

TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO: ESTUDIO PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA
DE DOBLE FILTRACIÓN DEL REBOSO DEL SEDI
MENTADOR DE LA PLANTA DE CALCINACIÓN Y
SINTER DE LA EMPRESA "COMANDANTE ERNES-
TO CHÉ GUEVARA"

AUTOR: ORESTES QUINTERO CABALLERO



TUTOR: ING. LINO CHAVIANO RODRÍGUEZ

MOA, JULIO - 1990
"AÑO 32 DE LA REVOLUCIÓN"

"Al llegar a la tierra todo hombre tiene derecho a que se le eduque, y después, en pago, el deber de contribuir a la educación de los demás.

José Martí

AGRADECIMIENTO

Al concluir este trabajo de diploma, quisiera expresar la más sincera gratitud a todos aquellos - compañeros que de una forma u otra han brindado su ayuda para llevar a feliz término los objetivos propuestos.

Quisiera reconocer la ayuda prestada por el ingeniero Lino Chaviano, quien además ha tutorado este trabajo y de forma especial expresar mi agradecimiento al Ing. Gilberto Hernández, quien de forma voluntaria demostró gran interés, dando en todo momento su apoyo y sus consejos en el trabajo.

DEDICATORIA

A nuestra Revolución, como
pequeño homenaje por lo mu
cho que le debemos.

A mis padres, por sus ense
ñanzas y ejemplos.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el análisis de la factibilidad de la instalación de la doble filtración del reboso de los sedimentadores de carbonato básico de níquel.

Para la realización del mismo se hizo el recálculo de la cantidad necesaria de filtros de cartuchos y el cálculo de la cantidad de filtros prensas, lo cual completa la segunda etapa de filtración de estos rebosos. Este trabajo se concibe a partir de la baja eficiencia (60-70%) de los filtros de cartucho que incluso aún por proyecto es baja (80%).

Teniendo en consideración la eficiencia de los filtros de cartucho por concepto de ineficiencia de baja filtración la empresa pierde alrededor de 70-80 t de Ni+Co/año que se recuperarían mediante la instalación de los filtros prensas que tienen una eficiencia de prácticamente el 100%, aspecto conocido universalmente.

Se recomienda la rápida instalación de este sistema de doble filtración para lograr un efluente libre de sólidos en suspensión, recuperando de 70-80 toneladas de Ni por año, quedando preparado el efluente para el tratamiento posterior con resina de intercambio iónico, recuperándose el Ni disuelto perdido que asciende actualmente a 120 t/año.

SIMBOLOGÍA

t	- - - - -	toneladas
m ³	- - - - -	metros cúbicos
m	- - - - -	metros
d	- - - - -	días
h	- - - - -	horas
kW	- - - - -	kilowatt
kg	- - - - -	kilogramo
N	- - - - -	Newton
kN	- - - - -	kiloneuton
m ²	- - - - -	metros cuadrados
g	- - - - -	gramos
l	- - - - -	litros
Ni	- - - - -	níquel
CBNi	- - - - -	carbonato básico de níquel
#	- - - - -	número
H ₂ O	- - - - -	agua
USD	- - - - -	dólar

ÍNDICE

	<u>Página</u>
• Cita	
• Agradecimiento	
• Dedicatoria	
• Resumen	
• Simbología	
 Introducción - - - - -	1
 CAPÍTULO I - BREVE DESCRIPCIÓN DEL FLUJO - TECNOLOGICO DE LA EMPRESA ERNESTO CHÉ GUEVARA - - - - -	2
1.1 Mina - - - - -	4
1.2 Planta Preparacion de Mineral - - - -	5
1.3 Planta Hornos de Reduccion - - - - -	5
1.4 Planta de Lixiviacion y Lavado - - -	6
1.5 Planta de Recuperacion de Amoniaco- -	7
1.6 Planta de Calcinación y Sinter - - -	8
 CAPÍTULO II - DESCRIPCIÓN DE LA INSTACIÓN DE FILTRACION - - - - -	10
2.1 Aspectos generales sobre la filtración	10
2.2 Tecnología de filtración de la Planta Calcinación y Sinter - - - - -	16
2.3 Breve descripción de la problemática - presentada en el sistema de filtración	19
 CAPÍTULO III - CÁLCULO DE LA DOBLE FILTRACION	23
3.1 Discusión y análisis de la doble filtra-	

	<u>Página</u>
tracción - - - - -	23
3.2 Instalación de los filtros de cartucho- -	25
3.2.1 Recálculo del área de filtración de los filtros de cartucho - - - - -	26
3.2.2 Efectividad de los filtros de cartucho -	27
3.3 Instalación de los filtros prensa - - - -	29
3.3.1 Medidas preliminares para el buen funcio namiento de los filtros prensa - - - - -	30
3.3.2 Cálculo del área de filtración - - - - -	31
3.3.3 Cálculo del tiempo de operación de los - filtros prensa durante un ciclo de filtra ción - - - - -	32
 CAPÍTULO IV - CÁLCULO DEL TRANSPORTADOR DE BAN DA - - - - -	 34
4.1 Elementos componentes - - - - -	34
4.2 Secuencia del cálculo del transportador - de banda - - - - -	35
4.2.1 Cálculo del ancho de la banda - - - - -	36
4.2.2 Determinación de la carga por unidad de longitud - - - - -	37
4.2.3 Cálculo del peso lineal de los rodillos superiores - - - - -	38
4.2.4 Cálculo del peso lineal de los rodillos inferiores - - - - -	38
4.2.5 Cálculo de la resistencia al movimiento	39
4.2.6 Cálculo de las tensiones - - - - -	40
4.2.7 Cálculo de tracción - - - - -	42

	<u>Página</u>
4.2.8 Cálculo de la potencia del accionamiento	42
4.2.9 Cálculo de la relación de transmisión - del reductor - - - - -	42
4.3 Propuesta de los equipos del accionamiento - - - - -	43
 CAPÍTULO V - CÁLCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO - -	 45
5.1 Secuencia de cálculo de la bomba - - - -	45
5.2 Cálculo del número de Reynolds - - - -	47
5.3 Cálculo de las pérdidas por fricción - -	48
5.4 Cálculo de la energía dinámica del líquido - - - - -	48
5.5 Cálculo de la caída de presión total - - -	49
5.6 Cálculo de la potencia - - - - -	49
. Cálculo Económico - - - - -	51
 CAPÍTULO VI - PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO	 57
6.1 Disposición y reglas de seguridad e higiene del trabajo - - - - -	57
6.2 Medidas de seguridad - - - - -	57
. Conclusiones - - - - -	59
. Recomendaciones - - - - -	61
. Bibliografía - - - - -	62
. Anexos - - - - -	63

INTRODUCCIÓN

En estos últimos tiempos el pueblo cubano junto a su estado está transitando por condiciones difíciles, provocadas por el bloqueo económico que le impone el imperialismo, dirigido fundamentalmente por Estados Unidos.

Por otra parte, el cambio que está ocurriendo en los países socialistas desarrollados hacia una economía de mercado ha provocado que nuestro país se haya trazado algunos objetivos como son: El uso más racional de los recursos humanos, materiales y financieros, así como - sustitución de importaciones, ya que por medio de estas se logra un ahorro considerable de divisas.

Por las razones anteriores, el presente trabajo persigue como objetivo principal, instalar un sistema de doble filtración de los rebosos del sedimentador de la Planta Calcinación y Sinter de la Empresa "Comdte. Ernesto Ché Guevara, para así recuperar entre el 95-100% del níquel que va en suspensión en este licor, ya que por este concepto se pierden alrededor de 60-80 toneladas anuales, producto de la insuficiente eficiencia de los filtros de cartucho de esta planta.

CAPÍTULO I- BREVE DESCRIPCIÓN DEL FLUJO TECNOLÓGICO DE LA EMPRESA "CMDTE. ERNESTO CHÉ GUEVARA"

Esta tecnología estudiada y aprobada en la práctica durante muchos años en la República de Cuba, ha funcionado según dicho esquema en la fábrica René Ramos Latour de Nicaro, fundada en los años de la segunda Guerra Mundial.

La decisión de utilizar el proceso de "Lixiviación Carbonato Amoniacal" en nuestra empresa se explica por las ventajas propias de esta tecnología.

Es un proceso continuo que se realiza en las condiciones de presión atmosférica. El equipamiento tecnológico del proceso se caracteriza por su sencilla y amplia utilización de los aparatos conocidos (hornos de soleras múltiples, espesadores, columna de destilación, etc). Estas características favorecen la creación de una producción con alto nivel de mecanización y automatización.

El esquema amoniacal admite la elaboración de la mezcla de los minerales lateríticos y serpentínicos, mientras que el esquema de lixiviación con ácido sulfúrico permite solamente la elaboración de la fracción laterítica.

Este proceso se realiza con un consumo relativamente pequeño de reactivos. El único reactivo que se utiliza en grandes cantidades es el amoníaco.

Una de las deficiencias de este proceso es el bajo por-

ciento de la extracción de níquel (70-75%) y de cobalto (25-30%).

Considerando lo antes expuesto se planifica la perfección gradual de la tecnología amoniaca en los próximos años, de acuerdo con los resultados prácticos que se obtengan en ambas fábricas.

En cuanto al complejo minero-metalúrgico de níquel en la fábrica Ernesto Ché Guevara de Punta Gorda, podemos plantear que se encuentra al norte del yacimiento mineral, entre los ríos Moa y el poblado de Punta Gorda (a 2 km), encontrándose el puerto a unos 3 km al noroeste de la Fábrica.

El complejo comprende las siguientes entidades:

- 1 - Mina
- 2 - Planta Preparación de Mineral
- 3 - Planta Hornos de Reducción
- 4 - Planta Lixiviación y Lavado
- 5 - Planta Recuperación de Amoníaco
- 6 - Planta Calcinación y Sinter
- 7 - Termo-Eléctrica
- 8 - Planta Tratamiento de Agua
- 9 - Puerto, con el sistema de recepción y almacenaje de petróleo y amoníaco
- 10- Presa de Cola
- 11- Taller Mecánico Central. Taller eléctrico y Taller de instrumentación y automatización.

- 12 - Laboratorio químico y otras entidades auxiliares.
- 13 - El proyecto prence de la planta de cobalto.

1.1 Mina

La función de esta unidad es suministrar el mineral a la fábrica.

El mineral aparece en la superficie terrestre, aunque el contenido de los metales no ferrosos es bastante bajo y no presenta en la actualidad interés industrial. La altura de la capa de la reserva industrial es de 1 a 20 metros, la altura de la capa de escombros del mineral es de 1 a 5 metros.

