

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica Y Mecatrónica



“DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN FILTRO DE BANDA HORIZONTAL DE 80 TPH DE CONCENTRADO DE COBRE”.

Tesis presentada por el Bachiller:

López Ríos, Richard Alfredo

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero
Mecánico Electricista**

Asesor: Ing. Donayre CCahua, Jesús

AREQUIPA-PERÚ

2017

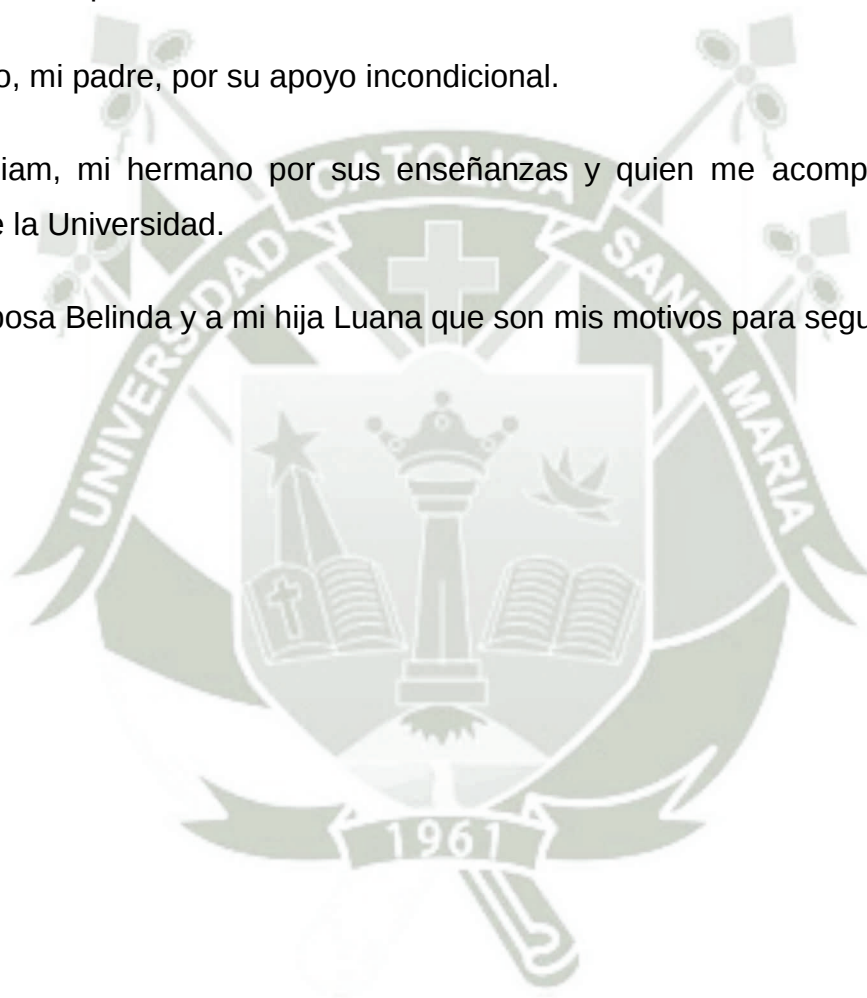
DEDICATORIA

A Yanet, mi madre, que con su fuente infinita de amor, fuerza y coraje me ha enseñado a superarme día a día.

A Alberto, mi padre, por su apoyo incondicional.

A Cristhiam, mi hermano por sus enseñanzas y quien me acompaña en esta etapa de la Universidad.

A mi esposa Belinda y a mi hija Luana que son mis motivos para seguir adelante.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por hacer de todo esto posible, por la dicha de estudiar en esta prestigiosa casa de estudios y de haber tenido el honor de pertenecer a la sección de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En segundo lugar a mis padres por su apoyo, paciencia que hicieron que todo sea posible y por su confianza depositada en mí.

En tercer lugar, muchas son las personas que contribuyeron en forma decisiva en nuestra formación profesional, es casi imposible manifestarles un merecido reconocimiento. Diez de los primeros en este distinguido grupo son los ingenieros Jesús Donayre C.; asesor del presente proyecto, Fernando Valdez Galdós, Jorge Castro Valdivia, Mario Valencia Salas, Carlos Gordillo Andia, Cesar Castillo, Camilo Fernández, Luis Chirinos Apaza, Darwin Álvarez, Marco Carpio, bajo la guía de ellos estudiamos y nos formamos como ingenieros y posteriormente esperamos compartir experiencias en el trabajo para lograr el desarrollo del país.



Resumen

El presente proyecto de tesis comprende el diseño, fabricación y montaje de un filtro de banda horizontal la cual cumple la función de separación de sólidos y líquidos de concentrado de cobre, a través de su ciclo de filtrado-lavado-secado. El filtro de banda está diseñado para obtener concentrado de cobre en pasta con una humedad de 10%.

La capacidad de diseño del filtro de banda horizontal es de 80 TPH de concentrado de Cu, compuesto por un marco de acero que soporta un conjunto de rodillos, sobre los cuales gira una banda transportadora de caucho natural u otro elastómero.

La banda transportadora se mueve sobre 2 correas de desgaste y se suspende sobre un sistema de agua o aire para evitar desgaste por causa de la fricción. Sobre la banda transportadora está la tela de filtración, que puede ser de monofilamento o punzando. La superficie de filtración consiste en una zona de formación de queque seguida por una zona de secado.

El trabajo propio de diseño, se realizó aplicando la metodología utilizada en los cursos de “Diseño Mecánico, Estructuras y Cimentación de Maquinas, Elementos Finitos” de la especialidad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Católica de Santa María. La memoria de diseño es acompañada ingeniería básica, detalle y montaje.

Finalmente, se realizó el análisis económico del diseño, fabricación y montaje de un filtro de banda horizontal en base a cotizaciones realizadas por empresas metal mecánicas de nuestro medio, llegando a un costo total menor que el costo de una máquina similar ofrecida en el mercado, lo que completa y hace que la presente tesis sea una propuesta válida para la solución de la necesidad a cubrir.

Palabras claves: Diseño, fabricación, filtro de banda horizontal

ABSTRACT

The present thesis project comprises the design, manufacture and assembly of a horizontal band filter which performs the function of separation of solids and liquids from copper concentrate, through its filtering-washing-drying cycle. The web filter is designed to obtain copper concentrate in paste with a humidity of 10%.

The design capacity of the horizontal band filter is 80 TPH Cu concentrate, composed of a steel frame that supports a set of rollers on which a natural rubber conveyor belt or other elastomer rotates.

The conveyor belt moves on 2 wear belts and is suspended over a water or air system to avoid wear due to friction. On the conveyor belt is the filter cloth, which can be monofilament or punching. The filtration surface consists of a cup forming zone followed by a drying zone.

The design work was carried out applying the methodology used in the courses of "Mechanical Design, Structures and Foundation of Machines, Finite Elements" of the specialty of Electrical Mechanical Engineering of the Catholic University of Santa Maria. The design memory is accompanied by basic engineering, detail and assembly.

Finally, the economic analysis of the design, manufacture and assembly of the horizontal band filter was carried out based on quotes made by mechanical metal companies of our environment, arriving at a total cost lower than the cost of a similar machine offered in the market. Which completes and makes the present thesis a valid proposal for the solution of the need to be covered.

Key words: Design; fabrication; Horizontal Belt Filters

INDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

Abstract

CAPITULO I 9

OBJETIVOS DEL PROYECTO 9

1.1 ANTECEDENTES..... 9

1.1.1 Aplicaciones para el filtro de banda horizontal 10

1.1.1.1 Lavado con la corriente 10

1.1.1.2 Lavado de Contracorriente 11

1.1.1.3 Soluciones para el secado..... 11

1.2 OBJETIVO GENERAL 14

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 14

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO 16

1.5 RESTRICCIONES DEL PROYECTO 16

CAPITULO II 17

MARCO TEORICO..... 17

2.1 MARCO CONCEPTUAL PARA LOS SISTEMAS DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO 17

2.1.1 OPERACIONES DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO EN MINERÍA 19

2.1.2 MECANISMOS DE LA SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO 20

2.1.3 SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO..... 23

2.1.4 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO 24

2.1.5 FILTRACIÓN..... 25

2.2 MARCO CONCEPTUAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL 58

2.2.1 Optimización del Diseño de Estructuras 58

2.2.2 Objetivos del Projectista Estructural..... 59

2.2.3 Tipos de Uniones..... 60

2.2.3.1 Conexiones Soldadas..... 60

2.2.4 El Acero como material Estructural 65

2.2.5 Ventajas del Acero 65

2.2.6 Desventajas del Acero 66

2.3 MARCO CONCEPTUAL DEL DISEÑO MECÁNICO 67

2.3.1 ESTADO DE LA TECNOLOGÍA	67
2.3.2 COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS	69
2.3.3 LISTA DE EXIGENCIAS	69
2.3.4 ESTRUCTURA DE FUNCIONES	72
2.3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA	82
2.4 CRITERIOS DE DISEÑO SEGÚN ESTÁNDARES Y NORMAS	83
2.4.1 ECONOMÍA EN EL DISEÑO	83
2.5 CRITERIOS DE FABRICACIÓN	84
2.5.1 Concepto de obra como un conjunto:	84
2.5.2 Procesos Automatizados de Fabricación en Taller:	85
CAPITULO III	86
SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	86
3.1 Características del material a Filtrar	86
3.2 Determinación de cargas actuantes en el sistema de transporte	88
3.2.1. Velocidad y ancho de faja recomendada	89
3.2.2.- Selección de Rodillos	92
3.2.3.- Calculo de la Potencia requerida	98
3.2.4 Calculo de tensión efectiva y Potencia del motor	104
3.2.5 Calculo de tensiones máximas, mínimas y tensión de faja	105
3.3 Selección de equipos de trasporte (Poleas,conveyor,guiadores,raspadores)	107
3.3.1 Poleas:	107
3.3.2 Rodillos:	108
3.3.3 Tensores de Faja, Limpiadores, y Accesorios:	108
3.3.4 Conveyor:	112
3.3.4.1 Bandas Transportadoras de Hule para Trabajo Pesado	112
3.4 Selección de motor	114
3.5 Selección de elementos de transmisión de potencia	114
3.5.1 Diseño del eje lado motriz:	114
3.5.2 Diseño del eje lado polea de cola:	123
3.5.3 Selección de chumaceras:	130
CAPITULO IV	131
DISEÑO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE Y FRAME DE TRANSPORTE	131
4.1 Determinación de cargas actuantes en el cuerpo.	131
4.2 Determinación de cargas actuantes en la estructura de soporte	132
4.3 Selección de perfiles.	134

4.3.1. Selección de perfiles sometidos a tensión o tracción:	135
4.3.2. Calculo de vigas por momentos:	138
4.4 Calculo de elementos de unión (pernos y soldadura).....	144
CAPITULO V.....	149
DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO, SECADO Y LAVADO	149
5.1 Determinación de las variables actuantes sobre el sistema de Filtración	149
5.2 Análisis de Sistema de Levante, Caja de vacío y cajas de aire	164
5.3 Análisis de distribuidores (Manifold) de aire y vacío	167
5.4 Análisis del sistema de alimentación y descarga	170
5.5 Selección de componentes mecánicos: Bomba de vacío, Blower.....	171
5.6 Selección de elementos de filtración (Tela Filtrante, deltraker).....	172
5.7 Selección del tipo de tubería de lavado, agua de sello y accesorios	177
5.8 Sistema de protección del equipo:	181
5.9 Sistema de seguridad durante la operación:	181
5.10 Análisis de montaje del equipo de filtro de banda horizontal	181
CAPITULO VI.....	186
EVALUACIÓN ECONOMICA	186
6.1 Metrados del sistema.....	186
6.1.1. Sistema estructural:	186
6.1.2 Sistema de tuberías:.....	186
6.1.3 Sistema mecánico:.....	186
6.2 Evaluación de costos de sistemas de potencia y accesorios de tubería.....	187
6.2.1 Lista de materiales sistema de potencia:	187
6.2.2 Lista de materiales accesorios de tubería:	188
6.3 Evaluación de recursos y personal.....	189
6.4 Costo total del proyecto	191
6.5 Línea Base de costos	192
6.6 Comparación de costos en fabricación y montaje estructural.....	193
6.7 Conclusiones.....	194
6.8 Recomendaciones.....	195
6.9 Bibliografía.....	196
ANEXOS	197
PLANOS	234

CAPITULO I

OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

En la industria y la minería el agua es un bien escaso y preciado. La mayor parte de los procesos utiliza cantidades sustanciales de agua, requiriéndose su recuperación mediante etapas de separación sólido - líquido. El agua que se recupera no se descarta y es, en su mayor parte, recirculada al proceso y al mismo tiempo la industria y la minería han evolucionado constantemente, esto ha requerido también mejorar sus procesos y disminuir tiempos de parada el cual implica tener equipos que puedan satisfacer estas necesidades, uno de estos procesos de mejora es la filtración que es el proceso que separa sólidos de líquidos usando un medio poroso que retiene el sólido pero permite pasar el líquido.

El proceso de filtración va siempre después de la etapa de sedimentación y a su vez antes de la fundición.

“Las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la filtración son muchas y variadas, la selección del tipo de equipo más apropiado depende de un gran número de factores.

En cualquier tipo de equipo que se use se forma gradualmente una torta de filtro sobre el medio poroso la resistencia al flujo aumenta progresivamente a través de toda la operación”¹. Los factores que afectan la velocidad de filtración incluyen:

- El aumento de presión y la caída del caudal en la cara posterior del medio filtrante.
- El área de la superficie de filtración.
- La viscosidad de lo filtrado.

¹ F.CONCHA.Manual de Filtración&Separación, Chile, s.f., p.383

- La resistencia de la torta de filtro.
- La resistencia del medio filtrante y de las capas iniciales de la torta.

Existen diferentes equipos que pueden lograr este proceso como son:

- Filtros de vacío a tambor.
- Filtros de vacío de discos.
- Filtros a presión vertical y horizontal.
- Filtros de banda horizontal.

Cada uno de ellos los estudiaremos más adelante para determinar la mejor solución a la filtración de concentrado de cobre el cual implica este proyecto.

Como caso de estudio y aplicaciones tenemos al filtro de banda horizontal.

1.1.1 Aplicaciones para el filtro de banda horizontal

1.1.1.1 Lavado con la corriente

“El lavado con la corriente en varias etapas brinda una excelente eficacia de lavado cuando el filtrado de dilución no es crítico. La recuperación del 99,8% es común con dos a tres lavados de desplazamiento”².

Las aplicaciones típicas son:

- Recuperación de Oro y de Plata en los procesos de tipo Merrill Crowe
- Recuperación de metales en solución seguida por la precipitación
- El lavado de la roca fosfórica
- Recuperación de manganeso
- Cobre
- Rutilo sintético

² Filtros de Banda Delkor, Chile, s.f., p.1

1.1.1.2 Lavado de Contracorriente

Este método se utiliza cuando el tratamiento con la corriente de filtrados requiere una mínima dilución, como la extracción de disolventes, evaporación o cuando el agua de lavado es limitada. Ambas zonas de filtración de la torta y las zonas que contienen cuadros al vacío, pueden ser divididas de manera efectiva y sencilla.

Las aplicaciones típicas son:

- El ácido de cobre y cobalto lixiviado
- El lavado de nitratos
- Jarosita
- Hemi-dihidrato-yeso de ácido fosfórico
- Extracción de alúmina de lodo sinterizado
- Recuperación de uranio después de filtrar ácido o carbonato
- Recuperación de trota amarilla
- Lavado de pulpa de celulosa
- Recuperación de salmuera
- Ceniza de soda
- Recuperación de Vanadio y Tungsteno
- Lavado de barro de azúcar de caña

1.1.1.3 Soluciones para el secado

Las aplicaciones típicas que involucran el secado de concentraciones de materiales de flotación o ripios incluyen:

- | | |
|----------------|------------------|
| - Carbón- Zinc | |
| - Cobre | - Pirita |
| - Plomo | - Roca fosforita |
| - Níquel | - Magnetita |

Materiales gruesos y densos

Las aplicaciones que involucran el secado de materiales densos y más gruesos incluyen:

- Efluentes de máquinas de papel
- Mineral de Hierro
- Arena de sílice
- Las cenizas de la central eléctrica
- Estaño
- Calderas de cenizas volantes de bagazo.

La tabla N° 1 muestra algunas de estas aplicaciones en diferentes procesos.

TABLA N° 1

APLICACIONES DE LAVADO PARA REMOVER IMPUREZAS		
UBICACIÓN	TAMAÑO DE FILTROS	PROCESO
Mantos de Oro: La Coipa	12 de 100 m ²	Lavado de relaves de oro para remover cianuro
Meridian: El Peñon	3 de 54 m ²	Lavado de relaves de oro para remover cianuro
Escondida: Coloso	2 de 63 m ²	Lavado de concentrado de cobre para remover cloruro
Minera Milpo	1 de 73 m ²	Sistema de filtración para remover relaves

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.



filtros de banda de La Coipa de 100 m² cada uno.



Filtros de banda horizontal de 54 m²
cada uno en la Planta El Peñón de Minera Meridian.



**Planta con *filtros de banda horizontales* más grande del
mundo con 26 filtros de 80 m² cada uno.**

Fig.1

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Los objetivos generales del proyecto son:

- Optimizar el sistema de filtrado, logrando el 8%-10% de humedad del queque, el cual es standar.
- Reducir los costos de fabricación en 30% aprox. optimizando el diseño de los elementos como son estructura de soporte, frame de filtro, líneas de alimentación.
- Reducir los tiempos de mantenimiento haciendo una selección adecuada de los elementos de máquina.
- Tener un abastecimiento óptimo del concentrado de Cu.
- Facilidad de mantenimiento y flexibilidad de operación.
- Aplicar las normas técnicas y estándares de fabricación y soldadura.
- Análisis de las cargas aplicadas por elementos finitos.
- Desarrollo de ingeniería básica detalle y montaje.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La justificación del proyecto es la justificación de diseño, para esto es necesario conocer el proceso de filtrado y secado constituida por:

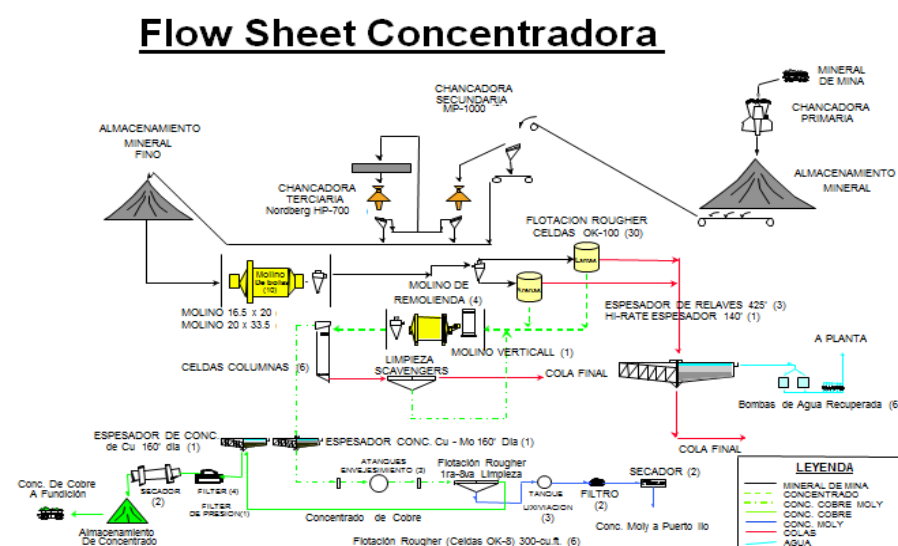


Fig.2

Nota. Extraído de <<Minera Southern Perú>>, ©

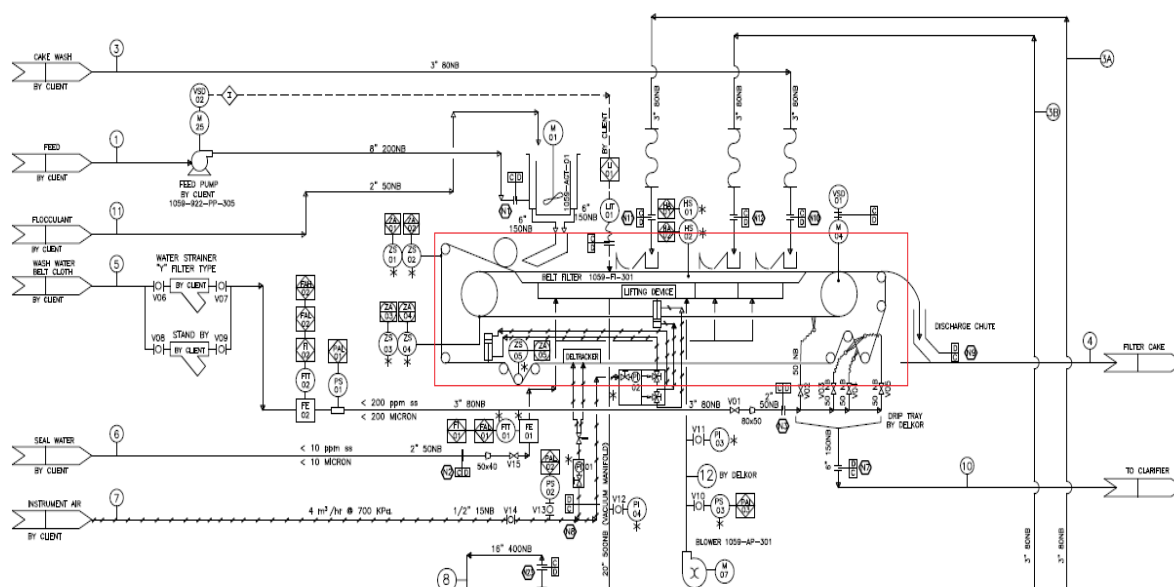


Fig.3

Nota. Extraído de <<Yamana Gold Minera, Manual de Operación y Mantenimiento>>, Chile, 2011

La industria y la minería busca reducir los procesos y ciclos de operación de sus equipos esto intensifica un estudio de diseño, en este caso el proceso de filtrado está compuesto por varios elementos estructurales, mecánicos, líneas de alimentación, etc esto hace que algunos filtros del tipo prensa vertical, rotatorio, prensa horizontal, banda horizontal, etc sean más eficientes y puedan filtrar el mineral con una humedad de entre 8% y 10% sin que estos presenten problemas en su operación.

Por tanto cuando se tiene un óptimo diseño esto reduce los costos de operación y mantenimiento el cual justifica este proyecto de tesis.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance es un proceso para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito.

Definir y controlar lo que está y lo que no está incluido en el proyecto.

El alcance del proyecto de tesis contempla:

1. Diseño del sistema de transporte
2. Diseño estructural del filtro de banda
3. Selección de componentes mecánicos
4. Cálculo del espesor de tubería de proceso
5. Diseño y selección de elementos de filtrado
6. Evaluación económica

1.5 RESTRICCIONES DEL PROYECTO

Las restricciones son limitaciones que afectan el desempeño del proyecto. Las restricciones más importantes son el: presupuesto, alcance y tiempo (Triple Restricción).

Una asunción o suposición es una circunstancia o evento fuera del proyecto que pueden afectar a su éxito, pero que están fuera de su control total.

