q_1 + Q_2 = 0 \quad (5)$$

$$Q_1 = M \cdot C_p(T_2 - T_p) \quad (6)$$

$$Q_2 = M_1 \cdot C_{p1}(T_1 - T_p) \quad (7)$$

donde:

T_p - Temperatura de la pulpa que se forma en tanque de contacto ($^{\circ}C$)

M - Flujo de licor a los Tanques de Contacto, -
procedente de los enfriadores de licor (Kg/h)

C_{p1} - Calor específico del licor (Kcal/Kg $^{\circ}C$).

T_1 - Temperatura del licor procedente de los enfriadores ($^{\circ}C$)

L/S - Relación líquido-sólido de la pulpa en tanque de contacto.

Para calcular el tiempo de retención del mineral en el cilindro (tambor de enfriamiento) utilizamos las formulas siguientes:

$$V_{ca} = \varphi V \quad (8)$$

donde:

V_{ca} - Volumen de la capa de mineral en el cilindro

V - Volumen del enfriador

φ - Coeficiente de llenado del cilindro

$$F = \frac{\pi D^2 \varphi}{4} \quad (9)$$

donde:

F - Área de la recerba del cilindro ocupado por el material;

D - Diámetro del tambor

φ - Coeficiente de llenado del cilindro

$$t = \frac{V_{ca} \cdot \rho}{M} \quad \text{seg} \quad \frac{\text{m}^3 \cdot \text{kg}}{\text{kg}}$$

ρ - Masa de rebose del mineral;

M - Productividad.

Determinamos el área de transferencia de calor y la temperatura de descarga del mineral reducido para un tonelaje de alimentación a los hornos de 31 000 Kg/h. Tiene presente el área de las partes cónicas del enfriador.

Datos:

$$M = 31\,000 \text{ kg/h}$$

$$C_p = 0,231 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \quad \left(0,97 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)$$

$$K = 41 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \quad \left(171,79 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}\right)$$

$$T_1 = 650^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 29^\circ\text{C}$$

$$t_2 \neq 73^\circ\text{C}$$

$$L = 32,6$$

$$\underline{D = 3,08}$$

$$T_2 = ?$$

$$A = \pi \cdot L \cdot D$$

$$A = 3,14 \cdot 32,6 \cdot 3,08 = 315 \text{ m}^2$$

$$A = 315 \text{ m}^2$$

Considerando el área de las partes cónicas

$$A = 318,08 \text{ m}^2$$

Por el procedimiento de error y tanteo se determinó que $T_2 = 138^\circ\text{C}$

Por la ecuación (1)

$$Q = M \cdot C_p \cdot t = M \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)$$

$$Q = 31\,000 \cdot 0,231 (650 - 138)$$

$$Q = 3\,666\,432 \text{ Kcal/h} \quad (15\,362\,350 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

Por la ecuación (2)

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_{lm}}$$

$$A = \frac{3\,666\,432}{41 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \frac{(650-73) - (138-29)}{\ln \frac{650-73}{138-29}}}$$

$$A = \frac{3\,666\,432}{41 \cdot 280,82903} = 318,4328 \text{ m}^2$$

El área inicial ($318,08 \text{ m}^2$) es equivalente a la obtenida por los cálculos ($318,4328 \text{ m}^2$) estando correcta la temperatura asumida 138°C para el área y el flujo mencionados.

Realizando un balance térmico en Tanque de Contag

to podemos determinar la temperatura de la pulpa,
utilizando las ecuaciones 5, 6 y 7

$$Q_1 + Q_2 = 0 \quad (5)$$

$$Q_1 = M C_p (T_2 - T_p) \quad (6)$$

$$Q_2 = M C_{p1} (T_1 - T_p) \quad (7)$$

$$T_p = \frac{M C_p T_2 + M C_{p1} T_1}{M C_p + M_1 C_{p1}}$$

$$T_p = \frac{31\,000 \cdot 0,231 \cdot 138 + 186\,000 \cdot 1,37}{31\,000 \cdot 0,231 + 186\,000 \cdot 1}$$

$$T_p = \frac{988\,218 + 6\,882\,000}{7\,161 + 186\,000}$$

$$T_p = 40,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Podemos calcular el tiempo de retención de mineral
en el cilindro:

$$V_{ca} = \varphi V \quad (8)$$

$$V_{ca} = 0,17 \cdot 226 = 38,4 \text{ m}^3$$

$$P_1 = \frac{\pi D^2 \varphi}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,08^2 \cdot 0,17}{4} = 1,26 \quad (9)$$

$$t = \frac{V_{ca} \cdot P}{M} = \frac{38,4 \text{ m}^3 \cdot 900}{31\,000 \text{ kg}} = 1,1 \text{ h} \quad (10)$$

$$\frac{\text{m}^3 \cdot \text{kg/m}^3}{31\,000 \text{ kg/h}} = \frac{1}{h}$$

4.5 - Cálculo del agua necesaria para el enfriamiento

Datos:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 3\,666\,432 \text{ Kcal/h} \quad (15\,362\,350 \text{ KJ/h}) \\ c_{pH_2O} &= 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \quad (4.19 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}) \\ t_{1H_2O} &= 29^\circ\text{C} \\ t_{2H_2O} &= 73^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$m_{H_2O} = ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2 = 3\,666\,432 \text{ Kcal/h}; (15\,362\,350 \text{ KJ/h})$$

$$Q_2 = m_{H_2O} \cdot c_{pH_2O} \cdot \Delta t_{H_2O}$$

$$t_{H_2O} = t_{2H_2O} - t_{1H_2O} = 73 - 29 = 44^\circ\text{C}$$

$$m_{H_2O} = \frac{3\,666\,432}{1.44} = 83\,325 \text{ Kg/h} = 83.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Consumo de agua para un enfriador = $83.0 \text{ m}^3/\text{h}$;

Consumo de agua para doce enfriadores = $83.12 =$
 $= 996 \text{ m}^3/\text{h} \approx 1\,000 \text{ m}^3/\text{h};$

CAPÍTULO V - ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE LIXIVIACIÓN Y LAVADO

5.1 - Descripción del proceso tecnológico

Los enfriadores de licor tienen la importante función de enfriar la solución utilizada en los tanques de contacto, disminuye la temperatura en el proceso de Lixiviación, porque durante la oxidación de los elementos metálicos remueve la inmensa cantidad de calor, garantiza que la Planta opere balanceada térmicamente, favorece la solubilidad del aire en los licores, que es fundamental para la extracción del Ni y Co, evita que incremente la tensión de vapor - del amoníaco por encima de los límites prescritos, aumenta la solubilidad de Mg, es un factor muy negativo en el proceso, ya que esta precipita en los equipos y unas creando costras endurecidas que traen trastornos en el proceso.

La sección de enfriadores de licor está construida por seis líneas (1-2-3-4-5-6) de 6 enfriadores - cada uno (A, B, C, D, E, F) de 2 pasos por la cámara de licor y 1 paso la de H_2O con 789 tubos de aluminio de $d = 32$ mm.

La solución a enfriar proveniente una parte de - primera etapa de lixiviación y todo el reboso de la segunda etapa con una temperatura $48^{\circ}C$ llega a los tanques colectores (TK-003 y TK-004) uno de repuesto de 100 m^3 de capacidad cada uno. Estos tanques - suministran el licor a cuatro bombas Tipo XPO 500/25 uno de repuesto, que lo hacen fluir a través de los

tubos de intercambiador inicial (A), al final F, -
obteniéndose la temperatura deseada 33-35 °C.

Como el medio enfriante es el agua de retorno (-
red de alimentación de sistema B-5), que proviene
de las torres de enfriamiento de agua para la empre-
sa, a temperatura 29 °C y una presión 4 Kgf/m² =
(39,24.10⁴ Pa) la que fluye contratorriente al li-
cor y se calienta a la temperatura 43 °C y emergen-
do por el sistema de las torres de enfriamiento por
la red de retorno (sistema B-6).

La disminución de temperatura del licor provoca -
que considerable cantidad de Mg precipite, incrus-
tándose de forma endurecida en las tuberías y afec-
tando en grado sumo el coeficiente de transferencia
de calor, para eliminar esta mala influencia se sa-
ca de operación la línea y procede una limpieza. La
sistema de limpieza es con vapor de agua, que se -
calienta antes en la planta Eléctrica y dos bombas
de alta presión (sistema B-5). Este sistema se co-
necta a mangueras de goma resistentes a presión (-
instalan con varillas con sprays) que se introducen
en los tubos.

El H₂O a presión atomizada actúa sobre las costras
previamente calcinadas y pone al intercambiador en
condiciones para su funcionamiento eficiente.

Si las costras de Mg son muy resistentes a la -
limpieza con vapor, se procede a la limpieza quími-
ca, que consiste de hacer recircular a través de -
una línea de enfriadores de la solución de H₂SO₄ al

14 % durante 2 horas. Para esto utilizan el siguiente equipamiento:

1. Tanque de Ácido Concentrado TK-006
2. " de solución Ácido TK-005
3. Bomba de ácido concentrado BO-006
4. Bomba de solución ácida BO-007

Además, en esta sección se encuentran instaladas tres bombas 4MC-24-2T (BO-011, 012, 013) para los requerimientos de agua de alta presión para todas las secciones de la Planta de Lixiviación y Lavado (sistema B52) que se alimenta de agua de retorno (red de alimentación).

Los intercambiadores de la planta de Lixiviación y Lavado son los cuerpos de 1,42 de diámetro y 8,1 de longitud.

Los llamados enfriadores de cabezal flotante, con 2 pasos de tubos y un paso de envuelta con pantalla deflectores.

Son más usual en la actualidad, en él los tubos pueden expandirse libremente por medio de una cabeza flotante.

Haz de los tubos del intercambiador se puede desmontarse, para procesar una limpieza de las incrustaciones, la construcción de este enfriador permite la dilatación independiente de envuelta y tubos, porque grandes diferencias de temperatura entre la envuelta y los tubos pueden dar lugar a tensiones térmicas de consideración y es una circunstancia.

El tipo de construcción de los enfriadores está seleccionado de tal forma, que facilita la operación de la limpieza. Por otra parte, la entrada del fluido a los tubos mediante el canal de distribución permite la inspección y limpieza de los mismos quitando la tapa del canal, sin necesidad de desconectar el sistema asociado de tuberías.

La superficie exterior de los tubos están dispuestos de tres bolillas de malla cuadrada. El espacio en el extensor de los tubos es $\frac{1}{4}$ de dext: $\frac{32}{4} = 8$ mm.

Los enfriadores están dispuestos vertical. El dis

posición horizontal o vertical no afecta al costo - inicial de un cambiador de tamaño dado, la elección depende de las características del espacio disponible, de los requisitos que exija el proceso.

Por el interior de los enfriadores circula el licor fuerte o licor producto y por la envuelta H_2O - se hace porque si uno de los fluidos ensucia o produce incrustaciones en la superficie más rápido que otro (en este caso - licor fuerte), ya que su superficie interior puede limpiarse sin desmontarse el - las de tubos. Además, el licor fluye con mayor presión y es el más corrosivo.

Enfriadores de Lixiviación y Lavado tienen alto - coeficiente de transferencia de calor debido su gran de área de transferencia de alto calor por múltiples pasos.