El mineral de la capa superior está compuesto de limonita y el cuerpo del mineral de laterita y serpentinita (blanda). El peso específico del mineral (de la capa superior e interior) es de 0,9-1,5 t/m³, por lo cual este mineral se considera como relativamente ligero.

El yacimiento está irrigado por el agua, provocando mucha humedad en el mineral y presenta muchas dificultades para la extracción.

Los componentes fundamentales del mineral son: El níquel, el cobalto y como componente acompañante, se encuentra en cantidades considerables el hierro.

El mineral de la zona de excavación se transporta a la fábrica. Los trabajos de preparación minera -

se realizan con Bulldozers y Mototraillas. Los trabajos de extracción del mineral se realizan mediante excavadoras.

1.2 Planta Preparación de Mineral

El mineral de la mina se transporta hacia la planta preparación de mineral en los camiones volquetas que se descargan en las cribas estacionarias - de recepción de la sección de trituración primaria. En la planta el mineral pasa por trituradora, zaranda, secadores rotatorios y sección de molienda.

El mineral seco y molido se suministra al almacén de Silos, mediante un sistema neumático hacia los Hornos de Reducción.

1.3 Planta Hornos de Reducción

La reducción del mineral, o mejor dicho del níquel y cobalto en el mineral, se realiza en los hornos de soleras múltiples (17 hogares) con gases obtenidos del petróleo.

En calidad de reductor se utiliza el gas reductor proveniente de la planta de gas a partir del carbón, el cual al suministrarse por el hogar 15 del horno asciende, haciendo contacto con el mineral - que es alimentado por el hogar cero y desciende - hasta su descarga por el hogar 16 .

Los 24 hornos de la planta están divididos en 3 -

grupos, cada uno de los cuales funciona independientemente.

El mineral reducido se traslada en el transportador rotatorio a los enfriadores. Después de enfriarse - el mineral reducido se mezcla con el licor amoníacal de retorno en la canal especial, de donde pasa a los tanques de contacto.

1.4 Planta Lixiviación y Lavado

La pulpa del mineral reducido, desde los tanques de contacto pasa por tres sistemas paralelos de tres etapas de lixiviación a contracorriente. La lixiviación se realiza con el licor carbonato-amoníacal en los espesadores por medio de la aereación de la pulpa con aire.

Después de la tercera etapa de lixiviación, la pulpa de mineral se dirige a dos sistemas paralelos de lavado de cinco etapas cada uno. El lavado también se realiza con el licor de carbonato-amoniacal por el método de contracorriente en los espesadores.

El licor enriquecido de níquel y cobalto y la pulpa de desecho se suministran a la planta Recuperación de Amoníaco donde se extrae el níquel en forma de carbonato básico y se recupera el amoníaco.

El licor de la primera y segunda etapa de lixiviación se enfría en los intercambiadores de calor - con el agua y se dirige a la planta de reducción -

de mineral para mezclarse con el mineral reducido.

El gas de escape y los productos de la ventilación de succión se dirigen hacia el sistema de absorción donde se recupera el amoníaco.

La pulpa de desecho (cola) se destila en otras torres, después de este tratamiento se transporta a la presa de cola.

Los gases de destilación de licor preparado y de la pulpa de las colas después del enfriamiento se dirigen al sistema de absorción para que se prepare el licor amoniacal que se utiliza después en el proceso de Lixiviación y Lavado.

1.5 Planta Recuperación de Amoníaco

El licor enriquecido de níquel y cobalto proveniente de la Planta de Lixiviación y Lavado, pasa por tres etapas de aeración con el fin de oxidar y sedimentar el hierro, luego se filtra a través de los filtros de placas.

El licor limpio de hierro se trata con vapor en las torres de destilación. Durante este proceso se separa del licor el amoníaco y el ácido carbónico produciéndose el Carbonato Básico de Níquel fundamental (en forma de pulpa).

La pulpa de Carbonato Básico de Níquel constituye el producto final de esta planta y se suministra -

hacia los espesadores de la Planta Calcinación y -
Sínter.

1.6 Planta Calcinación y Sínter

La Pulpa de Carbonato Básico de Níquel desde la -
Planta Recuperación de Amoníaco pasa por los espe-
sadores. Después pasa a los filtros de vacío para
su secado parcial.

Luego el Carbonato Básico de Níquel se carga por
medio del sistema de transportadores a los hornos
de Calcinación con el calentamiento de petróleo. -
El óxido de níquel obtenido en los hornos de calci-
nación pasa por las etapas de enfriamiento y tritu-
ración y luego se considera como un producto termi-
nado de la fábrica.

Una parte del producto terminado se utiliza para -
la preparación del Sínter en el proceso de sinteri-
zación.

Para la preparación del Sínter, el Óxido de Níquel
se mezcla con Carbón Antracita, con el polvo de re-
torno y la fracción fina de retorno del sinteriza-
do. Esta mezcla, así preparada se trata en la má-
quina de sinterización.

En el proceso de sinterización se reduce parcial-
mente el Óxido de Níquel hasta el metal.

El producto obtenido después de la sinterización -

se llama Sínter. El Sínter pasa por trituradoras y zarandas. El Sínter de un tamaño determinado constituye un producto más terminado de la fábrica. Toda la producción mercantil de Óxido de Níquel y de Sínter, envasado en tanques metálicos, se envía al consumidor.

CAPÍTULO II - DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE FILTRACIÓN

2.1 Aspectos generales sobre la filtración

La filtración es una operación en la que una mezcla heterogenea de un fluido y de las partículas de un sólido se separa en sus componentes, gracias al concurso de un medio filtrante que permite el paso del fluido, pero retiene a las partículas del sólido. Esta operación implica por tanto, el flujo de fluidos a través de medios porosos.

En todos los tipos de filtración, la mezcla o lodo fluye debido a alguna acción impulsora, como la gravedad, la presión (o el vacío) o la fuerza centrífuga. El medio filtrante retiene y soporta a las partículas sólidas que van formando una torta pastosa sobre la que se superponen estratos sucesivos a medida que el líquido va atravesando la torta y el medio filtrante. Los diversos procedimientos para producir la fuerza impulsora del fluido, los diferentes métodos de formación y separación de la torta y las distintas técnicas usadas para eliminar el fluido filtrado de la torta recién formada, requiere una gran variedad de aparatos o equipos de filtración. En general los filtros se clasifican de acuerdo con la naturaleza de la fuerza impulsora que provoca la filtración.

Tipos de filtros:

- Filtros por gravedad. Estos filtros constituyen el tipo más sencillo y antiguo. Entre los filtros por gravedad existen con lecho filtrante de arena, etc: estos estan formados por depósitos de fondo perforado, llenos de arena porosa, a través de la cual pasa el fluido en flujo laminar. Son muy utilizados en el tratamiento de grandes cantidades de fluidos que sólo tienen pequeñas proporción de materiales sólidos en suspensión.
- Filtros discontinuos de láminas. Estos filtros son parecidos a los filtros prensa, por el lecho de que la torta se deposita sobre cada una de los lados de la lámina y el líquido filtrado fluye hacia la salida por los canales existentes entre las telas metálicas de la lámina que sostiene a las dos tortas. Las láminas trabajan sumergidas en la suspensión a tratar. Estos filtros operan por carga, es decir, son de funcionamiento discontinuo.
- Filtros de vacío continuo, de tipo rotatorio. Los filtros rotatorios se utilizan cuando es conveniente practicar una operación continua, especialmente en los trabajos de gran escala. El material filtrante está sumergido en la suspensión a tratar. La aplicación de vacío al medio filtrante origina la formación de un depósito o torta sobre la superficie exterior del tambor, conforme éste va pasan-

do, en su giro, por la suspensión, en esta parte - del ciclo de filtración es cuando se forma la torta. El tambor está dividido en segmentos, cada uno de los cuales va conectado a la pieza giratoria de la válvula distribuidora, por la cual se aplica el vacío separándose el líquido filtrado.

- Filtros de hoja. Estos filtros son los encargados de separar los sólidos en suspensión que lleva un fluido. Estos filtros tienen condiciones para bajar de 100 hasta 15 ppm los sólidos en suspensión.

Estos equipos están compuestos por la coraza y placas en su interior, que son los encargados de soportar los medios filtrantes, cubiertos de tela y la tierra de infusorio. Además consta de los mecanismos hidráulicos que permiten abrir la tapa superior. Para su limpieza, éstos poseen una alimentación de aire y agua a presión.

- Filtros de cartuchos. El filtro está constituido - por un recipiente cilíndrico vertical con fondo cónico soldado y tapa superior en forma elíptica.

En el interior del cuerpo, en su parte inferior están soldados los colectores en los cuales se instalan las secciones desmontables de los cartuchos - filtrantes.

Cada sección está formada por un colector con soportes soldados sobre los cuales se encuentran los

elementos cerámicos filtrantes.

Entre los topes de los elementos filtrantes se instalan juntas de goma para la hermetización de las uniones y para compensar las dilataciones térmicas de la cerámica y los apoyos.

Las secciones de cartuchos se instalan al cuerpo del filtro, deslizando pasadores guías a través de los nervios soldados en el cuerpo y se aprietan al colector a través de anillos de goma con espárragos y tuercas.

Los colectores de descarga de filtrado se unen al colector-receptor con codos. Para el control de la limpieza del filtrado en cada sección se instalan tomamuestras en cada codo.

El suministro de la suspensión al filtro se efectúa a presión a través de la boquilla, como resultado de la diferencia de presión dentro del filtro y en los cartuchos la fase líquida de la suspensión pasa a través de los poros de la cerámica y por medio de los colectores sale del filtro, formando el sedimento en la superficie exterior de los cartuchos, según aumenta el espesor de la torta (sedimento) la productividad del filtro disminuye.

Cuando se logra un determinado espesor de torta termina el proceso de filtración. La torta se elimina de la superficie de los cartuchos con aire -

comprimido.

Los residuos de licor o filtrado se eliminan con el envío de aire comprimido al cuerpo del filtro. El funcionamiento del filtro está automatizado, para esto los accesorios estan provistos de mandos neumáticos.

- Filtros Prensa. En estos filtros el material filtrante está formado por las placas y marcos, los cuales se acoplan alternadamente adaptando telas de filtración sobre los dos lados de cada placa. El conjunto se mantiene acoplado formando una unidad, por aplicación del esfuerzo mecánico de un tornillo o también con ayuda de una prensa hidráulica.