Las restricciones del proyecto de tesis son:

1. Pedestales de concreto para anclaje del equipo
2. Fuera del alcance líneas de alimentación
3. Fuera del alcance diseño de flexibilidad de las tuberías

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL PARA LOS SISTEMAS DE SEPARACIÓN SÓLIDO- LÍQUIDO

“La separación sólido-líquido por métodos mecánicos forma parte de una gran área de técnicas de separación de fases sólidas, líquidas y gaseosas. Este tipo de separación aparece en un extenso número de procesos industriales en los diversos campos de la economía”¹. A ella pertenece la eliminación de agua desde suspensiones en la industria, la recuperación de agua en procesos de la minería, la purificación de aguas domiciliarias, la eliminación de polvo, la desgasificación de líquidos y la eliminación de espumas, entre muchos otros procesos. Es, entonces, pertinente poner los procesos de separación sólido-líquido dentro del contexto de las operaciones de separación de fases. Las tablas N°2.1 y 2.2 muestran procesos de separación de materiales sólido, líquido y gaseoso en fase dispersa y continua. Las letras cursivas en negrita corresponden a la separación sólido-líquido. En los procesos de separación sólido-líquido que nos interesan, el componente líquido siempre se encuentra en fase continua mientras que el componente sólido puede estar en forma dispersa o continua. En una suspensión que se alimenta a un espesador, el sólido está en forma dispersa en la etapa de sedimentación, pero se considera como fase continua en la etapa de consolidación. En el caso de filtración el sólido se encuentra disperso en la alimentación al filtro, pero en fase continua una vez que se formó el queque. Dentro del contexto de la separación sólido-líquido, denominaremos Sistema Particulado toda mezcla de materiales en que el sólido esté formado de partículas, estén éstas en estado disperso o continuo. Cuando las partículas forman una fase discreta, lo llamamos suspensión o dispersión y cuando están en forma continua, lo denominamos medio poroso. Asociado a sistemas dispersos es la sedimentación y asociado a medios porosos, la filtración.

¹ F.CONCHA.Manual de Filtración&Separación, Chile, s.f., p.1

Tabla 2.1 Mezcla de fases continuas y dispersas y métodos de separación

Fase dispersa	Fase continua		
	Sólido	Líquido	Gas
Sólido		<i>Sedimentación</i> <i>Clarificación</i> <i>Filtración</i> Centrifugación Clasificación Molienda Flotación	Sedimentación Eliminación de polvo Filtración Molienda Clasificación
Líquido	Cromatografía	Sedimentación Centrifugación	Sedimentación
Gas	Degasificación	Flotación Degasificación	Cromatografía de gases

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.2.

Tabla 2.2 Mezcla de dos fases continuas y su separación

Fase continua	Fase continua		
	Sólido	Líquido	Gas
Sólido		<i>Consolidación</i> <i>Expresión</i> <i>Humectación de queques de filtración</i>	Degasificación de queques de filtración
Líquido	<i>Consolidación</i> <i>Expresión</i> <i>Humectación de queques de filtración</i>		
Gas	Degasificación de queques de filtración		

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.2.

2.1.1 OPERACIONES DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO EN MINERÍA

La separación de mezclas de sólido-líquido requiere, generalmente, una secuencia de operaciones como las indicadas en la figura 2.1.

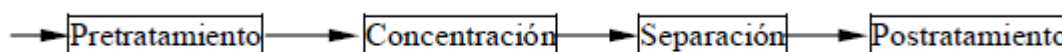


Fig. 2.1 Secuencia de operaciones de separación sólido-líquido.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

Cada una de estas etapas puede ser realizada de diversas maneras. El esquema que sigue muestra algunas formas de llevarlas a cabo:



Fig. 2.2 Esquema de los procesos de separación sólido-líquido

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

“Mantener un proceso de separación sólido-líquido eficiente requiere considerar el conjunto de estas operaciones”².

² F.CONCHA.Manual de Filtración&Separación, Chile, s.f., p.4

La economía de la separación sólido-líquido en una secuencia de etapas con diferentes procesos, como se indica en la figura 2.1, depende, además de los aspectos individuales de cada etapa, en encontrar los puntos óptimos de transición entre una etapa y la otra.

2.1.2 MECANISMOS DE LA SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

La separación de sólido y líquidos de una mezcla se puede realizar mediante métodos puramente mecánicos y térmicos. La figura 2.3 muestra estos métodos y las operaciones o procesos a los que da origen. “Las operaciones térmicas de secado y vaporización pueden separar totalmente la mezcla de sólidos y líquidos, cosa que no logra ninguna de las operaciones mecánicas. Sin embargo, las operaciones térmicas raramente se utilizan por sí solas en empresas mineras debido a su alto consumo de energía. Cuando se las utiliza, ellas van precedidas de las operaciones mecánicas mencionadas y las complementan para disminuir la humedad residual de la fase sólida”³.

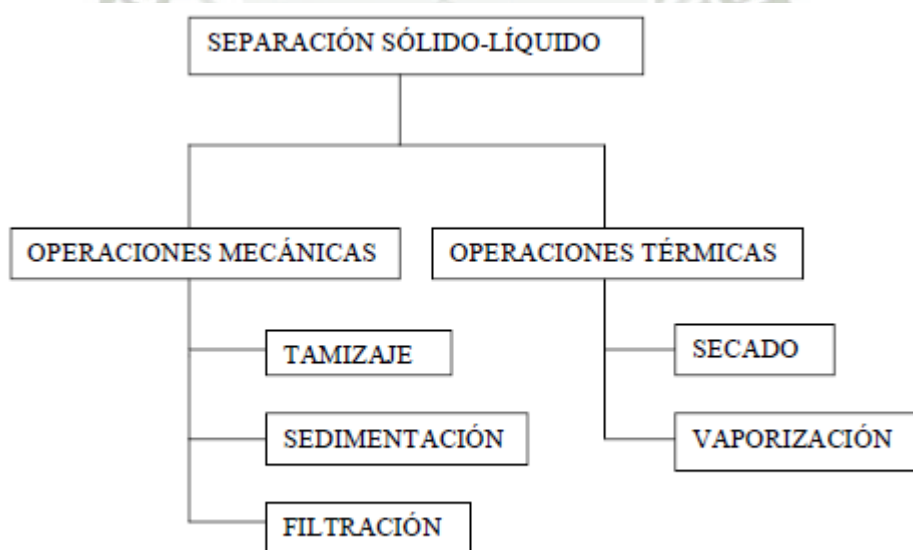


Fig. 2.3 Mecanismos de Separación sólido-líquido

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.4.

Las operaciones mecánicas de separación sólido-líquido se basan en tres mecanismos, la sedimentación, la consolidación y el flujo en medios porosos.

³ F.CONCHA.Manual de Filtración&Separación, Chile, s.f., p.4

Se denomina sedimentación al proceso de asentamiento de un material sólido o líquido desde un fluido, generalmente agua o aire, desde un estado de suspensión. El proceso se observa en la naturaleza en los procesos geológicos de formación de los depósitos de rocas y minerales y, mucho más visiblemente, en la sedimentación de gotas de agua o hielo, denominada lluvia o granizo respectivamente, o en la deposición de polvo.

La figura 2.4 muestra en forma esquemática la sedimentación de esferas sólidas en un líquido. La eficiencia de la separación depende principalmente de la magnitud del campo de fuerza de cuerpo aplicada, gravitacional o centrífuga, de la diferencia de densidades entre las partículas sólida y líquida, del tamaño de las partículas y de la viscosidad del líquido. La cantidad de líquido de una suspensión que es capaz de separar la sedimentación es toda aquella que no llena los poros del sedimento formado. La figura 2.4 muestra un esquema de partículas en sedimentación gravitatoria. Las formas de aplicar fuerzas de cuerpo, o fuerzas externas, a una suspensión se muestran en la figura 2.5.

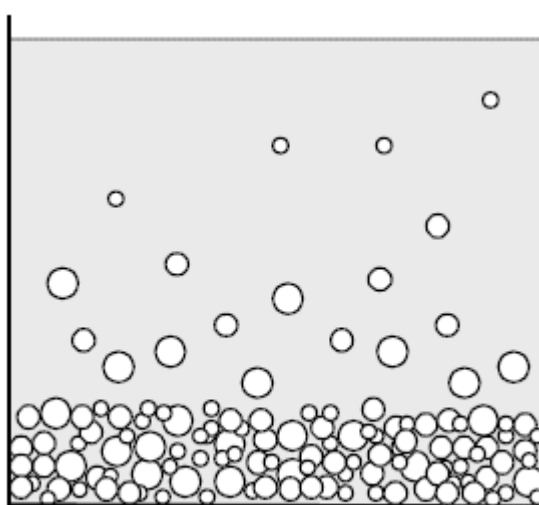


Fig.2.4 Sedimentación de esferas en un líquido

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

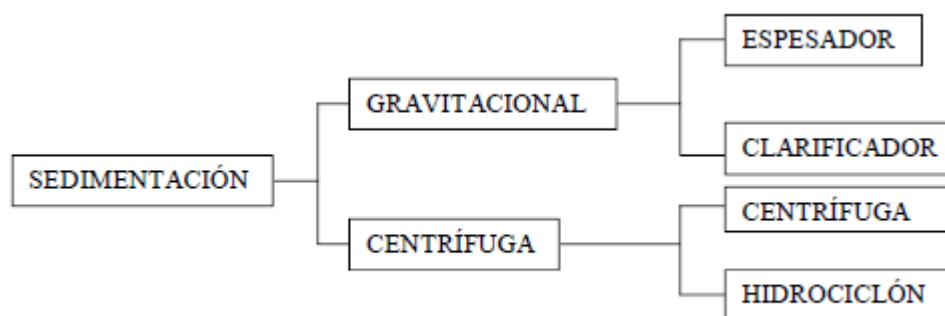


Fig. 2.5 Fuerzas que originan la sedimentación y los equipos asociados.

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.5.

Cuando el agua retenida en el sedimento es más que la deseada, se debe recurrir a la filtración. Se denomina filtración al proceso de formar un queque soportado por un medio filtrante, eliminando líquido denominado filtrado. Cuando todo el líquido de la suspensión ha pasado por el queque y los poros de éste están llenos de líquido, esto es, el queque está saturado, la formación de queque ha terminado. Para eliminar más líquido, se sopla aire a través del queque, él que desplaza al líquido disminuyendo su humedad. La fuerza impulsora de la filtración es un gradiente de presión. Este gradiente puede ser la presión hidrostática del líquido a filtrar o un gradiente de presión exterior impuesto por una bomba. Las variables más importantes en la filtración son la porosidad y la permeabilidad del queque, esto es la facilidad con que escurre el agua a través de él. La filtración puede ser ayudada o dificultada por la sedimentación. En general la suspensión a filtrar se impulsa hacia un recipiente y se hace pasar a través de un medio poroso denominado medio filtrante. Si el filtro es horizontal, la sedimentación de las partículas ayudaran a la filtración, en cambio si el filtro es vertical, las partículas sedimentarán en la dirección perpendicular a la dirección de la filtración. Las figuras 2.6a y 2.6b muestran estos dos casos.

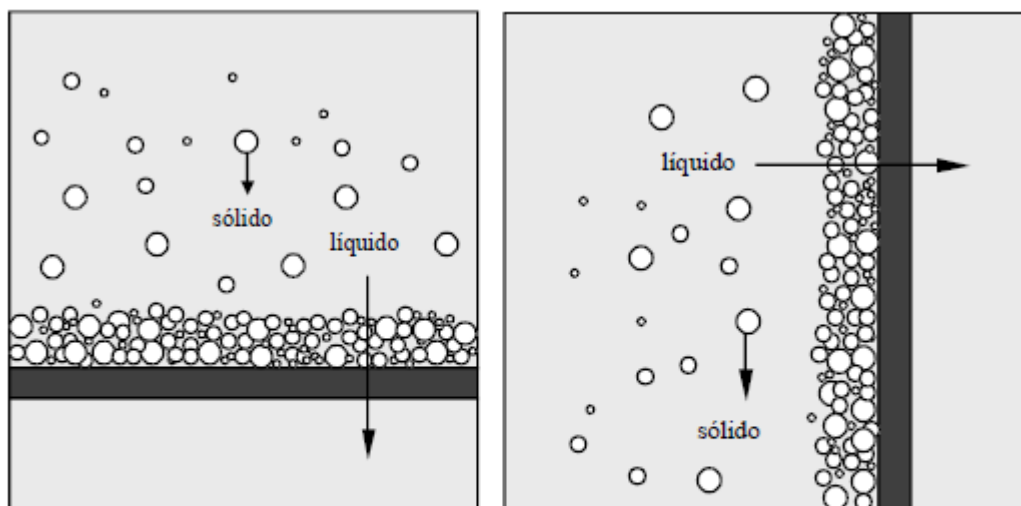


Fig. 2.6a Sedimentación y Filtración en la misma dirección

Fig. 2.6b Sedimentación y Filtración en direcciones perpendiculares.

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.6.

2.1.3 SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

La mayoría de las suspensiones concentradas que resultan de la operación de una planta de Procesamiento de Minerales, son materiales con comportamiento no- newtoniano, en muchas ocasiones de tipo visco-plásticos, que se caracterizan por tener memoria. Esto significa, que el comportamiento de una misma suspensión en la misma operación puede ser diferente si la pulpa ha sido sometida previamente a un pre- tratamiento o a una operación o proceso previo. En este sentido, por ejemplo, el espesamiento de una pulpa tiene gran influencia en la posterior filtración. De aquí la recomendación de optimizar los procesos de separación sólido-líquido en conjunto, en vez de tratarlos por separado o, en considerar algunos e ignorar otros. Por otra parte, una misma tarea de separación sólido-líquido puede ser realizada con secuencias de diferentes combinaciones de equipos, por lo que cualquier estudio debe considerar estas operaciones en conjunto. “Operar un sistema de separación sólido-líquido requiere conocer los parámetros más importantes en su comportamiento. Para ello es necesario determinar estos parámetros en el laboratorio y formular ecuaciones constitutivas del material. Al realizar estas pruebas, es necesario tener en cuenta las propiedades de memoria que tienen las pulpas. Las suspensiones sufren lo que

se denomina envejecimiento, por lo que es conveniente realizar los ensayos experimentales directamente en las plantas y, si se efectúan en equipos continuos, evitar la recirculación del material”⁴.

2.1.4 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

Las figuras 2.7 y 2.8 muestran los nombres de los principales equipos utilizados para la separación sólido-líquido en la industria minera, tanto en sedimentación como en filtración.

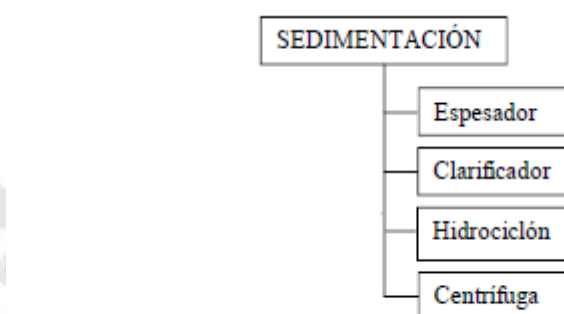


Fig. 2.7 Equipos que utilizan la sedimentación como mecanismo

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995

⁴ F.CONCHA.Manual de Filtración&Separación, Chile, s.f., p.6

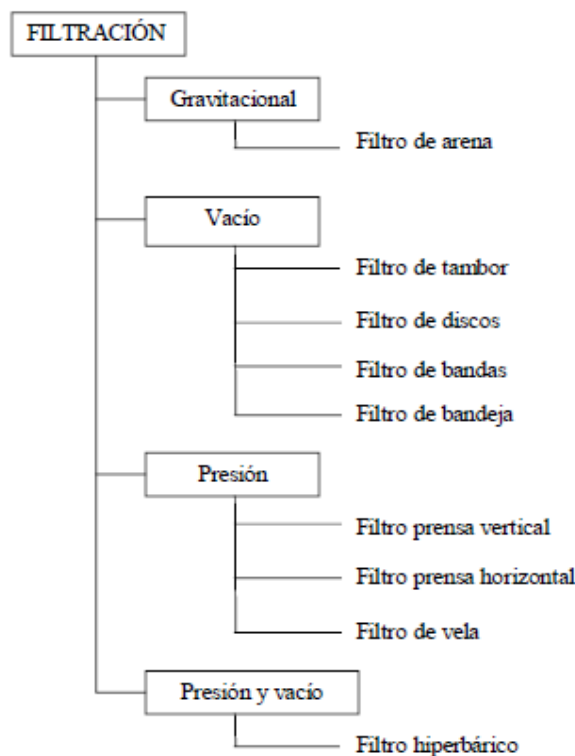


Fig. 2.8 Equipos utilizados en la separación sólido-líquido en minería

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

2.1.5 FILTRACIÓN

2.1.5.1 DEFINICIÓN, EQUIPOS Y OPERACIÓN

“Filtración es el proceso de separación sólido-fluido mediante el cual el sólido es separado del fluido en una suspensión haciéndolo pasar a través de un lecho poroso, denominado medio filtrante”⁵. El lecho retiene las partículas mientras que el fluido pasa a través del medio filtrante y recibe el nombre de filtrado. Para establecer el flujo a través del medio filtrante es necesario aplicar un gradiente de presión como fuerza impulsora. Existen varias formas para aplicar este gradiente de presión, por ejemplo:

⁵ F.CONCHA.Manual de Filtración&Separación, Chile, s.f., p.222

- La gravedad
- El vacío
- Una presión
- Un vacío y una presión combinados
- Una fuerza centrífuga y
- Un gradiente de saturación.

La mayor parte de estas formas de aplicar presión da lugar a diferentes tipos de equipos de filtración, los que se reciben el nombre de filtros.

Se puede distinguir tres clases de filtración:

1. La filtración con formación de queque,
2. La filtración sin formación de queque y
3. La filtración profunda.

1. Filtración con formación de queque

La filtración con formación de queque se caracteriza porque el sólido de la suspensión es retenido en la superficie del medio filtrante como una capa denominada queque. Esto se produce naturalmente cuando los poros del medio filtrante tienen un tamaño menor que las partículas. Cuando este no es el caso, es necesario cubrir el medio filtrante con una delgada capa de material fibroso, denominado ayuda de filtración, que bloquea el paso de las partículas a través del medio filtrante. “En este tipo de filtración, el flujo de suspensión es perpendicular a la superficie del medio filtrante. La filtración con formación de queque se utiliza para suspensiones que poseen más de un 10% de sólidos en volumen y es, sin duda, el proceso de filtración más importante en la industria minera y en la industria de procesos en general”⁶

⁶ F.CONCHA. Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración, Chile, s.f., p.222

2. Filtración sin formación de queque

Cuando el flujo de la suspensión es paralelo a la superficie del medio filtrante, éste aún retiene las partículas sólidas. Sin embargo, el flujo de la suspensión produce una tasa de cizalle muy alto, la que previene la formación de una capa de sólidos retornándolos a la suspensión. En esta forma el líquido atraviesa el medio filtrante mientras que el sólido permanece en la suspensión aumentando su concentración con el tiempo. “Este tipo de filtración es útil cuando se desea concentrar una suspensión sin que sea necesario un producto de baja humedad. Aun cuando la filtración sin formación de queque puede ser utilizada en la separación sólido-líquido, es principalmente utilizada en la filtración de gases polvorientos”⁷.

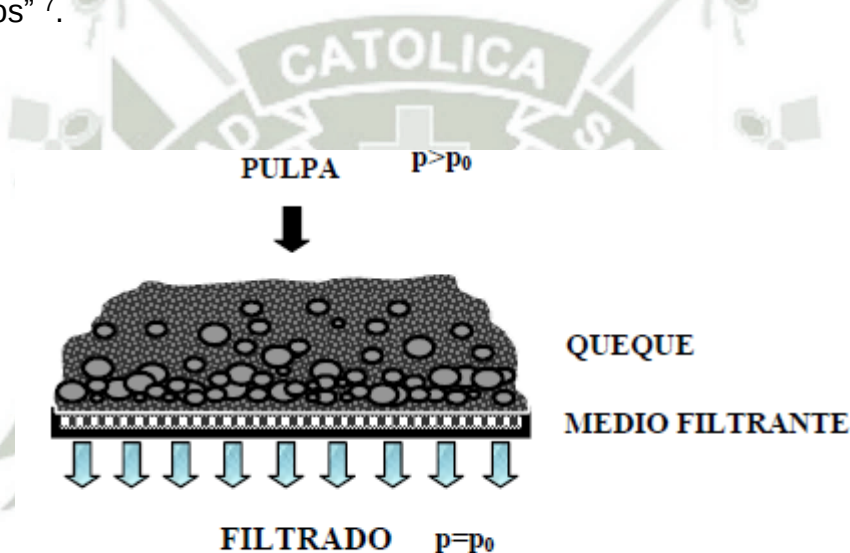


Fig. 2.9 Filtración con formación de queque

Nota. Extraído de << Reología de Suspensiones, Monografía, Universidad de Concepción>>, de F.Concha,1990.

⁷ F.CONCHA. Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración, Chile, s.f., p.223

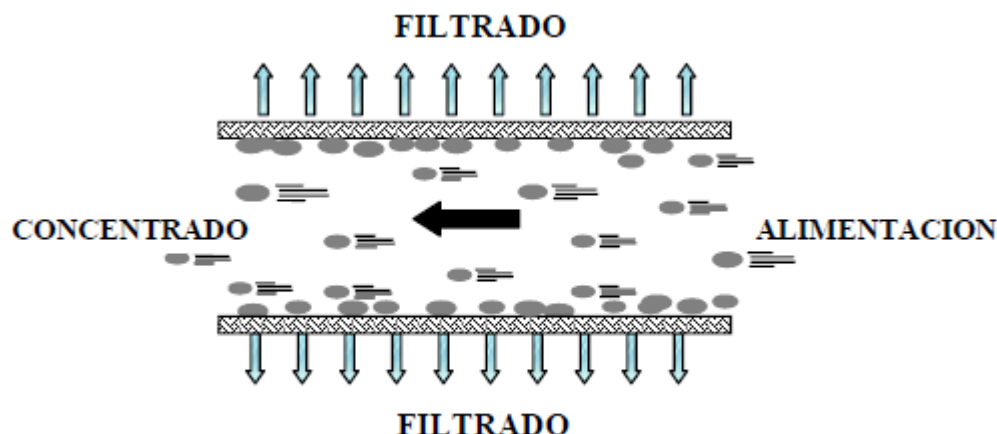


Fig.2.10 Filtración sin formación de coque

Nota. Extraído de << Reología de Suspensiones, Monografía, Universidad de Concepción>>, de F.Concha,1990.

3. Filtración profunda

Para la filtración de partículas muy finas en suspensiones diluidas se utiliza comúnmente filtros que tienen medios filtrantes de poros mayores que las partículas pero de grandes espesores. Las partículas penetran en el interior del medio filtrante y son capturadas por las fibras o partículas que constituyen el medio filtrante. “Este tipo de filtro pierde su capacidad de filtración después de un cierto tiempo y es necesario limpiar el medio filtrante eliminando las partículas desde su interior, o sustituir el filtro por uno nuevo. Dos ejemplos de filtración profunda son los filtros de arena para piscinas y los filtros de aire en automóviles”⁸.

⁸ F.CONCHA. Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración, Chile, s.f., p.224

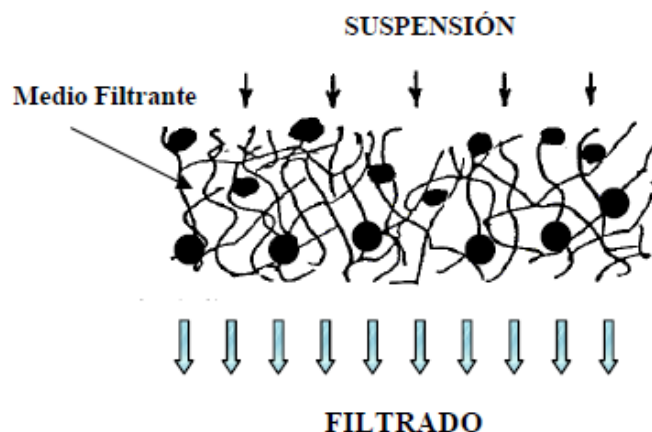


Fig.2.11 Filtración profunda

Nota. Extraído de << Reología de Suspensiones, Monografía, Universidad de Concepción>>, de F.Concha,1990.

Las condiciones en que se realiza una filtración dependen de muchos factores, entre los cuales destacan:

- Las propiedades del fluido, tales como su densidad, viscosidad y corrosividad.
- La naturaleza del sólido, tal como su tamaño, forma y distribución de tamaño.
- Las propiedades de la suspensión, tales como su concentración y compresibilidad.
- La cantidad de material a tratar.
- El valor del material y si el material valioso es el sólido, el fluido, o ambos.
- Si es necesario lavar el queque.
- Si es importante o no la contaminación del producto.