5.2 - Parámetros del diseño y especificaciones

1. Equipo: Trans 12,001
2. Cantidad: 36
3. Peso: 11,00 t
4. Temperatura de entrada de licor: $49-50^{\circ}C$
Temperatura de salida de licor: $35^{\circ}C$
Temperatura de entrada de H_2O : $29^{\circ}C$
Temperatura de salida de agua de enfriamiento: $43^{\circ}C$
5. Presión de agua de salida de enfriador

$$p = 3,5 \frac{kgf}{cm^2} = (29,43 \cdot 10^4) \text{ PA}$$

Presión de descarga de las bombas de licor

$$P = 5 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = (49,05 \cdot 10^4 \text{ PA})$$

Presión de trabajo

$$P = 6 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = (58,86 \cdot 10^4 \text{ PA})$$

Presión de cálculo

$$P = 8 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = (78,48 \cdot 10^4 \text{ PA})$$

6. Nivel del tanque colector = 0,5-5 m

7. Presión en tanques colectores

$$P = 10-100 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = (98,1 \cdot 10^4 - 981 \cdot 10^4 \text{ PA})$$

8. Función del enfriador:

Enfriar el flujo de recirculación que se envía -
de la primera y segunda etapa de lixiviación a -
la sección de los tanques de contactos.

9. Operación: Continua

10. Flujos que maneja: a) Solución carbonato amoniacal

$$\text{NH}_3 = 6,6\%; \text{CO}_2 = 3,3\%; \text{Ml} = 1,02\%$$

b) Agua tratada

11. Camino de los flujos: Tubos, solución carbonato-
amoniacal $440 \text{ m}^3/\text{h}$

Coraza: Agua tratada $630 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

12. Diámetros de boquilla de alimentación:

Solución: 350 mm; (0,35 m)

Agua: 370 mm; (0,37 m)

13. Detalles de construcción de los tubos:

Longitud 6000 mm (6,0 m)

Cantidad 789 u

Diámetro exterior 32 mm (0,032 m)
Diámetro interior 27 mm (0,027 m)
Espesor 5 mm (0,005 m)

Material Aluminio

Arreglo Tres bolollo en malla
cuadrada

Tirantes ($\varnothing = 16$ mm) 8 u

Número de pasos 2

Capacidad 7,895 m³

14. Detalles de construcción de la coraza:

Materiales: a) Cámara de distribución) (espesor
20 mm);

Aluminio AMF3 ROCT 17232-71

b) Tapa de la cámara de distribución
(espesor 16 mm)

Aluminio AMF5 ROCT 17232-71;

c) Cabezal flotante (espesor 40 mm)

Acero 10x17H13M2T ROCT 5632-72

d) Coraza (SHELL) (espesor 12 mm)

Acero 09H2C-6

e) Tapa de la envuelta (espesor 14 mm)

Diámetro exterior: 1 424 mm (1,424 m)

" interior: 1 400 mm (1,400 m)

Longitud: 8 100 mm (8,100 m)

Cantidad de baffles: 5

Arreglo de los baffles: pantalla en segmento
(espaciados a 800 mm)

15. Capacidad: 8,5 m³

16. Cantidad de calor que se intercambia:

1 122 500 Kcal/h = 4 707 275 KJ/h

17. Área de transferencia de calor: 475 m^2

18. Coeficiente global de transferencia de calor:

$$375 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}} = 1\,571,25 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$$

5.3 - Problemas principales y situación actual

Al sistema de enfriamiento en esta planta no se encuentra manejando los flujos del licor caliente concebido por el proyecto, ya que la fabrica en su conjunto no se encuentra en la máxima capacidad.

No obstante se garantiza el enfriamiento del licor según los tonelaje del mineral reducido procesado, lo que a priori parece evidenciar que el área de transferencia de calor satisface las exigencias del proceso.

En esta área se han presentado problemas técnicos que conspiran contra el buen funcionamiento de la misma, siendo ellos:

- Frecuentes rajaduras en las cámaras y tapas del enfriador por ser las mismas de una aleación de aluminio resistente a una t° máx a 100°C .

Esta dificultad se produce cuando el enfriador se encuentra en limpieza.

- Endurecimiento de la costra por alargamiento de los ciclos de operación del enfriador, motivado por poca disponibilidad de los equipos por el problema mencionado anteriormente, trayendo como consecuencia gastos excesivos en el período de limpieza.

- Dificultades en el manejo de la válvula. Las mismas son válvulas de bolas con aciento de teflon au-

tolubricado. No recomendables para este tipo de instalación que se forman costras con gran frecuencia.

No se ha utilizado la limpieza química por problemas existentes en la instalación, cuestiones estas en vía de solución.

Se trabaja además, en trabajos investigativos para diluir la costra de Mg con licor fuerte de alta concentración de CO_2 para aplicárselo por un esquema de recirculación y verificar su comportamiento.

Se ejecuta la instalación correspondiente para - cambiar el suministro del vapor para la limpieza, - la misma se ejecutaba por los tubos y se suscitaban averías en cámaras y tapas, la introducción del vapor por la cámara de agua calcina igualmente la costra y se ejecuta la operación de limpieza de una - forma exitosa.

5.4 - Evaluación térmica del sistema

Cálculo del área de la transferencia del calor - del sistema de enfriamiento del Licor-Producto:

Datos:

$$M = 7\,186 \text{ t/d}$$

$$C_p = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \left(4.19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \right) \\ = 1.02 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$L/S = 6:1$$

$$t_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 49^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{H}_2\text{O}} = 29^\circ\text{C}$$

$$t_{2H_2O} = 40^{\circ}C$$

$$K = 375 \frac{Kcal}{m^2h^{\circ}C} (1\ 571,25 \frac{KJ}{m^2h^{\circ}C})$$

Cantidad de líneas = 6 (de 6 enfriadores cada una)

$$A = ?$$

Calculamos el flujo másico del licor a los enfriadores:

$$M = 6 \cdot 7\ 186 = 43\ 116\ t/a\ (1\ 796,5\ t/h);$$

El flujo volumétrico es igual a:

$$G = \frac{43\ 116}{24 \cdot 1,02} = 1\ 761,27\ m^3/h;$$

Calculamos la cantidad de las líneas de los enfriadores, que están en operación.

Capacidad del enfriador es $500\ m^3/h$

$$N = \frac{1\ 761,27}{500} = 3,45 \quad 4\ u$$

- 1 línea de repuesto

- 1 línea en limpieza

Calculamos el flujo volumétrico del licor por una línea:

$$G = \frac{1\ 761}{1,02 \cdot 4} = 440\ m^3/h$$

$$M = 440 \cdot 1,02 \cdot 1\ 000 = 448\ 800\ Kg/h$$

Por la ecuación (1) calculamos la cantidad del calor que se desprende en el sistema:

$$Q = M\ C_p\ \Delta\ t$$

$$\Delta\ t = 49 - 35 = 14^{\circ}C$$

$$Q = 448\,800 \cdot 1 \cdot 14 = 6\,283\,200 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} (26\,326\,608 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

Por la ecuación (2) calculamos el área de la transferencia del calor:

$$Q = KA \Delta t \ln$$

$$A = \frac{Q}{KA \Delta t \ln}$$

$$\Delta t \ln = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

Cabezal caliente

$$t_1 = 49^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 9^\circ\text{C}$$

Cabezal frío Δt

$$t_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 29^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_1 = 6^\circ\text{C}$$

$$\Delta t \ln = \frac{9-6}{\ln \frac{9}{6}} = \frac{3}{\ln 1,5} = \frac{3}{0,405} = 7,4^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{6\,283\,200}{375 \cdot 7,4} = 2\,248 \text{ m}^2$$

El área necesaria para lograr el enfriamiento adecuado es $2\,248 \text{ m}^2$.

El área de una batería de enfriadores es igual a - $6(475) = 2\,850 \text{ m}^2$.

El sistema del enfriamiento garantiza el enfriamiento del licor, ya que posee un 20% de sobrediseño en el área de transferencia del calor necesario.

5.5 - Cálculo del agua necesaria para el enfriamiento

Datos:

$$Q_1 = 6\ 283\ 200\ \text{Kcal/h} \quad (26\ 326\ 608\ \text{KJ/h})$$

$$C_{p\text{H}_2\text{O}} = 1\ \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \quad (4,13\ \text{KJ/Kg}^\circ\text{C})$$

$$t_1 = 29\ ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40\ ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2 = 6\ 283\ 000\ \text{Kcal/h}; \quad (26\ 326\ 608\ \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

$$Q_2 = m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{p\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta t_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$t_{\text{H}_2\text{O}} = t_{2\text{H}_2\text{O}} - t_{1\text{H}_2\text{O}} = 40 - 29 = 11\ ^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{6\ 283\ 200}{1 \cdot 11} = 560\ 000\ \text{Kg/h} = 560\ \text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Consumo de agua por batería} = 560\ \text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Consumo de agua en la instalación } 4(560) = 2\ 240\ \text{m}^3/\text{h}$$

CAPÍTULO VI - ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA -
PLANTA DE RECUPERACION DE AMONIACO

6.1 - Descripción del procedimiento tecnológico

En la Planta de Recuperación de Amoníaco existen -
los siguientes equipos de enfriamiento:

- a) Intercambiadores de calor de los gases después de la destilación del licor;
- b) Intercambiador de calor de los gases después de la destilación de la cola;
- c) Intercambiadores de calor del licor fuerte.

a) Intercambiadores de calor de los gases después de la destilación del licor:

Tienen la importante función de enfriar los ases -
conteniendo NH_3 , CO_2 , H_2O después de destilación del
licor en ocho columnas de destilación (AB-201 al 208),
donde se separa el NH_3 y CO_2 al formar el precipita-
do del carbonato básico del Níquel.

La sección de los enfriadores CS-201 al 208 está -
construida por 8 enfriadores de dos pasos por la cá-
mara la de agua y un paso por la cámara los de gases
con 552 tubos de aluminio de diámetro

$$d = 32 \text{ mm}; (d = 0,032 \text{ m})$$

Como medio enfriante es el agua del sistema de re-
torno B-51 que proviene de las torres de enfriamien-
to del agua para la empresa del ciclo #2 a $t^\circ = 29^\circ\text{C}$
y una presión $4 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = (39,24 \cdot 10^4 \text{ PA})$, la que fluye -
contracorriente a los gases y se calienta hasta $t^\circ =$

40 °C y emergiendo por el sistema del agua caliente B-6-1 va hacia las torres de enfriamiento.

Los gases a la salida forman una mezcla líquido-gas con $t \leq 57$ °C.

La disminución de temperatura que experimente los gases provocará que considerable cantidad de carbonato de amonio precipite incrustándose en forma endurecida en las tuberías afectando el coeficiente de transferencia de calor.

Además, afectará a su vez cantidad de los gases recuperadores que puede determinarse como las pérdidas de producción. Concentración de los gases en la mezcla: $\text{NH}_3 = 32\%$; $\text{CO}_2 = 15\%$; $\text{H}_2\text{O} = 53\%$.

b) Intercambiadores de calor de los gases después de la destilación de la cola:

Tienen la importante función de enfriar los gases desprendidos NH_3 , CO_2 , H_2O de las columnas de destilación (AB-301 al 309), donde se obtienen la pulpa - que va hasta los tanques despresurizadores (EV-310 a 311) y se envía por gravedad hasta el pozo de Cola.

La sección de enfriadores (CS-301 a 309) está contruido por 9 enfriadores, de dos pasos por la cámara del agua y un paso por la cámara de los gases con - 552 tubos de aluminio de $d = 32$ mm ($d = 0,032$ m).