La suspensión a tratar penetra por el conducto formado por los orificios situados en la esquina superior derecha de las placas y de los marcos. Cada marco lleva una entrada u orificio que establece comunicación entre aquel conducto y el espacio libre entre las placas, y por el que penetra la suspensión. La presión ejercida sobre la suspensión de alimentación al filtro prensa obliga al filtrado a pasar a través de las telas a cada lado de las placas y a circular hacia la salida, lo cual es un segundo canal formado por la coincidencia de orificios perforados en otra de las esquinas de las placas y marcos que llevan agujeros de comuni-

cación con las placas, pero no con los marcos. La placa está construida de tal manera que el líquido filtrado penetra en el conducto de descarga desde ambas caras de la placa.

Los materiales sólidos en suspensión se acumulan en las telas, paños a ambos lados de las placas. Al cabo del tiempo necesario sólo resta disponible para la suspensión una pequeña parte del espacio libre originalmente existente entre las placas, y debe interrumpirse la llegada de alimentación. Después de interrumpir la alimentación se afloja la presión que mantiene unidas las placas y marcos, y se abre el filtro prensa separando sucesivamente las placas y marcos; la torta se desprende y cae en el depósito situado bajo el filtro.

Terminada la descarga, el filtro se cierra de nuevo con ayuda del esfuerzo mecánico que acopla las placas, los marcos y las telas en un conjunto solidario y se comienza un nuevo ciclo de filtración.

El método más común de operación con estos filtros consiste en filtrar a una intensidad constante de flujo menor que la máxima. Tan pronto como las telas están bien recubiertas y el filtrado resulta ya claro, se aumenta la presión hasta el máximo y la filtración se continúa hasta completarse, bajo condiciones de constancia de presión.

El costo de la labor manual necesaria para abrir y descargar estos filtros resulta elevado; por esta razón este tipo de filtro no debe escogerse cuando hay que separar de un líquido una gran cantidad de sólidos. Si los sólidos poseen un valor elevado y además no se encuentran en grandes cantidades de modo que no sea necesario un filtro continuo automático, el costo de la mano de obra respecto al valor de la unidad de cantidad del producto es relativamente bajo, y el filtro prensa resulta satisfactorio; además, de los diversos tipos de filtros, el filtro prensa es probablemente el más barato por unidad de superficie filtrante, y requiere un mínimo de superficie de terreno para su instalación. Este aparato permite una recuperación elevada de sólidos en forma de torta.

2.2 Tecnología de filtración de la Planta Calcinación y Sínter

La Planta Calcinación y Sinter se compone de tres áreas fundamentales, que son: Área de filtración, área de calcinación y área de sinterización.

El proceso en el área de filtración comienza una vez que los alambiques descargan el carbonato básico de níquel a los sedimentadores (SD-101 y SD-102)

ver esquema #2

a una temperatura de 107°C ; aproximadamente, con -

una concentración de amoníaco de 0,3-0,7 g/l con un 98% de líquido evaporándose parte de éste a través del tanque flash.

El Carbonato Básico de Níquel es descargado a los sedimentadores de 25 m de diametro con una profundidad nominal en el centro de $h = 3,6$ metros, donde ocurre la sedimentación del Carbonato Básico de Níquel.

El licor reboso, es decir, el líquido cuya concentración de níquel es de 0,1 g/l, sale por la canal de reboso del sedimentador hacia el tanque de reboso (TK-103 y TK-104), cuya capacidad es de $7,5 \text{ m}^3$, este licor es bombeado hacia los filtros de cartucho K Ø A-MC (FL-106 ... 114) cuya area de filtración es de 80 m^2 . En el filtro cartucho como medio filtrante tenemos los colectores de cerámica. La filtración se efectúa de afuera hacia dentro, a medida que aumenta el espesor de la capa de carbonato adherida a la superficie de la cerámica la productividad disminuye, cuando la capa adquiere un determinado espesor, el proceso de filtración cesa. El precipitado se desprende de la superficie del cartucho con ayuda de agua o aire a presión, todo este proceso se realiza automáticamente.

El licor reboso filtrado se envía a la planta de Recuperación de Amoníaco, para el calentamiento de los alambiques en su arrancada y para el bombeo del

lodo y de ahí al dique de cola.

La torta de carbonato que ha sido desprendida de la superficie de la cerámica con ayuda de la presión del agua o del aire es descargada a un tanque con agitación (AG-115) y se le añade agua para su repulpación, bombeándose esta pulpa hacia el sedimentador nuevamente con ayuda de las bombas de pulpa - A C-6 (BO-115A y 115B) cuya capacidad es de 70 m³/h.

La pulpa de carbonato es descargada por el cono - del sedimentador de carbonato y bombeada hacia los filtros rotatorios de disco de vacío K-34-2,5 (FI-116, 117 y 118) el cual es un filtro de trabajo continuo que se utiliza en las diferentes ramas de la metalúrgia.

El carbonato se adhiere a la superficie del disco por la acción del vacío que se realiza con la bomba BBH-50 (BO-124A, 124B y 124C). Esta torta es desprendida de la superficie de la hoja del filtro - con la ayuda de una cuchilla de goma.

El líquido filtrado conjuntamente con el vapor va al condensador barométrico (CS 120), de aquí el - líquido pasa por gravedad al tanque de desecho, al igual que el líquido o agua atrapada en las tram--pas de filtrado (TP-116, 117 y 118).

El Carbonato Básico de Níquel cae libremente entre los bolsillos del filtro al transportador de banda tipo 5040-60, de este transportador es trasladado

a otros transportadores de banda mediante embudos invertidos recubiertos con teflón, en los transportadores de banda CTR-116A, 116A y 118A) se sitúan romanas para el control y el registro del peso del carbonato, éste carbonato continúa su recorrido, - siendo éste alimentado a los Hornos de Calcinación a través de un sinfín de carga.

2.3 Breve descripción de la problemática presentada en el sistema de filtración

El proyecto contempla que para filtrar los sólidos de Carbonato de Níquel del licor de los sedimentadores de carbonato, la utilización de colectores - de cerámica.

Desde un principio se empezó a confrontar problemas con este medio filtrante, por su baja eficiencia, - en la tabla #1 se muestran los resultados obtenidos según un estudio que se hizo para explicar este trabajo, se puede observar que algunos filtros trabajan con menos del 25% de eficiencia, cuando - debían trabajar según proyecto con 80% de eficiencia.

Ver Tabla #1

Por esta situación se comenzaron a realizar diferentes modificaciones para aumentar la eficiencia de los filtros, como son:

- Filtración con cartuchos cubiertos con tejidos

- Utilización de la sedimentación paralela con dos sedimentadores en operación (para aumentar el área unitaria).

- Combinación de sedimentación y clarificación

- Eliminar los colectores de cerámica y montar un cuerpo de barras de acero inoxidable cubierta con lona encerada y ajustada al cuerpo de las barras - con alambre inoxidable en forma de espiral.

(Figura 1)

- Utilización de diferentes telas filtrantes, como lona encerada, tela belthing, Drillsport y Lavsán.

La tela que mejor resultado dió fue la belthing, - pero la misma es de difícil adquisición, por lo - que se comenzaron a hacer pruebas a escala indus-- trial buscando un tipo de tela de producción nacio^{nal} que por su similitud reportara buenos resulta- dos, la esencia del trabajo consistió en probar la tela lona encerada de comercialización nacional a escala industrial, partiendo de resultados obteni- dos de laboratorio.

Comparándola con otro tipo de tela de algodón sovié tica y china, la cual con grandes dificultades re- cibimos, vimos que la lona encerada daba mejores - resultados.

En estas primeras pruebas resultó el uso de la mis ma en la Planta Recuperación de Amoníaco en cuanto a filtrabilidad y prueba técnica del tejido, no -

así para el lavado y recuperado de la tela.

Para la prueba de filtrabilidad se montó en el laboratorio un sifón en el cual de cada muestra recibida se hizo un análisis físico visual de la cantidad de sólido en suspensión, dado en mg/l por comparación con los valores de tabla de sólido, en todos los casos los resultados de la prueba y la tabla estaba visualmente por debajo de 20 mg/l.

La tela lona encerada dió buenos resultados en las pruebas que se hicieron con respecto a su resistencia a la humedad y a la temperatura de trabajo, y es por tanto la que actualmente estamos utilizando en los filtros de cartucho como medio filtrante.

Aunque se lograron algunos resultados positivos se han seguido confrontando problemas como son:

- Sólidos en suspensión muy alto, provocando ensuciamiento en los rebosos.
- La calidad del hilo con que se cosen las mangas del filtro, no es buena, se rompe con facilidad y la manga se descose, el hilo que se ha estado utilizando es torsido y se debe usar tejido, cuestión que está en vía de solución.

Toda esta situación ha obligado a utilizar un tanque que se encuentra situado en la Planta Lixiviación y Lavado de 1 000 m³ de capacidad, con el fin de hacer pasar por él los efluentes de los filtros

de cartuchos, donde se ha logrado recuperar parte del sólido (Carbonato de Níquel) que no se ha filtrado.

CAPÍTULO III - CÁLCULO DE LA DOBLE FILTRACIÓN

3.1 Descripción y análisis de la doble filtración

Como hemos expuesto anteriormente la operación de filtración de los licores de reboso se ha caracterizado por ser una operación muy inestable debido fundamentalmente a deficiencias en los cartuchos - de cerámica.

Ver esquema #1

Los estudios de microscopia electrónica ejecutados en St ocuba, han arrojado que este material posee una porosidad media, mayor que la granulometría - constituida por las partículas de carbonato de níquel. Esta peculiaridad evidencia la mala selección de la cerámica para el medio dado. Durante la operación se han detectado rajaduras y microfisuras - en el cuerpo de la cerámica por lo que la calidad no ha sido satisfactoria. El embotamiento de los - poros ha sido total.

Tabla #2

En la tabla #2 se puede observar las pérdidas en los efluentes de los filtros de cartucho como sólido en suspensión en el año 1989.

Es por ello que nos dimos a la tarea de estudiar la posibilidad del sistema de doble filtración, es decir, filtros de cartuchos y filtros prensas.

Ver esquema #3

Para ello se buscó y se instaló un filtro prensa - en paralelo con los filtros de cartucho con el fin de compartir los flujos y recuperar mayor cantidad de sólido y fundamentalmente probar su resistencia al medio y eficiencia.

De esta forma el filtro ha trabajado bien todo el tiempo en dos etapas, una de 8 días y otra de 9 - días, en la primera su eficiencia osciló entre - 70-90% debido a que comenzaba a trabajar por primera vez y habían algunas deficiencias en su ajuste, ya en la segunda etapa trabajó mucho mejor, -- con eficiencia entre 95-100%.