2.1.5.2 VARIABLES DE OPERACIÓN

Las principales variables en un proceso de filtración pueden ser separadas en: variables de entrada, variables de salida, parámetros, perturbaciones y variables controlables. El esquema indicado en la figura 2.12.

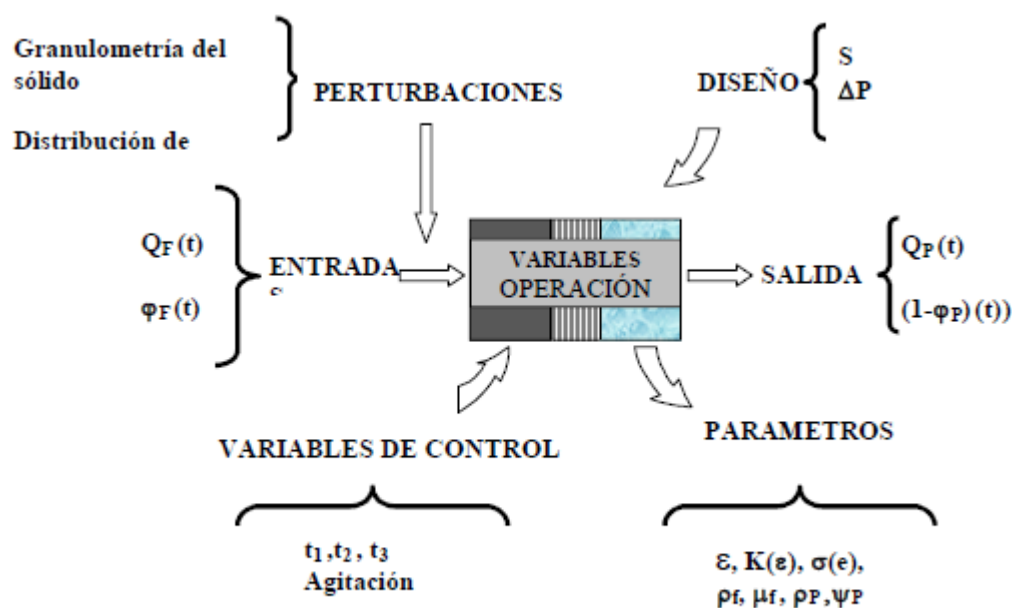


Fig.2.12 Variables en filtración.

Nota. Extraído de << Reología de Suspensiones, Monografía, Universidad de Concepción>>, de F.Concha,1990.

Variables de entrada: Flujo $Q_F(t)$ y concentración $\phi_F(t)$.de entrada de suspensión,

Variables de salida: Flujo de descarga $Q_P(t)$ y humedad $(1-\phi_P)(t)$.del queque,

Variables de diseño: Área de filtración S y gradiente de presión ΔP ,

Variables de control: Tiempo de filtración t_f , de lavado t_l y de secado t_s , magnitud de la agitación.

Parámetros: Porosidad ϵ , permeabilidad $k(\epsilon)$ y compresibilidad $\sigma(\epsilon)$ del queque, densidad ρ_f y viscosidad μ_f del filtrado, densidad ρ_P y forma ψ_P de las partículas.

Perturbaciones: Granulometría del sólido.

“La mayoría de los equipos de filtración, sean continuos o discontinuos, trabajan en ciclos de formación del queque, lavado, secado y descarga”⁹

⁹ F.CONCHA. Manual de Filtración & Separación, Chile, s.f., p.225

a) Formación del queque:

La magnitud de material depositado en el medio filtrante depende del gradiente de presión, de la concentración de la suspensión y del tiempo de succión. En este ciclo hay un flujo continuo de filtrado a través del medio filtrante y del queque.

b) Lavado del queque:

La necesidad de lavar el queque depende del objetivo perseguido por el proceso de filtración. El lavado se efectúa para eliminar impurezas del queque o para recuperar líquidos valiosos. El lavado del queque implica calcular la cantidad mínima de agua necesaria para desplazar el líquido de los poros y el tiempo necesario.

c) Secado del queque:

Secado del queque es aquella etapa en que el agua retenida en los poros del queque es desplazada soplando aire o succionado aire de la atmósfera. Para controlar esta etapa es necesario conocer la cantidad de agua retenida en el queque. El criterio para seleccionar la humedad residual del queque es económico, cuando no es una restricción del equipo.

d) Descarga del queque:

El desprendimiento del queque y su descarga es de gran importancia para una operación eficiente. En el caso de filtración a vacío la descarga es muy simple y consiste en raspar las telas y eliminar el producto por gravedad. En el caso de filtración a presión, o filtración hiperbárica, la descarga se complica por la necesidad de mantener la presión en la cámara, de modo que es necesario tener válvulas que permitan presurizar y despresurizar la zona de descarga en ciclos controlados.

2.1.5.3 EQUIPOS PARA LA FILTRACIÓN

Los equipos que utilizan presión en vez de vacío, deben usar mecanismos mucho más complicados, especialmente para la alimentación y la descarga. Esta ventaja de los filtros de vacío los ha hecho tradicionalmente muy populares en la industria minera y en la industria de procesos en general.

La principal desventaja de los filtros a vacío es la obvia limitación en el máximo gradiente de presión disponible para el proceso, el que depende de la presión atmosférica local. Como la mayoría de las industrias mineras se encuentran situadas en montañas a gran altitud, algunas a más de 4.500 metros de altura, el gradiente de presión disponible es muy pequeño. Esta limitación y los grandes y recientes avances tecnológicos en mecanismos y sistemas de control, han introducido los filtros a presión y los han transformado en un producto preferido en la industria minera en la actualidad.

Una alternativa interesante es la combinación de ambos tipos de filtros, esto es, los filtros de vacío y los de presión. “Si un típico filtro de vacío se introduce en una cámara presurizada, se puede incrementar el gradiente de presión a los valores considerados óptimos para la filtración. Estos filtros se denominan filtros hiperbáricos y combinan la sencillez de construcción y operación de un filtro de vacío con la ventaja de mayores presiones de los filtros a presión”¹⁰

Filtros a vacío

Hay cuatro tipos de filtros a vacío: el filtro de tambor, el filtro de discos, el filtro de bandeja y el filtro de banda horizontal. Mientras los tres primeros son capaces de producir queques con humedades de hasta 12 a 18% el filtro de bandas logra llegar a humedades menores, del orden de 8 a 10%. A continuación describiremos brevemente cada uno de estos equipos.

2.1.5.3.1 Filtros de tambor

El filtro de tambor consiste en un tambor rotatorio con su parte inferior sumergida en la suspensión. La superficie del tambor está cubierta por un medio filtrante denominado tela filtrante. La suspensión es succionada desde el interior del tambor, donde se ha generado un vacío. Mientras el filtrado pasa al interior del tambor y es evacuado a través de tuberías apropiadas, el sólido es retenido en la superficie cilíndrica formando un queque.

¹⁰ F.CONCHA. Manual de Filtración & Separación, Chile, s.f., p.226

A medida que el tambor rota, las secciones de superficie que estaban sumergidas en la suspensión emergen de ésta, haciendo que aire sea succionado debido al vacío interior, lo que seca al queque. Durante el giro es posible lavar el queque rociando agua en su superficie y permitiendo que se seque de la misma forma anterior. Una vez completado un giro, y antes de entrar nuevamente en la suspensión, un mecanismo raspa la superficie descargando el queque en una tolva.

A continuación se inicia un nuevo ciclo de filtrado-secado-lavado-secado-descarga.

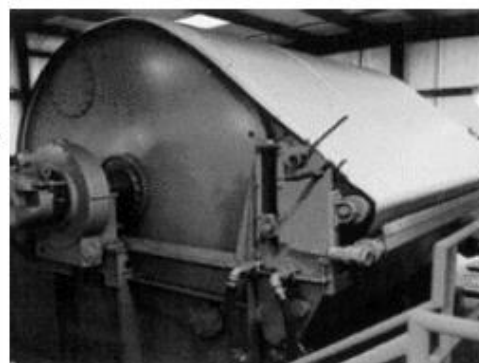
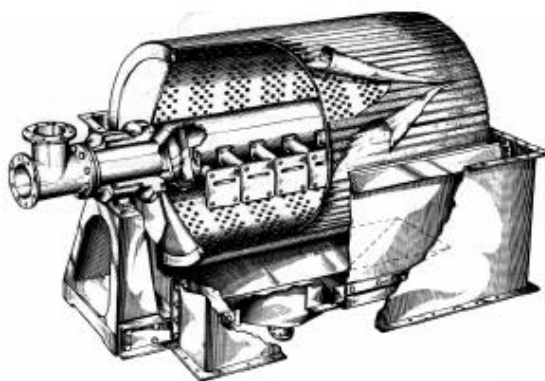


Fig.2.13 Filtro de tambor.

Nota. Extraído de << Filters and Filtration Handbook >>, Elsevier Science,s.f.

2.1.5.3.2 Filtros de discos

El filtro de discos consiste en un eje central que soporta un número determinado de discos, cada uno de los cuales está conectado a un equipo de vacío. Los discos tienen su parte inferior sumergida en la suspensión, de manera similar al caso del filtro de tambor. Cada disco está cubierto de una tela filtrante y, al igual que en el filtro de tambor, trabaja en ciclos de filtrado-secado-lavado-secado y descarga a medida que el sistema de discos va girando. En los filtros de disco el lavado es más difícil de realizar. La ventaja de este equipo en comparación al filtro de tambor, es su gran superficie por unidad de área de piso ocupada, ya que cada disco permite filtrar por ambas caras y se puede acomodar un número bastante grande de discos en un solo equipo. Otra ventaja es la forma modular por sectores en que están contruidos los discos, lo que permite mayor facilidad y flexibilidad en el cambio de telas.



Vista del filtro



Detalle de un sector de un disco

Fig.2.14 Filtro de discos.

Nota. Extraído de << Filters and Filtration Handbook>>, Elsevier Science,s.f.

Una variante de estos filtros de discos, son los filtros cerámicos. Los filtros cerámicos en apariencia y funcionamiento son muy similares a los filtros de discos convencionales. La diferencia estriba en que los sectores que componen los discos son placas de un material cerámico micro poroso como elemento filtrante, basado en óxido de aluminio.

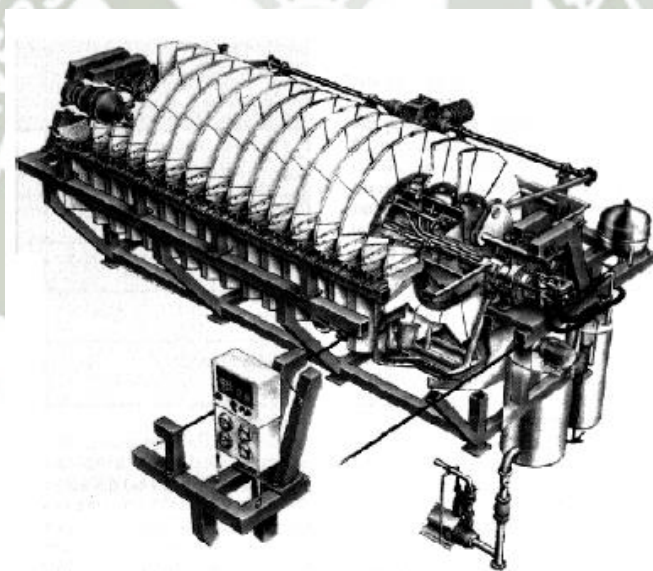


Fig.2.15 Filtro de discos cerámicos.

Nota. Extraído de << Filters and Filtration Handbook>>, Elsevier Science,s.f.

Existen dos tipos de placas cerámicas disponibles. El primer material posee poros de 1,5 micrones con un punto de capilaridad de 1,6 bar y el segundo posee poros de 2,0 micrones con un punto de capilaridad de 1,2 bar. Al sumergirse los discos dentro de la tina con pulpa, tienen una acción capilar iniciando el proceso de desaguado sin fuerza externa.

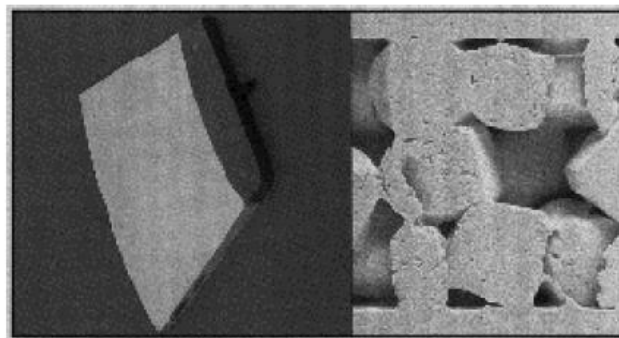


Fig2.16 Placa de filtro cerámico.

Nota. Extraído de << Filters and Filtration Handbook>>, Elsevier Science,s.f.

Los sólidos contenidos en la pulpa se acumulan en la superficie del disco y el desaguado continúa mientras queda líquido presente. “La filtración capilar es un método de filtración que combina las ventajas del filtro convencional de vacío por su construcción simple similar y el efecto capilar. Los filtros cerámicos son utilizados para la filtración de concentrados de cobre y minerales industriales” ¹¹

2.1.5.3.3 Filtros de bandeja

El filtro de bandeja consiste en una serie de bandejas abiertas ubicadas horizontalmente en un plano que rota alrededor de un eje central vertical. Las bandejas están formadas por numerosos sectores en forma de trapecio inclinados hacia el eje central que conectan con una válvula común bajo el centro del equipo. El queque puede ser lavado mediante chorros de líquido una vez terminada la filtración. Es posible realizar un lavado concurrente. La descarga del queque se lleva a cabo mediante un tornillo espiral que lo arrastra hacia el centro, o por volteo de las bandejas. El filtro se adapta muy bien a materiales granulares a grandes concentraciones. La principal desventaja es que las bandejas se utilizan solamente por un lado, por lo que el equipo requiere un espacio de suelo considerable por unidad de producción.

¹¹ F.CONCHA. Manual de Filtración & Separación, Chile, s.f., p.229

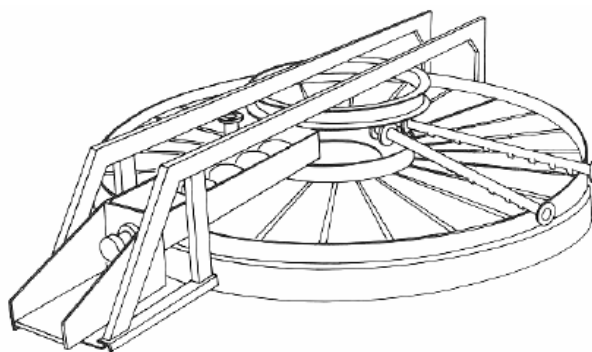


Fig.2.17 Filtro de bandeja horizontal.

Nota. Extraído de << Filters and Filtration Handbook>>, Elsevier Science,s.f.

2.1.5.3.4 Equipos de filtración a presión

La filtración en equipos tradicionales, tales como filtros rotatorios y filtros de bandeja, están siendo menos aceptables en la industria minera y a menudo son considerados inadecuados debido a su alto contenido de humedad, obligando a hacer uso de secadores antes de obtener un producto final. Es así como los filtros de presión son considerados de una tecnología largamente reconocida como un método confiable y eficiente para lograr más bajas humedades y mejores rendimientos demostrando ser una solución eficaz para este problema. Los filtros a presión son equipos inherentemente discontinuos. Al igual que los filtros rotatorios trabajan en ciclos, pero al contrario de estos, deben detenerse para cargar la suspensión y para descargar el queque seco. En la filtración a presión podemos identificar tres tipos de equipos: filtros prensa de placas verticales, filtros prensa de placas horizontales y filtro prensa de disco

2.1.5.3.5 Filtro prensa de placas verticales

En los filtros de presión de placas verticales la separación toma lugar en cámaras formadas entre las superficies de drenaje de placas filtrantes moldeadas que se mantienen unidas entre sí. Estas placas poseen orificios para la alimentación de la pulpa y el drenaje líquido filtrado, las placas están fijas entre sí mediante una presión hidráulica, están montadas verticalmente sobre y entre dos barras laterales o suspendidas de vigas. Estas barras o vigas están conectadas en un

extremo a un cabezal fijo o alimentador, mientras que por el otro extremo están conectados a un cabezal de cierre.

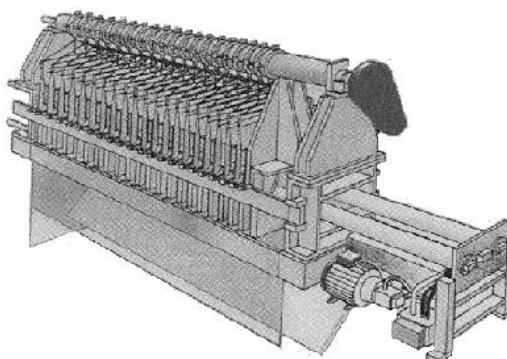


Fig.2.18 Filtro de placas verticales.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

Las placas se comprimen entre sí mediante un arreglo de cierre de un pistón hidráulico en cuyo extremo se encuentra el cabezal móvil que empuja ordenadamente las placas contra el cabezal fijo, formando así una sola unidad filtrante compuesta por el grupo de placas de filtración.

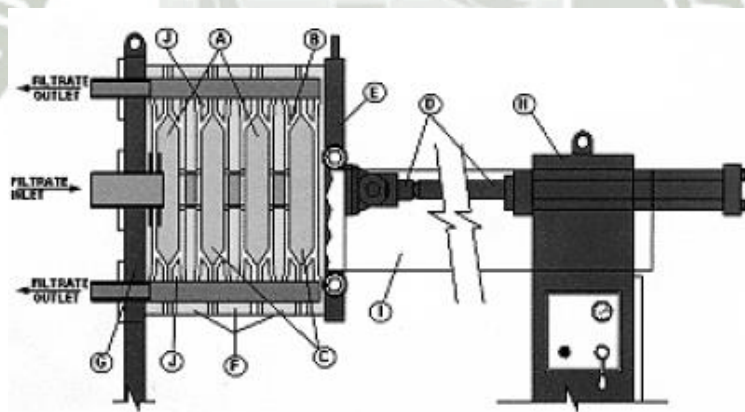


Fig. 2.19 Esquema de un filtro-prensa.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

El mecanismo de acción de un filtro-prensa se puede describir de la siguiente forma: El cabezal (G) y el soporte terminal (H) son sostenidos por rieles de las barras de soporte (I) diseñados especialmente (ver figura 2.19). El pistón hidráulico (D) empuja las placas de acero (E) contra las placas de polietileno (F)

cerrando la prensa La pulpa es bombeada a las cámaras (A) rodeadas por el medio filtrante (B). Al bombear, la presión se incrementa forzando al líquido a atravesar la tela, haciendo que los sólidos se acumulen y formen un queque (C). El filtrado pasa a través de las telas y es dirigido hacia los canales de las placas y puertos de drenado (J) del cabezal para la descarga. Este filtrado típicamente contendrá menos de 15 ppm (mg/l) de sólidos en suspensión. La torta es fácilmente removida haciendo retroceder el pistón neumático, relajando la presión y separando cada una de las placas, para permitir que el queque compactado caiga desde la cámara. La cámara que contiene el queque, está formada de una de las dos formas siguientes, por dos placas ahuecadas que conforman una cámara o por dos placas niveladas en el medio con un marco para el queque (similar a un marco de fotografía). La cara de ambos lados de las placas de filtración posee una superficie de drenaje en forma de ranuras o pepitas para permitir que el líquido filtrado drene por detrás de las telas filtrantes, permitiendo su evacuación a través de ojales situados en las esquinas inferiores de las cámaras. Sobre cada una de las dos superficies de las placas están instaladas telas de filtración. Estas telas están unidas al ojal alimentador fijadas por pernos o difusores impermeables.

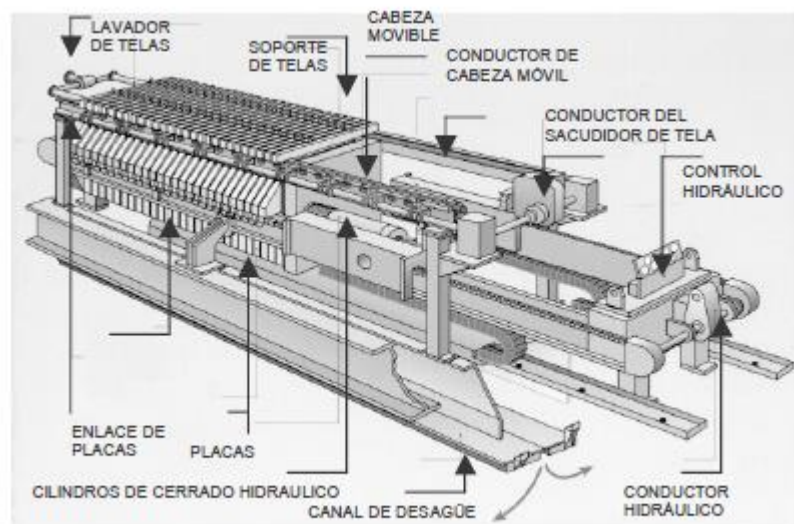


Fig. 2.20 Esquema de un filtro de placas verticales.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

“Las etapas consecutivas del proceso de filtración no comprenden la utilización de compresión mecánica de la pulpa o queque en las cámaras filtrantes”¹². El proceso cíclico de la filtración por presión en los filtros de placas verticales consta de las siguientes fases:

- **Cerrado:** Las placas son comprimidas a alta presión mediante un pistón hidráulico para evitar fuga de material por entre las placas y sellar las cámaras filtrantes.
- **Alimentación:** La alimentación de la pulpa se realiza por el ojal alimentador, o núcleo del cabezal fijo, donde la pulpa de concentrado es bombeada a lo largo de toda la longitud del filtro hasta llenar las cámaras de filtración. Como la pulpa fluye bajo presión, las partículas sólidas comienzan a distribuirse entre ambas caras de la tela filtrante formando una capa inicial de torta de filtro o pre-revestimiento. Esta capa de pre-revestimiento se transforma en el medio real de filtración y, a medida que la filtración continúa, el espesor de ésta aumenta gradualmente hasta que los queques de ambos lados del filtro se tocan o se unen.
El bombeo continúa obteniendo una compresión del queque formado, el que se detiene una vez que el flujo de líquido es prácticamente nulo. Es en este punto en que la bomba alimentadora se detiene.
- **Limpieza:** La limpieza del residuo de pulpa que queda retenido en el interior del núcleo se realiza mediante agua a presión en contracorriente. El agua que queda retenida en el núcleo se elimina con aire comprimido. Esta etapa dura alrededor de 45 segundos.
- **Soplado:** Aire a alta presión es introducido a las cámaras lo que genera un desplazamiento de la humedad retenida en los poros del queque.

12 DROGUETT, M.H., Optimización del Sistema de Filtrado de la Planta Coloso, Chile, s.f.

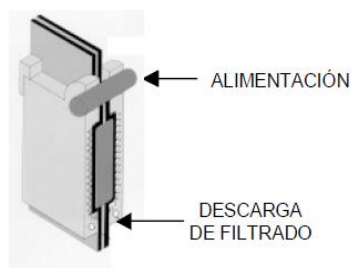


Fig. 2.21 Etapa de alimentación.

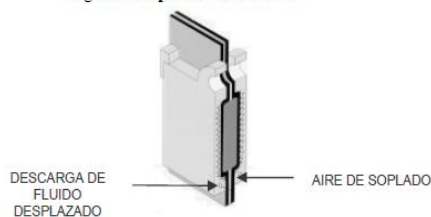


Fig. 2.22 Etapa de soplado.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Descarga:** Una vez terminadas las etapas de filtración y compresión, se abre las compuertas de la tolva receptora del queque en la parte inferior del filtro. Las placas del filtro se separan por retracción del pistón al accionar de un cilindro hidráulico. El queque cae sobre una correa transportadora por simple gravedad.
- **Lavado:** Antes de comenzar un nuevo ciclo, las compuertas de la tolva receptora del queque, son automáticamente cerradas para realizar el lavado de telas con agua y así eliminar las partículas de concentrado adheridas y mantener limpias las superficies de las placas y telas. Así se evita la posible colmatación o taponamiento de los poros de las telas y se reduce el desgaste por abrasión

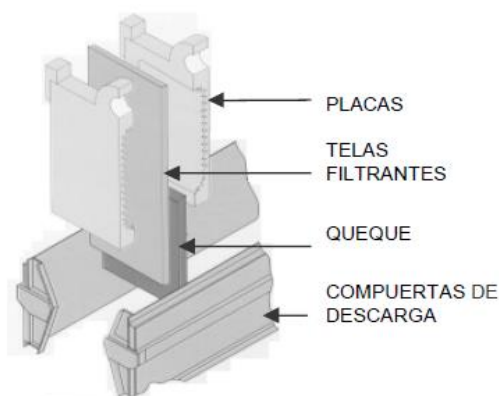


Fig. 2.23 Etapa de descarga del queque.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.