Como el medio enfriante es el agua B-5-1 del ciclo #2 a $t^\circ = 29$ °C y presión $4 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = (39,24 \cdot 10^4 \text{ PA})$ el agua fluye contracorriente a los gases y se calienta hasta $t = 40$ °C, se emerge por el sistema B-6-1.

Los gases se enfrían no menos de 57°C , formando la mezcla gas-líquido que pasan a unirse con la mezcla procedente de la destilación de licor para ser sometidos al proceso de absorción.

Concentración de los gases en la mezcla: $\text{NH}_3 = 29\%$
 $\text{CO}_2 = 15\%$; $\text{H}_2\text{O} = 56\%$.

c) Intercambiadores del licor fuerte

Tienen la importante función de enfriar el licor fuerte de recirculación, extraído del fondo de las torres de absorción (TS-401 al 409), donde los gases se absorben con el agua, licores fuertes enfriados y los licores débiles cambiados desde los tanques (TK-406 a 407).

El licor fuerte se enfría con el fin de lograr una buena absorción de NH_3 y CO_2 de los gases de los sistemas de destilación.

La sección de enfriadores (KM-411 a 415) está contruida por 6 líneas y cinco unidades cada una (A,B, C,D,E), después este licor enfriado es almacenado en el tanque de licor fuerte (TK-416 y 417), donde se bombea hasta Lixiviación y Lavado.

Estos enfriadores son de dos pasos por la cámara de licor y un paso por la cámara de agua con 600 tubos de aluminio de $d = 32 \text{ mm}$ ($0,032 \text{ m}$).

Como el medio enfriante es el agua del sistema de retorno B-5-1 que proviene de las torres de enfriamiento del agua con $4 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} = 39,24 \cdot 10^4 \text{ PA}$ de presión y $t^{\circ} = 27^{\circ}\text{C}$, la que fluye contracorriente a los gases y se calienta hasta $t^{\circ} = 40^{\circ}\text{C}$ emergiendo por el

sistema del agua caliente B-6-1 hacia las torres de enfriamiento.

El licor a la entrada tiene 59°C y a la salida -34°C .

Los intercambiadores del calor en la Planta de Recuperación de Amoníaco disminuyen t° y favorecen al proceso de recuperación de los gases, en específico, el amoníaco y aumenta la solubilidad de los gases.

6.2 - Características constructivas

a) Intercambiador de calor de los gases después de la destilación del licor:

1. Equipo: TRANS 19 004
2. Cantidad: 8
3. Tipo de construcción: De cabezal flotante
CS-201 a 208
4. Peso: 6,64 t
5. Peso con agua: 14,37 t.
6. Temperatura de entrada de los gases: 84°C

"	de salida	: 57°C
"	de entrada de H_2O	: 29°C
"	salida	: 40°C
6. Presión del trabajo : $0,6 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} =$
(junto con tubos y coraza) $= 5,89 \cdot 10^4 \text{ PA}$
7. Función del enfriador:
Precondensar los gases de salida de la columna de distribución del licor.
8. Operación: Continua;
9. Flujos que maneja:

• Agua: H_2O

• Vapor de gases: NH_3 -46%, CO_2 -21%, H_2O -33%

10. Caminos de flujos:

Tubos: H_2O de $3,37 \text{ m}^2$

Coraza: Gases de $3,9 \text{ m}^3$

11. Diámetros de boquillas de alimentación:

Agua: 300 mm; (0,300 m)

Gases (de entrada): 450 mm; (0,450 m)

(de salida) : 350 mm; (0,350 m)

Orificios de drenaje: 50 mm (0,050 m)

12. Detalles de construcción de los tubos:

Longitud: 6 000 mm; (6,000 m)

Cantidad: 552 u;

Diámetro ext: 32 mm; (0,032 m)

Diámetro int: 27 mm; (0,027 m)

Espesor : 5 mm; (0,005 m)

Material : Aleación de aluminio AM_{T5} ;

Número de pasos: 2

13. Detalles de construcción de la coraza:

Materiales: Coraza: Acero GOST: 424413.9

Tapa de la cámara:

de distribución : Aluminio AM_{T5} ;

Cámara de distribución: Aluminio AM_{T3} ;

Diámetro de coraza: 1 200 mm; (1,200 m)

Longitud : 7 600 mm; (7,600 m)

14. Área de transferencia de calor: 385 m^2 ;

15. Cantidad del calor que se intercambia: $16,9 \cdot 10^6$

$$\frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 70,82 \cdot 10^6 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

16. Coeficiente global de transferencia de calor :

$$240 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}} = 1\,005,6 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$$

b) Características constructivas del intercambiador de calor de los gases después de la destilación de la cola

1. Equipo: TRANS 21.003 - CS-301-309
2. Cantidad: 9
3. Tipo: De cabezal (flotante)
4. Fusión del enfriador:

Precondensar los gases de salida de la columna de destilación de la cola.

Nota: Estos precondensadores tienen las mismas características que los CS-201 a 203.

c) Características constructivas del intercambiador de calor del licor fuerte (de recirculación)

1. Equipo: TRANS 18.001 EN-411 a 415
2. Cantidad: 30 de 5 baterías
3. Tipo de construcción: de cabezal flotante
4. Peso: 9,2 t
Peso con el agua: 15,8 t
5. Temperatura de entrada del licor: 59 °C
" salida : 34 °C
" entrada del H₂O : 29 °C
" salida : 40 °C
6. Presión del trabajo: $0,6 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = 5,89 \cdot 10^4 \text{ PA}$
7. Fusión del enfriador:

Enfriar el licor fuerte extraído desde las torres de absorción con el fin de lograr una buena absorción.

8) Operación: Continua

9) Flujos que maneja:

1. H_2O

2. Solución: NH_3 14%, CO_2 7%

10) Camino de los flujos:

Tubos: Solución

Coraza: H_2O

11) Diámetro de boquilla de alimentación:

Solución: 273 mm; (0,273 m)

Agua: 324 mm; (0,324 m)

12) Detalles de construcción de los tubos:

Longitud = 6 000 mm; (6,000 m)

Cantidad = 600

D ext. = 32 mm (0,032 m)

D int. = 27 mm (0,027 m)

Espesor = 2,5 mm (0,0025 m)

Número de pasos: 2;

Volumen tubular: $3,51 \text{ m}^3$

Intertubular total: $4,09 \text{ m}^3$

Material: AM_{r5} Aleación de aluminio

13) Detalles de construcción de coraza:

Diámetro de coraza: ext. 1 224 mm; (1,224 m)

int. 1 200 mm; (1,200 m)

Longitud: 7 950 mm; (7,950 m)

Materiales: Coraza: Acero GOST: 11484.1;

17348.4.

14) Área de transferencia de calor: 360 m^2 ;

15) Cantidad de calor que se intercambia:

$$19,4 \cdot 10^6 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 81,29 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

16) Coeficiente global de transferencia de calor:

$$300 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}} = 1\,257 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$$

6.3 - Principales problemas y situación actual

El sistema de enfriamiento en esta planta no se encuentra manejando los flujos de licor caliente conforme por el proyecto, ya que la fábrica en su conjunto no se encuentra en la máxima capacidad.

Los enfriadores del licor y precondensadores de los gases de licor y cola garantizan el enfriamiento necesario, lo que puede evidenciar que el área de transferencia de calor satisface las exigencias del proceso.

En esta planta se han presentado tales problemas:

- El corto período del trabajo de los precondensadores del gas de la cola entre las reparaciones causadas por frecuentes rajaduras y salideros de los tubos de los enfriadores.

Esto ocurre por los choques de las partículas grandes suspendidas en el vapor contra la pared de los tubos, teniendo alta velocidad del movimiento del gas a la entrada y durante su movimiento por el interior de la coraza.

- Se instalaron para un alambique, dos enfriadores en serie, teniendo como objetivo disminuir la energía cinética de las partículas del flujo dividiendo en dos lo que todavía no ha dado resultado positivo.

Presupone, que la causa de la deficiencia es que - el enfriador en serie está instalado a 90° . al respecto del anterior y no a 45° , lo que provoca, que - casi 90% del vapor baja por el enfriador viejo.

- Están ejecutando un montaje del filtro tipo ciclón con el objetivo de recoger las partículas más gruesas.

- Ejecuten las pruebas técnicas con el fin de seleccionar el material para cambiar los tubos de aluminio por un material más resistente, por ejemplo, el titanio.

6.4 - Evaluación térmica del sistema

Cálculo del área de la transferencia del calor del sistema del enfriamiento de licor de recirculación.

Datos:

$$G = 837 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_p \text{ Licor} = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}; (4,19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}})$$

$$\text{Cantidad de líneas} = 5 \text{ (de 6 enfriadores)}$$

$$= 1,02 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \text{ cada uno}$$

$$t_1 \text{ licor} = 58^\circ\text{C}$$

$$t_2 \text{ licor} = 35^\circ\text{C}$$

$$t_1 \text{ H}_2\text{O} = 29^\circ\text{C}$$

$$t_2 \text{ H}_2\text{O} = 40^\circ\text{C}$$

$$K = 300 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}} = (1\,257 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}})$$

$$A = ?$$

Calculamos, qué cantidad de líneas de los enfriadores están en operación, teniendo en cuenta, que la capa-

cantidad de una línea de enfriadores es igual a 300 m³/h

$$n_{\text{línea}} = \frac{837}{300} = 279 = 3 \text{ líneas}$$

- 1 línea de repuesto;

- 1 línea en limpieza;

Calculamos el flujo volumétrico del licor por línea:

$$G^1 = \frac{837}{3} = 279 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por la ecuación (1) calculamos la cantidad del calor que se desprende en el sistema:

$$Q = MC_p \Delta t$$

$$Q = M C_p (t_2 - t_1)$$

Calculamos el flujo másico del licor por línea:

$$M = 279.02.1000 = 284\,580 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 284\,580 \cdot 1 \cdot (58 - 35) = 6\,545\,340 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} =$$

$$= 27\,424\,974 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

Por la ecuación (2) calculamos el área de la transferencia del calor:

$$Q = K A \Delta t \ln:$$

$$A = \frac{Q}{K \Delta t \ln}$$

$$\Delta t \ln = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

Cabezal caliente

$$t_1 = 58^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_1 = 18^\circ\text{C}$$

Cabezal frío

$$t_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 29^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 6^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{en} = \frac{18-6}{\ln \frac{18}{6}} = \frac{12}{\ln 3} = \frac{12}{1.1} = 11,0^{\circ}\text{C}$$

$$A = \frac{6\,545\,340}{300 \cdot 11} = \frac{6\,545\,340}{3\,300} = 1\,984\text{ m}^2;$$

Área de transferencia necesaria 1 984 m²;

Área de transferencia instalada = 360 · 6 = 2 260 m²

El sistema de enfriamiento garantiza el enfriamiento del licor ya que posee un 8 % de sobre diseño en el área de transferencia del calor necesaria.