Pensamos que la tela filtrante y papel croft utilizado en estos filtros sea buena, ya que no se - han presentado problemas con la lona encerada y el papel Croft que es lo que se está utilizando.

Este filtro se pudo evaluar, calcular aproximadamente su peso seco de carbonato y su flujo. Pesamos 4 placas de filtrado tomándola de diferente partes - del filtro, cada una para lograr la mayor representabilidad posible, por no tener las condiciones para pesar todo el filtro, con estos resultados promediamos el peso aproximado de una placa e hicimos algunos cálculos para la misma, los cuales se presentan a continuación.

Tiempo de trabajo del filtro: 8 días

Peso del CBNi por placa: 24 kg

Humedad del CBNi: 50 %

de placa por filtro: 50

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi recuperado} &= \text{peso de la placa} \cdot \# \text{ de placas} \cdot \text{Humedad del CBNi} \\
 &= 74 \text{ kg} \cdot 50 \cdot 0,5 \\
 &= 1\ 850 \text{ kg} \\
 &= 1,85 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi recuperado por día} &= \frac{\text{CBNi recuperado}}{\text{Tiempo de trabajo}} \\
 &= \frac{1,85 \text{ t}}{8 \text{ días}} \\
 &= 0,23 \text{ t/d} \\
 &= 0,0096 \text{ t/h}
 \end{aligned}$$

A través de estos cálculos podemos saber aproximadamente lo que el filtro aporta. A partir de estos resultados comenzamos a evaluar un sistema de filtración doble, utilizando los filtros de cartucho y prensa.

3.2 Instalación de los filtros de cartucho

La sección de filtración en los filtros de cartucho está constituida por 9 filtros, de los cuales 7 se encuentran en operación y dos de reserva, según proyecto para la producción de 30 000 t de níquel.

Balance de materiales

Flujo de reboso de los sedimentadores: 6 056 m³/d

Flujo del separador: 1 015 m³/d

Flujo de lavado de filtros: 30 m³/d

Flujo de lavado de pisos: 30 m³/d

Flujo total: 7 131 m³/d.

3.2.1 Recálculo del área de filtración de los filtros de Cartucho

Flujo : 7 131 m³/d 297,125 m³/h

Velocidad específica de filtración: 0,597 m³.h/m²

Área unitaria de filtración: 1.727 m²/m³.h.

Flujo a los Área unitaria Área necesaria
filtros de filtración de filtración

297,125 m³/h . 1,727 m²/m³.h = 513 m²

$$\frac{\text{Área necesaria de filtración}}{\text{Área de filtración de un filtro}} = \text{Cantidad de filtros}$$

$$\frac{513}{80} = 6,4 \text{ filtros en operación}$$

Si los cálculos dan 6,4 filtros en operación se toman:

Filtros en operación: 7

Filtros de reserva: 2

Total de filtros: 9

De lo anterior se evidencia que la instalación de

filtros de cartucho con plena disponibilidad y calidad de equipamiento y operando correctamente, garantiza la operación a las condiciones del balance máximo, según el proyecto.

3.2.2 Efectividad de los filtros de cartucho

Flujo del reboso: 7 131 m³/d

Concentración de Ni en el reboso: 0,1 g/l

Flujo de Reboso	•	Concentración de níquel	=	Cantidad de Ni por día
7 131	•	0,1	=	813,1 kg de Ni/día
			=	0,713 t Ni/d

Carbonato en el reboso:

$$\frac{\text{Ni por día}}{\% \text{ H}_2\text{O}} = \text{CBNi en reboso}$$

$$\frac{0,713}{0,5} = 1,426 \text{ t/d}$$

Si la eficiencia de los filtros de cartucho es de 80%, entonces:

$$\begin{aligned} \text{Ni recuperado} &= \text{Ni en efluente} \cdot \text{eficiencia} \\ &= 0,713 \cdot 0,8 \\ &= 0,57 \text{ t/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carbonato recuperado} &= \text{CBNi en reboso} \cdot \text{Eficiencia} \\ &= 1,426 \text{ t/d} \cdot 0,8 \end{aligned}$$

$$= 1,14 \text{ t/d}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi no recuperado} &= \text{CBNi en reboso} - \text{CBNi recuperado} \\
 &= 1,426 - 1,14 \\
 &= 0,286 \text{ t/d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ni no recuperado} &= \text{CBNi no recuperado} \cdot \% \text{ Ni en CBNi} \\
 &= 0,286 \cdot 0,5 \\
 &= 0,143 \text{ t/d}
 \end{aligned}$$

Concentración de Ni en la salida de los filtros de cartucho (C-2)

$$C-2 = \frac{\text{Ni no recuperado} \cdot \text{factor de conversión}}{\text{Flujo de los filtros}}$$

$$C-2 = \frac{0,143 \text{ t/d} \cdot 1.000 \text{ kg/t}}{7.131 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$$C-2 = 0,02 \text{ kg/m}^3$$

$$C-2 = 0,02 \text{ g/l}$$

3.3 Instalación de los filtros prensa

Instrucción de operación del filtro prensa.

El filtro prensa P3M100-1K-01T2 soviético está diseñado para filtrar suspensiones alcalinas y ácidas que contengan hasta 500 kg/m^3 de partículas en forma sólida con lavado y calentamiento (con vapor) y

soplado de la torta..

Datos técnicos del filtro prensa

- Tipo de filtro: Cerrado
- Área de filtración: 100 m^2
- Presión de trabajo: $4,5 \text{ kgf/cm}^2$
- Dispositivos de prensar: Electromecánico
- Fuerza para prensar: 40 000 kg
- Volumen del bastidor: $2,25 \text{ m}^3$
- Tipo de motor: 4A-100-S₄T₂
- Potencia del motor: 3,0 kW
- Tipo de reductor: 4 TY-160-31,5-12T2
- Desplazamiento de las placas y marcos: Electromecánico

Mecanismo de desplazamiento reversible : Electromecánico

- Tipo de motor: 4A-AMG3-B4-T2
- Potencia del motor: 0,37 kW.

En este filtro del tipo cerrado la suspensión llega al bastidor por el canal de alimentación a través de una cavidad en el marco, al pasar esta suspensión a través de las placas del filtro se forma una torta en las paredes del material filtrante, - saliendo el filtrado por el drenaje de cada placa hacia el canal de evacuación del filtro. Para descargar la torta y cambiar el material filtrante - (tela) con el mecanismo de prensado, se retira la placa prensada y con ayuda del mecanismo de desplazamiento una a una se separan las placas y los mar

cos, si es necesario o existen paños rotos con -
perforaciones se pueden cambiar las membranas o ma
terial filtrante.

3.3.1 Medidas preliminares para el buen funcionamiento del filtro prensa

- 1 - Limpiar sistemáticamente todas las partes del filtro.
- 2 - Velar por el buen estado de la armadura del -
filtro.
- 3 - Observar el estado de las cadenas de tracción -
del mecanismo de desplazamiento de las placas y a
su tiempo estirarlas.
- 4 - Tener el control de todos los parámetros.
- 5 - Cuidadosamente limpiar las superficies de las
placas, marcos, canales de entrada de la suspensión
y salida del filtrado.
- 6 - Observar porque todos los cantactos electróni-
cos esten en perfecto estado.
- 7 - La suspensión a filtrar no debe tener objetos
extraños, desperdicios mecánicos o partículas no
solubles mayores de 3 mm.
- 8 - El material filtrante sucio, cada cierto tiem-
po limpiarlo (si el proceso tecnológico permite su
utilización nuevamente).
- 9 - Regularmente engrasar todas las piezas, cadenas
del mecanismo de desplazamiento de las placas.

10 - Observar por la limpieza o pureza del aceite para el prensador hidráulico.

3.3.2 Cálculo del área de filtración

Teniendo en cuenta que el flujo a filtrar en los - filtros prensa es aproximadamente igual al que se alimenta a los filtros de cartucho tomamos:

Flujo de licor 7131 m³/d = 297,125 m³/h
 Velocidad específica de filtración: 0,74 m³.h/m²
 área específica de filtración: 1,35 m³/m³.h

$$\begin{aligned}
 \text{Área necesaria de filtración} &= \text{Flujo de licor} \cdot \text{área específica de filtración} \\
 &= 297,125 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,35 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot \text{h} \\
 &= 401 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Utilizando filtros prensa de 100 m² de área de - filtración tenemos:

$$\begin{aligned}
 \text{filtros en operación} &= \frac{\text{área necesaria de filtración}}{\text{área de filtración del filtro}} \\
 &= \frac{401 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} \\
 &= 4 \text{ filtros}
 \end{aligned}$$

Filtros en operación: 4

Filtros de reserva: 2

Total de filtros: 6

De esto se desprende que logrando una buena fil-

tracióm en los filtros de cartucho, con 4 filtros prensa en operación y 2 de reserva se logra una fil tración total del reboso del sedimentador de CBNi de la planta Calcinación y Sínter.

3.3.3 Cálculo del tiempo de operación de los filtros - prensa durante un ciclo de filtración

Eficiencia real de los filtros cartucho: 70% según

Tabla #1

CBNi en reboso: 1,426 t/d

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi recuperado} &= \text{CBNi en} \cdot \text{eficiencia} \\
 \text{filtro cartucho} & \text{ reboso} \\
 &= 1,426 \cdot 0,7 \\
 &= 0,998 \text{ t/d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi no recuperado} &= \text{CBNi en} - \text{CBNi} \\
 \text{filtro cartucho} & \text{ reboso} \quad \text{Recuperado} \\
 &= 1,426 - 0,998 \\
 &= 0,428 \text{ t/d}
 \end{aligned}$$

Flujo de licor al filtro prensa: 7 131 m³/d

CBNi al filtro prensa: 0,428 t/d

CBNi recuperado por placa: 74 kg con 50% de H₂O

de placa del filtro: 50

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi recuperado} &= \text{CBNi recuperado} \cdot \# \text{ de} \quad \text{Cont.} \\
 \text{por filtro} & \text{ por filtro} \quad \text{Placas} \quad \text{H}_2\text{O}
 \end{aligned}$$

$$= 74 \text{ kg} \cdot 50 \cdot 0,5$$

$$= 1850 \text{ kg}$$

$$= 1,850 \text{ t}$$

$$\text{CBNi recuperado por la instalac} = \text{CBNi recuperado por filtro} \cdot \# \text{ de filtro}$$

$$= 1,85 \text{ t} \cdot 4$$

$$= 7,4 \text{ t}$$

$$\text{Tiempo de operación de la instalación} = \frac{\text{CBNi recuperado por la instalac}}{\frac{\text{CBNi a los filtros}}{\text{día}}}$$

$$= \frac{7,4 \text{ t}}{0,428 \text{ t/día}}$$

$$= 17,28 \text{ días.}$$

CAPÍTULO IV - CALCULO DEL TRANSPORTADOR DE BANDA

4.1 Elementos componentes

Los transportadores de Bandas estan formados por -
los siguientes elementos:

- Órgano de tracción

Está formado por una banda que constituye el elemento portador de la carga.