Fig. 2.24 Filtro prensa de placas verticales.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

2.1.5.3.6 Filtro prensa de placas horizontales

Recientemente se ha desarrollado un tipo de filtro a presión semi-continuo que ha encontrado un mercado importante en las empresas mineras. Este sofisticado equipo combina las dos características más buscadas por la industria minera, una baja humedad y gran capacidad. La flexibilidad en la capacidad también es importante ya que los hace convenientes para empresas mineras grandes y pequeñas

Filtro prensa de placas horizontales recientemente se ha desarrollado un tipo de filtro a presión semi-continuo que ha encontrado un mercado importante en las

empresas mineras. Este sofisticado equipo combina las dos características más buscadas por la industria minera, una baja humedad y gran capacidad. La flexibilidad en la capacidad también es importante ya que los hace convenientes para empresas mineras grandes y pequeñas.

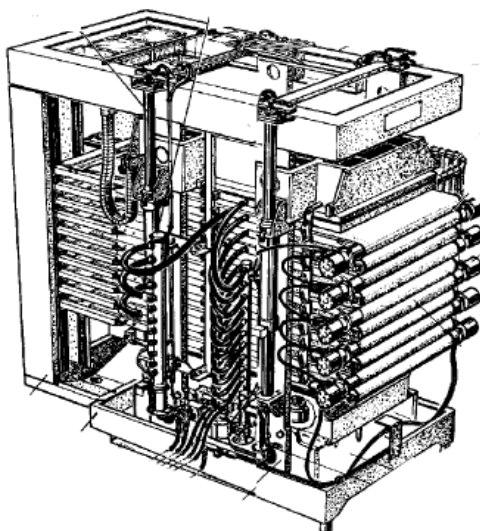


Fig. 2.25 Filtro prensa de placas horizontales.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

La secuencia operacional para la filtración por presión en placas horizontales, es como sigue:

- **Cerrado:** Se desarrolla un inflado de los sellos de extremos mediante una presurización con agua para evitar fugas de las cámaras del filtro.

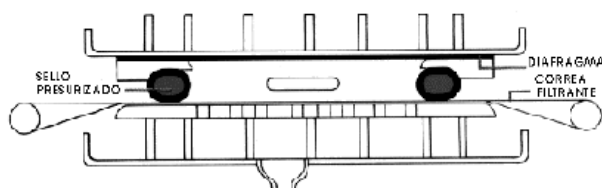


Fig. 2.26 Cerrado y sellado de las cámaras.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Alimentación:** La pulpa es bombeada a presión hacia la cámara del filtro a una determinada presión. Una vez llena la cámara, la alimentación se

corta. La etapa de alimentación va acompañada de una filtración incipiente, ya que la presión disminuye a medida que las cámaras se van llenando.

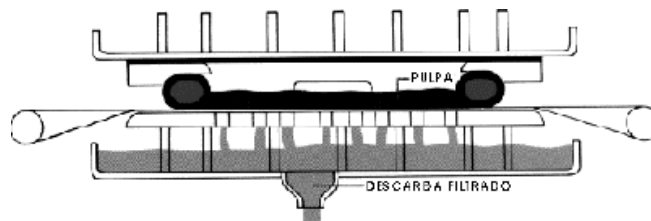


Fig. 2.27 Etapa de alimentación.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Limpieza:** En forma opcional se limpia el residuo de pulpa que queda retenido: La etapa propiamente tal de en el interior del cabezal principal de alimentación.
- **Compresión:** formación del queque comienza con la compresión de la suspensión mediante un diafragma de goma, utilizando una presión de agua. Una vez terminado el período de formación del queque, comienza la expresión que produce una disminución de la porosidad del queque, eliminando una mayor cantidad de líquido. La alta presión permite el uso de tela de tramado denso que incrementa la eficiencia de la filtración.



Fig. 2.28 Etapa de formación de queque y expresión por compresión

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Retracción del diafragma:** Una vez terminada la expresión con diafragma, se admite aire que es soplado a través del queque saturado con la finalidad de desplazar el líquido allí retenido y ayudar a la retracción del diafragma.

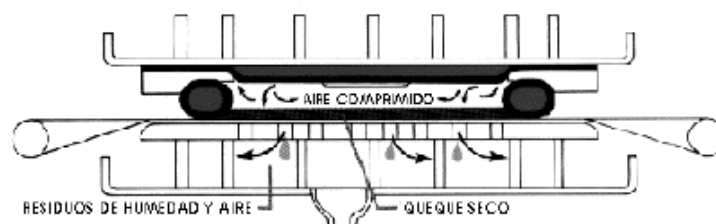


Fig. 2.29 Etapa de soplado del queque.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Lavado del queque:** La solución de lavado es alimentada por bombeo dentro de la cámara del filtro formando un volumen parejo sobre el queque. Debido a que la torta yace plana y sin resquebrajaduras, el agua para el lavado se distribuye homogéneamente. El lavado de queque es completamente opcional y puede ser utilizada o rechazada mediante una simple reprogramación del PLC.

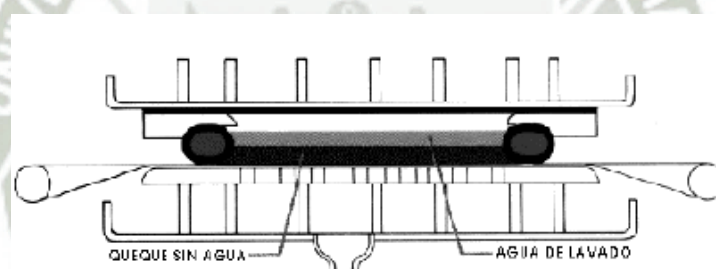


Fig. 2.30 Etapa de lavado del queque.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Segunda compresión:** Se presiona al diafragma nuevamente para forzar la solución de lavado a pasar a través del queque, desplazando el líquido retenido en éste casi por completo. Luego de esto, la misma presurización del diafragma exprime el queque filtrado y lavado para extraer el máximo de solución de lavado de queque.

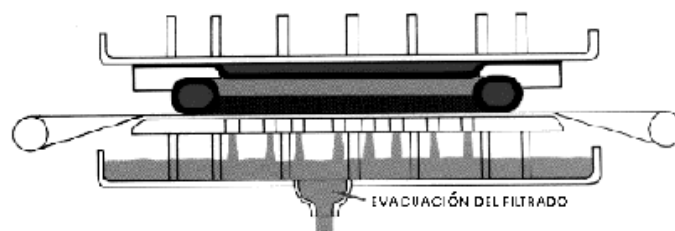


Fig. 2.31a Etapa de segunda compresión.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

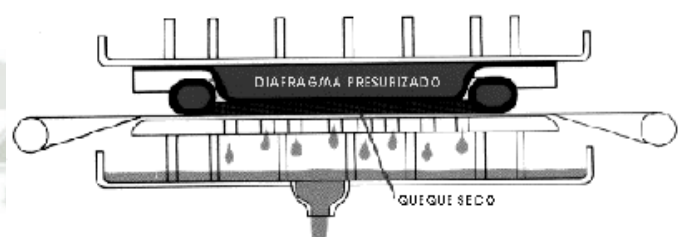


Fig. 2.31b Etapa de segunda compresión.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Segundo soplado y retracción del diafragma:** Después de la segunda expresión, se sopla el queque con aire comprimido por segunda vez, retrayendo el diafragma y reduciendo la humedad final del queque. Al controlar el tiempo de inyección de aire, es posible regular el porcentaje de humedad final en el queque.

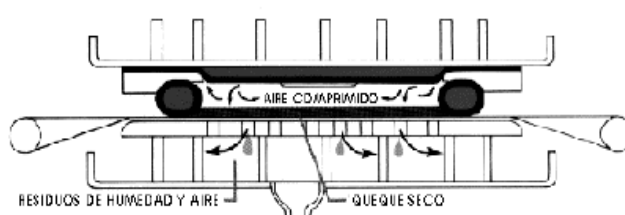


Fig.2.32 Segunda soplado y retracción del diafragma.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Descarga del queque:** Los sellos se retraen y se descarga el queque accionando la correa del filtro después que se ha completado la etapa de soplado de aire. La puerta desviadora se abre y permite la entrada del queque al buzón de descarga.

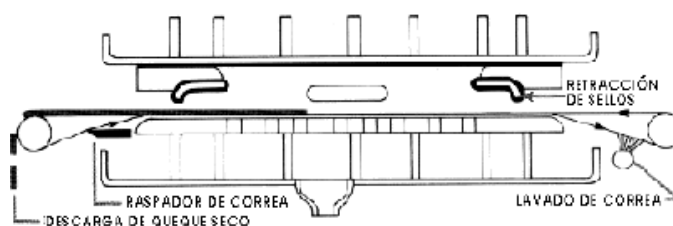


Fig. 2.33 Descarga del queque seco.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

- **Lavado de la correa:** Antes de comenzar un nuevo ciclo, se realiza un lavado a la correa y, durante el movimiento de retroceso de ésta, al interior de la cámara con la puerta desviatoria cerrada para evitar que caiga líquido junto con el queque descargado. La correa se detiene regresando a su posición original y el ciclo se repite automáticamente.

La figura 2.34 muestra un ejemplo de filtro prensa de placa horizontal.

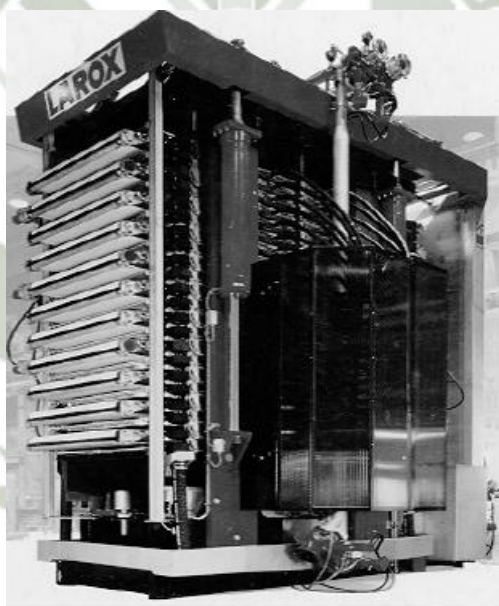


Fig. 2.34 Filtro prensa Larox.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

2.1.5.3.7 Filtros hiperbáricos

“Los filtros de vacío tienen como gradiente de presión limitante 0.8 atmósferas en las condiciones más favorables, esto es, a nivel del mar. Si son utilizados en zonas muy altas este gradiente baja drásticamente”¹³. Un desarrollo interesante fue realizado en la Universidad de Karlsruhe en Alemania. En la década del 80 un grupo de investigadores liderados por el Prof. Dr. Werner Stahl estudiaron y desarrollaron un sistema de filtración en el cual introdujeron un filtro de vacío dentro de una cámara de presurizada, aumentando de esta forma el gradiente de presión. En esta forma nació el filtro hiperbárico. El equipo consiste en un filtro a vacío, ya sea de disco, tambor o banda, inmerso en una cámara de presión. Como en todos los filtros a presión, la descarga constituye un problema. Con este tipo de filtros se puede obtener humedades de 8% y menores.

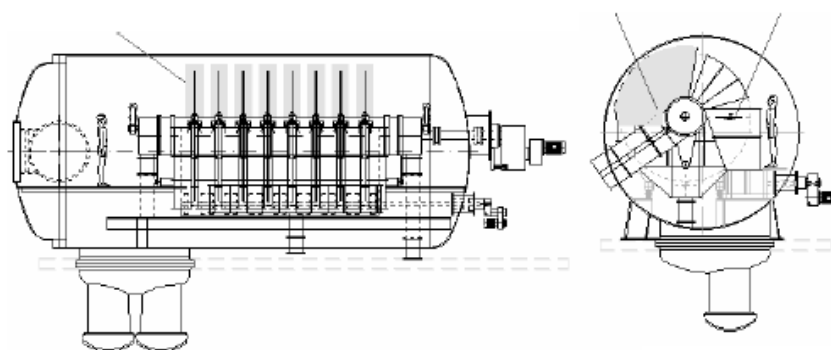


Fig. 2.35 Filtro hiperbárico.

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

¹³ F. CONCHA, Manual de Filtración & Separación, Chile, s.f., P.242

2.1.5.3.8 Filtros de banda horizontal

El filtro de banda es un equipo muy sencillo compuesto por un marco de acero que soporta un conjunto de rodillos, sobre los cuales gira una banda transportadora de caucho natural u otro elastómero. La banda transportadora se mueve sobre 2 correas de desgaste y se suspende sobre un sistema de agua o aire para evitar desgaste por causa de la fricción. Sobre la banda transportadora está la tela de filtración, que puede ser de monofilamento o punzando. La superficie de filtración consiste en una zona de formación de queque seguida por una zona de secado. Si se requiere, pueden existir varias etapas de lavado y al final del filtro, antes de la descarga del queque, un área de secado. Los filtros de banda se fabrican con áreas desde 1m² hasta 154m². Dependiendo de las características del material a filtrar, la estructura puede ser fabricada en varios materiales de construcción. La banda transportadora puede ser soportada por un sistema de agua o de aire, dependiendo del tamaño del filtro, de las condiciones ambientales o del proceso en la planta. Tal como el diseño del filtro de banda, las aplicaciones de este filtro también son flexibles. Por ejemplo, el filtro puede ser usado para filtrar relaves con el objetivo de su depositación en seco, o se puede filtrar materiales para recuperar el agua y permitir un transporte manejable de los sólidos. Además, los filtros de banda son usados en aplicaciones de lavado donde existen dos distintas razones, por una parte recuperar soluciones de valor y por la otra remover impurezas del queque.

La sólida estructura de soporte tiene una duración por sobre los 30 años y las bandas transportadoras duran alrededor de 10 años, siendo solamente la tela y correas de desgaste los elementos de recambio. En un comienzo, los filtros de banda tenían dos o tres bandas transportadoras con algunas complicaciones en la coordinación de los movimientos del conjunto. Esto significaba baja eficiencia y pérdidas de vacío. En la actualidad se fabrican en una sola banda transportadora de hasta 4.8 m de ancho, mejorando la capacidad y eficiencia de filtración

“En el campo de la separación sólido-líquido siempre ha existido la necesidad de lavar el queque para recuperar soluciones de valor o para remover impurezas. Aunque el filtro de banda horizontal es muy flexible en sus aplicaciones, su

propósito original estaba dirigido a aplicaciones de lavado”¹⁴. El filtro de banda ofrece una eficiencia de lavado máxima con un uso mínimo de agua. Por ejemplo, logra 60% de mayor eficiencia de lavado que los espesadores de decantación en contracorriente (CCD), los que requieren grandes cantidades de agua para lavar por dilución. Con un área de lavado horizontal plana, que es ideal para este propósito, los filtros de banda también logran una eficiencia de lavado superior a los filtros de tambor y discos, que tienen superficies curvadas y verticales respectivamente.

El Filtro de Correa Horizontal incorpora todas las últimas características de diseño. El diseño del Filtro de Banda Horizontal ha sido desarrollado para satisfacer las necesidades de la minería e industria en general. Cada filtro está diseñado para una operación continua de 24 horas al día con una disponibilidad mayor de 95%. El Filtro de Banda se especifica con diseños y componentes bien probados. Las dimensiones del ancho del Filtro y largo del Filtro son dimensiones se ha incorporado a través de los años.

- Área total de Filtración = Ancho de la correa x Largo de la Caja de vacío
- Área Efectiva de Filtración = A x B

A = Ancho efectivo = Ancho de la correa – Ancho de borde

B = Largo efectivo = N° de Cajas de Vacío x Largo de la Caja de Vacío

¹⁴ F. CONCHA, Manual de Filtración & Separación, Chile, s.f., P.384

a) MARCO DEL FILTRO

El marco del filtro es diseñado para permitir el libre acceso al equipo en la parte inferior para mantenimiento del área de la caja de vacío. Las secciones del canal y ángulo adecuadamente dimensionadas aseguran la rigidez total del marco durante la operación del filtro. El filtro está también diseñado para asegurar que no haya vibración del marco bajo todas las condiciones posibles de operación:

Hay 3 Sub-Secciones principales que considerar para el montaje:

- Marco del cabezal: apoya la Polea de Transmisión, Marco de Transmisión y Caja de Engranajes.
- Marco de la cola : apoya la Polea de Cola, Compensación de la correa y Tensor de la Tela
- Marcos intermedios: apoya la caja de vacío, apoyo de la correa, rodillos de retorno de la correa y rodillos de retorno de la tela. El número de marcos intermedios es igual al número de las secciones de la caja de vacío x largo de cada sección; cada marco intermedio es espaciado idéntico.

b) POLEA DE CABEZA & COLA***Polea de cabeza (Head Pulley)***

Apoyada en el marco del cabezal por dos rodamientos auto-alienantes y sellados. Las cajas del soporte se montan en placas de asiento con ajuste provisto por pernos de fijación y los ejes se aseguran mediante manguitos cónicos de ajuste. Anillos de sello se montan en los ejes para evitar que entre líquido a los rodamientos.

Los ejes se fijan a la polea mediante manguitos cónicos de fijación. Uno de los ejes es más largo para montar la unidad motriz.

La Polea de Cola

El diseño es similar a la Polea de Cabeza, con un sistema tensor de tornillos que permite controlar la tensión y regular el centrado de la banda de goma.

Soportes

Todas las poleas son apoyadas por soportes lubricados con grasa, ajustados con sellos diseñados para proveer una capacidad de duración de B-10 100,000 horas. Las cajas del soporte serán de materiales adecuados para las condiciones del proceso. Se instala anillos de ajuste en todos los rodillos para evitar la contaminación de los soportes de derrame, lo cual puede ocurrir bajo condiciones anormales de operación.

c) RODILLOS DE CORREA Y DE TELA (BELT RETURN ROLLER & CLOTH ROLLER)

Todos los Rodillos de Correa y de Tela son fabricados de tubería estándar de acero con ejes de materiales adecuados para las condiciones del proceso. Los ejes son diseñados para evitar soldaduras excesivas y esfuerzo del material.

El recubrimiento exterior es de caucho natural.

d) CAJA DE VACÍO (VACUUM BOX)

d.1) Diseño

“La caja de vacío es una sección de acero inoxidable fabricada en longitudes estándares (el espacio entre los soportes intermedios). La única soldadura necesaria en esta pieza durante la fabricación es los extremos, refuerzos internos y las conexiones de las cañerías de descarga de vacío”¹⁵.

d.2) Material de construcción

El grosor de la placa usado en fabricar las partes húmedas de la caja de vacío es de 3mm e incluye tolerancia de corrosión de 1mm.

¹⁵ Yamana Gold Minera, Manual de Operación y Mantención, Chile, 2011

d.3) Elevación

El Montaje de la Caja de Vacío se levanta y baja, en el plano vertical, ya sea por:

- Un mecanismo neumáticamente operado,
- Un sistema manual de contra peso o,
- Una cuerda de cable con un huinche,

Este sistema evita que la caja de vacío se tuerza, manteniendo los sellos paralelos a la correa de goma siempre. Este mecanismo tiene tornillos de ajuste para asegurar que los sellos de vacío se ajusten a la altura correcta y se cierren en posición.

d.4) Seal Strip

Ajustada con un material de polietileno de alta-densidad llenado e incluye una ranura de agua para lubricación. El agua entrando al sello actúa tanto como un lubricante y también como un enfriador. Las franjas de sellos se montan en la parte superior de la caja de vacío con una cinta de “Buta Seal”.

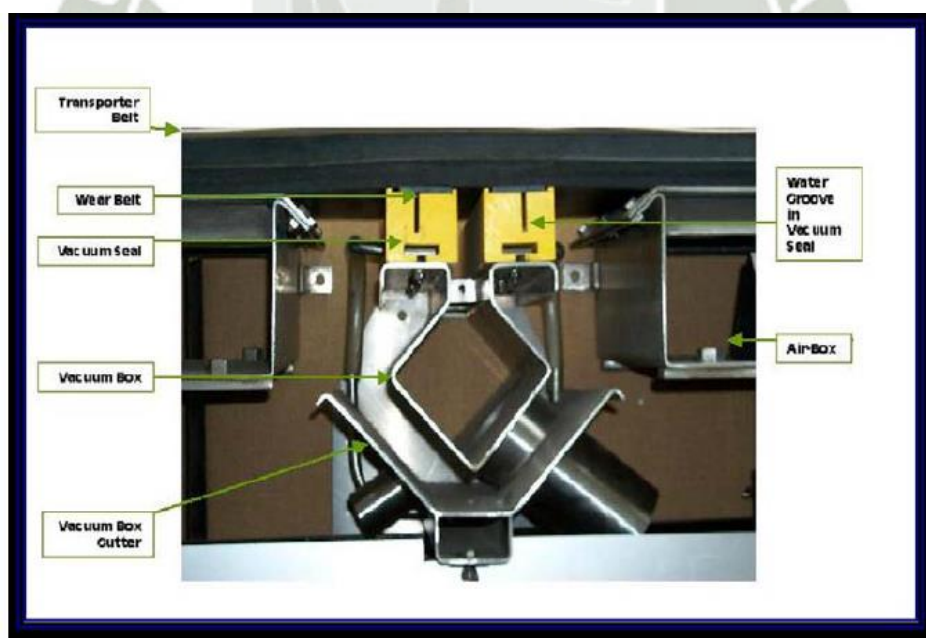


Fig. 2.36 Cross-section of belt filter - Vacuum Box & Wear Belt

Nota. Extraído de <<Manual de Operación y Mantenimiento>>, de Yamana Gold Minera
2011

d.5) Wear Belt

Se asienta en una guía ubicada en la parte superior del Seal Strip. Estas correas de desgaste tienen una superficie de goma en el lado en contacto con la correa del transportador y una superficie de poliéster en contacto con la franja del sello.

El coeficiente de fricción entre las superficies de goma de la correa del transportador y la correa de desgaste es 0,7 y el coeficiente de fricción entre la superficie de poliéster de la correa de desgaste y la franja de sello HDPE es 0,15-0,2. La diferencia entre estos coeficientes de fricción asegura que la correa de desgaste se mueva con la correa del transportador deslizándose sobre la franja del sello. Las correas de desgaste retornan debajo de la caja de vacío a través de los end slides ubicados en el extremo de cada caja de vacío.

Las correas de desgaste son fabricadas de cuatro armazones de poliéster doblado para asegurar la resistencia química al pH del filtrado que se está manipulando y tendría una duración de 3- 6 meses a una velocidad de la correa del transportador de hasta 40 m/min.

d.6) Agua De Sello

El agua de Sello es alimentada a través de cañería flexible para el tubo múltiple del agua de sello, el cual recorre el largo completo de la caja de vacío. La solución del sello entonces entra a los sellos, en ambos lados de la caja de vacío, y es alimentado también al deslizamiento de la entrada de la correa de desgaste.

d.7) Correa Transportadora

La correa transportadora principal es fabricada de caucho natural reforzado con un armazón de poliéster. Esta correa tiene ranuras regulares cortadas en un ángulo recto en la dirección del movimiento y tiene perforaciones de drenaje perforados en el centro para la extracción del filtrado hacia la caja de vacío. Esta es una correa empalmada sin fin y se instala sobre la polea de cabeza y de cola.

d.8) Belt Guide Roller

Los rodillos de guía de la correa se montan en ambos lados de la correa del transportador a intervalos regulares a lo largo del marco superior e inferior. Los

rodillos están ajustados con un sellado para duración del soporte montado en un eje de acero inoxidable.

e) CURBING

El borde de la correa incluye una batea vertical hecha de goma estirada por presión. Este borde tiene una dureza de 50 shore A y el diseño patentado fluctuante permite al borde achatar cuando recorriendo alrededor de las Poleas de Cabeza y Cola. “El diseño del Curbing permite capacidad extra de pulpa y controla el derrame en exceso en el interior del filtro de la correa. Este diseño del borde se ha desempeñado exitosamente durante los últimos 30 años en los Filtros de Banda”¹⁶.