Datos:

Cálculos del área de la transferencia del calor del sistema del enfriamiento de los gases después de destilación de colas

Datos:

$$M = 1\,038\text{ t/d}$$

$$C_p = 0,45 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} = 1,86 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}}$$

$$M_{\text{cond}} = 721,74\text{ t/d}$$

$$t_1 = 57^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 85^{\circ}\text{C}$$

$$t_{1\text{H}_2\text{O}} = 29^{\circ}\text{C}$$

$$t_{2\text{H}_2\text{O}} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$K = 240 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}} = 1\,005,6 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}}$$

$$\text{NH}_3 = 29\%$$

$$x_{\text{NH}_3} = 0,29$$

$$\text{CO}_2 = 15\%$$

$$x_{\text{CO}_2} = 0,15$$

$$\text{H}_2\text{O} = 56\%$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,56$$

Cantidad de líneas = 1 (de 9 enfriadores)

$$A = ?$$

$$M = \frac{1\,038 \cdot 1\,000}{24} = 43\,250 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - \text{el flujo másico a los enfriadores.}$$

Teniendo en cuenta que a un enfriador pertenece un alambique y el flujo volumétrico a los alambiques es igual a $317.03 \text{ m}^3/\text{h}$, su capacidad es igual a $66.6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ calculamos la cantidad de alambiques en operación:

$$N = \frac{317.03}{66.6} = 4.76 = 5 \text{ alambiques}$$

- 2 en repuesto
- 1 en reparación
- 1 en limpieza

Calculamos el flujo másico de gases de cada alambique:

$$M = \frac{43\,250}{5} = 8\,650 \text{ Kg/h}$$

Calculamos la cantidad del calor que se desprende en el sistema:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Por la ecuación (1):

$$Q_1 = M C_p \cdot t$$

$$Q_1 = 8\,650 \cdot 0.45 \cdot (85-57) = 108\,950 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} (456\,668 \frac{\text{KJ}}{\text{h}});$$

El calor Q_2 es el calor que desprenden los gases al condensarse en el precondensador:

$$Q_2 = M_{\text{NH}_3} \cdot Q_{\text{NH}_3} + M_{\text{CO}_2} \cdot Q_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot Q_{\text{H}_2\text{O}}$$

Calculamos el flujo másico condensado para cada enfriador, teniendo en cuenta la fracción molar de los componentes en la mezcla:

$$M_{\text{NH}_3} = M_{\text{cond}} \cdot X_{\text{NH}_3}$$

$$M_{NH_3} = \frac{721.74 \cdot 1000 \cdot 0.22}{24 \cdot 5} = 1744 \text{ Kg/h;}$$

$$M_{CO_2} = M_{cond} \cdot X_{CO_2}$$

$$M_{CO_2} = \frac{721.74 \cdot 1000 \cdot 0.15}{24 \cdot 5} = 902 \text{ Kg/h}$$

$$M_{H_2O} = M_{cond} \cdot X_{H_2O}$$

$$M_{H_2O} = \frac{721.74 \cdot 1000 \cdot 0.56}{24 \cdot 5} = 3368 \text{ Kg/h;}$$

Por la tabla XIX del Pávlov K.F. (Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química) tenemos:

$$Q_{NH_3} = 286 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 1200 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}};$$

$$Q_{H_2O} = 597 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 2500 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}};$$

$$Q_{CO_2} = 56 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 235 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}};$$

$$Q_2 = 1744 \cdot 286 + 56 + 3368 \cdot 597 = 495296 + 33374 + 956512 = 2559992 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} (10726386 \frac{\text{KJ}}{\text{h}});$$

$$Q = 108990 + 559992 = 2668982 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} (11183034 \frac{\text{KJ}}{\text{h}});$$

Por la ecuación (2) calculamos el área de la transferencia del calor:

$$Q = KA \Delta t \ln \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

Cabezal caliente	Cabezal frio Δt
$t_1 = 85^\circ\text{C}$	$t_1 = 57^\circ\text{C}$
$t_2 = 40^\circ\text{C}$	$t_2 = 29^\circ\text{C}$
$\Delta t_2 = 45^\circ\text{C}$	$\Delta t_1 = 28^\circ\text{C}$

$$t_{\text{en}} = \frac{45-28}{\ln \frac{45}{28}} = \frac{17}{0,47} = 36^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{Q}{k \cdot t_{\text{en}}}$$

$$A = \frac{2\,668\,982}{240,36} = 318\text{ m}^2$$

El área necesaria para lograr el enfriamiento necesario de un precondensador es igual a 318 m^2 ;

El área del diseño de un precondensador es igual a 384 m^2 .

El sistema del enfriamiento garantiza el enfriamiento de los gases necesarios, ya que posee un 17% de sobre diseño en el área de transferencia del calor necesario.

Cálculo del área de la transferencia del calor del sistema del enfriamiento de los gases después de destilación del licor.

Datos:

$$M = 1\,379,02\text{ t/d}$$

$$C_p = 0,45 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 1,86 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$M_{\text{cand}} = 1\,192\text{ t/d}$$

$$t_1 = 57^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 84^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{H}_2\text{O}} = 29^\circ\text{C}$$

$$t_{2H_2O} = 40^{\circ}C$$

$$K = 240 \frac{\text{Kcal}}{\text{M}^2 \text{h}^{\circ}C} = 1\,005,6 \frac{\text{KJ}}{\text{Kgh}^{\circ}C}$$

$$\text{NH}_3 = 32\%$$

$$x_{\text{NH}_3} = 0,32$$

$$\text{CO}_2 = 15\%$$

$$x_{\text{CO}_2} = 0,15$$

$$\text{H}_2\text{O} = 53\%$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,53$$

Cantidad de líneas 1 (de 8 enfriadores)

$$\Delta = ?$$

$$M = \frac{1379,92 \cdot 1000}{24} = 57\,459 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - \text{el flujo másico a los enfriadores.}$$

Teniendo en cuenta que a un enfriador pertenece un alambique y el flujo volumétrico a los alambiques es igual a $301,7 \text{ m}^3/\text{h}$, su capacidad es igual a $66,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$, calculamos la cantidad de alambiques en operación:

$$N = \frac{301,7}{66,6} = 6 \text{ alambiques;}$$

- 1 de reparación;

- 1 de limpieza;

Calculamos el flujo másico de gases de cada alambique:

$$M = \frac{57\,459}{6} = 9\,577 \text{ Kg/h;}$$

Calculamos la cantidad del calor que se desprende en el sistema:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Por la ecuación (1);

$$Q_1 = MC_p \Delta t$$

$$Q_1 = 11\,492 \cdot 0,45(84-57) = 139\,688 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} (585\,041 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

El calor Q_2 es el desprenden los gases al condensarse

en el precondensador:

$$Q_2 = M_{NH_3} \cdot Q_{NH_3} + M_{CO_2} \cdot Q_{CO_2} + M_{H_2O} \cdot Q_{H_2O};$$

Calculemos el flujo másico condensado para cada enfriador, teniendo en cuenta la fracción molar de los componentes en la mezcla:

$$M_{NH_3} = M_{cond} \cdot X_{NH_3}$$

$$M_{NH_3} = \frac{1\,192 \cdot 1\,000}{24 \cdot 6} \cdot 0.32 = 2\,643 \text{ Kg/h};$$

$$M_{CO_2} = M_{cond} \cdot X_{CO_2}$$

$$M_{CO_2} = \frac{1\,192 \cdot 1\,000}{24 \cdot 6} \cdot 0.15 = 1\,242 \text{ Kg/h};$$

$$M_{H_2O} = M_{cond} \cdot X_{H_2O}$$

$$M_{H_2O} = \frac{1\,191 \cdot 1\,000}{24 \cdot 6} \cdot 0.53 = 4\,387 \text{ Kg/h}$$

Por la tabla XLV:

$$Q_{NH_3} = 286 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 1\,200 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

$$Q_{H_2O} = 597 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 2\,500 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}};$$

$$Q_{CO_2} = 56 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 235 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q_2 = 2645 \cdot 286 + 1242 \cdot 56 + 4387 \cdot 597 = 3446205 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$(14\,439\,599 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

$$Q = 139\,628 + 3\,446\,205 = 3\,585\,833 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} (15\,024\,640 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

Por la ecuación (2) calculamos el área de la transferencia de calor:

$$Q = KA \Delta t \ln$$

$$\Delta t \ln = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{t_2}{t_1}}$$

Cabezal caliente

$$t_1 = 84 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Cabezal frío t

$$t_1 = 57 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t \ln = \frac{44 - 29}{\ln \frac{44}{28}} = \frac{16}{\ln 1,6} = 35,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$A = \frac{Q}{K \cdot t \ln}$$

$$A = \frac{3\,535\,833}{240 \cdot 35,5} = 420 \text{ m}^2$$

El área masaria para lograr el enfriamiento necesario de un precondensador es igual a 420 m^2 ;

El área del diseño de un precondensador es igual a 394 m^2 .

El sistema del enfriamiento garantiza el enfriamiento de los gases necesarios, ya que el sobre diseño es igual a 8%.

6.5 - Cálculo del agua necesario para el enfriamiento

Calculamos el agua necesario para el enfriamiento del licor de recirculación:

Datos:

$$Q = 6\,417\,000 \text{ Kcal/h} \quad (25\,755\,939 \text{ KJ/h})$$

$$C_{pH_2O} = 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} = (4,19 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C})$$

$$t_1 = 29^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$m = ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2 = 6\,417\,000 \text{ Kcal/h}; \quad (25\,755\,939 \text{ KJ/h})$$

$$Q_2 = m_{H_2O} \cdot C_{pH_2O} \cdot \Delta t_{H_2O};$$

$$t = t_2 - t_1 = 40 - 29 = 11^\circ\text{C};$$

$$m = \frac{6\,417\,000}{1 \cdot 11} = 583\,363 \text{ kg/h}; \text{ flujo másico}$$

El flujo volumétricos:

$$G = 583\,363 \text{ kg/h} \cdot \frac{t}{1\,000 \text{ kg}} \cdot 1 \frac{\text{m}^3}{t} = 583 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$\text{Consumo de agua por batería} = 583 \text{ m}^3/\text{h};$$

$$\text{Consumo de agua en la instalación} = 3(583) = 1749 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculamos el agua necesario para el enfriamiento de los gases después de destilación de cola:

Datos:

$$Q = 2\,668\,982 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (11\,183\,034 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

$$C_p = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \quad (4,19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}})$$

$$t_1 = 29^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$m = ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2 = 2\,668\,982 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (11\,183\,034 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

$$Q_2 = m C_p t.$$

$$t = t_2 - t_1 = 40 - 29 = 11\,^{\circ}\text{C}$$

$$m = \frac{Q_2}{C_p t} = \frac{2\,668\,982}{1 \cdot 11} = 242\,635 \text{ kg/h} - \text{flujo másico}$$

El flujo volumétrico:

$$G = \frac{242\,635 \cdot 1}{1\,000} = 243 \text{ m}^3/\text{h}$$

Consumo de agua por un enfriador: $243 \text{ m}^3/\text{h}$

Consumo de agua por una línea: $5(243) = 1\,215 \text{ m}^3/\text{h}$.