- Conjunto de transmisión

Se utiliza para poner en movimiento el órgano de -
tracción del transportador y la carga. Consta del motor con reductor con transmisión cilíndrica o -
sinfín, del tambor y de los acoplamientos o transmisiones por cadenas o correas que unen al motor -
con el reductor y éste con el árbol del tambor.

El movimiento a la banda es impartido a través de la tambora motriz, por el sistema de transmisión.

La carga se coloca sobre la banda mediante una tolva alimentadora que suministra material al transportador. La descarga se efectúa a través de un canal que dirige el material a la salida del transportador.

- Conjunto de atesado con tambor trasero o dispositivo de tensión

Éste es el encargado de transmitir la tensión necesaria a la banda para su buen funcionamiento y existen de dos tipos:

- Por tornillo

- Por gravedad

Éste último garantiza una tensión constante a la -
banda.

- Rodillos de apoyos superiores e inferiores

Los rodillos superiores se dividen en planos y -
acanalados y la utilización de estos está en depen-
dencia del material a transportar.

- Dispositivo de carga y descarga

La carga se puede realizar manual o de forma auto-
mática, es decir, con tolvas.

La descarga se realiza con dispositivos que des-
vían la carga en cualquier parte de la traza, ma-
nual o por gravedad, al final de la traza.

- Dispositivos de limpieza de la banda

Puede ser en forma de cepillos giratorios, cuchi-
llas limpiadoras y se colocan en la zona no carga-
da del transportador.

4.2 Secuencia de cálculo del transportador de banda

Este transportador es el que recibe el carbonato de
níquel recuperado por los filtros prensas y lo su-
ministra a los contenedores de almacenaje.

El transportador tiene una longitud de 22 m, un an-
cho de banda de 400 mm, una productividad de 25 -
t/h, utilizando un accionamiento motor-reductor.

Características y esquemas fundamentales para realizar el cálculo del transportador de banda.

(figura #4)

Productividad: 25 t/h
 Longitud: 22 m
 Material: Carbonato de níquel

4.2.1 Cálculo del ancho de la banda

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{Kc \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi}} + 0,05 \right); m$$

donde:

- Q - Productividad en t/h
- Peso volumétrico del material a transportar.
- v - Velocidad de movimiento de la banda; 2 m/s (tomado de tabla)
- ψ - Coeficiente que tiene en cuenta el ángulo de inclinación del transportador $\psi = 1$ - para $\beta < 10^\circ$
- Kc - Coeficiente que tiene en cuenta el ángulo de inclinación de los rodillos laterales y el ángulo del talud natural Kc = 470 - (de tabla)

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{25}{1,7 \cdot 2 \cdot 470 + 0,05}} \right)$$

$$B = 0,192 m$$

Standardizando el ancho de la banda obtenemos:

$$B = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

4.2.2 Cálculo de la carga por unidad de longitud

Peso lineal de la carga:

$$q_c = \frac{Q}{3,6 \text{ V}} ; \text{ kg/m}$$

$$q_c = \frac{25}{3,6 \cdot 2}$$

$$q_c = 3,47 \text{ kg/m}$$

$$q_c = 34,7 \text{ N/m}$$

Peso lineal de la banda:

$$\begin{aligned} q_b &= 1,1 \cdot B(\quad); \text{ kg/m} \\ &= \text{espesor de la banda} \\ &= i \cdot S + h_1 + h_2 \end{aligned}$$

donde:

i - número de capas $i = 4$

S - espesor de una de las capas $S = 2,5 \text{ mm}$

h_1 - Espesor de la capa superior de la carga

$$h_1 = 2,6 \text{ mm}$$

h_2 - Espesor de la capa inferior donde se apoya la banda sobre los rodillos. $h_2 = 2 \text{ mm}$.

$$q_b = 6,424 \text{ kg/m}$$

$$q_b = 64,24 \text{ N/m}$$

4.2.3 Cálculo del peso lineal de los sólidos superiores

$$q_r' = \frac{G_r'}{I_r'} ; \text{ kg/m}$$

G_r' - Peso aproximado de los rodillos superiores.

$$G_r' = 22 \text{ kg}$$

I_r' - Distancia entre los rodillos superiores

$$I_r' = 1,2 \text{ m.}$$

$$q_r' = \frac{22}{1,2}$$

$$q_r' = 18,3 \text{ kg/m}$$

$$q_r' = 183 \text{ N/m}$$

4.2.4 Cálculo del peso lineal de los rodillos inferiores

$$q_r'' = \frac{G_r''}{I_r''} ; \text{ kg/m}$$

G_r'' - Peso aproximado de los rodillos inferiores

$$G_r'' = 18 \text{ kg.}$$

I_r'' - Distancia entre los rodillos inferiores

$$I_r'' = 2 \cdot I_r'$$

$$I_r'' = 2 \cdot 1,2$$

$$I_r'' = 2,4 \text{ m}$$

$$q_r'' = \frac{18}{2,4}$$

$$q_r = 7,5 \text{ kg/m} \quad 75 \text{ N/m}$$

4.2.5 Cálculo de la resistencia al movimiento

- Resistencia al movimiento en el dispositivo de limpieza

$$W_{1-2} = 300 \text{ N}$$

- Resistencia al movimiento en la rama vacía

$$W_{2-3} = (q_b + q_r'')L \cdot W'$$

W^1 - Coeficiente de resistencia al movimiento

$$W_{2-3} = (64,24)22 \cdot 0,03$$

$$W_{2-3} = 91,89 \text{ N}$$

- Resistencia al movimiento en dispositivo de carga

$$W_{4-5} = c \cdot q_c \cdot V^2$$

c = Coeficiente que se toma; $c = 1,3$

$$W_{4-5} = 1,3 \cdot 34,7 \cdot 4$$

$$W_{4-5} = 180,44 \text{ N}$$

- Resistencia al movimiento en la rama cargada

$$W_{5-6} = (q_c + q_b + q_r')L \cdot W'$$

$$W_{5-6} = 34,7 + 64,24 + 183)22 \cdot 0,03$$

$$W_{5-6} = 186,07 \text{ N}$$

4.2.6 Cálculo de las tensiones

Ver esquema #4

- Tensión en el punto 2

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} \quad (1)$$

- Tensión en el punto 3

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} \quad (2)$$

Substituyendo (1) en (2)

$$S_3 = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} \quad (3)$$

Tensión en el punto 4

$$S_4 = S_3 K_1 \quad (4)$$

Substituyendo (3) en (4)

$$S_4 = (S_1 + W_{1-2} + W_{2-3}) \quad (5)$$

- Tensión en el punto 5

$$S_5 = S_4 + W_{4-5} \quad (6)$$

Substituyendo (5) en (6)

$$S_5 = S_1 K_1 + (W_{1-2} + W_{2-3}) K_1 + W_{4-5} \quad (7)$$

- Tensión en el punto (7)

$$S_6 = S_5 + W_{5-6} = S_1 X_1 + (W_{1-2} + W_{2-3})K_1 + W_{4-5} + W_{5-6} \quad (8)$$

K_1 - Coeficiente que considera el aumento de resistencia en el tambor de tensión

$$X_1 = 1,06$$

$$S_6 = 1,06 S_1 + 777,99 \quad (9)$$

De acuerdo a Euler:

$$S_6 = e^{\mu \alpha} S_1$$

- Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor

$$\mu = 0,3$$

- Ángulo de abrazado de la banda sobre el tambor

$$\alpha = 180^\circ =$$

$$e^{\mu \alpha} = 1,87 \quad (10)$$

Substituyendo (9) en (10)

$$S_1 = \frac{777,99}{1,87 - 1,06} = 960,48$$

$$S_1 = 960,48 \text{ N}$$

$$S_6 = 1,87 \cdot 960,48$$

$$S_6 = 1\,796,09 \text{ N}$$

4.2.7 Cálculo de tracción

$$W_0 = S_6 - S_1 + 0,05(S_6 + S_1)$$

$$W_0 = 835,29 + 139,83$$

$$W_0 = 973,12 \text{ N}$$

4.2.8 Cálculo de la potencia del accionamiento

$$N = \frac{W_0 \cdot v}{100} \text{ kV, kW}$$

$$N = \frac{(973,12)2}{1000 \cdot 0,94} \cdot 1,25$$

donde:

E_V - coeficiente de reserva

k_r - 1,25

η - 0,94

N - 2,58 kW

4.2.9 Cálculo de la relación de transmisión del reductor

$$i = \frac{N_m}{N_t}$$

donde: N_m - número de revoluciones por minutos del motor según catálogo $N_m = 1\ 690 \text{ r/min.}$

N_t - Revoluciones por minuto del tambor. To
mamos un tambor de diámetro 400 mm =
0,4 m.

perímetro del tambor

$$L = \pi \cdot d =$$

$$L = 3,14 \cdot 0,4$$

$$L = 1,256 \text{ m}$$

es decir:

$$1,256 \text{ m} = 1 \text{ R.P.M.}$$

Velocidad de la banda

$$V = 2 \text{ m/s} = 120 \text{ m/min}$$

$$1,256 \text{ m/min} \text{ ---- } 1 \text{ rpm}$$

$$120 \text{ m/min} \text{ ----- } N_t$$

$$N_t = 95,54 \text{ rpm} = 96 \text{ rpm}$$

$$i = \frac{N_m}{N_t}$$

$$i = \frac{1 \ 696}{96}$$

$$i = 17,66$$

4.3 Propuesta de los equipos del accionamiento

Teniendo en cuenta la documentación existente en -
nuestra Empresa proponemos:

Motor: Tipo 4AM100L4 **47** T1

Potencia: 4,0 kW

Frecuencia de rotación: 1 690 ~~rpm~~

Reductor: Tipo **724** -160-40-12-T1

Hacemos esta propuesta ya que es la inmediata superior a la que demuestran los cálculos existentes en nuestra Empresa.