Fig. 2.37 Curbing

Nota. Extraído de <<Manual de Operación y Mantención>>, de Yamana Gold Minera 2011

¹⁶ Yamana Gold Minera, Manual de Operación y Mantención, Chile, 2011

f) CAJAS DE AIRE (AIR BOXES)

La correa principal del transportador de goma se apoya en las partes superiores de la caja de aire por un cojín de aire. Un ventilador centrífugo genera el aire con la presión y caudal adecuados para minimizar el roce. Las cajas de aire son pre-montadas en forma modular y apernada en posición en el marco del filtro. Para montaje las partes superiores de la caja de aire son calzadas y ajustadas exactamente a dentro de 1 mm para asegurar una carga pareja y soporte óptimo del cojín de aire. La placa superior de la caja-aire es fabricada de acero inoxidable y conducto de aire entre el ventilador y la caja de aire es del mismo material como el marco del filtro. El conducto de aire dentro del marco del filtro se ajusta con amortiguadores ajustables y las cajas de aire tienen punto de presión para permitir que el sistema se optimice a lo largo de la longitud de la caja de aire.

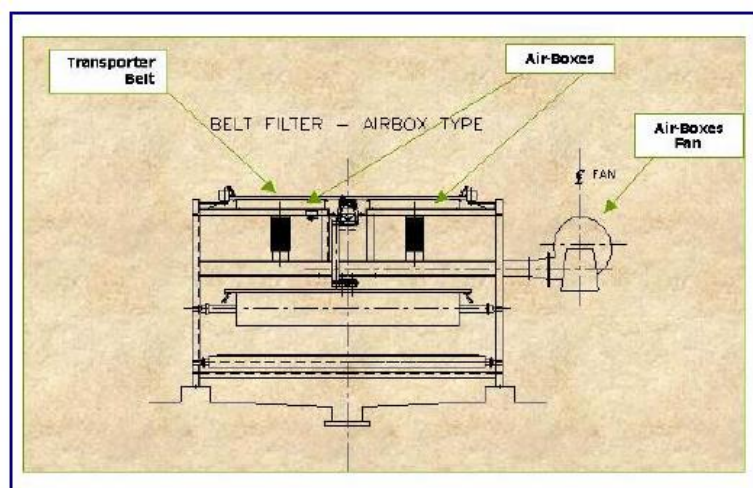


Fig. 2.38 Distribución de las cajas de aire

Nota. Extraído de <<Manual de Operación y Mantenimiento>>, de Yamana Gold Minera 2011

g) TELA DEL FILTRO (CLOTH)

Una Tela Filtrante sin fin es transportada a lo largo de la correa transportadora principal.

Después de la descarga el queque, la tela y la correa transportadora se separan y ambas se devuelven hacia la polea de cola mediante un sistema de Rodillos de Retorno. La tela tiene un sistema de guía de control neumático.



Fig. 2.39 Rodillo curvo en operación en extremo de la polea de cola del filtro

Nota. Extraído de <<Manual de Operación y Mantención>>, de Yamana Gold Minera 2011

g.1) Bowed Roller

El flujo de vacío ejerce una fuerza en la tela del filtro que la arrastra hacia el centro del filtro haciendo que se arrugue y doble. Esta arruga produce filamentos individuales en la tela para romper y eventualmente rasgar. Se puede instalar un Rodillo Curvo para sacar las arrugas y dobleces en la tela antes de entrar a la zona de vacío. El grado de la inclinación puede ser ajustado rotando los extremos del eje. El rodillo curvo tiene extremos del eje de acero y soportes múltiples encajados en una cañería flexible de goma.

g.2) Deltracker

Este arrastrador de la tela consiste en un brazo del sensor que monitorea la posición de la tela, una válvula de control de aire y un rodillo de la tela. El rodillo puede pivotar de lado a lado entre los fuelles de aire alimentado por una válvula Camtac. El diseño de la válvula Camtac es tal que cantidades pequeñas de aire son entregadas en cada lado del rodillo. Así, durante la operación, el movimiento del pivote del rodillo de la tela es minimizado de tal manera que la tela es cambiada en cualquier dirección con el mínimo de tensión lateral sobre los filamentos.

h) SISTEMA DE LAVADO

h.1) Lavado de la tela

El filtro está instalado con dos o tres barras de pulverizar de lavado de tela. Estas se ubican debajo del área de descarga del conglomerado con dos dirigidas detrás de la tela y una en frente.

h.2) Lavado de la Correa

El filtro está instalado con una barra de pulverizar de lavado de la correa. El pulverizar es dirigido en el lado ranurado de la correa y necesita ser operado solamente una vez a la semana.

h.3) Calidad y cantidad del agua

La calidad y cantidad del agua puede ser ajustada para adaptar a las exigencias del proceso.

Si el consumo de agua para lavar presenta un problema en el equilibrio de agua, se puede ayudar con opciones de diseño del circuito de agua.

Es importante que el suministro de agua de pulverizar de la tela se mantenga libre de sólidos retenidos; sólidos máximo 50 ppm y 10 micrones. Todas las cañerías de pulverizar son diseñadas para facilitar la fácil remoción mientras el filtro está en operación. Se puede ofrecer barras de pulverizar tipo auto-limpieza para reducir el mantenimiento de la manguera. Esta es una barra de pulverizar ajustada con un mecanismo de cepillo interno rotatorio.

i) TRANSMISIÓN DEL FILTRO

El sistema de transmisión del filtro incluye un Motor Eléctrico de Velocidad Variable, una Transmisión de Correa-V y un reductor de Engranajes helicoidales. La Caja de Engranajes Helicoidales está montadas en el eje en la polea de transmisión con el motor de transmisión montado arriba. La caja de engranajes está diseñadas para una duración de B10 a torsión normal de 100 000 horas. El sistema puede ser reemplazado por un motoreductor de velocidad variable.

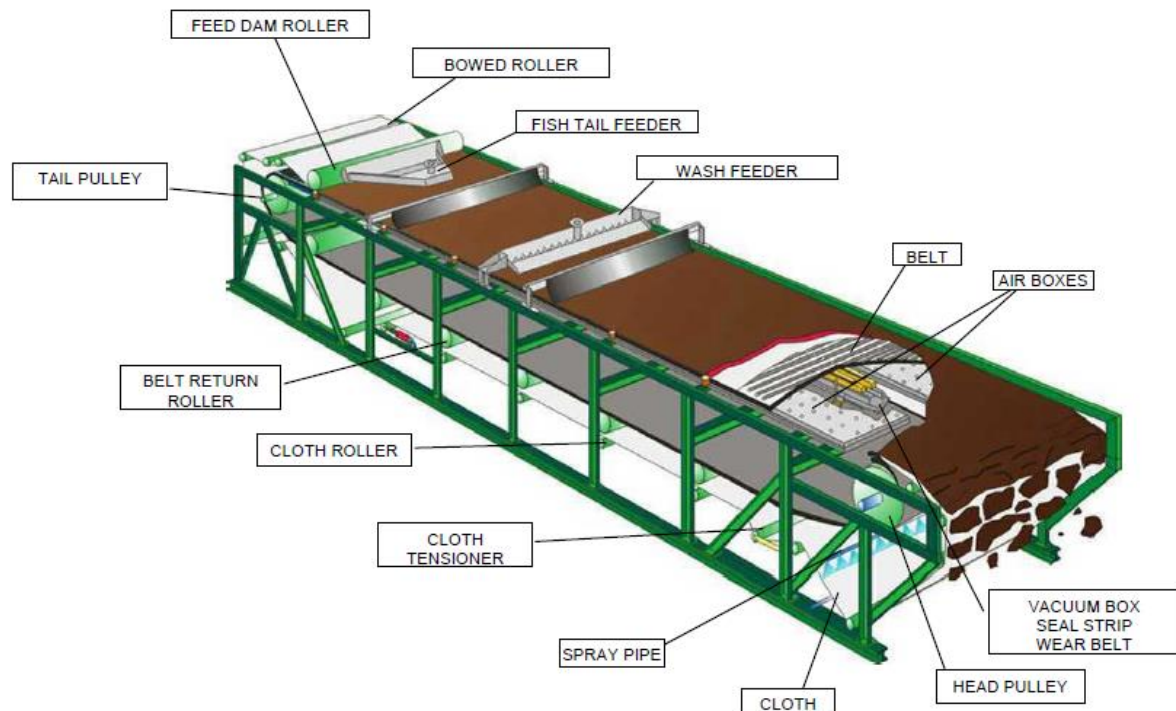


Fig. 2.40 Partes Filtro de Banda Horizontal

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

2.2 MARCO CONCEPTUAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

2.2.1 Optimización del Diseño de Estructuras

Para buscar la optimización de un diseño estructural, se debe manejar los siguientes criterios:

- Peso mínimo.
- Costo mínimo.
- Trabajo mínimo.
- Tiempo de construcción mínimo.
- Máxima eficiencia operativa para el propietario.

En nuestro país, el criterio de peso mínimo, es el más usado en el diseño de estructuras de acero.

2.2.2 Objetivos del Proyectista Estructural

“El proyectista estructural debe aprender a distribuir y a proporcionar las partes de las estructuras de manera que puedan montarse muy fácilmente, que tengan resistencia suficiente y que además sean económicos”¹⁷.

- **Seguridad.**-Una estructura no sólo debe soportar con seguridad las cargas impuestas, sino soportarlas en forma tal que las deflexiones y vibraciones resultantes no sean excesivas y alarmen a los ocupantes ó causen grietas en ellas.
- **Costo.**-El proyectista debe tener en mente la posibilidad de abatir los costos de la construcción sin sacrificar la resistencia de la misma. Algunas ideas que permiten hacerlo son usando secciones estándar, haciendo detallado simple de conexiones y previendo un mantenimiento sencillo.
- **Factibilidad.**-Otro factor importante en el diseño de estructuras es que puedan fabricarse y montarse sin mayores problemas, dimensionando las partes de la estructura de manera que éstas no interfieran con posibles instalaciones mecánicas (tuberías, ductos, etc.) ó arquitectónicas. Por lo que el proyectista debe adecuarse al equipo e instalaciones disponibles debiendo aprender cómo se realiza la fabricación y el montaje de las estructuras para poder detallarlas adecuadamente, debiendo aprender tolerancias de montaje, dimensiones máximas de transporte, especificaciones sobre instalaciones; de tal manera que el proyectista se sienta capaz de fabricar y montar la estructura que está diseñando.

¹⁷ MC CORMAC, Diseño de Estructuras de Acero, 2002, p.30

2.2.3 Tipos de Uniones

2.2.3.1 Conexiones Soldadas.

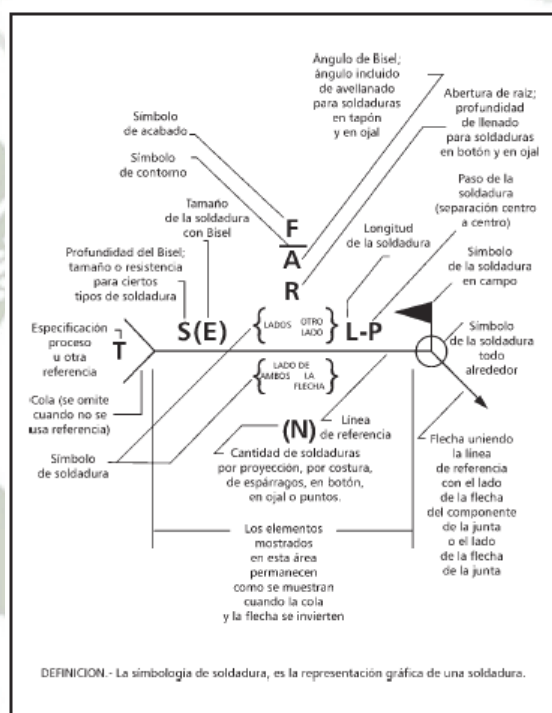
Ventajas de la soldadura

- El empleo de conexiones soldadas en vez de atornilladas o remachadas permite un ahorro de material (hasta de un 15%).
- La soldadura requiere menos trabajo y por lo tanto menos personal que la colocación de remaches o tornillos (un soldador puede reemplazar una cuadrilla de remachadores).
- La soldadura permite una gran variedad de conexiones, cosa que no se puede con remaches o tornillos.
- Las conexiones soldadas son más rígidas que las demás, lo cual permite una verdadera continuidad en la transmisión de elementos mecánicos entre miembros.
- Debido a la mayor resistencia del metal de aportación las conexiones soldadas permiten una gran resistencia a la fatiga.
- Las estructuras soldadas pueden repararse muy fácilmente a diferencia del resto.
- Las conexiones soldadas han permitido la construcción de estructuras soldadas y "limpias".
- Las conexiones soldadas permiten ajustes de proyecto más fácilmente que en otro tipo de conexiones.
- El trabajo de soldadura es silencioso comparado con el remachado.
- Hay un ahorro considerable en el cálculo, detallado y montaje de las estructuras.

Desventajas de la soldadura

- Las conexiones rígidas puede no ser óptimas en el diseño.
- La revisión de las conexiones soldadas no es muy sencillo con respecto al resto.
- La creencia de la baja resistencia a la fatiga en conexiones soldadas (no se permite aún en algunos puentes ferroviarios).

Simbología para uniones soldadas AWS



Nota. Extraído de <<Diseño de Estructuras de Acero>>, de McCormac, 2002,p.444.

Dimensiones efectivas de soldaduras

- El área efectiva de las soldaduras de penetración o de filete es el producto de su longitud efectiva por la garganta efectiva.
- El área efectiva de soldaduras de tapón o de ranura es el área de la sección transversal nominal del tapón o ranura, medida en el plano de falla.

- La longitud efectiva de una soldadura a tope entre 2 piezas es el ancho de la pieza más angosta, aún en el caso de soldaduras inclinadas respecto al eje de la pieza.
- La longitud efectiva de una soldadura de filete es la longitud total del filete incluyendo retornos. Si el filete esta en un agujero circular o ranura la longitud será la del eje del cordón trazado por el centro del plano de la garganta, pero el área efectiva no será mayor que el área nominal del agujero o ranura medida en el plano de falla.

2.2.3.1. Conexiones con Tornillos de Alta Resistencia

Tornillos de Alta Resistencia

Los tornillos deben satisfacer alguna de las siguientes normas ASTM-325 o ASTM-490.

Todos los tornillos A-325 o A-490 deben apretarse hasta que haya en ellos una tensión mayor o igual a la siguiente tabla.

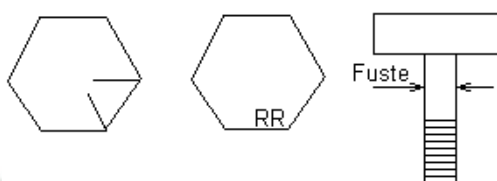
Toneladas (métricas)

Ø tornillo	A-325	A-440
1/2	5.4	6.8
5/8	8.6	10.9
3/4	12.7	15.9
7/8	17.7	22.2
1	23.1	29.0
1 1/8	25.4	36.3

1 ¼	32.2	46.3
1 3/8	38.6	54.9

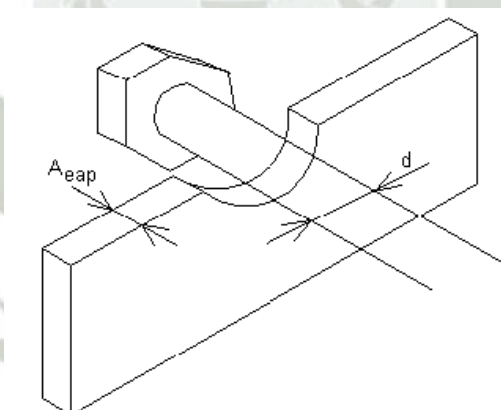
Nota. Extraído de <<Diseño de Estructuras de Acero>>, de McCormac, 2002,p.353

El fuste es el que da la medida.



Tanto la tuerca como el tornillo deben ser de alta resistencia, para que sirva la conexión. El apriete puede realizarse utilizando medidores de tensión o usando llaves calibradas.

* Área efectiva al aplastamiento de tornillos es igual a: (A_{eap})



$$A_{eap} = dL_{ap}$$

Donde:

d = diámetro del fuste.

L_{ap} = longitud de aplastamiento (grosor de la placa donde se aloja).

Los factores de resistencia y las resistencias nominales se dan en la siguiente tabla.

Los tornillos que trabajan en tensión directa, se dimensionaran de manera que su resistencia requerida promedio, calculada con el diámetro nominal y sin considerar tensiones producidas en el apriete, no excedan la resistencia de diseño. La fuerza aplicada en el tornillo será igual a la suma de las provocadas por las fuerzas externas factorizadas más las tensiones producidas por la sección de palanca debido a la deformación de las partes conectadas.

Elementos de unión	Resistencia a la tensión		Resistencia a cortante	
	F_R	R_n (kg/cm ²)	F_R	R_n (kg/cm ²)
T. A-307	0.75	3160 ⁽¹⁾	0.6	1900 ^(2,3)
T. A-325 rosca dentro del plano de corte	0.75	6330	0.65	3800 ⁽³⁾
T. A-325 rosca fuera del plano de corte	0.75	6330	0.65	8060 ⁽³⁾
T. A-490 rosca dentro del plano de corte	0.75	7900	0.65	4750 ⁽³⁾
T. A-490 rosca fuera del plano de corte	0.75	7900	0.65	6330 ⁽³⁾

Nota. Extraído de <<Diseño de Estructuras de Acero>>, de McCormac, 2002,p.353.

2.2.4 El Acero como material Estructural

El acero es uno de los más importantes materiales estructurales. Entre sus propiedades de particular importancia en los usos estructurales, están la alta resistencia comparada con cualquier otro material disponible, y la Ductibilidad “es la capacidad que tiene el material de deformarse substancialmente ya sea a tracción o a compresión antes de fallar”¹⁸. Otras ventajas importantes en el uso del acero son su amplia disponibilidad y durabilidad, particularmente con una modesta cantidad de protección contra la intemperie.

Para nuestro proyecto de tesis usaremos el material ASTM A 36. (Esfuerzo de fluencia: $F_Y = 36 \text{ Ksi}$).

2.2.5 Ventajas del Acero

- **Alta resistencia:** la alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.
- **Homogeneidad:** las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.
- **Elasticidad:** el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.
- **Precisión dimensional:** los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.
- **Ductilidad:** el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.
- **Tenacidad:** el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

¹⁸ MC CORMAC, Diseño de Estructuras de Acero, 2002, p.18

- **Facilidad de unión con otros miembros:** el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.
- **Rapidez de montaje:** la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.
- **Disponibilidad de secciones y tamaños:** el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.
- **Costo de recuperación:** las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.
- **Reciclable:** el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.
- **Permite ampliaciones fácilmente:** el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.
- **Se pueden prefabricar estructuras:** el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

2.2.6 Desventajas del Acero

- **Corrosión:** el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidáticos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.
- **Calor, fuego:** en el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc.
- **Pandeo elástico:** debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicas las columnas de acero.
- **Fatiga:** La resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de

carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

2.3 MARCO CONCEPTUAL DEL DISEÑO MECÁNICO

El presente capítulo tiene como finalidad sentar las bases de diseño, mediante la descripción del estado de la tecnología, listado de exigencias, la abstracción de las funciones y la definición de las mismas, las diversas opciones para el diagrama de funciones óptimo, el desarrollo de la matriz morfológica a partir de la cual se definirá las soluciones de diseño y dentro de las cuales se elegirá aquella que represente la mejor opción.

2.3.1 ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

Los filtros de vacío y de presión existen desde el siglo XIX; los primeros filtros fueron de vacío los cuales tenían la desventaja que el producto contenía alta humedad obligando al sistema a usar secadores rotatorios y la presión limitada; tal como se describen en el Capítulo II-2.1.5.3

Los equipos que utilizan presión en vez de vacío, deben usar mecanismos mucho más complicados, especialmente para la alimentación y la descarga. Esta ventaja de los filtros de vacío los ha hecho tradicionalmente muy populares en la industria minera y en la industria de procesos en general.

Filtros a vacío

Hay cuatro tipos de filtros a vacío: el filtro de tambor, el filtro de discos, el filtro de bandeja y el filtro de banda horizontal. Mientras los tres primeros son capaces de producir queques con humedades de hasta 12 a 18% el filtro de bandas logra llegar a humedades menores, del orden de 8 a 10%.

La principal desventaja de los filtros a vacío es la obvia limitación en el máximo gradiente de presión disponible para el proceso, el que depende de la presión atmosférica local. Como la mayoría de las industrias mineras se encuentran situadas en montañas a gran altitud, algunas a más de 4.000 metros de altura, el gradiente de presión disponible es muy pequeño. Esta limitación y los grandes y recientes avances tecnológicos en mecanismos y sistemas de control, han introducido los filtros a presión y los han transformado en un producto preferido en la industria minera en la actualidad.

La filtración en equipos tradicionales, tales como filtros rotatorios y filtros de bandeja, están siendo menos aceptables en la industria minera y a menudo son considerados inadecuados debido a su alto contenido de humedad, obligando a hacer uso de secadores antes de obtener un producto final.

Filtros a presión

- Los filtros de presión son considerados de una tecnología largamente reconocida como un método confiable y eficiente para lograr más bajas humedades y mejores rendimientos demostrando ser una solución eficaz para el problema de la humedad. Los filtros a presión son equipos inherentemente discontinuos. Al igual que los filtros rotatorios trabajan en ciclos, pero al contrario de estos, deben detenerse para cargar la suspensión y para descargar el queque seco. “En La filtración a presión podemos identificar tres tipos de equipos: filtros prensa de placas verticales, filtros prensa de placas horizontales y filtro prensa de disco”¹⁹.

¹⁹ F. CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.383

2.3.2 COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS

En la tabla 2.3.2 se muestra las comparaciones entre los filtros de vacío y los de presión.

Tabla 2.3.2

COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGIAS	
1. FILTROS DE VACIO	2.- FILTRO DE PRESION
1.1 Filtros Rotatorios y de Bandeja	2.1 Filtros Prensa Vertical-Horizontal
Alta humedad	Baja Humedad
Simple Diseño y Construcción	Diseño y Construcción compleja
Simple operación	Operación mas compleja
Limitación de presión	Presión controlada
No tiene sistema retrolavado	Uso de placas de presión baja resistencia
1.2 Filtro de Banda	Ciclo mas largos debido a la carga y descarga
Diseño, operación y construcción simple	Uso de unidad hidraulica para la operación
Bajas humedades	Uso de agua de proceso para el lavado
Filtración de materiales gruesos y densos	Grandes capacidades
Sistema de lavado optimo	No aplica a todos los materiales como : Molibdeno, Relaves, etc.
Mantenimiento sencillo, por su diseño	Mantenimiento complejo
Eficiencia de filtración	Eficiencia de filtración
Uso minimo de agua	
Ciclos mas reducidos	
Usa banda transportadora en vez placas de presión	
Remueve impurezas del queque.	
Recupera soluciones de valor	

Nota. Elaboración propia

2.3.3 LISTA DE EXIGENCIAS

En la tabla 2.3.3 se muestra la lista de exigencias para el diseño del equipo de filtración.