Calculamos el agua necesario para el enfriamiento de los gases después de destilación del licor:

Datos:

$$Q = 3\,585\,833 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (15\,024\,640 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

$$C_p = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \quad (4.19 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}})$$

$$t_1 = 29\,^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 40\,^{\circ}\text{C}$$

$$m = ?$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$Q_1 = Q_2 = 3\,585\,833 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (15\,024\,640 \frac{\text{KJ}}{\text{h}});$$

$$Q_2 = m C_p \Delta t$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 40 - 25 = 15\,^{\circ}\text{C};$$

$$m = \frac{3\,585\,833}{1 \cdot 15} = 239\,055 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - \text{flujo másico};$$

El flujo volumétrico:

$$G = \frac{325\,984}{1\,000} \cdot 1 = 326 \text{ m}^3/\text{h}$$

Consumo de agua por un enfriador: $326 \text{ m}^3/\text{h}$;

Consumo de agua para una línea: $6(326) = 1\,956 \text{ m}^3/\text{h}$

CAPÍTULO VII - DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO
Y LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN DEL
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DE -
COBALTO

En la Planta de Cobalto existen las siguientes -
unidades de enfriamiento:

- a) Enfriadores de licor de primera y segunda etapa de lixiviación que constan la sección de los enfriadores de licor.
- b) Condensadores de destilación que constan la sección de destilación y absorción.
- c) Enfriadores de licor amoniacal preñado que pertenecen a la misma sección.
- d) Enfriadores de licor de hidrosulfuro de amonio - que pertenecen a la instalación de hidrosulfuro de amonio.
- e) Enfriadores de licor de sulfito de amonio que - pertenecen a la instalación de sulfito de amonio.

a) Enfriadores de licor de primera y segunda etapa de lixiviación de la sección de los enfriadores de licor

La sección de los enfriadores de licor recibirá:

. El licor procedente de la Planta de Lixiviación y Levado (de la primera etapa de lixiviación) al tanque colector.

Composición de licor: 1,2% Ni; 0,023% Co; 7,68% NH_3 .

. El licor procedente de la planta de Lixiviación y Levado (de la segunda etapa de lixiviación) al - tanque colector.

Composición de licor: 0,53% Ni; 0,018 Co; 8,85% NH_3 .

Desde el tanque colector por las bombas de licor I se enviará a los enfriadores tabuladores. Se contarán cinco líneas, por cinco enfriadores cada una.

El licor II desde el tanque colector por las bombas se enviará a los enfriadores tubulares. Son siete líneas por cinco enfriadores cada una.

Los licores enfriados hasta $t^\circ = 40^\circ \text{C}$ llenarán a la Sección de Precipitación de Sulfuros. Los productos de aspiración de los tanques se transferirán a la instalación de absorción.

La sección tendrá un sistema de suministro de solución de Ácido Sulfúrico destinado a limpiar las superficies interiores de los tubos de enfriadores. El sistema estará integrado por un tanque para el Ácido Sulfúrico, con las bombas y un tanque de hormigón equipado con la bomba.

b) Condensadores de destilación de la sección de destilación y absorción

Los enfriadores-condensadores del vapor-gas tienen la importante función de enfriar la mezcla de gas procedente desde la torre de destilación, donde se enfriará desde 95°C a 50°C .

Enfriado, se transferirá junto con el condensado a la torre de absorción. Son dos condensadores, uno en operación y uno de repuesto. El enfriamiento se efectuará por agua, la cual se calentará de 30 a 41°C .

c) Enfriadores de licor amoniacal preñado que pertenecen a la sección de destilación y absorción

Estos enfriadores tienen la importancia de enfriar el licor carbonato-amoniaco preñado producido merced a la absorción en la torre de absorción con empaquetadura de la primera sección, en donde se atraparán al amoníaco y el ácido carbónico. La torre consta de 3 secciones.

Con los enfriadores tubulares, el licor se enfriará desde 50°C hasta 35°C . El agua de enfriamiento se realizará a la $t^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$ hasta 41°C . Presupone montar 2 líneas paralelas de enfriadores.

Cada línea contará con 2 intercambiadores de calor tubulares de cabezal flotante de cuatro vías acoplados en serie, siendo el diámetro de camisa 1 200 mm. Una línea se mantendrá en operación y otra en reserva.

Una parte del licor enfriado se recirculará con el objetivo de ajustar el balance térmico del proceso y se transferirá a la torre de absorción, mientras que la otra parte de licor llegará al tanque colector.

d) Enfriadores de licor de hidrosulfuro de amonio que pertenecen a la instalación de hidrosulfuro de amonio

El intercambiador de calor tiene la importante función de enfriar el licor de hidrosulfuro de amonio obtenido (conteniendo 13% NH_3 y 13% ácido sulfídrico) en la torre de absorción. Es un intercambia

dor de cabezal flotante de $D = 800$ mm; el licor tiene la t° de entrada = 40°C y t° salida = 35°C . El enfriado se llevará a cabo por medio de agua - que se calentará de 30°C a 41°C .

Se montarán dos enfriadores: uno en operación y el otro en reserva.

Una parte del licor enfriado procedente del intercambiador de calor se recirculará a la torre, para mantener la t° óptima del proceso de absorción y - otra quedará acumulada en el tanque y de allí se - transferirá por las bombas a la sección de precipitación de sulfuros a través de tubería circular.

e) Enfriadores de licor de sulfito de amonio que - pertenecen a la instalación de sulfito de amonio

Quedan expuestos en el proyecto tecnológico y no elevan las características constructivas todavía.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

a) Características constructivas de los enfriadores de licor de primera y segunda etapa de Lixiviación.

1. Equipo: Trans 201.002

2. Cantidad: 25 enfriadores del licor I

3. Cantidad: 35 " " II

60 total

3. Tipo de construcción: de cabezal flotante;

4. Función del enfriador: Enfriar el licor de la primera y segunda etapa de lixiviación

5. Temperatura de entrada de licor: 49

de salida " : 35

Temperatura de entrada de H_2O : 28

" salida de H_2O : 49

6. Presión de prueba P_{H_2O} : $5^{\circ}C \leq t \leq 40^{\circ}C = 8 \text{ MPa}$
 $= 8 \cdot 10^3 \text{ PA}$

Presión del cálculo - 5 HPa = $5 \cdot 10^3 \text{ PA}$

7. Operación: Continua

8. Flujos que maneja: 1) H_2O

2) Solución carbonato-amoniaca-

$NiCO_3(NH_3)_6Ni = 11,3 \text{ g/l}$

$CO_2-CO_3(NH_3)_6 Ni+Co(NH_4)_2 =$
 $= 30 \text{ g/l};$

$NH_3-CO_3(NH_4)_2+NH_3OH = 60 \text{ g/l}$

H_2O - lo demás;

9) Peso: 2 440 Kg; Peso de solución: 500 Kg;

Peso de H_2O : 900 Kg;

10. Camino de los flujos: Tubos: Solución;

Coraza: H_2O ;

11) Capacidad de coraza: $0,9 \text{ m}^3$;

" tubos : $0,5 \text{ m}^3$;

12. Diámetros de boquilla de alimentación:

Solución: 350 mm (0,350 m)

Agua: 200 mm (0,200 m)

13. Detalles de construcción de los tubos:

Longitud: 4 877 mm (4,877 m)

Cantidad: 122

D ext : 32 mm (0,032 m)

D int : 29 mm (0,027 m)

Espesor : 2,5 mm (0,0025 m)

Número de pasos: 2

Material: AMr5. Aleación de Aluminio

14. Detalles de construcción de la coraza:

Diámetro de coraza: 630 mm (0,630 m)

Longitud: 6 250 mm (6,250 m)

Material: Acero

15. Los flujos de licor:

de I etapa: 319 m³/h; de II etapa: 516 m³/h

a 20% tomando en consideración un crecimiento probable de flujo a nivel de I etapa: 383 m³/h y de II etapa: 619 m³/h.

16. Cantidad de calor que intercambia:

de I etapa: 4 134 000 Kcal/h; (17 321 460 $\frac{KJ}{h}$)

de II " : 6 685 000 Kcal/h; (28 010 150 $\frac{KJ}{h}$)

17. Área de transferencia de calor:

de I etapa: 984 m²

de II " : 1 592 m²

18. Coeficiente de transferencia de calor:

de I etapa: 400 Kcal/m²h°C (1 676 $\frac{KJ}{m^2 h^\circ C}$)

de II etapa: 485 Kcal/m²h°C (2 032 $\frac{KJ}{m^2 h^\circ C}$)

b) Características constructivas del condensador de destilación:

1. Equipo: TRANS: 205.009

2. Cantidad: 2

3. Tipo de construcción: de cabezal flotante con tapa plana arriba;

4. Función del enfriador:

Enfría la mezcla de vapor-gas procedente desde

12) Detalles de construcción de la coraza:

Diámetro: 800 mm (0,800 m)

Longitud: 7 250 mm (7,250 m)

Material: Acero

13) Cantidad de calor que intercambia:

$$Q = 885\,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (3\,708\,150 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

14) Área de transferencia de calor:

$$A = 120 \text{ m}^2$$

15) Coeficiente de transferencia de calor:

$$K = 200 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}} \quad (838 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}})$$

c) Características constructivas del enfriador de
licor amoniacal preñado.

1) Equipo: TRANS: 205.010

2) Cantidad: 4; (con 2 líneas)

3) Tipo de construcción: de cabezal flotante

4) Función del enfriador:

Enfría al licor preñado de recirculación producido en la torre de absorción de primera - sección.

5) Temperatura de entrada de licor: 50 °C

" salida : 35 °C

" entrada de H₂O : 30 °C

" salida : 41 °C

6) Presión PH₂O de trabajo: 6 MPa; 6.10³ PA

" de cálculo: 8 MPa; 8.10³ PA

7) Operación: Continua

8) Flujos que maneja: 1 H₂O

2 Licor preñado con 75.7 $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
NH₃ - 14%
CO₂ - 7%

9) Camino de los flujos: Tubos: Licor;

Coraza: H_2O ;

10) Diámetros de boquilla de alimentación:

de H_2O = 360 mm; (0,360 m)

de Licor/ = 250 mm; (0,250 m)

de drenaje = 50 mm (0,050) m

de drenaje = 15 mm (0,015 m)

de aire

11) Detalles de construcción de los tubos:

Longitud: 5 695 mm (5,695 m)

Cantidad: 604

D ext : 32 mm (0,032 m)

D int : 27 mm (0,027 m)

Espesor : 2,5 mm (0,0025 m)

Material: $AM_{L}M$, $AM_{L}3$, $AM_{L}5$;

12) Detalles de construcción de la coraza:

Diámetro: 1 200 mm (1,200 m)

Longitud: 7 950 mm (7,950 m)

Material: Acero

13) Cantidad de calor que intercambia:

$$Q = 1\,270\,000\ (1,27 \cdot 10^6)\ \frac{\text{Kcal}}{h}\ (5\,321\,300\ \frac{\text{KJ}}{h})$$

14) Área de transferencia de calor:

$$A = 622\ m^2$$

15) Coeficiente de transferencia de calor

$$K = 300\ \frac{\text{Kcal}}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}\ (1\,257\ \frac{\text{KJ}}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C})$$

d) Características constructivas del enfriador de -
licor de hidrosulfuro de amonio.

1) Equipo: TRANS: 207.0

2) Cantidad: 2

3) Tipo de construcción: de cabezal flotante

4) Función del enfriador:

Enfriar el licor de hidrosulfuro de amonio producido desde la torre de absorción

5) Temperatura de entrada de licor: 40 °C

" salida : 35 °C

" Entrada de agua : 30 °C

" salida : 41 °C

6) Presión PH_2O de trabajo: 6 MPa ($6 \cdot 10^3$ PA)

" cálculo: 8 MPa ($8 \cdot 10^3$ PA)

7) Operación: Continúa

8) Flujos que maneja: 1. H_2O

2. Licor teniendo 13% NH_3 y
13% de ácido sulfhídrico;

9) Camino de los flujos:

1. Tubos: Licor; 45,3 m^3/h

2. Coraza: H_2O ;

10) Diámetro de la coraza: $\varnothing = 800$ mm (0,800 m)

11) Cantidad de calor que intercambia:

$$Q = 227\,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad (951\,130 \frac{\text{KJ}}{\text{h}})$$

12) Área de transferencia de calor

$$A = 151 \text{ m}^2$$

13) Coeficiente de transferencia de calor:

$$K = 300 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}}; \quad (1\,257 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}})$$

CAPÍTULO VIII - DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE -
ABASTECIMIENTO DE AGUA A LOS SISTEMAS -
DE ENFRIAMIENTO.