CAPÍTULO V - CÁLCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO

Después de un estudio realizado, con vista a conocer la caída de presión a la descarga de los filtros de cartucho, nos dimos cuenta de la necesidad de instalar un sistema de bombeo, que tuviera la posibilidad de romper la caída de presión hasta la sección de tratamiento químico de agua de la C.T.E.

El hecho de bombear este efluente hacia ese lugar está dada, porque en esta instalación tenemos 4 filtros de intercambio iónico, cargado con resina KPS, donde daremos tratamiento para recuperar el níquel disuelto que acompaña este flujo, ese objetivo ha sido estudiado y está en fase de proyecto. A continuación presentamos los cálculos del sistema de bombeo que es necesario instalar entre los filtros de cartuchos y prensas.

Datos técnicos principales de la bomba propuesta.

Bomba tipo: X160/49/2

Flujo: $160 \text{ m}^3/\text{h}$

Altura de presión: 49 m de H_2O

Motor tipo: A02-82-2

Potencia: 55 kW

Eficiencia: 75%

5.1 Secuencia de cálculo de la bomba

Características del licor a bombear.

Densidad: $1\ 000\ \text{kg/m}^3$

Viscosidad: $0,8 \times 10^{-3}\ \text{kg/m} \cdot \text{seg}$

Accesorio de la tubería	longitud equivalente (m)
# de codos de 90° $\varnothing$ 200 mm: 18 - -	90
Válvulas $\varnothing$ 200 mm: 6 - - - - -	480
Reducido: 7 - - - - -	16
Tramo recto - - - - -	330
Total - - - - -	916

Asumimos un 15% por encima de la longitud total.

$$\text{total} + 15\% = 1\ 053\ \text{m}$$

La diferencia de nivel existente entre los dos extremos de la instalación es: $Z = 13\ \text{m}$.

$$P_1 = P_2 = 1\ \text{kgf/cm}^2$$

$$V_1 = 0$$

donde:

P_1 - Presión en el tanque de succión de la bomba

P_2 - Presión en el tanque de descarga de la bomba.

V_1 - Velocidad del fluido en la succión de la bomba.

Cálculo de la velocidad del fluido en la instalación.

$$V_2 = \frac{Q}{A}$$

donde:

Q - flujo a bombear. $Q = 160 \text{ m}^3/\text{h} = 0,04 \text{ m}^3/\text{seg}$

A - área de la sección transversal de la tubería.

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

donde:

d - diámetro de la tubería. $d = 0,2 \text{ m}$.

$$A = \frac{3,14 \cdot (0,2)^2}{4}$$

$$A = 0,031 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{Q}{A}$$

$$V_2 = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,031 \text{ m}^2}$$

$$V_2 = 1,4 \text{ m/seg}$$

5.2 Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{d \cdot v \cdot P}{\mu}$$

donde:

P - densidad del licor

μ - viscosidad del licor

$$Re = \frac{(0,2)(1,4)(1\ 000)}{0,8 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 350\ 000$$

El flujo es turbulento por tener el número de Reynolds mayor que el número crítico de Reynolds.

$$Re > Re_{cr}$$

$$35\ 000 > 2\ 300$$

5.3 Cálculo de las pérdidas por fricción

$$h_f = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot d}$$

f - número de Fanning

L - longitud de la tubería. L = 1 053 m

g - aceleración de la gravedad. g = 9,81 m/seg

E/d - coeficiente de rugosidad relativa

E/d = 0,00021 según tabla para un diámetro de 8".

Según tabla con E/d = 0,00021 y Re = 350 000 tenemos que:

$$f = 0,0165$$

entonces:

$$h_f = \frac{(0,0165)(1\ 053)(1,4)^2}{2(9,81)(0,2)}$$

$$h_f = 8,68\ m.$$

5.4 Cálculo de la energía dinámica del líquido

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} ; \quad \frac{v^2}{2g} = H_d$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{(1,4)^2}{2(9,81)}$$

$$\frac{v^2}{2g} = 0,099 \quad 0,1 \text{ m}$$

5.5 Cálculo de la caída de presión total

$$H = Z + H_d + \frac{DP^2}{\gamma} + hf$$

$$H = 13 + 0,1 + 8,68$$

$$H = 22,78 \approx 23 \text{ m.}$$

$$H = 23 \text{ m de H}_2\text{O}$$

5.6 Cálculo de la potencia

$$N = \frac{H \cdot Q \cdot P \cdot g}{1\,000 \cdot \eta}$$

$$N = \frac{23 \text{ m} \cdot 0,04 \text{ m}^3/\text{seg} \cdot 1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/seg}^2}{1\,000 \cdot 0,75}$$

$$N = 12,03 \text{ kW}$$

Según los cálculos podemos ver que para realizar la operación del bombeo de los efluentes de los filtros prensa hacia la C.T.E. se necesita una bomba con las siguientes características:

Flujo = 160 m³/h

Altura de presión = 23 m de H₂O

Potencia del motor = 12,03 kW

$$\text{Eficiencia} = 75\%$$

El flujo total a bombear en la instalación es de -
297 125 m³/h, una bomba con las características -
que demuestran los cálculos tiene un flujo de 160 -
m³/h. Calculamos la cantidad de bombas a utilizar.

$$\frac{\text{Flujo total}}{\text{Flujo de una bomba}} = \text{Cantidad de bombas}$$

$$\frac{297,125 \text{ m}^3/\text{h}}{160 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,85 \text{ bombas}$$

Si el cálculo demuestra que es necesario 1,85 bombas para vencer el flujo total de la instalación -
tomamos:

Bomba operando: 2

Bomba de reserva: 1

CÁLCULO ECONÓMICO

Cálculo de la ganancia anual que aporta la doble - filtración

Según proyecto, el licor reboso del sedimentador - de carbonato tiene 0,1 g/L de Ni. De acuerdo con - los cálculos realizados en este trabajo; si los - filtros de cartucho (1ra. filtración) trabajando a un 70% de eficiencia, dejan pasar a los filtros - prensa 0,428 t/d de CBNi con una concentración de 0,06 g/l.

De acuerdo a los cálculos realizados se demuestra que la instalación de filtros prensa recupera 7,4 t cada 17 días, es decir, 0,428 t/d.

$$\begin{aligned}
 \text{CBNi recuperado por año} &= \text{CBNi por día} \cdot 365 \text{ días} \\
 &= 0,428 \text{ t/d} \cdot 365 \\
 &= 156,22 \text{ t/año}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ni por año} &= \text{CBNi por año} \cdot \text{concentración de Ni en CBN} \\
 &= 156,22 \cdot 0,5 \\
 &= 78,11 \text{ t/año}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ganancia por año} &= \text{masa de Ni} \cdot \text{Precio del Ni} \\
 &= 78,11 \cdot 8\,618,00 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

673 151,98 USD

- Cálculo del costo de la instalación

El precio del suministro de materiales a nuestra empresa, está conveniado a través de Planta Completa con la Unión Soviética de acuerdo a la masa del producto sin tener en cuenta la tecnología del mismo.

$$\text{Precio del producto} = \text{masa del producto} \cdot 3\ 111$$

donde:

3 111 - factor de conversión en dinero

- En la instalación de filtros prensa se utilizan 6 filtros:

masa de un filtro: 8,6 t.

$$\begin{array}{lcl} \text{masa de} & & \text{Cantidad} \\ 1 \text{ filtro} & \cdot & \text{de filtros} \cdot 3\ 111 = \text{precio} \end{array}$$

$$8,6 \cdot 6 \cdot 3\ 111 = 160\ 527,60$$

- Cantidad de bomba: 3

masa de una bomba: 0,84 t

$$\begin{array}{lcl} \text{Masa de} & & \text{Cantidad} \\ \text{una bomba} & \cdot & \text{de bomba} \cdot 3\ 111 = \text{Precio} \end{array}$$

$$0,84 \text{ t} \cdot 3 \cdot 3\ 111 = \$7\ 839,72$$

- Según convenio de la empresa con el MICONs el costo de montaje de la instalación de acuerdo al código 199 365 es el siguiente:

- Costo del montaje de los filtros: \$ 11 290,16
- Costo del montaje de las bombas: 283,53
- Costo del tanque de almacenaje 192 855,96
- Costo de la tubería: 9 503,36

- Calculamos el costo total de la instalación:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo total de los filtros} &= \text{Precio del producto} + \text{Costo de montaje} \\
 &= \$160\,527,60 + \$11\,290,16 \\
 &= \$171\,817,76
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Costo total de las bombas} &= \text{Precio del producto} + \text{costo del montaje} \\
 &= \$7\,829,72 + \$283,53 \\
 &= \$8\,123,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Costo total de la inst.} &= \text{Costo total de los filtros} + \text{Costo total de las bombas} + \text{Costo total tanque} + \text{Costo tubería} \\
 &= \$171\,817,76 + \$8\,123,02 + 192\,855,96 + 9\,503,36 \\
 &= \$382\,300,11
 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta el costo de compra de equipamiento y montaje de la instalación vemos que es mucho menor que la recuperado.

- Cálculo del consumo de energía de la instalación por año.

- Equipos consumidores de energía:

<u>E q u i p o</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Consumo kW/h</u>
Motor 4A-100-S4-T2	4	3,0
Motor 4A-AMG3-B4-T2	4	0,37
Motor 4AM-100-L4-Y/T1	1	4,0
Motor de las bombas a utiliz.	2	13

- Consumo anual del motor 4A-100-S4-T2

Este motor trabajo 1 hora cada 15 días, es decir 2 horas por mes, lo que representa 24 horas por año.

Si trabajan 4 motores de este tipo, en el año trabajan 96 horas.

Consumo de energía en el año:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo anual} &= \frac{\text{Tiempo de trabajo anual}}{\text{Consumo de energía}} \\
 &= \frac{96 \text{ h/año}}{12,0 \text{ kW/h}} \\
 &= 1 \ 152 \text{ KW/año}
 \end{aligned}$$

- Consumo anual del motor 4A-AMG3-B4-T2

Este motor trabaja el mismo tiempo que el motor 4A-100-S4-T2 y además son 4 motores, es decir trabajan 96 h/año.

Consumo de energía por año:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo anual} &= \frac{\text{tiempo de trabajo anual}}{\text{Consumo de energía}} \\
 &= \frac{96 \text{ h/año}}{1,48} \\
 &= 142,08 \text{ kW/año}
 \end{aligned}$$

- Consumo anual del motor 4AM-100-L4-~~4~~⁷T1

Este motor trabaja 10 horas en el mes, es decir -
120 horas anuales, siendo un sólo motor de este ti
po.