Tabla 2.3.3

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO		UCSM	Revisión 1
		FAC.CIENCIAS E INGENIERIAS	Fecha 15-02-17
'Diseño,Fabricación y Montaje de un Filtro de Banda Horizontal'		INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA	Autor R.López R.
		ÁREA DE DISEÑO	Página 1 de 2
Características	Deseos ó Exigencias	Condiciones	Responsable
Función	E	Diseñar una máquina de filtración con una capacidad de 80 TPH de concentrado de Cu.	R.López R.
Función	E	La máquina debe usarse en el proceso de filtración de acuerdo al porcentaje de sólidos y líquidos	R.López R.
Función	E	La máquina deberá permitir obtener una humedad entre 10% y 8% y con formación de queque para su proceso de fundición y comercialización	R.López R.
Función	D	Se buscará en todo momento que el sistema sea lo más simple, funcional y económico posible	R.López R.
Geometría	E	Las dimensiones de la máquina deberán de ser de acuerdo al área de filtración (27mx3.2m)	R.López R.
Cinemática	E	La velocidad de trabajo de la máquina deberá estar entre 20 a 30 m/seg.	R.López R.
Cinemática	E	La velocidad de trabajo de la máquina debe guardar similitud con las máquinas ofertadas en el mercado.	R.López R.
Cinemática	E	El movimiento de los componentes de la máquina de filtrado no deberá afectar la calidad del producto final	R.López R.

Cinética	E	La máquina deberá poder soportar las cargas de trabajo de modo que no sufra deformaciones que impidan el correcto funcionamiento de ésta.	R.López R.
Fuerza	E	La máquina deberá mostrar rigidez así como estabilidad para soportar las cargas de diseño.	R.López R.
Energía	E	La máquina deberá ser accionada por energía eléctrica trifásica 380v.	R.López R.
Energía	E	La potencia utilizada por la máquina no deberá afectar a la estabilidad y rigidez de la máquina.	R.López R.
Energía	D	La fuente de energía deberá considerar aspectos ambientales como un sistema de drenajes.	R.López R.
Materia	E	El producto slurry debe de tener más de un 10% de sólidos en volumen. El valor del material y si el material valioso es el sólido, el fluido, o ambos.	R.López R.
Señales	E	Los dispositivos de la máquina contarán con señales fáciles de entender por el operador.	R.López R.
Seguridad	E	La máquina debe contar con elementos de seguridad como son guardas de seguridad, cable de seguridad para parada de emergencia de la banda.	R.López R.
Ergonomía	E	El diseño del sistema deberá permitir al operador maniobrar con facilidad y comodidad la máquina	R.López R.
Ergonomía	D	Evitar en lo posible ruidos cuya intensidad afecten a la salud del operador (menores a 85 decibeles).	R.López R.
Fabricación	E	La máquina deberá contar con formas constructivas sencillas que permitan su fabricación en el menor tiempo posible	R.López R.

Fabricación	E	La mayoría de materiales debe poder encontrarse en el mercado nacional.	R.López R.
Fabricación	E	La mayoría de elementos que conformen la máquina deberán ser normalizados.	R.López R.
Fabricación	E	La máquina deberá poder ser fabricada en talleres del medio local.	R.López R.
Montaje	D	La máquina deberá permitir un fácil acceso a sus componentes para el mantenimiento de los mismos.	R.López R.
Transporte	E	La máquina deberá poder ser de fácil transporte al lugar de trabajo	R.López R.
Mantenimiento	E	Las piezas deberán ser de fácil recambio (stock en el mercado nacional)	R.López R.
Mantenimiento	E	El mantenimiento deberá ser sencillo, económico y de poca frecuencia. 2 meses MP, 1 año MG.	R.López R.
Costo	E	Los costos de Fabricación deberán ser los mínimos posibles. (150 MIL USD)	R.López R.

Nota. Elaboración propia

2.3.4 ESTRUCTURA DE FUNCIONES

Para la presente tesis se usará la metodología VDI 2225 para el correcto diseño de nuestro equipo de filtración, ya que esta metodología nos presenta un balance técnico económico de todas las posibles soluciones que existen a nuestro alcance para el proyecto. De esta manera será más sencillo analizarlas y sopesarlas, para poder seleccionar cualitativamente la más apropiada. Apegándonos a la

metodología, debemos comenzar abstrayéndonos en cuanto a los procesos que debe cumplir nuestra máquina desde el comienzo de su operación.

2.3.4.1 ABSTRACCIÓN

1° ENTRADAS:

SEÑALES:

- Señal visual de alimentación de concentrado de Cu en chute de descarga al filtro.
- Señal visual y sonora que la máquina esta energizada y funcionando correctamente.
- Señal visual que la máquina fue alimentada totalmente.

ENERGÍA:

- Energía Hidrodinámica para la alimentación de conc. de Cu al filtro.
- Energía humana para la operación del filtro.
- Energía mecánica para accionar los sistemas de trabajo del filtro, que será proporcionada mediante energía eléctrica.

MATERIA:

- Entrada de concentrado de Cu liquido es decir slurry de concentrado.
- Lubricantes adecuados para el mantenimiento del filtro.

2° SALIDAS:

SEÑALES:

- Señal visual de descarga de la torta al salir del filtro.
- Señal visual de la recuperación de agua al momento de producirse el filtrado.
- Sonora o visual de que la máquina termino el ciclo de operación.

- Señal sonora o visual de que la máquina repetirá el ciclo de operación.

ENERGÍA:

- Energía como ruido, calor, fricción y desgaste.

MATERIA:

- Queque o torta de concentrado de Cu de alta ley.
- Recuperación de agua para el proceso de lavado.

2.3.4.2 SECUENCIA Y PRINCIPIOS TECNOLÓGICOS

1. Encendido del filtro de banda.
2. Suministro de energía eléctrica necesaria a la máquina para su funcionamiento.
3. Transmisión de energía hacia los elementos de la máquina de filtrado.
4. Alimentación de concentrado de Cu en estado líquido (Slurry).
5. Proceso de Filtrado (separación de sólidos y líquidos) del slurry a través de la tela filtrante.
6. Proceso de Secado del concentrado de Cu por medio de líneas de vacío.
7. Proceso de lavado de la tela filtrante.
8. Recuperación de agua para el siguiente ciclo de operación.
9. Descarga y almacenamiento de la torta de concentrado.
10. Repetir del paso 4 al paso 9.
11. Parada de la máquina para mantenimiento preventivo-correctivo.

2.3.4.3 FIJACIÓN DE PROCESOS TÉCNICOS

1° PREPARACIÓN:

- Inspeccionar que los mecanismos de la máquina no dañen físicamente la tela filtrante.
- Inspección de la adecuada lubricación de la máquina.
- Inspección del buen estado de los mecanismos de transmisión de potencia.
- Inspección del buen estado de las líneas de secado.

- Inspección de las guardas de seguridad, que estén colocadas en su posición.

2ºEJECUCIÓN:

- Encendido de la máquina.
- Arranque de la transmisión de potencia y alimentación de concentrado de Cu a la máquina.
- Transmisión de la fuerza motora a la polea de la banda transportadora.
- Separación sólido-líquido a través de la tela filtrante (Proceso de Filtrado).
- Abrir válvulas de la línea de aire para iniciar el proceso de secado.
- Abrir válvulas de la línea de agua para el proceso de lavado.
- Descarga de la torta de filtrado para su stock pile.
- Recuperación de agua de lavado.
- Traslado de la torta hacia el proceso de fundición para la obtención de Cu.
- Repetir el ciclo de operación de la máquina para una producción diaria.

3ºCONTROL:

- Verificar la carga de alimentación de concentrado para la capacidad de la máquina.
- Controlar de que la velocidad se la adecuada para cumplir con el proceso de filtrado óptimo.
- Controlar de que las válvulas estén abiertas o cerradas para los procesos de lavado y secado.
- Controlar la humedad de la torta.

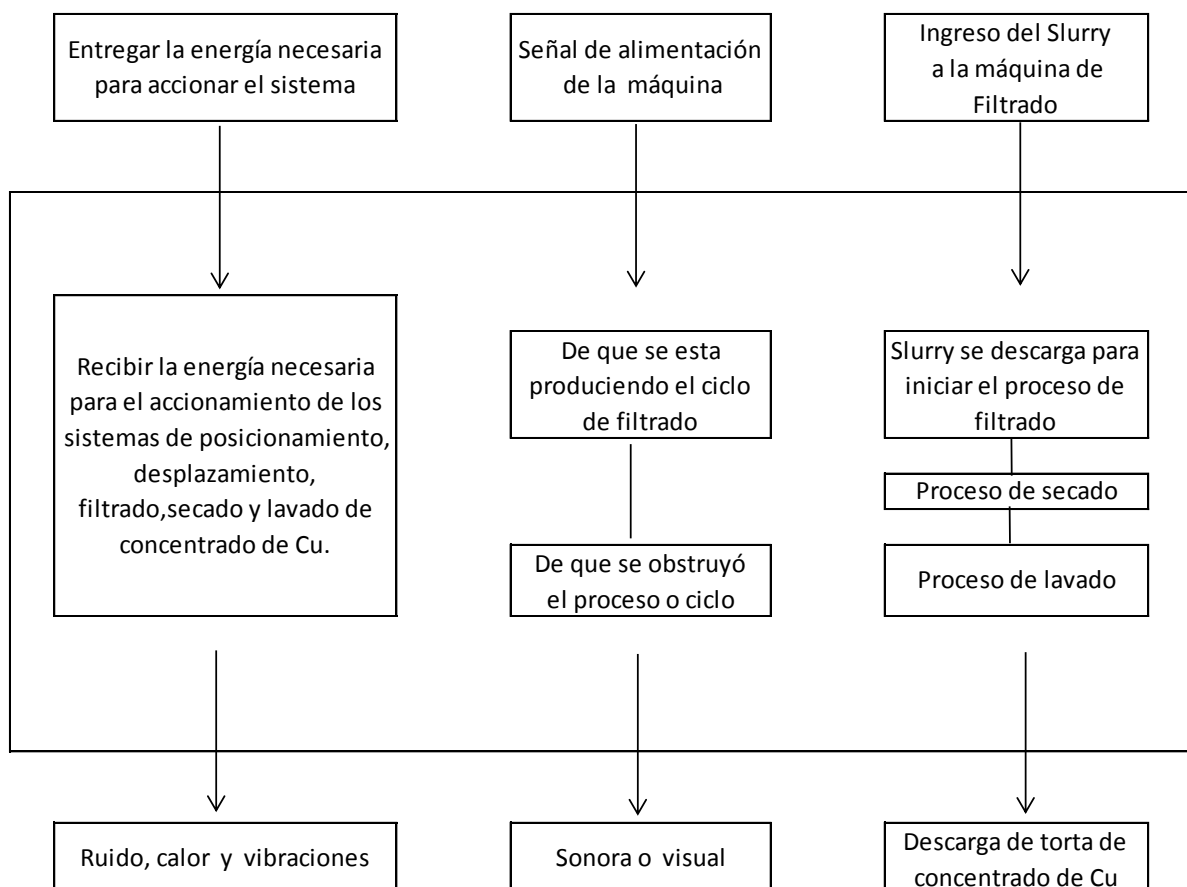
4ºFASE FINAL:

- Descarga de la torta de concentrado de Cu.
- Almacenamiento y traslado de la torta de con. de Cu.
- Repetir el ciclo de operación para una producción diaria.
- Parada de la máquina para mantenimiento preventivo-correctivo.

2.3.4.4 APLICACIÓN DE SISTEMAS TÉCNICOS Y LIMITACIONES

- La alimentación de concentrado de Cu a la máquina de filtrado será por una bomba centrífuga al de slurry, dejando al cliente la opción de realizar la alimentación de maneras distintas.
- El proceso de filtrado se realizara mediante la tela filtrante.
- El proceso de secado se realizara generando el vacio requerido.
- El proceso de lavado se realizara mediante líneas de agua.
- La descarga de la torta tendrá una humedad de entre 8% y 10%.
- La forma de energía utilizada deberá ser eficiente, considerando aspectos ambientales y de seguridad, por tanto, se utilizará un motor eléctrico trifásico 380v..
- La transmisión de potencia a los diversos componentes de la máquina se realizarán por medio de elementos de máquinas convencionales, como engranajes, poleas u otros. Se evitará utilizar elementos cuya fabricación sea más costosa de lo necesario.
- La máquina deberá anclarse de modo que brinde estabilidad y seguridad a la máquina en su conjunto.

2.3.4.5 REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE FUNCIONES



Nota. Elaboración propia

2.3.4.6 ESTRUCTURA DE FUNCIONES

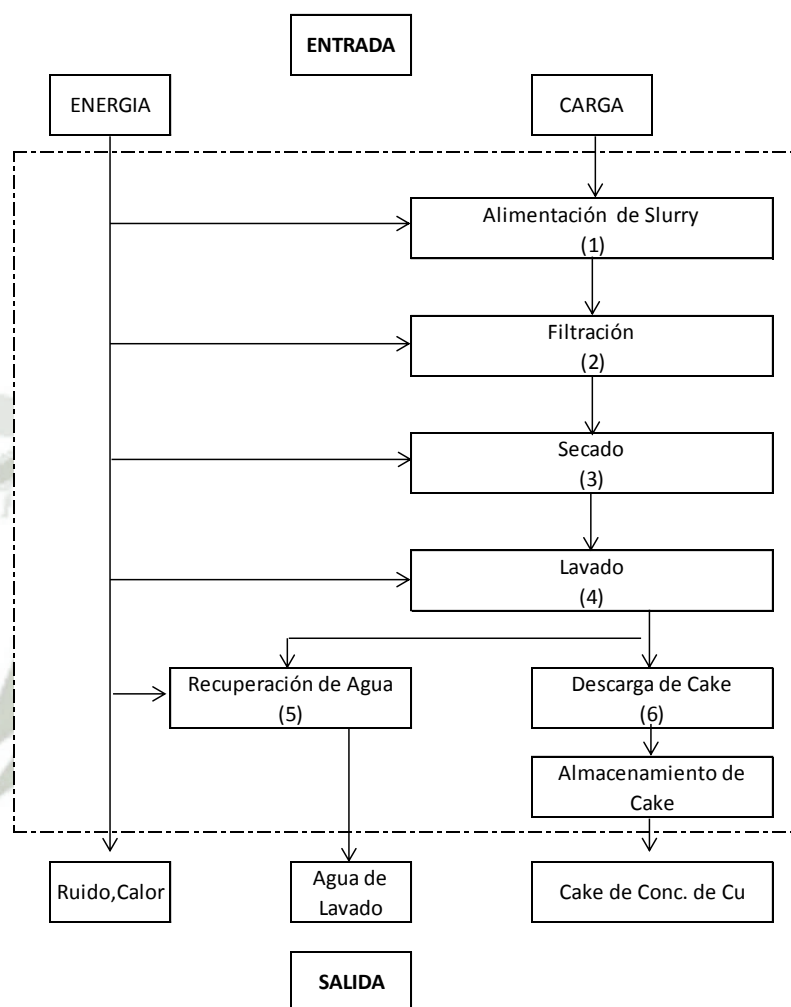
Las funciones son ordenadas de la siguiente manera:

1. Alimentar a la máquina de carga de slurry.
2. Proceso de filtrado sólido-liquido del slurry.
3. Proceso de secado del slurry.
4. Proceso de lavado de tela filtrante.
5. Recuperación de agua de lavado.
6. Descarga de la torta.
7. Almacenar la carga para su traslado y proceso de fundición.

A continuación se presentan 03 alternativas para la estructura de funciones de forma gráfica. De las tres opciones mostradas se adopta la estructura de

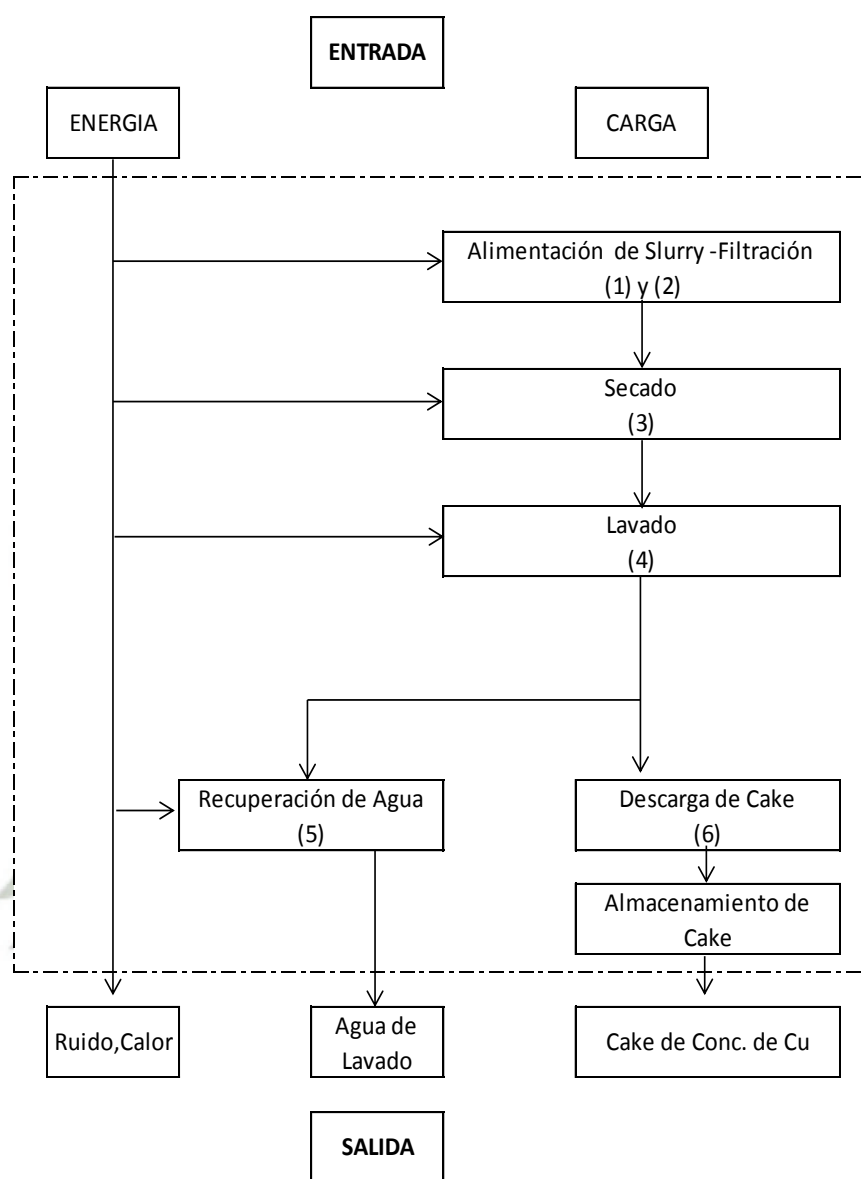
funciones N° 01, ya que dicha opción es más factible de implementarse, aplicando los sistemas técnicos y considerando sus limitaciones.

Opción N° 1



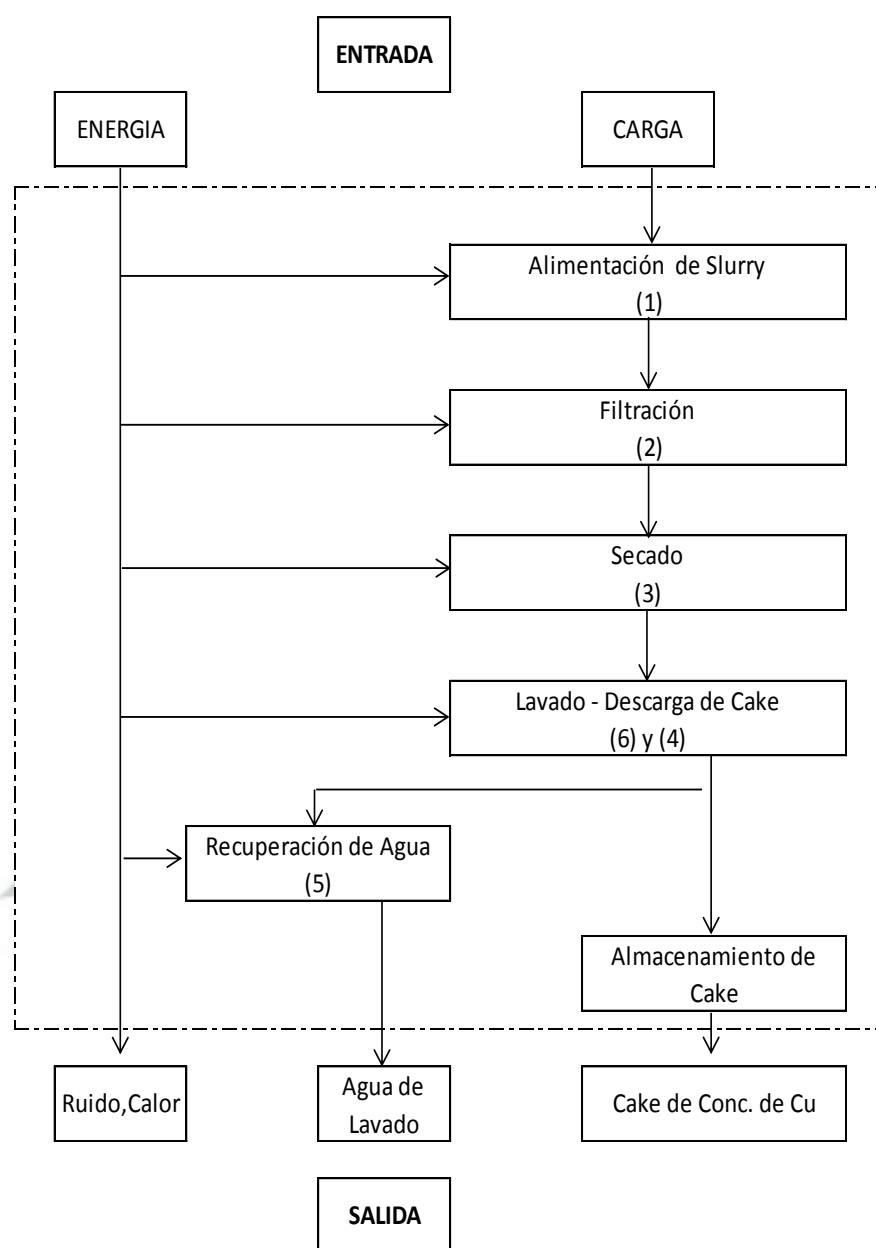
Nota. Elaboración propia

Opción N° 2



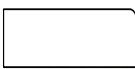
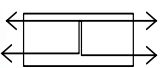
Nota. Elaboración propia

Opción N° 3



Nota. Elaboración propia

2.3.4.7 MATRIZ MORFOLÓGICA

	Sol. N° 1	Sol. N° 3	Sol. N° 2
FUNCIONES PARCIALES	A	B	C
1. Alimentar a la máquina de carga de slurry.	Feeder tank Slurry 	Sistemas de Bombeo 	Ductos de Alimentación 
2. Proceso de filtrado sólido-liquido del slurry.	Tela filtrante 	Placas de presión c/tela filtrante 	
3. Proceso de secado del slurry.	Líneas de aire 	Secadores rotatorios 	Intercambiadores de Q 
4. Proceso de lavado del slurry.	Líneas de agua-Aspersores 		
5. Recuperación de agua de lavado.	Por gravedad 	Sistemas de Bombeo 	
6. Descarga de la torta.	Por gravedad 	Por velocidad 	
7. Almacenar la carga para su traslado y proceso de fundición.	Stockpile 	A través de bolsas de despacho 	

Nota. Elaboración propia

2.3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA ÓPTIMA

2.3.5.1 VALORACIÓN TÉCNICA:

ESCALA DE VALORES SEGÚN VDI 2225 CON PUNTAJE "p" DE 0 a 3					
0= No Satisface, 1= Aceptable a las justas, 2= Suficiente, 3= Bien					
Variantes del Concepto	Importancia "i"	S-N°1	S-N°2	S-N°3	
N°	Criterios de Evaluación	%	p	p	p
1	Función	12%	3	2	2
2	Geometría	5%	2	2	2
3	Cinemática	7%	3	2	2
4	Cinética	8%	3	3	3
5	Fuerza	7%	2	2	2
6	Energía	7%	3	3	3
7	Materia	7%	3	2	3
8	Señales	5%	3	3	2
9	Seguridad	5%	3	2	2
10	Ergonomía	7%	3	2	3
11	Fabricación	11%	3	3	2
12	Montaje	7%	3	2	2
13	Transporte	4%	3	3	2
14	Mantenimiento	8%	3	2	2
Puntaje Total $PT = \sum p_i(\%)i/100$		100%	2.88	2.35	2.29
Puntaje Unitario $PU = PT/3$			0.96	0.78	0.76

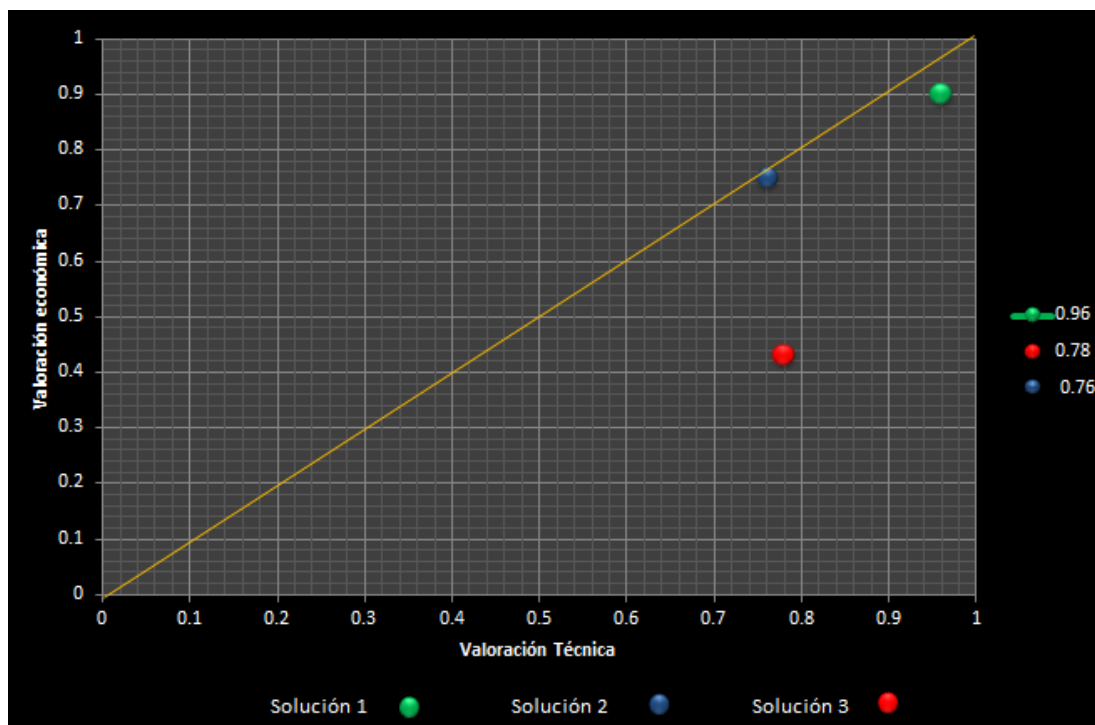
Nota. Elaboración propia

2.3.5.2 VALORACIÓN ECONÓMICA:

ESCALA DE VALORACIÓN ECONOMICA					
0= Costoso; 1= Medio; 2= Barato					
N°	FACTOR ECONÓMICO	IMPORTANCIA "i" (%)	S 1 (p)	S 2 (p)	S 3 (p)
1	Costo de Material	35%	2	1	1
2	Costo de Fabricación	30%	2	1	2
3	Costo de Montaje	20%	1	1	2
4	Costo de Mantenimiento	15%	2	0	1
Puntaje Total $PT = \sum p_i(\%)i/100$		100%	1.8	0.85	1.5
Puntaje Unitario $PU = PT/2$			0.90	0.43	0.75

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a la valoración correspondiente, el prototipo que se ajusta de mejor forma a las necesidades y exigencias de diseño es el prototipo N° 01.