La fábrica "Ernesto Che Guevara" utiliza el agua del ciclo de retorno, que está compuesto por el ciclo - #1 y ciclo #2.

El ciclo #1 consta de cinco secciones de torres de enfriamiento, cámara de agua fría y cuatro bombas.

El ciclo #2 consta de siete secciones de torres - de enfriamiento, cámara de agua fría y cinco bombas.

El ciclo #1 representan los sistemas B-5 (agua de Enfriamiento) y B-6 (agua caliente) que suministran el - agua a las siguientes unidades:

- Preparación de mineral;
- Hornos de Reducción;
- Casa de Compresores;
- Planta de Gas;
- Central Termoeléctrica.

El ciclo #2 representan los sistemas B-5-1 (agua de enfriamiento y B-6-1 (agua caliente) que suministran el agua a las siguientes unidades:

- Lixiviación y lavado;
- Recuperación de Amoníaco;
- Laboratorio;
- Almacenes y talleres;
- Comedor y Edificio Administrativo
- Calcinación y Sinter.

El agua desmineralizada a la cual se le eliminan

los aniones y cationes, se alimenta a la Central Termoeléctrica.

Para el proceso tecnológico utilizan el agua de suavizado (sistema B-7), que se produce en la planta de tratamiento Químico del Agua a través de los filtros aniónicos o de suavizado, disminuyendo la dureza del agua en un 50% (40 mg/L)- dureza total.

Este agua se consume en las torres de absorción de lixiviación y recuperación de amoníaco, así como en el Laboratorio Central.

El agua del ciclo #1 y #2 por medio de las bombas se envía a la red de tuberías distribuidoras de las instalaciones del enfriamiento, esta red distribuye el agua a las unidades antes mencionadas.

El agua caliente entra a los tubos de otra red se lleva a la instalación enfriadora para ser utilizada otra vez.

El agua fresca se añade desde la Planta de Agua por el sistema B-1 (Agua Potable) por la gravedad. El empleo de recirculación disminuye en 5-10 veces el consumo del agua y economiza la preparación del agua (limpieza, ablandamiento, etc).

El agua antes de entrar a la fábrica la limpia previamente, para eliminar las impurezas mecánicas. Para eliminar y separar otros compuestos industriales, la tratan con cal viva con su posterior sedimentación y filtración.

Los sistemas de enfriamiento se caracterizan por

los elevados requisitos para la purificación del agua, -
particularmente en el enfriamiento por evaporización. -
El H_2O debe ser purificada de las impurezas mecánicas, -
tener una dureza no mayor de 91-0,15 mg/L, un contenido
de O_2 disuelto no mayor de 0,1 mg/L y no tener práctica-
mente CO_2 libre.

El agua que se pierde sin recuperar es utilizada
en:

- Preparación de vapor;
- Preparación de solución carbonato-amoniaco;
- Limpieza del equipo, tuberías, pisos y las demandas
doméstico-administrativas.

El sistema de canalización conlleva:

- la industrial pluvial K-1;
- la doméstica K-2;

Hasta este momento las considerables pérdidas del
agua existen en su mayor cifra en la Planta de los Hor-
nos de Reducción, 2 332 m³/día, actualmente, esta planta
pierde cerca de 461 m³/h de agua.

Las aguas que se recuperan y entran al sistema -
de red de tuberías distribuidoras del B-6 (agua calien-
te) son de los siguientes objetos:

- Transportador Rotatorio;
- Piscinas de los enfriadores del tambor.

Hacia las piscinas de los enfriadores se recircu-
lan las siguientes aguas:

- Aguas de enfriamiento de los ventiladores;
- Aguas de los engranajes de los enfriadores;
- Aguas de la unidad de los gaseanalizadores.

Las aguas de otras unidades se van por las tuberías de los sistemas K1 y K2 hacia la planta de Lixiviación y lavado.

Las pérdidas del agua existen en la planta después - de las limpiezas de los pisos y después del enfriamiento de las líneas hidráulicas de los hornos.

Como la solución de la situación actual en la - Planta de los Hornos de Reducción están investigando y - analizando la elaboración de las siguientes medidas:

- Construcción del reposadero para la aclaración del agua, utilizándola para la limpieza de los pisos, cierre hidráulico de los hornos, bomba tipo LB - 160/40 por medio de una estación del bombeo.

El agua aclarada será utilizada para limpiar los pisos. No obstante aclarar, que el gas-reductor proveniente de la Planta de Gas le da posibilidades de que se disminuye la cantidad del agua utilizada en la limpieza gracias al régimen tecnológico más estable. Como consecuencia de esto se disminuye ocurrencia de los salideros y cámaras y el escape del mineral.

Una de las desventajas de esta medida consiste en que la inversión no está justificada económicamente. Es necesario calcular los gastos de esta inversión y analizar si esto resulta más económico que las pérdidas del agua tratada.

- Utilización del sistema B-1 (agua potable) para el enfriamiento del transportador rotatorio en caso de las averías en el sistema de retorno-1, línea B-5.

Una de las ventajas de esta medida es comodidad desde el punto de vista económico, porque el depósito del sistema B-1 se encuentra más arriba que el transportador que permite transportar el agua por la fuerza de gravedad.

En caso de la avería en el sistema B-5 el válvula del sistema se cierre y se abre el válvula del sistema B-1.

Entre las otras medidas, encaminadas más racional uso del agua en la empresa están las siguientes:

- Instalación y puesta en marcha de los flujómetros de los principales consumidores del agua;
- Aviso inmediato sobre las afectaciones en las estaciones del bombeo a las correspondientes unidades con el fin de reparación urgente del objeto dicho;
- Las medidas organizativas.

Para cumplir la tarea del aviso a las distintas plantas y talleres de las afectaciones, que pueden surgir, existen determinados pasos:

El sistema de agua potable B-1.

1) al estar los niveles de agua por debajo de 2 metros en los tanques de la potabilizadora, se informará de inmediato al despachador principal y se alertará al jefe de Planta correspondiente y al jefe de Planta del ciclo de retorno para tomar las medidas correspondientes que permiten subir los niveles en dichos tanques. De no resolverse esta situación en 3 ó 4 horas, se avisará de inmediato al Jefe de Producción y Energético Principal.

Una de las medidas en caso de afectaciones en el

sistema por avería o alto consumo es avisado de inmediato a todas las Plantas y Talleres, así como a todos los servicios, fundamentalmente comedores, cafeterías, mina.

2) El ciclo de retorno #1 y #2

En caso de afectación, avería, baja presión en el ciclo #1 se avisarán a las plantas.

- Preparación de mineral;
- Hornos de Reducción;
- Casa de Compresores;
- Planta de Gas;
- Central Termoeléctrica.

Se avisará también al Despachador Principal y en caso necesario al Jefe de Producción y al Energético - Principal. En caso que afectaran al ciclo #2 se avisarán:

- Lixiviación y Lavado
- Recuperación de Amoníaco
- Laboratorio
- Almacenes y Talleres
- Comedor y Edificio Administrativo
- Calcinación y Sinter y se cumple lo anteriormente planteado en el ciclo #1.

3) Las aguas desmineralizadas y de suaviamiento que se alimentan a la Central Termoeléctrica en caso de afectarse, se avisará al Jefe Central Termoeléctrica, Despachador Principal, Jefe de Planta de Tratamiento Químico del agua para que tomen urgentes medidas con vista a evitar averías que puedan ocasionar disminución del vapor a producir.

De tenerse que producir afectaciones en el siste-

ma de vapor, se avisará a los Jefes de todas las plantas, Jefe de Producción y al Metalúrgico Principal.

El agua de suaviamiento que produce la Planta de tratamiento Químico del Agua se utiliza en las torres de absorción de Lixiviación y Recuperación de Amoníaco, como en el Laboratorio Central. En caso de afectaciones se avisarán a dichas unidades.

3) Es terminantemente prohibido la utilización de las aguas de los ciclos de retorno para tomar o utilizar donde no debe, su uso es sólo industrial y correspondiente según el objetivo.

Al que se detecte consumiendo dichas aguas se reportará inmediatamente al Despachador Principal y Jefe de Departamento de Protección Física de la Empresa.

CONSUMIDORES DE AGUA POR OBJ. TENIENDO EN CUENTA LAS MODIFICACIONES HASTA 1/88 (PLANO AD-1835)

Objeto	C I C L O 1			C I C L O 2				Pérdida en proc.	a canali- zacion
	B-1	B-5	B-6	B5,1	B6,1	B7	B8		
	2	3	4	5	6	7	8		
La Mina	70								70
01 Recepción de mineral	2	70							72
02 Depósito homogenización	10	320							320
03 Sección de secado	10	2400	2100						310
05 " triturnación	2	3300	3250						52
06 Limpieza gases (secadero)	340								340
08 Hornos de Reducción	20	26600	24700					1200	720
09 Limp. gases (H. Reducción)	2	4500	4500						2
12 Enfriadores de licor				63800	62500			1000	300
Espe. Lix. y Lavado				8800		7000		15700	100
14 Edif. Administrativo3	15			170	170				15
15 Filtración NH ₃	15			1900	400			1300	15
17 Absorción				170	170	3000		3000	40
18 Enfriadores NH ₃				28800	28800				
19 Alambique de cola				22200	21600			600	
22 " licor				24830	24800			30	
22 El consumo de los espesado- res de carbonato esta previa to en el obj. 15.									

HOJA

No.

Instituto Superior Minero Metalúrgico
Facultad de Metalurgia

TRABAJO
DE
DIPLOMA

		m ³ /día								Pérdida en proc.	a canali- zación
Objeto		C I C L O 1			C I C L O 2			B7	B8		
		B-1	B-5	B-6	B5.1	B6.1					
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
23	Filtración Calcin. Sinter	3			3000	2300			700	3	
	Sinter	20			3300	3000			300	20	
26	Compresores	5	28300	28300						5	
27	Laboratorio químico	140		440	420	5				165	
28	TMC	50		100	100					50	
30	Carpintería	2								2	
31	Garaje	100							30	70	
32	Almacén Central	2		60	60					2	
33	" pintura y red quím.	1								1	
35	" agua amoniacal			10						10	
38	Oficinas	50		1000	1000					50	
39	Comedor	120		120	120				20	100	
40	Bomberos	40								40	
41	Taquilla y duchas	35								35	
76	Albergue	10								10	
80	Almacen mat. de const.	20								20	
114	Taller pint y envase met.	100			100	100	30	50	30	100	
					130	130					

m ³ /día										
Objeto	C I C L O 1			C I C L O 2		B7	B8	Pérdida en proc	a canaliz acion.	
	B-1	B-5	B-6	B5.1	B6.1					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
62/63 Almacén NH ₃ puerto	400								400	
Base petróleo	200								200	
Almacén antracita	100								100	
CILNO	140	3000	2000			300	50	1300	140	
154 Almacén prod. final	1								1	
Gasificación de carbón		19000	19700			1400		300		
CIE y 36-37	17850	10200	8500			11400	50	7100	1000	
Irrigación del territorio	100								100	
Almacén de cloro	1								1	
152 Bombas de petróleo hornos		400							400	
Comedor nuevo	200								200	
Torres enfriamiento		90600	92000	142600	145500			1400/2900		
Cámara ciclo 1	9400									
" " 2	16200									
Casa de bombas	50	98000		158800					50	
Totales	43886	98000	92000	158800	145500	11400	50	35910	5711	
	(45826)	(98090)	(93050)	158930	145670	11735			(5631)	
B7-agua suavizada	El volumen de agua en las estacadas es de 3 480 m ³									
B8- " desalada	En el ciclo 1 es de 2045 m ³ y en el ciclo 2 es de 1435 m ³ .									