Consumo de energía por año:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo anual} &= \text{Tiempo de trabajo anual} \cdot \text{Consumo de energía} \\
 &= 120 \text{ h/año} \cdot 4,0 \text{ kW/h} \\
 &= 480 \text{ kW/año}
 \end{aligned}$$

- Consumo anual del motor de las bombas a utilizar
Estos motores trabajan en proceso continuo es decir:
8 760 horas en el año.

Consumo de energía por año:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo Anual} &= \text{Tiempo de trabajo anual} \cdot \text{Consumo de energía} \\
 &= 8\ 760 \text{ h/año} \cdot 26 \text{ kW/h} \\
 &= 227\ 760 \text{ kW/año}
 \end{aligned}$$

Consumo anual de todos los equipos:

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo Total por año} &= \text{Consumo del motor 4A-100-S4-T2} + \text{Consumo del motor 4A-AMG3-B4-T2} + \text{Consumo del Motor 4AM-100-24-T1} \\
 &\quad + \text{Consumo del Motor de la Bomba.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &- 1\ 152 \text{ kW/año} + 142,08 \text{ kW/año} + 480 \text{ kW/año} \\
 &\quad + 227\ 760 \text{ kW/año}
 \end{aligned}$$

$$= 229\,534,08 \text{ kW/año}$$

- Cálculo del costo por consumo de energía:

En nuestra empresa el costo de 1 kW es de \$0,04; -
calculando el costo total por consumo de energía -
tenemos:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo total} &= \text{Consumo total} \cdot \text{Costo de} \\
 \text{por año} &= \text{por año} \cdot \text{Energía} \\
 \text{de energía} & \\
 \text{eléctrica} & \\
 &= 229\,534,08 \text{ kW/a. } \$0,04
 \end{aligned}$$

$$= \$ 9\,181,36$$

Teniendo en cuenta otros gastos asumimos un 10% por encima del costo total de energía eléctrica, es decir:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo total} &= \text{Costo total} + 10\% + \text{Salario} \\
 \text{por año} &= \text{por año de energ. eléc} + \text{Operador} \\
 &= \$ 9\,181,36 + 918,13 \\
 &= \$ 10\,099,40
 \end{aligned}$$

P.D: No se significa el salario anual del operador porque supuestamente esta labor se realizaría por el operador de los filtros de cartucho.

CAPÍTULO VI - PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO

6.1 Disposición y reglas de seguridad e higiene del - trabajo

La protección e higiene del trabajo es una ciencia que estudia la relación existente entre el medio am biente, medio de producción y el hombre.

La protección e higiene del trabajo persigue como objetivo fundamental, la protección del hombre, es decir, contempla todas las medidas necesarias para garantizar el bienestar de éste y persigue un in-- cremento en la productividad del trabajo.

La protección e higiene como ciencia estudia todo lo relacionado con las investigaciones de los acci dentes del trabajo y las enfermedades profesiona-- les que afectan la salud. Es por eso que cada em-- presa se encarga de preparar a todos sus obreros - en este sentido.

6.2 Medidas de seguridad

1 - Revisar y comprobar que las áreas de trabajo - esten limpias y libres de obstáculos, lo cual pue- de afectar el libre desarrollo de la operación.

2 - Cumplir con todas las orientaciones impartidas en cada caso específico por la dirección de seguri dad y la planta y velar porque no se viole la dis- ciplina laboral.

3 - Comprobar que los operadores permanescan en su puesto de trabajo.

4 - La estación de mando de los filtros prensa con los equipos eléctricos deben chequearse en período cortos de trabajo.

5 - El suministro de energía eléctrica a los filtros deben ser efectuados de acuerdo con las reglas de instalación eléctrica.

6 - El paro del mecanismo de traslado de las planchas durante su trabajo efectuarlo con el vástago ubicado a lo largo del filtro prensa.

CONCLUSIONES

1 - El esquema de doble filtración constará de 9 filtros de cartucho que permiten extraer del 60-70% de sólidos - y el resto con 6 filtros prensas de 100 m² de área de filtración cada uno que recuperarían prácticamente todo el sólido restante.

2 - La utilización de filtros prensas posterior a los filtros patrones permite que solamente cada quince días se descargarían, lo que no implicaría una cantidad de personal adicional para su operación, pudiéndolo atender el actual operador de filtros de cartucho y utilizar el llamado turno loco para su limpieza.

3 - Se ha calculado el transportador de banda que sería de 400 mm ancho de banda, longitud 22 000 mm y potencia 4,0 kW existiendo en la empresa posibilidad de utilizar el siguiente reductor **H2Y-160-40-12-T1**.

4 - El sistema necesita dos bombas para bombear los efluentes libres de sólido a los filtros catiónicos y una de reserva, donde se pretende recuperar todo el níquel disuelto con resina de intercambio iónico.

Las características de las bombas son:

- Flujo: 160 m³/h
- Altura de presión: 23 m de H₂O
- Potencia del motor: 12,03 kW

Existiendo en la empresa el siguiente tipo de bomba:

X16/49/2 con estas características:

- Flujo: $160 \text{ m}^3/\text{h}$
- Altura de presión: 49 m de H_2O
- Potencia del motor: 55 kW.

Mientras no se adquiriera la bomba idónea que implicará -
menos consumo de energía.

RECOMENDACIONES

- 1 - Los cálculos demuestran la factibilidad de aplicación del esquema doble de filtración, recuperando alrededor de 80 t de níquel/año todo con equipamiento posible de adquirir en la fábrica sin inversiones adicionales a tercero, por consiguiente se recomienda.

Desarrollar el proyecto integral de filtros cartuchos-filtros prensas y tratamiento del efluente con resina de intercambio iónico. Calcular el mantenimiento de la inversión utilizando el equipamiento existente en la fábrica y desarrollar el programa de montaje de esta instalación que permite aportar grandes dividendos a nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 - Manual de Operaciones de la Planta Calcinación y Sínter.
- 2 - Pasaporte técnico de filtros de cartucho
- 3 - Pasaporte técnico de filtros prensa
- 4 - Pasaporte técnico de bomba X.160/49/2-5-C A T.
- 5 - Folleto de máquinas de transporte continuo Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- 6 - AGUILAR PAVÉS FRANCISCO y ORIOI GUERRERA J.M, Máquinas de transporte continuo. Tomo I, Ed. Pueblo y - Educación, 1988, Cuba.
- 7 - CHEPKASSKI V.M. Bombas, ventiladores y compresores, Ed. MIR, 1986, Moscú.
- 8 - GRANGER BROWN GEORGE, Operaciones Básicas de Ingeniería Química, Tomo I, Ed. Pueblo y Educación, - 1984, Cuba.

A N E X O S

Tabla # 1

PÉRDIDAS EN LOS EFLUENTES DE LOS FILTROS DE CARTUCHO CO
MO SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Fecha	Filtro	Ni t	Ni d	Ni S/S	Eficiencia
Primera decena de mayo	C-1	.10	.06	.04	
	106	.09	.06	.03	10
	107	.08	.06	.02	20
	108	.12	.09	.03	0
Segunda decena de mayo	C-1	.14	.10	.04	
	107	.13	.08	.05	7,1
	108	.12	.08	.04	10,4
	110	.09	.07	.02	35,7
	111	.11	.09	.03	21,4
	112	.10	.07	.03	28,5
Tercera decena de mayo	C-1	.11	.08	.03	
	106	.09	.07	.02	18,1
	107	.09	.08	.01	18,1
	108	.06	.05	.01	45,4
	110	.08	.07	.01	27,2
	111	.08	.07	.01	27,2
	112	.07	.06	.01	36,3

Tabla #2

PÉRDIDAS EN LOS EFLUENTES DE LOS FILTROS DE CARTUCHO COMO SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN 1989

No.	M e s	Efluente (m ³)	Ni (g/l)	Perdidas Proyecto (t)	Perdida total (t)	S/T	Pérdidas (\$)
1	Enero	75 798	.040	3,032	3,032	17 725,16	0,00
2	Febrero	107 998	.093	4,319	9,718	18 365,55	99 156,00
3	Marzo	14 271	.050	5,687	7,108	17 174,01	24 404,00
4	Abril	64 992	.040	2,600	2,600	15 141,76	0,00
5	Mayo	112 002	.050	4,480	5,600	13 734,80	15 383,00
6	Junio	150 036	.030	6,000	4,501	12 015,19	0,00
7	Julio	172 123	.070	6,886	12,048	11 882,91	61 351,00
8	Agosto	149 457	.080	5,978	11,956	12 632,48	75 520,00
9	Septiembre	137 482	.080	5,499	10,998	11 331,76	62 313,00
10	Octubre	123 009	.040	4,920	4,920	11 331,76	0,00
11	Noviembre	133 167	.090	5,327	11,985	11 331,76	75 446,00
Totales				54,727	84,466		41 352,00