Nota. Elaboración propia

2.4 CRITERIOS DE DISEÑO SEGÚN ESTÁNDARES Y NORMAS

2.4.1 ECONOMÍA EN EL DISEÑO

En un mundo competitivo como el actual, con los costos de materiales y obra de mano crecientes, la búsqueda de la economía a través del diseño cuidando la seguridad y la vida útil, es un tema fundamental. • Hay varios factores que intervienen en la optimización económica de un proyecto al respecto no ha procedimiento económica de un proyecto, y al respecto no hay procedimiento único y universalmente valido.

ASPECTOS TÉCNICOS: Sistema Estructural, Material, Disposición de elementos, Tipos de Conexiones.

ASPECTOS SOCIO-CULTURALES: Sistemas de contratación, rendimiento y calificación de los trabajadores de la región, tasa de cambio moneda local.

Sin embargo existen algunos principios básicos que pueden aplicarse y que en general siempre serán válidos:

- No confundir mínimo peso con mínimo costo.
- El tamaño de los vanos.
- Las conexiones a momento son mucho más costosas que las conexiones a cortante. Evitar en lo posible su uso.
- El uso repetitivo de elementos y dimensiones suele ser conveniente.
- Usar acero de alta resistencia.

2.5 CRITERIOS DE FABRICACIÓN

Para la fabricación se considerada los siguientes criterios:

- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Interface de ingeniería de detalle y la gestión de fabricación.
- Conexión con la programación de obra.

2.5.1 Concepto de obra como un conjunto:

Se define como:

- El subconjunto de ensambles.
- El subconjunto de partes
- Noción de marca
- Optimización de diseño (minimizar partes, estandarizar soluciones fácil construcción horas estandarizar, horas hombre tonelada)
- La fabricación óptima se encuentra cuando para un ensamble determinado, este se resuelve con el menor número posible de partes aplicando el menor número de procesos. Procesos.
- Todas las partes se pueden fabricar actualmente en forma automatizada
- Estandarización del número de ensambles pasando por alto un rango razonable de pasando por alto un rango razonable de diferencias en los elementos mecánicos de diseño diseño.
- Tomar en cuenta la dificultad de fabricación en que se incurre por una supuesta “optimización “de material.

Secciones Cerradas

Evitar la fabricación de este tipo de secciones, ayuda a disminuir los costos de fabricación, estas presentan desventajas como son:

- Inconvenientes de fabricación
- Soldadura interior en atiesadores
- Aplicación de calor excéntrico
- Aplicación de calor excéntrico
- Redundancia en las conexiones
- Mayor dificultad en control de calidad procedimientos de soldadura complejos

2.5.2 Procesos Automatizados de Fabricación en Taller:

Todos los procesos de fabricación de partes pueden ser automatizados en dos familias:

Perfiles y Placas

Perfiles: Corte (disco y cinta), barrenación, corte térmico, marcado, trazado “scribing”, camberroladogranalladopintura camber, rolado, granallado, pintura.

Placas: Oxicorte, plasma, barrenación, punzonadomarcadogranalladodoblezpunzonado, marcado, granallado, doblez, rolado, corte-cizalla, fabricación viga de tresplacas tres placas.

CAPITULO III

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

3.1 Características del material a Filtrar

El proyecto que desarrollaremos comprende el diseño, fabricación y montaje de un Filtro de Banda Horizontal cuyas características para el sistema de transporte de cake o queque es mediante una faja transportadora de filtración (Belt Conveyor filter) cuyas principales características para su funcionamiento serán:

Capacidad de transporte	: 80 TPH
Material a filtrar	: Concentrado de Cu
Tipo de alimentación	: Lodo (Slurry)
Área de Filtración	: 77 m ²
Longitud de Frame de Filtro	: 27,0 m (88.56 ft)
Altura mínima de Frame de Filtro	: 2,0 m (6.55 ft)
Ancho mínimo de Frame de Filtro	: 3.8 m (12.45 ft)
Peso específico de Conc. Cu	: 2 T/m ³ (124.61Lb/pie ³)
Velocidad de Banda	: 25 m/s (81.97 ft/min)

Para determinar las características del material a transportar, usaremos como guía el manual del CEMA.

La tabla 3.1 ilustra y define la relación entre Fluidez-Ángulo de sobrecarga-Ángulo de reposo, para el cual aplica el material filtrado.

Tabla 3-1
Fluidez – Angulo de sobrecarga – Angulo de reposo

Fluidez muy libre 1*	Fluidez libre 2*	Fluidez promedio 3*		Pesada 4*
ángulo de sobrecarga de 5°	Ángulo de sobrecarga de 10°	Ángulo de sobrecarga de 20°	Ángulo de sobrecarga de 25°	Ángulo de sobrecarga de 30°
				
0° - 19° ángulo de reposo	20° - 29° ángulo de reposo	30° - 34° ángulo de reposo	35° - 39° ángulo de reposo	40° - a más ángulo de reposo
Características del material				
Tamaño uniforme, partículas redondeadas muy pequeñas, tanto si están húmedas o muy secas: piedra sílice seca, cemento, concreto húmedo	Partículas pulidas, redondeadas, secas, de peso medio: granos sin pelar y frejoles	Materiales Irregulares, granulares o en trozos de peso medio, tales como antracita y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, piedra, mayoría de minerales	Materiales irregulares, fibrosos, que se pueden atorar: astillas de madera, bagazo, arena de fundición templada.

* Los diseños de código conforman las características gráficas de los materiales a granel.

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.37.

Además, se tiene la indicación de la tabla 3-2 del CEMA el cual tiene más detalle de las características del material:

Material: Cobre mineral, concentrado de Cu para el proceso de fundición.

B Fino hasta un 1/8".

1 Fluidez muy buena – Angulo de reposo entre 20°-34°

5 No es abrasivo

T Medio corrosivo.

□ Tabla 3-2

Tabla 3-2 Descripción de la Clasificación de los Materiales

	Características del material	Código
Tamaño	Muy fino: hasta la malla 100	A
	Fino: hasta 1/8"	B
	Granular: hasta 1/2"	C
	En trozos: de más de 1/2"	D
	Irregular: fibrosos, que se pueden atorar, enredado	E
Fluidez, Angulo de Reposo	Fluidez muy buena – Angulo de reposo menor a 19°	1
	Fluidez buena: Angulo de reposo entre 20 a 29°	2
	Fluidez promedio - Angulo de reposo entre 30 a 39°	3
	- Angulo de reposo entre 40° a más.	4
Abrasividad:	No abrasivo	5
	Abrasivo	6
	Muy abrasivo	7
	Muy afilado: corta o deshace la cubierta de la faja	8
Características Variadas (a veces mas de una propiedad puede aplicarse)	Muy polvoriento	L
	Aireado o que desarrolla propiedades de fluido	M
	Contiene polvo explosivo	N
	Contaminable, afecta su uso o venta	P
	Degradable, afecta su uso o venta	Q
		R
	Altamente Corrosivo	S
	Medio Corrosivo	T
	Higroscópico	U
	Que se atora	V
	Presenta aceites o químicos que pueden afectar productos de caucho	W
	Empacado bajo presión	X
	Muy liviano y , puede dispersarse con el viento	Y
	Temperatura elevada.	Z
Por ejemplo: Un material muy fino, de buena fluidez, abrasivo, y que contiene polvo explosivo, tendrá una designación: Clase A26N		

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.39.

3.2 Determinación de cargas actuantes en el sistema de transporte

La Tabla 3-3 del CEMA nos indica las características del material a transportar.

Tabla 3-3

Características del material y peso por pie cúbico

Material	Peso promedio (lb. por pie ³)	Angulo de reposo (grados)	Inclinación Máxima recomendada	Código
Mineral de Cobre	120-150	30-44	20	*D37

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.40.

3.2.1. Velocidad y ancho de faja recomendada.

Las velocidades convenientes dependen en gran medida de las características del material a ser transportado, la capacidad deseada, y las tensiones de la faja empleadas.

Los materiales polvorientos deben ser transportados a velocidades suficientemente bajas para minimizar la formación de polvo, particularmente en los puntos de carga y descarga. Los materiales frágiles también limitan las velocidades de faja. “Las velocidades bajas son necesarias para que la degradación de materiales frágiles no ocurra en puntos de carga y descarga, cuando la faja transportadora y el material transportado sean desplazados sobre rodillos” ²⁰.

De acuerdo a la tabla 4-1 del CEMA, mostrada, para un material mineral de cobre, cuyas características ya descritas se presenta como concentrado de Cu (Slurry) con fluidez promedio, ángulo de reposo es entre 20° a 34°, siendo un material no abrasivo, medio corrosivo. Se podría trabajar como un mineral húmedo o arena molida con pequeños núcleos, además será transportado en una faja plana para cuyo caso se tendría una velocidad máxima recomendada de 200 pies/min., para un ancho de faja b , el cual va depender del área de filtración S .

Tomando el área de filtración $S=77m^2$ como parámetro para la selección de la banda de filtración se tiene un ancho de banda de 126in.

El área de filtración se definirá con más detalle en el Capítulo V.

²⁰ Conveyor Equipment Manufacturers Association, s.f.,CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1

Tabla 4-1
Las Velocidades de Cinturón de Máximo recomendadas

Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	Ancho de la faja (pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de desperdicio, piedra chancada fina. □	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	mayor de 36
Arena de Fundición, preparada o húmeda; arena molida con pequeños núcleos, con o sin pequeñas piezas de fundición (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Arena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores.	200, salvo pulpa de madera dónde 300 a 400 son preferibles	Cualquier ancho
Fajas Alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas	50 a 100	Cualquier ancho

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.50.

Por razones de seguridad durante la operación y mantenimiento, se recomienda usar una velocidad menor de 200 pies/min, manteniendo el mismo ancho de la banda 126”, para de esta manera contrarrestar los peligros existentes.

Verificando capacidad y ancho de banda, haremos uso de la tabla 4.3 del CEMA, para lo cual se tiene:

$$\text{pie}^3/\text{hora} = \frac{\text{tph} * 2200}{\text{densidad} - \text{material}}$$

$$\frac{\text{pie}^3}{\text{hora}} = \frac{80\text{TPH} * 2200}{124.61\text{Lb}/\text{pie}^3}$$

$$\text{Capacidad} = 1412.41 \text{ pie}^3/\text{hora}$$

Para convertir a una capacidad equivalente a una velocidad de faja de 100 ppm (pies por minuto).

$$capacidad (equivalente) = \frac{pie3 / hora * 100}{velocidad actual de la faja (ppm)}$$

$$capacidad equivalente = \frac{1412.41 * 100}{81.97} pie3/hora$$

$$capacidad equivalente = 1723.08 pie3/hora$$

Esta capacidad debe ser afectada por un factor que considera la sobrecarga al transportador, el cual se tendrá los siguientes valores

% Sobrecarga	Factor de corrección	% Sobrecarga	Factor de corrección
2	1	14	0.91
4	0.99	16	0.89
6	0.98	18	0.85
8	0.97	20	0.78
10	0.95	22	0.76
12	0.93	24	0.71

Para nuestro caso tendremos un factor de 0.78, debido a que la sobrecarga de material podría llegar hasta 20%, en la condición de transporte más desfavorable.

$$capacidad equivalente = \frac{1723.08}{0.78} pie3/hora$$

$$capacidad equivalente = 2209.07 pie3/hora$$

Comparando con la tabla 4-5 del CEMA, se puede observar que la capacidad aparente en 100 ppm, para una faja de 126" no existe por tanto haciendo la extrapolación con b=96in, faja plana con un ángulo de sobrecarga de 5°, que es recomendable para el material que vamos a transportar es de 6,778 pie3/hora con lo cual se cumpliría con la capacidad de transporte requerida.

$$\text{Por tanto: } 2209.07 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}} \leq 6778 \frac{\text{pie}^3}{\text{hora}}$$

Tabla 4-5
Distancia límite standard de capacidad de la faja plana = $0.055b + 0.9$ pulg

Anchura de la faja (pulg)	A _c – Sección transversal de carga (pie ²)							Capacidad en 100 PPM (pie ³ /Hr)						
	Angulo de sobrecarga							Angulo de sobrecarga						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18		0.020	0.041	0.062	0.083	0.105	0.127		123	246	372	498	630	762
24		0.039	0.077	0.117	0.157	0.198	0.241		232	466	702	942	1190	1444
30		0.063	0.126	0.190	0.255	0.321	0.390		376	756	1137	1527	1928	2340
36		0.092	0.185	0.280	0.376	0.474	0.575		555	1113	1677	2253	2844	3450
42		0.130	0.257	0.387	0.520	0.656	0.796		768	1540	2322	3120	3936	4776
48		0.169	0.340	0.512	0.688	0.868	1.053		1016	2037	3072	4126	5208	6318
54		0.216	0.434	0.654	0.879	1.109	1.346		1298	2604	3927	5273	6654	8076
60		0.269	0.540	0.814	1.093	1.380	1.675		1614	3240	4885	6560	8278	10050
72		0.392	0.786	1.186	1.593	2.010	2.440		2353	4720	7116	9558	12060	14640
84		0.538	1.080	1.628	2.186	2.758	3.349		3229	6478	9767	13117	16550	20091
96		0.707	1.419	2.139	2.873	3.625	4.400		4243	8514	12835	17238	21750	26404

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.55.

Para nuestro caso, a lo largo de nuestro filtro usaremos rodillos de faja plana para asegurar el transporte adecuado de la carga.

3.2.2.- Selección de Rodillos.

Los requerimientos importantes para los rodillos son el soporte y la protección apropiada para la faja y el apoyo apropiado para la carga que está siendo transportada.

“La fuerza de fricción del polín influye en la tensión de la faja y, por consiguiente, en la potencia requerida. El diámetro del polín, el diseño de los rodamientos, y los requisitos de los sellos, constituyen los factores que más afectan la fuerza de fricción”²¹.

²¹ Convenyor Equipment Manufacturers Association, s.f.,CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1

3.2.2.1 Clasificación de los Rodillos

La selección del diámetro de rodillo apropiado, el tamaño del rodamiento y del eje; se basan en el tipo de servicio, las condiciones de operación, la carga transportada, y la velocidad de la faja. Para esta clasificación usaremos la Tabla 5-1 del CEMA.

Tabla 5-1
Clasificación del rodillo

Clasificación	Número de serie de la matriz	Diámetro del rodillo (pulgadas)	Descripción
A4	I	4	Servicio liviano
A5	I	5	" "
B4	II	4	" "
B5	II	5	" "
C4	III	4	Servicio medio
C5	III	5	" "
C6	IV	6	" "
D5	NA	5	" "
D6	NA	6	" "
E6	V	6	Servicio pesado
E7	VI	7	" "

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.57.

Para nuestro caso seleccionamos rodillos E7 para trabajo o servicio pesado.

3.2.2.2 Espaciamiento entre rodillos

Los factores a considerar cuando se selecciona el espaciamiento para los rodillos son: el peso de la faja, el peso del material, el valor de carga del rodillo, la flecha, la vida útil de los rodillos, los rangos de carga de la faja, y tensión de la faja. Para esta selección usamos la Tabla 5-2 del CEMA.

Table 5-2
Espaciamiento Normal Recomendado para Rodillos (S)

Ancho de la faja (pulgadas)	Rodillos abarquillados Peso del material maniobrado, en lbs por pie cúbico						Rodillos de retorno
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5 ft	5.0 ft	5.0 ft	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	10.0 ft
24	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
30	5.0 ft	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	4.0 ft	10.0 ft
36	5.0 ft	4.5 ft	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	10.0 ft
42	4.5 ft	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
48	4.5 ft	5.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
54	4.5 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
60	4.0 ft	4.0 ft	3.5 ft	3.0 ft	3.0 ft	3.0 ft	10.0 ft
72	4.0 ft	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	8.0 ft
84	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.5 ft	2.0 ft	8.0 ft
96	3.5 ft	3.5 ft	3.0 ft	2.5 ft	2.0 ft	2.0 ft	8.0 ft

*El espaciamento puede limitarse por el valor de la carga del rodillo. Vea los valores de carga de los rodillos en las Tablas 5-8 a5-12.

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.63.

Extrapolando con $b=126''$ se tiene: $S_i = 2.25$ pies y rodillos de retorno 10 pies.

3.2.2.3 Procedimiento de Selección de Rodillos

Para seleccionar apropiadamente un rodillo, primero es necesario determinar la carga ajustada. Ésta es la carga manejada por el rodillo pero afectada por factores de tamaño de trozo, condiciones ambientales, y factores de servicio.

Carga del Rodillo Real = $IL = (W_b + W_m) S_i$

Carga Ajustada = AL

Donde:

$$AL = (IL \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4) + IML$$

W_b = Peso de la Faja (lbs por pie) (Vea Tabla 6 - 1)

W_m = Peso del Material (lbs por pie) (Vea Tabla 6-2)

S_i = Espaciamento del Rodillo (pie) (Vea Tabla 5-2)

K_1 = Factor de Ajuste por Tamaño de Trozo (Vea Tabla 5-4)

K_2 = Factor de Medio Ambiente y de Mantenimiento (vea Tabla 5-5)

K3 = Factor de Servicio (vea Tabla 5-6)

K4 = Factor de Corrección de la Velocidad de la faja (vea Tabla 5-7)

IML = Fuerza Debido a la Desviación por la Altura del Rodillo

Wb = Peso de la Faja (lbs por pie), extrapolando la Tabla 6–1 del CEMA para una faja b=126” y material a transportar de 124 Lb/pie³, se tiene:

Wb = 47.50 lb/pie

Tabla 6-1
Peso de Faja Estimado Promedio con Pliegues
Múltiples y Reducidos, lb/pie

Ancho de la faja en pulgs. (b)	Material transportado, lbs/ft ³		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
60	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

1. Fajas con alma de acero, incrementar el valor en 50%
2. Los pesos reales de la faja varían con las diferentes construcciones, fabricaciones, calibres de cubierta, etc. Use estos valores para una estimación. Obtenga los valores reales de los fabricantes de faja, en lo posible.

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.76.

Wm = Peso del Material (lbs por pie) de acuerdo a la fórmula del CEMA se tiene:

$$Wm = \frac{2000 * Q}{60 * V}$$

$$Wm = \frac{80TPH * 2000}{60 * 81.97 ppm}$$

$$Wm = 32.53 lb/pie$$

Carga del rodillo real será:

$$IL = (Wb + Wm) * Si$$

$$IL = \left(47.50 \frac{lb}{pie} + 32.53 \frac{lb}{pie} \right) * 2.25 \text{ pies}$$

$$IL = 180.07 \text{ Lb}$$

Carga Ajustada.

$$AL = (IL * K1 * K2 * K3 * K4) + IML$$

K₁ - Tabla 5-4 del CEMA

Tabla 5-4
Factor de ajuste del trozo K₁

Tamaño máximo del trozo (pulgadas)	Peso del material, lbs/cu. ft. K ₁ = 1.1						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.65.

$$K_1 = 1.00$$

Considerando un tamaño de concentrado de Cu de <4”.

K₂-Tabla 5-5 del CEMA

Tabla 5-5
Factores Ambientales y de Mantenimiento K₂

Condiciones Ambientales	Mantenimiento		
	Bueno	Promedio	Escaso
Limpio	1.00	1.08	1.11
Moderado	1.06	1.10	1.13
Sucio	1.09	1.12	1.15

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.63.

$$K_2 = 1.10$$

Considerando un Mantenimiento promedio moderado.

K₃ -Tabla 5-6 del CEMA

Tabla 5-6
Factores de servicio K₃

Operación	Factor
Menos de 6 horas al día	0.8
Entre 6 y 9 horas al día	1.0
Entre 10 y 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.63.

$$K_3 = 1.20$$

Considerando una frecuencia de servicio de más de 16 horas.

K₄ -Tabla 5-7 del CEMA

Tabla 5-7
Factor de Corrección de la Velocidad de la Faja K₄

Velocidad de la faja (ppm)	Diámetro de los rodillos, en pulgadas			
	4	5	6	7
100	0.80	0.80	0.80	0.80
200	0.83	0.80	0.80	0.80
300	0.90	0.85	0.83	0.81
400	0.95	0.91	0.88	0.85
500	0.99	0.95	0.92	0.88
600	1.03	0.98	0.95	0.92
700	1.05	1.01	0.98	0.95
800	-	1.04	1.00	0.97
900	-	1.06	1.03	1.00
1000	-	-	1.05	1.02

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.63.

$$K_4 = 0.80$$

Considerando un rodillo de 7" y una velocidad de 87.98 ppm de la banda.

IML = Fuerza Debido a la Desviación por la Altura del Rodillo.

A sumimos un **IML** = 200 Lb.