CONSUMO DE REACTIVOS EN LOS CICLOS DE RETORNOS

No.	DENOMINACIÓN	(t) AL MES	(t) AL AÑO
1	CAPARROSA AZUL $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,25	3
2	BICROMATO DE POTACIO $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	6,5	78
3	HEXAMETAPOSFATO DE SODIO $(\text{NaPO}_3)_6$	5	60
4	SULFATO DE ZINC $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5,8	70,8
5	HIPOSULFITO DE SODIO $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,33	4
6	CARBONATO DE SODIO Na_2CO_3	0,67	9
7	CLORO LÍQUIDO	7,71	92,5

Caparrosa azul; TK Ø 1000 mm

1 gr = 7,8 Lt;

Inhibidores; TK Ø 1400 mm

1 cc = 12,9 Lt;

Dosificación de reactivos químicos según proyecto.

1. Bicromato de potasio; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ - 4,5 mg/L referido a CrO_4^{3-} (al 3%);
2. Sulfato de Zinc; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 2 mg/l referido a Zn (1,5 %);
3. Hexametapospato de sodio; $(\text{NaPO}_3)_6$ - 3 mg/l referido a PO_4^{3-} (al 2 %);
4. Caparrosa azul; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 1 a 1,5 mg/l referido a Cu (al 2 %);
5. Agua de cloro; 7 mg/l;
6. Dipsulfito de sodio; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (al 10%);
7. Soda calcinada; Na_2CO_3 ; correlación 1:2

* la dosificación de solución de inhibidores se realiza constantemente a las cámaras de agua fría.

* La dosificación de caparrosas azul se realiza 4 veces -

al mes por un período de 1 hora. Se añade antes de entrar a las torres de enfriamiento.

* La dosificación del cloro acuoso se realiza cada 4 horas de trabajo por un tiempo de 30 min. en las cámaras de agua fría.

CAPÍTULO IX - TABLA RESÚMEN DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

#	Descripción	Cant	Lin	K	Adis.	Anes.	%	Q	G	G _{H₂O} Línea	G _{H₂O} Total	G _{H₂O} Proyec	Equipo a Reclam	Valor
				$\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$	m^2	m^2		$\frac{\text{KJ}}{\text{h}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	$\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$		MP
1	Enfr Laminares	2	1	1487	25	24,67	2	872777	18,3	30,8	61,6	-	-	-
2	Enfr. tambor rotatorio	12	12	172	318	318,5	-	15362350	31	83	996	1642	x	770,5
3	Enf. Licor de Lixiviación	36	6	1571	2850	2248	20	26326608	440	560	2240	3173	-	-
4	Enf. Licor de Recircul.	30	5	1257	2160	1984	8	27424974	279	583	1749	1422	-	-
5	Preconden. para gases de cola	9	9	1006	384	318	17	11183034	317,03	243	1215	1423	x	217,8
6	Preconden. para gases de Licor	8	8	1006	394	420	8	15024640	302	326	1956	1426	-	-

Total:
998,3

CAPÍTULO X - VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DEL -
ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA "COMANDANTE ER-
NESTO CHE GUEVARA"

En el presente capítulo damos una valoración de - las afectaciones que ha aplicado la solución a los problemas de diseño en los sistemas de enfriamiento, ya que es necesario establecer las reclamaciones pertinentes - por las considerables afectaciones económicas, las que pueden evitarse mediante el cumplimiento de las metodologías vigentes y las pérdidas ocasionadas dejarán de - aportarse por el inversionista para ser absorbida por - el suministrador.

En el caso que nos ocupa presentamos las reclamaciones en forma de dictámenes técnicos para el equipamiento de mayor afectación, siendo los mismos el enfriador rotatorio en la Planta de Hornos de Reducción y el Precondensador de gases en la planta de Recuperación de Amoníaco.

Fecha de reclamación: PR-1

Equipo reclamado: Conjunto de apoyo de los enfriadores - de mineral.

Cantidad instalada: Se encuentran montados 12 enfriadores en cada uno de los cuales se han instalado 2 conjuntos de apoyo.

Defectos presentados: Al ponerse en marcha estos equipos se detectó un desgaste excesivo en las placas de textolita lo que provocó su parada por avería y la necesidad de - sustituir los conjuntos de apoyo.

Causas de los defectos: Deficiente diseño de la instalación debido a una mala selección del acero con el cual fabricaron los muñones que se apoyan sobre la textolita, la insuficiente dureza superficial de este acero provocó su desgaste prematuro por absorción desprendiéndose partículas metálicas que inutilizaron el conjunto.

Compensación solicitada: El suministro sin costo adicional (FOB-Puerto Moa) de 12 conjuntos de apoyo nuevos con características similares a las enviadas para Planta Camariocas (fabricado de otro acero con mayor resistencia) y el resarcimiento al cliente de los gastos en que ha incurrido por el desmontaje de las tapas averiadas y el montaje de las nuevas.

El valor total del suministro de las tapas es de 242,9 MP, el precio según el contrato base para equipos es 2 509 p/ton y las toneladas de tapa de entrada y salida son 3,1 y 5,3 toneladas respectivamente por los 12 enfriadores.

El desmontaje del conjunto de apoyo tiene un monto de 68,9 MP (como base cálculo se tomó del departamento de presupuestos 342 p/ton para el montaje se tomó como base de cálculo 537,27 p/ton para un gasto total de 108,3 MP. En ambos casos se utilizan las toneladas tanto del conjunto de apoyo de la tapa alimentación y de descarga que son 2,2 ton y 8,4 de tapas multiplicadas por -

los 12 enfriadores.

El valor total de la reclamación es de 420,1 MP.

Ficha de Reclamación. FR-2

Equipo reclamado: Carros raspadores de los enfriadores -
de mineral de la Planta de Hornos.

Cantidad instalada: En el interior de cada uno de los -
enfriadores, deben trabajar un total de -
13 carros raspadores.

Defectos presentados: Roturas de los raspadores en las -
zonas de unión mediante soldaduras, provo-
cando la parada de los enfriadores en ave-
rías para la sustitución de los enfriado--
res.

Causa de los defectos: Error en la selección del material
Estos carros representan en sí estructuras
soldadas fabricadas originalmente de un -
acero termorresistente y de buenas propie-
dades mecánicas pero de bajo índice de sol-
dabilidad, comprobándose la insuficiente -
penetración del material de aportación en
el metal base.

Compensación solicitada: Suministro sin costo adicional
de 115 ton de acero 20K en planchas de 25
mm de espesor, necesarios para la fabrica-
ción de los nuevos raspadores e indemniza-
ción por los gastos en que ha incurrido -
el cliente por el desmontaje de los carros

averiados y la fabricación y montaje de -
nuevos raspadores.

Valoración del suministro:

El suministro total de los carros es de 236,8 MP
teniendo en cuenta que el precio por tonelada de equipo
acordado en el contrato base (60 800) es de 2 403 p/ton.

Los carros raspadores tienen un peso por tonelada
de 0,63 para un total (13 carros x 12 enfriadores x 0,63
ton) alcanza los 98,3 ton, según proyecto EG 225.0476.00.
00.00 PE. Teniendo en cuenta las bases de cálculo deter-
minadas en el departamento de control y presupuesto des-
glosados como sigue:

Desmontaje: 60,0 MP (385.23U x 13 x 12)

Montaje: 98,3 ton x 544,83 p/ton = 53,6 MP

El total de la reclamación asciende a: 350,4 MP.

Ficha de Reclamación: FR-3

Equipo reclamado: Precondensadores de gases en el sistem
ma de destilación de cola.

Cantidad instalada: Se encuentran montados 9 intercambia
dores de calor uno para cada columna de -
destilación del sistema.

Defectos presentados: Erosión o rotura de los tubos de -
la calándria por deficiente diseño en la -
instalación. (Los arrastres de sólido y -
alta velocidad del fluido ocasionan la ero
ción y la salida de equipo por la avería).

Causa de los defectos: Deficiente diseño de la instala-

ción debido a la provisión en el proyecto de un sistema de limpieza de gases de las partículas sólidas y disminución de la velocidad del gas.

Compensación solicitada: El suministro sin costo adicional de 9 precondensadores de cola (FOB - Puerto Moa) y el resarcimiento al cliente de los gastos que ha incurrido por el desmontaje y montaje de estos equipos y las modificaciones necesarias a introducir.

Valoración del suministro: Teniendo en cuenta el precio por tonelada del equipo es de 2 409 p/ton las toneladas total de equipo: 30 ton, tomamos como la base de cálculos los costos de montaje y desmontaje según el departamento de control y presupuesto.

Montaje y desmontaje de equipo tecnológico:

537,24 p/t

$$90 \times 2\,409 + 2(537,24) = 217,8 \text{ MP}$$

El valor de la reclamación asciende a 217,8 MP.

El valor total de la reclamación viene dado por reclamación del conjunto de apoyos de los enfriadores es 420,1 MP, la reclamación de los carros-raspadores de mineral de los enfriadores es 350,4 MP, la reclamación de los precondensadores en el sistema de destilación de cola es 217,8 MP.

$$420,1 + 350,4 + 217,8 = 988,3 \text{ MP}$$

CAPÍTULO XI - MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los sistemas de enfriamiento estudiados están enmarcados en las plantas que procesan soluciones carbonato-amoniacaes y en la planta de Hornos de Reducción los riesgos a que se ve sometido el trabajador de este equipamiento en la planta que procesan amoniaco son:

1. El amoniaco tanto el líquido como el vapor es fuertemente irritante para la piel, los ojos y las vías respiratorias.

2. El amoniaco es muy tóxico y la exposición a altas concentraciones puede producir quemaduras, ceguera y hasta la muerte.

3. Las concentraciones bajas de amoniaco puede cortar la respiración pero sin provocar efectos nocivos, las concentraciones medias causan decaimiento, irritación, congestión, entumecimiento de los membranas mucosas de los ojos, nariz, garganta.

4. El líquido produce quemaduras graves que varían de acuerdo con la concentración del amoniaco y del tiempo que permanezca expuesta a la misma, además origina una severa acción corrosiva en la boca, la garganta y el estómago.

5. El amoniaco gaseoso tiene una gran acción irritante en cualquier tejido humedo, la taquipnea, la taquicardia son algunos de los efectos originados por la irritación de las vías respiratorias.

6. Debido a la alta solubilidad del amoniaco en el agua este tiene gran facilidad para disolverse en el sudor del cuerpo humano.