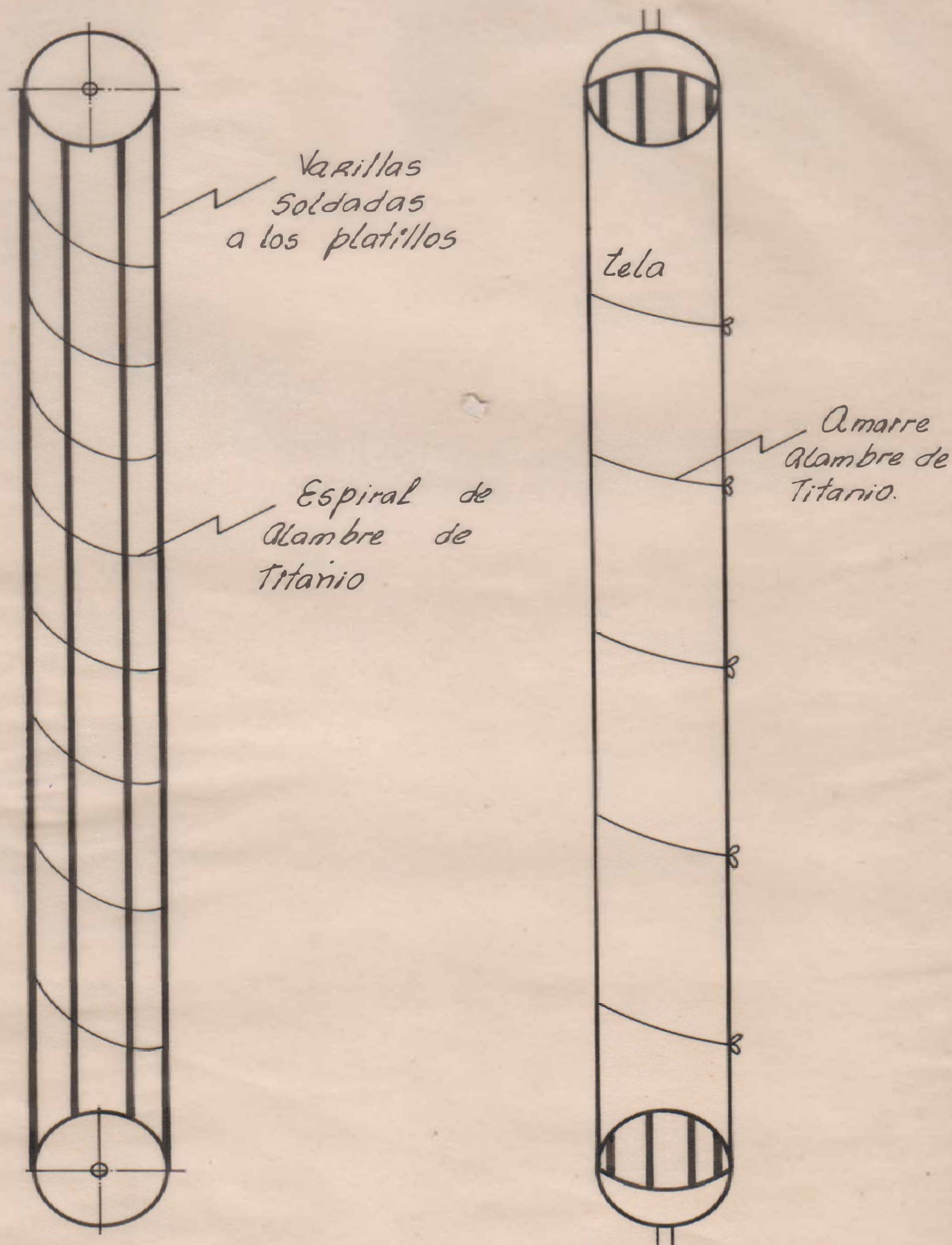


Fig 1. Modificación de Todos los filtros de
Calcínación (cartucho)

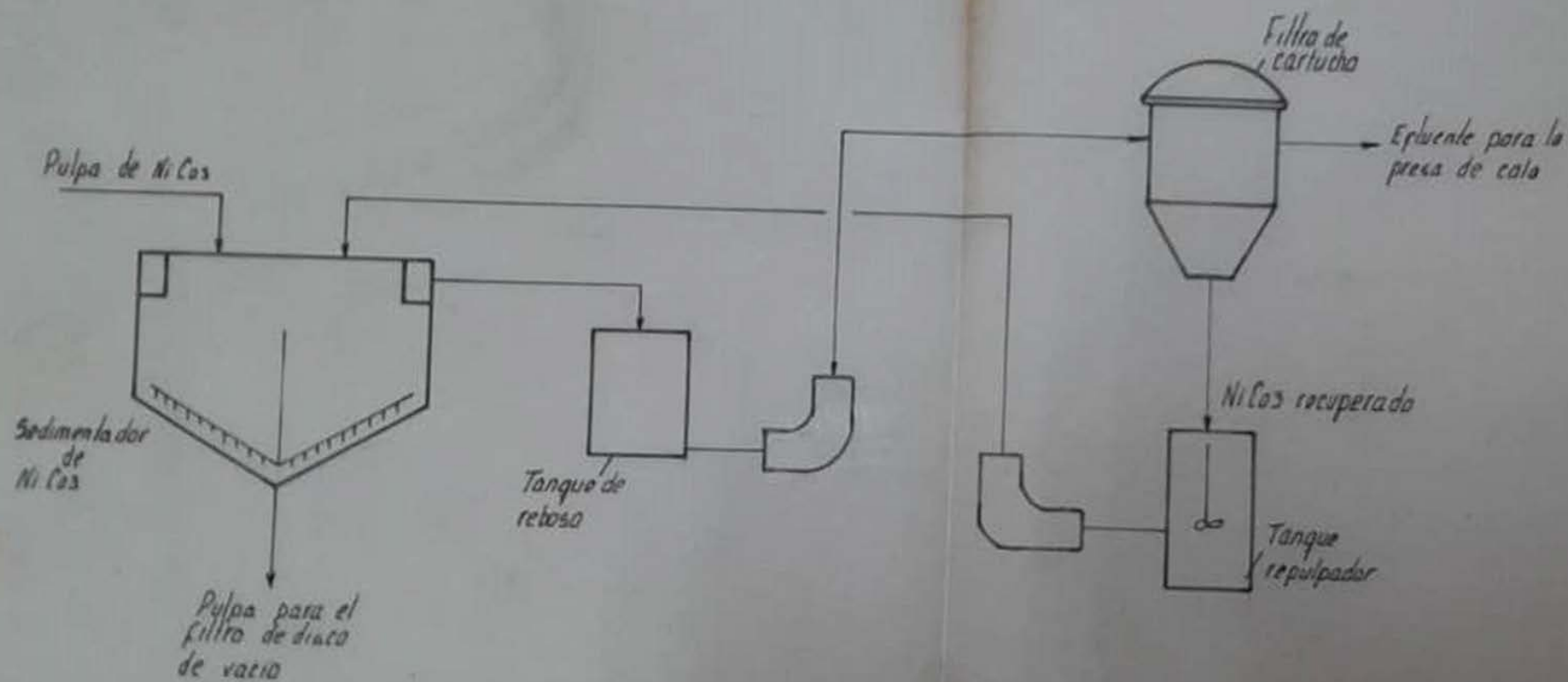


Fig. 2 Diagrama de flujo del sistema de filtración según proyectos

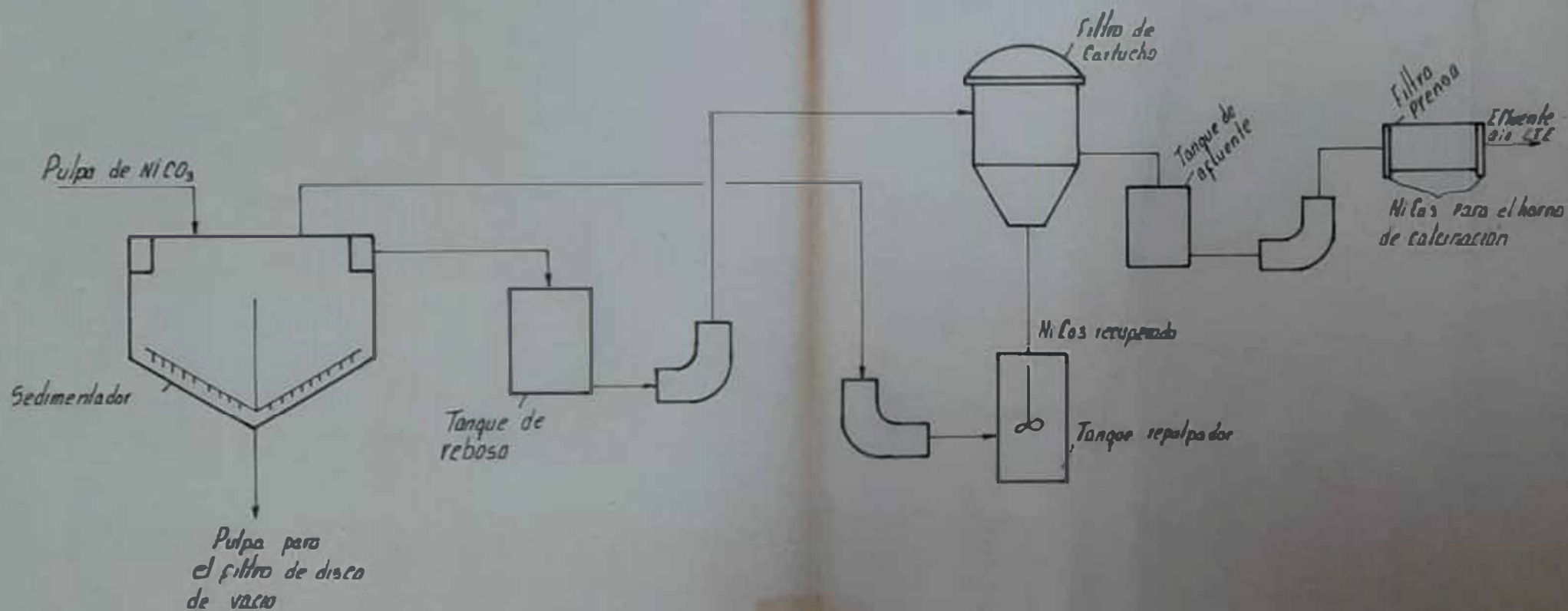


Fig. 3 Modificación del sistema de filtración

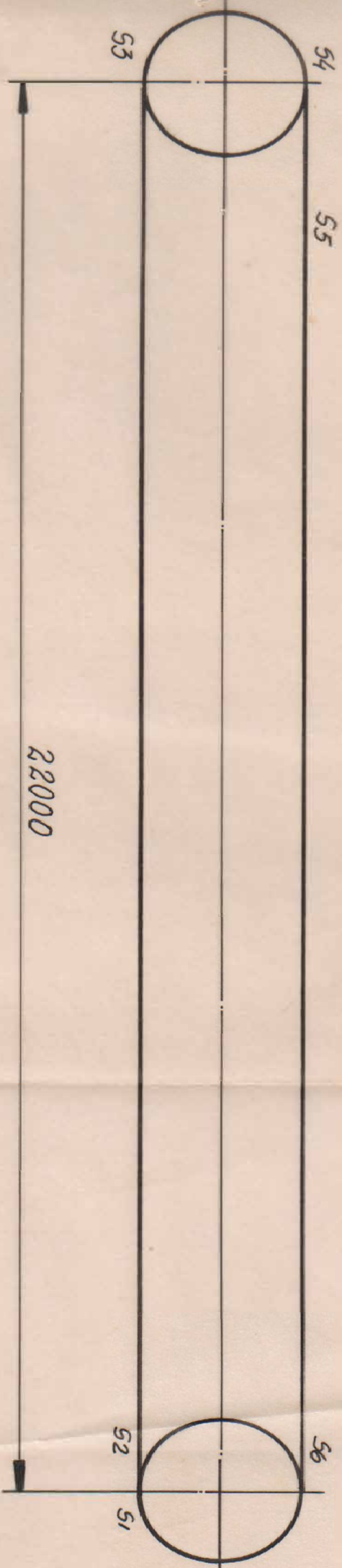


Fig. 4. Esquema del Transportador de banda.