De acuerdo de estos riesgos en la planta de Lixiviación y Lavado, Recuperación del Amoníaco y el Taller Puerto para los sistemas del enfriamiento existen las siguientes medidas de seguridad:

1. Antes de ponerlo en explotación por primera vez debe hacerle prueba hidráulica a 11 atmósfera (a los intercambiadores por el tubo y la coraza) y para los enfriadores de lámina del Taller-Puerto por 6 atmósferas.

2. Para ejecutar el trabajo en estos equipos el trabajador debe poseer la calificación necesaria y las instrucciones necesarias del funcionamiento de estos equipos.

3. No se puede ejecutar trabajo alguno de estos equipos durante su funcionamiento.

4. En caso de salideros o derrames de la solución carbonato-amoniacoal o de la mezcla de los gases del amoníaco y dióxido del carbono, solamente el personal que esté debidamente protegido permanecerá en el área.

5. Antes de realizar cualquier operación es necesario revisar todas las válvulas y tuberías están en buen estado.

6. Los intercambiadores que utilizan limpieza con vapor de $t = 250^{\circ}\text{C}$ y $p = 10 \text{ atm.}$ debe mantener su sistema de purga continua para evitar explosión.

7. Donde se utilice la limpieza química con H_2SO_4 deben de tomar las medidas de seguridad necesarias para mejorar el flujo, así como el permiso por escrito del personal de Seguridad e Higiene del Trabajo, garantizan

do que existe la aereación necesaria y se poseen los medios de seguridad requeridos.

En el enfriador Rotatorio:

1. Las partes móviles de accionamiento, incluso - la corona dentada, los acoplamientos, tienen que estar - cubiertos con guarderas.
2. Todas las posiciones elevadas, plataformas, escaleras, etc, tienen que estar provistas de pasamanos.
3. Los equipos expuestos a los efectos directos - de la temperatura elevada tiene que estar provistos de - termómetros de registro con el fin de que no exceden la temperatura establecida.
4. Los operadores deben cumplir con el reglamento de seguridad establecido para cada equipo.
5. Se debe realizar el aislamiento eléctrico a - los equipos y la puesta a tierra inclusive.
6. Se deben utilizar los medios de protección y cumplir con las orientaciones que al respecto de por - los organismos competentes.
7. Hay que tener presente la posibilidad de daños causados por: toxicidad, corriente eléctrica, movimientos mecánicos, ruidos y temperatura.
8. Tambor de enfriador lo pueden atender sólo - personas familiarizadas con el funcionamiento del equipo y con Regulaciones de Seguridad.

CONCLUSIONES

1. Los enfriadores laminares instalados en el taller puerto pronostica una garantía absoluta del enfriamiento de las soluciones amoniacales que tiene que producir esta instalación, incluso en las condiciones más adversas; se presentan problemas de incrustaciones en estos equipos por el no tratamiento del agua en la torre de enfriamiento y alto consumo de juntas. Dado su alto coeficiente de transferencia de calor, constituye un equipo novedoso a introducir en las instalaciones actuales en explotación, proyectos e inversión.

2. El tambor rotatorio en la planta de Hornos de Reducción es garantía del buen enfriamiento del mineral reducido. El mismo ofrece posibles incrementos de toneladas en Hornos de Reducción; pero presenta deficiencias de diseño en cuanto a su técnica constructiva, que no asegura el cumplimiento de tal pronóstico. El método actual de control del nivel en la piscina hay que modificarlo por un sistema de control automático; los frecuentes disparos que se producen están motivados por el incremento de carga dentro del tambor, debido a dificultades en la descarga y al movimiento interno dentro del enfriador.

3. El sistema de enfriamiento para el licor de lixiviación satisface el enfriamiento necesario, no obstante debido al régimen de incrustaciones que se produce en los tubos es un sistema con poca reserva, para garantizar la operación exitosa en esta instalación se de

ben de cumplir las medidas que se recomiendan:

4. Los Precondensadores de los gases del sistema de destilación de cola poseen un 10% de sobrediseño en cuanto a área de transferencia de calor se refiere, es un sistema que prácticamente trabaja en avería por los problemas de diseños que presentan fundamentalmente por la erosión de los tubos por la velocidad del gas y arrastre de las partículas sólidas. Las tres modificaciones - que se analizan actualmente con vista a mejorar la operación en esta instalación arrojaron pocos éxitos porque consideramos que no enmarca en amplitud la esencia de los problemas. La variante más óptima la recomendamos.

Este equipamiento debe ser reclamado.

5. Según el análisis térmico se le debe de prestar la mayor atención al enfriamiento de los gases en los precondensadores, ya que aparte del calor sensible hay que extraer el calor atente que de pasar sin el correcto enfriamiento ($T^{\circ}C$ $57^{\circ}C$) sobrecarga en gran medida el sistema de enfriamiento del licor de recirculación e incrementa la pérdida por pobre absorción de gases en el sistema de absorción.

6. Los resultados obtenidos en los cálculos del agua necesaria para el enfriamiento de los diferentes flujos a enfriar para las condiciones de asimilación - de la capacidad de proyecto se corresponden en un rango muy estrecho con los flujos establecidos por el balance de agua, lo que impone a establecer y cumplir estrictamente todas las medidas tendientes al ahorro de agua a la empresa.

RECOMENDACIONES

1. Para el sistema de enfriamiento del taller -
Puerto:

- Elaborar tarea técnica, proyectos y ejecución de un sistema de adición de reactivos para el tratamiento del agua en las torres de enfriamiento.

- Elaborar tarea técnica a la Empresa de la Coma con vista a desarrollar una tecnología para materiales de juntas elásticas quimorresistentes a el medio dado.

- Ejecutar un análisis exhaustivo en los sistemas de enfriamientos de la Empresa con vista a introducir - los enfriadores laminares en otras instalaciones tecnológicas.

2. Para el tambor rotatorio en la planta de Hornos de Reducción.

- Elaborar un estudio con profundidad de operación óptima de la piscina para diferente regimen de procesamiento de mineral en Hornos de Reducción y amperaje del electroequipo.

- Instalar un sistema de control automático del nivel de agua en la piscina.

- Elaborar un estudio del comportamiento de la densidad del mineral contra la temperatura de modo que se defina su influencia sobre la fluidez.

- Analizar con profundidad el sistema de descarga del enfriador a la canal y verificar si este sistema presenta las exigencias técnicas que recomienda la literatura especializada.

3. Para el sistema de enfriamiento del licor de -
Lixiviación recomendamos:

- Cumplir rigurosamente los ciclos del limpieza -
de las baterías del enfriador de licor.

- Actualizar el sistema del limpieza químico y -
ejecutar dos ciclos anuales de limpieza de solución de
Ácido Sulfúrico para la desincrustación totalmente de -
los tubos.

- Ejecutar la limpieza con vapor por la introduc-
ción del mismo por la cámara del agua, variante ésta que
evita las roturas de cámaras y tapas de aluminio no re--
sistente a la temperatura de éste.

- Instalar de forma experimental los desincrusta-
dores ultrasónicos y evaluar su eficiencia en este medio

- Investigar el sistema de limpieza química en --
los enfriadores con soluciones carbonato-amoniacales de
alto contenido de dióxido de carbono.

4. Para los precondensadores de los gases del sis-
tema de destilación de cola recomendamos:

- Elaborar tarea técnica y proyecto para la intro-
ducción de una modificación que consiste en un ducto-co-
lector común, donde descarguen todos los precalentadores,
se limpia el gas de partículas sólidas de arrastre, dis-
minuye la velocidad del gas a la entrada del precondensa-
dor e incrementa la flexibilidad operativa en los precon-
densadores.

- Restablecer integralmente la funcionalidad de -
la instrumentación en el sistema de destilación de cola.

- Las solicitudes de repuestos para el haz de tu-

bos (calandrias) deben hacerse para tubos de acero inoxidable;

5. Restablecer integralmente la funciobilidad de la instrumentación en los sistemas del enfriamiento a los precondensadores del licor y cola, así como las otras instalaciones de la planta.

6. Instalar flujómetros-registradores de consumo de agua para los principales consumidores de agua en la empresa.

- Exigir el cumplimiento estricto de las normas de consumo para cada consumidor.

- Penalizar individual o colectivamente a las actividades productoras violadoras de las normas de consumo de agua establecidas.

- Elaborar un estudio tendiente a la optimización de los sistemas de enfriamiento en los ciclos de retorno 1 y 2.

- Elaborar un balance detallado de los consumos de agua en la empresa, teniendo en cuenta los incrementos de consumo motivados por nuevas instalaciones como la planta de Cloroficación de Carbón, la Planta de Gasificación de Carbón, y nuevas instalaciones de la planta de separación de Cobalto.

7. Teniendo en cuenta las cifras obtenidas en el análisis económico para las afectaciones en los sistemas de enfriamiento (aproximadamente 1.10^6 \$) profundizar en la problemática global de los problemas de diseño de empresa para hacer las reclamaciones pertinente.

BIBLIOGRAFÍA

1 DONALD Q. KERN: "Procesos de transferencia de calor".
Editorial Revolucionaria, La Habana, 1969.

2 WILLIAM H-MACADANS: "Heat Transmission".
Editorial MCCRAW-HILL BOOK COMPANY, INC.
Ciudad editorial: New York, 1954.

3 KASATRIH A.G. "Operaciones básicas y aparatos de tecnología química". Moscú, "Química", 1983.

4 PAVLOV K.F? ROMANKOV P.G. MOSKOV A.A.
"Problemas y Ejemplos para el curso de operadores básicos y aparatos de tecnología química".
Editorial Mir, Moscú. 1981.

5 COMPILADOR, ANTONIO R. CHANO CARDONA. "Hornos Metalúrgicos"

6 G.M. GORDÓN? IL. PRISÁJOV: "Captación de polvos y purificación de los gases en la metalurgia no ferrosa". Editorial: MIR, Ciudad de editorial Moscú, 1981.

7 JULACOV I.F. TIJONOV A.I. "Metalurgia de Cu, Ni, Co".
Editorial "Metalurgia", Ciudad de edición: Moscú, 1977.

8 Manual de Operaciones de la Planta de Hornos de Reducción de la Empresa "Comandante Ernesto Ché Guevara"

9 Manual de Operaciones de la Planta de Lixiviación y Lavado de la Empresa "Comandante Ernesto Ché - Guevara"

10 Manual de Operaciones de la Planta de Recuperación -

de la Planta de Recuperación de Amoníaco de la Empresa Ernesto Ché Guevara"

11 Manual de Operaciones del Taller Puerto de la Empresa "Cndte. Ernesto Ché Guevara".

12 Pasaporte del intercambiador de calor de láminas
TRAS 62015

13 Pasaporte del enfriador de Tambor Rotatorio
TRANS 08003

14 Pasaporte del intercambiador de tubo y coraza
TRANS 12.001

15 Pasaporte del intercambiador de tubo y coraza,
TRANS 18.001

16 Pasaporte del intercambiador de tubo y coraza
TRANS 19.006

17 Pasaporte del intercambiador de tubo y coraza
TRANS 21.003

18 Los pasaportes de los enfriadores de la Planta de -
Cobalto.

19 Libros general del flujo tecnológico de la Planta de
Cobalto.

20 Instrucción organizativa del sistema de abastecimien
to del agua.

21 Trabajo del Diploma: Evaluación térmica del sistema
de enfriamiento del mineral reducido en los Hornos -
de Reducción de las empresas "Comandante René Ramos
Latour" y "Comandante Ernesto Che Guevara".

A N E X O S