Reemplazando valores:

$$AL = (IL * K_1 * K_2 * K_3 * K_4) + IML$$

$$AL = (180.07 \text{ lb} \times 1.0 \times 1.10 \times 1.20 \times 0.8) + 200 \text{ lb}$$

$$AL = 390.15 \text{ lb}$$

Por tanto se cumple: $AL > IL$

$$390.15 \text{ Lb} > 180.07 \text{ Lb}$$

De acuerdo a la fuerza en el rodillo, extrapolando la Tabla 5-12 del CEMA se verifica que la capacidad del rodillo tipo E podrá soportar 1560 Lb.

Table 5-12
Valores de carga para los rodillos CEMA E, lbs

Ancho de la faja (pulgadas)	Angulo de abarquillamiento			Retorno
	20°	35°	45°	
36	1800	1800	1800	1000
42	1800	1800	1800	1000
48	1800	1800	1800	1000
54	1800	1800	1800	925
60	1800	1800	1800	850
72	1800	1800	1800	700
84	1800	1674	1620	550
96	1750	1628	1575	400

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.66.

3.2.3.- Cálculo de la Potencia requerida.

La potencia requerida en HP, en el sistema de accionamiento de la faja transportadora, se deduce de las libras de la tensión efectiva T_e , requerida en la polea motriz para impulsar el transportador cargado a la velocidad de diseño de la faja, V , en pies/min.

$$HP = \frac{T_e * V}{33000}$$

Para determinar la tensión efectiva, **T_e** , es necesario identificar y evaluar cada una de las fuerzas individuales que actúan en la faja transportadora y que contribuyen a la tensión requerida para el accionamiento de la faja mediante la polea motriz. **T_e** es la sumatoria final de las tensiones de la faja producidas por fuerzas tales como:

a. La carga gravitatoria para elevar o bajar el material a transportar.

- b.** La fuerza de fricción de los componentes del transportador, transmisión, y todos los accesorios, cuando se opera a la capacidad de diseño.
- c.** La fuerza de fricción del material cuando se transporta.
- d.** La fuerza requerida para acelerar continuamente el material que se carga al transportador desde un chute o alimentador.

La fórmula básica para calcular la tensión efectiva, T_e es:

$$T_e = LK_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac} (*)$$

De acuerdo a esta ecuación (2), podremos considerar lo siguiente:

$$T_e = T_x + T_{yb} + W_m (LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac} (**)$$

$$T_e = T_x + T_{yb} + T_{ym} \pm T_m + T_p + T_{am} + T_{ac} (***)$$

Siendo:

T_x - Fuerza de fricción de los rodillos de transporte y de retorno (lb.)

$$T_x = L * K_x * K_t$$

Dónde:

L = longitud del transportador, para nuestro caso es 177.12 ft,

K_t = factor de corrección de la temperatura ambiente, para nuestro caso igual a 1.

$T^{\circ}\text{ambiente} = 60^{\circ}\text{F}$

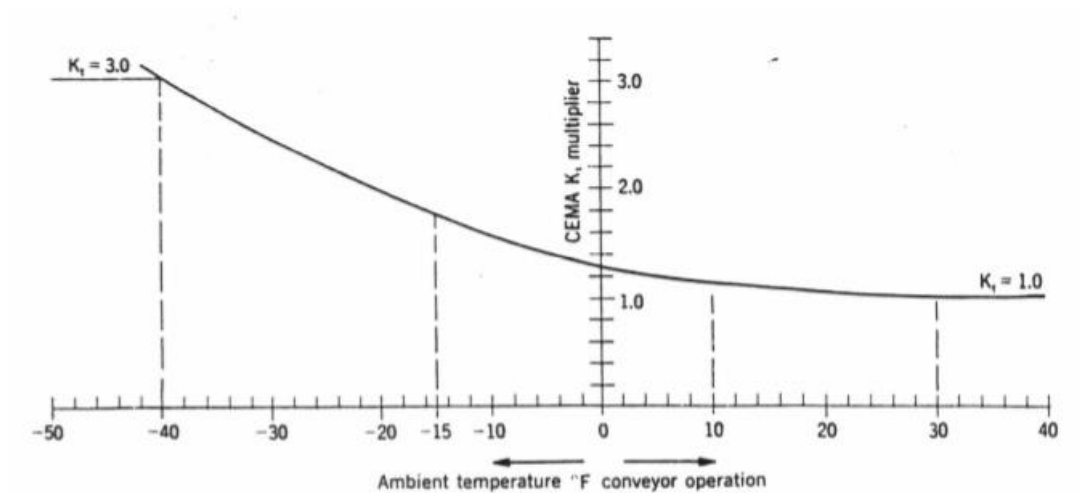


Figura 3.1

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.72.

Kx = factor usado para calcular la fuerza de fricción de los rodillos y la resistencia al deslizamiento entre la faja y los rodillos, en lb. /pie.

$$Kx = 0.00068(Wb + Wm) + \frac{Ai}{Si}$$

Para nuestro caso se tiene:

$$Wb = 47.50 \text{ Lb/pies.}$$

$$Wm = 32.53 \text{ Lb/pies.}$$

$$Ai = 2.4 \text{ para rodillos de 7 pulgadas de diámetro, CEMA E7}$$

$$Si = 2.25 \text{ pies.}$$

Reemplazando obtendremos.

$$Kx = 1.12 \text{ lb/pie}$$

Para la fuerza de fricción en los rodillos de transporte, se tendrá:

$$Tx = 177.12 \text{ pies} * 1.12 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * 1$$

$$Tx = 198.37 \text{ lb}$$

Tyb - Resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos (lb.),
descomponiendo tendremos:

Resumiendo:

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

Reemplazando:

$$T_{yb} = (L * K_y * W_b * K_t) + (L * 0.015 * W_b * K_t)$$

Luego tendremos,

$$T_{yb} = L * W_b * K_t(0.015 + K_y)$$

Para nuestro caso, tendremos los siguientes valores:

$$L = 177.12 \text{ pies}$$

$$W_b = 47.50 \text{ Lb/pie.}$$

$$K_t = 1$$

$$K_y = 0,0165 \text{ se obtuvo por interpolación de la tabla 6-2 CEMA.}$$

Tabla 6-2
Valores del Factor K_y

Longitud del transportador	$W_b + W_m$ (lbs por pie)	Porcentaje de pendiente						
		0	3	6	9	12	24	33
		Grados aproximados						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	250	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
	250	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
	300	0.035	0.035	0.034	0.029	0.024	0.018	0.018
500	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
	250	0.035	0.035	0.030	0.025	0.021	0.016	0.015
	300	0.035	0.035	0.029	0.024	0.019	0.018	0.018
	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.016

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.75.

Luego :

$$Tyb = 177.12 \text{ pies} * 47.50 \text{ lb/pie} * 1(0.015 + 0.0165)$$

$$Tyb = 265.02 \text{ lb}$$

Tym - Resistencia del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos

$$Tym = L * Ky * Wm$$

Para nuestro caso, tendremos los siguientes valores:

$$L = 177.12 \text{ pies}$$

$$Wm = 32.53 \text{ Lb/pie.}$$

$$Ky = 0,0165 \text{ se obtuvo por interpolación de la tabla 6-2 CEMA.}$$

Luego.

$$T_{ym} = 177.12 \text{ pies} * 0.0165 * 32.53 \text{ lb/pie}$$

$$T_{ym} = 95.07 \text{ lb}$$

T_m - Fuerza necesaria para elevar (o bajar) el material (lb.)

$$T_m = \pm H * W_m$$

Para nuestro caso :

$$H = 0 \text{ pies}$$

Luego.

$$T_m = 0 \text{ Lb}$$

T_p - Resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas y la resistencia de poleas a rodar sobre sus rodamientos (lb.)

Para nuestro proyecto tendremos fricción en las poleas sin accionamiento que será igual a:

$$T_p = 1 * 400 \text{ Lb} + 9 * 300 \text{ Lb}$$

$$T_p = 3100 \text{ Lb}$$

T_{am} - Fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta hacia la faja.

$$T_{am} = 0 \text{ Lb}$$

T_{ac} - Resistencia generada por los accesorios del transportador.

$$T_{ac} = T_{tr} + T_{pl} + T_{bc} + T_{sb}$$

Siendo.

T_{tr} - de los volteadores y apiladoras, para nuestro caso no se tiene volteadores en el filtro, por lo tanto $T_{tr} = 0 \text{ Lb}$.

Tpl - de los desviadores de la Faja, para nuestro caso no se tiene desviadores en el filtro, por lo tanto $Tpl = 0 \text{ Lb}$.

Tbc - de los dispositivos de limpieza de la faja. De acuerdo a la recomendación del CEMA tomaremos 5 libras por pulg.

$$Tbc = 5 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}} * 126 \text{ pulg}$$

$$Tbc = 630 \text{ Lb}$$

Tensión resultante de la fuerza para superar la fricción de los faldones Tsb

(Lb) : Para nuestro caso no se dispone de faldones porque la alimentación es contenida por una bandeja tipo cola de pescado el cual distribuye la carga hacia la faja.

$$Tsb = Lb \times (Cs \times H_s^2 + 6)$$

$$Tsb = 0 \text{ Lb}$$

Resumiendo:

$$Tac = Ttr + Tpl + Tbc + Tsb$$

$$Tac = Tbc$$

$$Tac = 630 \text{ Lb}$$

3.2.4 Calculo de tensión efectiva y Potencia del motor.

Resumiendo las cargas obtenidas tendremos que la tensión efectiva será:

$$Te = Tx + Tyb + Tym \pm Tm + Tp + Tam + Tac$$

Dónde:

$$Te = 198.37 \text{ lb} + 265.02 \text{ lb} + 95.07 \text{ lb} + 0 \text{ lb} + 3100 \text{ lb} + 0 \text{ lb} + 630 \text{ lb}$$

$$Te = 4288.46 \text{ Lb}$$

Para la potencia se tiene la siguiente formulación:

$$HP = \frac{Te * V}{33000}$$

Siendo: Te tensión efectiva, para nuestro caso 4288.46 Lb

V velocidad de diseño de la faja, para nuestro caso 81.97 pies/min.

Reemplazando tendremos:

$$HP \text{ de la faja} = \frac{4288.46 * 81.97}{33000}$$

$$HP \text{ de la faja} = 10.65 \text{ hp}$$

La potencia en el lado motriz será:

$$HP \text{ de la polea motriz} = \frac{400 * 81.97}{33000}$$

$$HP \text{ de la polea motriz} = 1 \text{ hp}$$

Agregamos 5% para perdidas del reductor de velocidad:

$$0.05 * (10.65 \text{ hp} + 1 \text{ hp}) = 0.58 \text{ hp}$$

Por tanto la potencia en el eje del motor será:

$$HP \text{ en el eje del motor} = 10.65 \text{ hp} + 1 \text{ hp} + 0.58 \text{ hp}$$

$$HP \text{ en el eje del motor} = 12.23 \text{ hp}$$

Con esta potencia se seleccionara la más próxima de acuerdo a catálogos de fabricantes de motor, para nuestro proyecto usaremos motorreductor siemens.

3.2.5 Calculo de tensiones máximas, mínimas y tensión de faja.

Teniendo la tensión efectiva procedemos a calcular la tensión máxima, tensión en la polea de cola, tensión de la faja.

- Tensión mínima T2

$$T2 = Cw * Te$$

$C_w = 0.8$ según Tabla 6.8 del CEMA.

$$T_2 = 0.8 * 4288.46 = 3430.71 \text{ Lb}$$

Tabla 6-8
Factor de Arrollamiento, C_w (Fajas con cubierta de caucho)

Tipo de Polea Motriz	Arrollamiento θ	Tensor automático		Tensor manual	
		Polea desnuda	Polea recubierta	Polea desnuda	Polea recubierta
Simple sin polea de reenvío	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
Simple con polea de reenvío	200°	0.72	0.42	1.0	0.7
	210°	0.66	0.38	1.0	0.7
	220°	0.62	0.35	0.9	0.6
	240°	0.54	0.30	0.8	0.6
Dual	380°	0.23	0.11	0.5	0.3
	420°	0.18	0.08	-	-

* Los valores duales se basan en una distribución ideal entre la polea primaria y secundaria.

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.86.

- Tensión máxima T_1

$$T_1 = T_2 + T_e$$

$$T_1 = 3430.71 \text{ Lb} + 4288.46$$

$$T_1 = 7719.23 \text{ Lb}$$

- Tensión en la polea de cola T_t

$$T_t = T_2 + 0.015 * L * K_t * W_b + \text{fricción de las poleas sin accionamiento}$$

$$T_t = 3430.71 \text{ Lb} + 0.015 * 88.52 \text{ pies} * 1 * 47.50 \frac{\text{Lb}}{\text{pie}} + 3100 \text{ Lb}$$

$$T_t = 6593.78 \text{ Lb}$$

- Tensión de la faja (PIW)

$$PIW = 6593.78 \text{ Lb por pulgada de ancho de faja}$$

3.3 Selección de equipos de transporte **(Poleas,conveyor,guiadores,raspadores)**

3.3.1 Poleas:

En cualquier aplicación de transporte, el deslizamiento de la banda transportadora puede ser un problema. Existen tres factores que pueden causar deslizamiento entre la banda transportadora y la polea motriz.

- Un coeficiente de fricción muy bajo.
- Cuando el ángulo de contacto entre la banda y la polea del transportador es muy pequeño.
- Si la tensión de la banda es muy baja.

La forma más económica y eficiente de reducir el deslizamiento es instalar un recubrimiento adecuado en la polea motriz. El utilizar un recubrimiento en la polea del transportador tiene dos funciones:

- Su función principal es ayudar al agarre de la banda transportadora y de esta forma transmitir el torque de la transmisión a la polea para que se transporte la carga en el transportador de banda.
- El recubrimiento también prolonga la vida útil de la polea.

Recubrimiento Ceramico-Pegado en Frío

Son de hule pre-curado adecuado para instalarse directamente en la cara de la polea. El hule pegado en frío se puede suministrar tanto liso como diamantado. Este producto normalmente se usa cuando las poleas del transportador deben ser recubiertas cuando están en operación, reduciendo el tiempo requerido para instalar un recubrimiento nuevo completo.

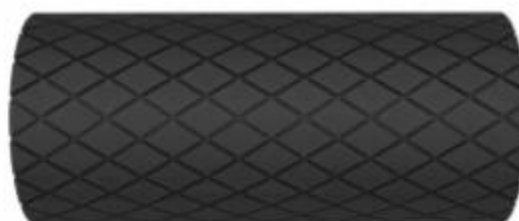


Fig.3.2

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 2>>, s.f., p.202.

Considerando el ancho de banda como longitud de cara de la polea y el diámetro del agujero el diámetro del eje se selecciona la polea según Tabla 8.1 del CEMA (ANEXO 1) y se tiene:

Polea Motriz: Ø 1040 (41in) L=3200mm con recubrimiento cerámico;
Peso aprox. 1.8 Ton

3.3.2 Rodillos:

El filtro de banda no lleva rodillos de faja plana solo de retorno, el movimiento de la faja lo genera las poleas de cabeza y de cola, lo que se genera es una cama de aire durante el movimiento de la faja el cual hace que no se genere fricción durante el transporte de la carga.

Rodillos de retorno Faja Plana y rodillos de tela filtrante = Clase C7, 7 pulgada de diam., con 10 pie espaciamiento.



Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.55.

3.3.3 Tensores de Faja, Limpiadores, y Accesorios:

3.3.3.1 Tensores de Faja

Todos los transportadores de faja adecuadamente diseñados requieren el uso de alguna forma de dispositivo de tensor por las siguientes razones:

- Asegurar la cantidad apropiada de tensión del lado flojo, T2, en la polea motriz para prevenir el derramamiento de la faja.
- Asegurar la tensión de la faja apropiada en la carga y en otros puntos a lo largo del transportador (necesario para prevenir pérdidas del contorno

abarquillado de la faja entre rodillos, evitando el derrame del material de la faja).

- Compensar los cambios de longitud de la faja.
- Permitir el almacenamiento de la faja para realizar los empalmes de reemplazo (sin el almacenamiento, las secciones pequeñas de faja nueva tendrían que ser adicionados, requiriendo dos empalmes para cada reparación del empalme).

3.3.3.1.1 Tensores Manuales

Los tensores manuales tienen las ventajas de tamaño reducido y el costo bajo; sin embargo, debido a que con este tipo el tensor de la faja es para un periodo, las tensiones de faja resultantes casi siempre son demasiado altas o demasiado bajas. Por consiguiente, sólo se recomiendan los tensores manuales donde el tensor automático no sea práctico debido a las limitaciones de espacio o en el caso de transportadores de faja relativamente cortos y de servicio ligero, donde las consideraciones del tensor no son tan críticas.

El tensor manual más comúnmente usado es el de tornillo, ilustrado en la Figura 3.4 Otros tipos comunes incluyen tensores ratchet y de plataforma. Los tensores del tornillo están generalmente disponibles en 12, 18, 24, 30, y 36 pulgadas de recorrido del tensor.

*Ensamble de Tensor de Tornillo
Manualmente Ajustado*

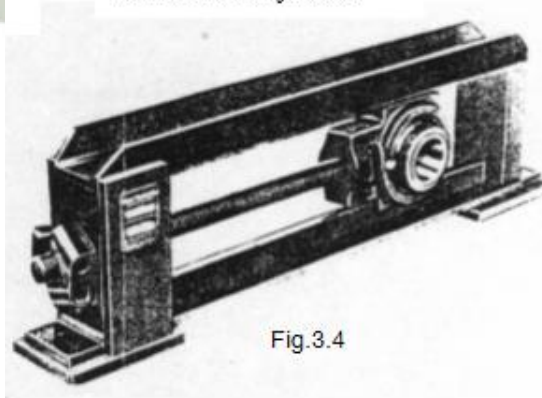


Fig.3.4

Nota. Extraído de << CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1>>, s.f., p.55.

Ubicación del Tensor Manual. Normalmente se localizan al final del transportador, opuesto al extremo de accionamiento. Éste es el arreglo más conveniente y menos costoso, además no involucra ninguna polea extra. “Sin embargo, es posible ubicar el tensor manual en otra parte en el tramo de retorno de la faja transportadora, si se requiere”²².

Por el diseño de faja plana corta, por el costo seleccionamos tensor manual de Tipo tornillo x 24 pulg de longitud de tensor.

3.3.3.1.2 Dispositivos de Limpieza

Muchos materiales transportados por fajas son pegajosos. Las porciones se aferran a la superficie de la faja y no se descargan con el resto del material en los puntos de descarga. El material regresa por el tramo de retorno, dónde puede ocasionar desgaste excesivo, crecimiento de los rodillos de retorno, de alineamiento de la faja, y el posible daño de forzar la faja contra alguna parte de la estructura de apoyo. El material que se regresa por el tramo de retorno, eventualmente cae de la faja, causando problemas de mantenimiento y manejo. Por consiguiente, se desea la limpieza de la faja antes de que haga contacto con cualquier polea de reenvío o con los rodillos de retorno.

²² Convenyor Equipment Manufacturers Association, s.f.,CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1

3.3.3.2.1 Rascadores de Faja y de Polea de Hoja Simple o Múltiple.

Se diseñan para raspar el material de la superficie de la faja. Un rascador de hoja simple típico se muestra en Figura 3.5

Una o más hojas están en contacto con la superficie de la faja por medio de la tensión de un contrapeso o de un resorte. Un rascador de hoja simple consiste en una hoja a través del ancho de la faja. Un rascador hojas múltiple consiste en dos o más hojas paralelas que cruzan el ancho de la faja.



La barra del rascador debe tener un borde rascador endurecido oblicuo. También, la posición debe fijarse de forma ajustable en un refuerzo, para que el borde biselado de la hoja del rascador apenas limpie la cara de la polea y trabaje como una espátula que raspa cualquier material que se pegue a la polea.

Ubicación del Limpiador de Faja: El limpiador de faja debe localizarse de modo que el material removido de la faja pueda caer en el chute de descarga o pueda recolectarse para su práctica disposición. “Los rascadores de hojas simple o múltiple, con construcciones de contrapeso o de resorte, deben localizarse en puntos alrededor de la superficie de contacto de la faja y la polea o inmediatamente después de que la faja deja la polea”²³.

²³ Conveyer Equipment Manufacturers Association, s.f.,CEMA-Belt Conveyors for Bulk Materials VOL 1

3.3.3.2 Limpieza del Tramo de Retorno

Aunque una faja transportadora se diseña cuidadosamente, el derrame de la faja pueden ocurrir en el punto de carga y cualquier otro punto a lo largo de la faja. Si ocurre, podría aterrizar en el tramo de retorno de la faja y quedarse atrapado entre la faja y polea de cola, causando posible daño o el desalineamiento de la faja.

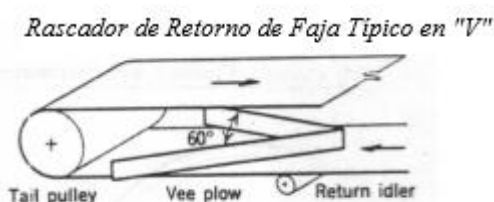


Fig.3.6

Rascador del Retorno de Faja. Localizado en el lado superior de la faja del retorno, justo antes delantero de la polea de cola, el rascador del retorno de faja raspará de la faja cualquier material que puede haber derramado en el tramo de retorno y prevendrá así, que tal derrame del material quede atrapado entre la faja y la polea de cola. Este rascador debe ser uno de tipo "V" con un ángulo incluido de 60°. El vértice debe apuntar hacia el extremo de cabeza del transportado.

Para el proyecto de tesis los limpiadores que seleccionamos serán los rociadores de faja los cuales cumplen con la limpieza de las bandas estas aplicaran agua presurizada a 400KPa

3.3.4 Conveyor:

La selección de la banda es de servicio pesado, como el proceso de filtrado es húmedo el tipo de banda que se utiliza para su transporte es el siguiente:

3.3.4.1 Bandas Transportadoras de Hule para Trabajo Pesado

Las bandas de hule de filtración, también conocido como bandas transportadoras (carrier belts), se usan en equipos especializados de deshidratación que separan los sólidos y líquidos de la mezcla. Estas bandas son de alta ingeniería y se fabrican a las tolerancias y especificaciones exactas.

Esta banda tiene una variedad de plantillas de perforaciones para drenaje y están disponibles para aplicaciones de filtración diferentes. Las perforaciones normalmente se montan a horcajadas de las costillas entre las dos ranuras para que una sola perforación desagüe las dos ranuras. Se pueden repetir las perforaciones al ancho de la banda si es necesario. Los diseños de perforación más populares se muestran aquí.

Las bandas de filtro con ranuras normalmente tienen dos de las tres formas básicas:

- V (lo más común),
- Redonda y
- Tipo U. El propósito de las ranuras es transportar el líquido a las perforaciones de drenaje. Las ranuras se pueden cortar o pulir en la cubierta superior de la banda, dejando la carcasa intacta y protegida.

Para el diseño y el tipo de aplicación seleccionamos:

Banda de Hule de Filtración: L=60m aprox. y b=3200mm aprox.

Plantilla de Ranuras: De forma U con un agujero de desagüe.

La figura 3.7 nos muestra un modelo del tipo de banda a utilizar para el proceso de filtración.



Fig. 3.7

Fotografía de banda (s.f.). Recuperado de

<https://www.google.com.pe/search?q=bandas+de+hule&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKE>

3.4 Selección de motor

Seleccionamos motorreductor con la especificación NEMA de la marca Siemens (ANEXO 2) con las siguientes características:

- Motor Siemens : 132M –NEMA
- Modelo: LA132ZMP4
- N° de Polos : 04
- RPM : 1800
- Pn = 11Kw
- Hp = 14.8
- Velocidad asignada: 1740 rpm
- Par asignado: Tn = 60,40 N-m
- Momento de inercia: J = 0.029 Kgm²
- Moto reductor de ejes paralelos
- Peso: 684 Kg

3.5 Selección de elementos de transmisión de potencia

3.5.1 Diseño del eje lado motriz:

El material a usar para su fabricación será C1118, laminado simple (Anexo 3)

Características del material:

$$S_y = 3234 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

$$S_u = 5273 \text{ Kg}f / \text{cm}^2$$

$$BHN = 149$$

Calculo de la resistencia a la fatiga (Sn):

La resistencia a la fatiga (S_n) estará modificada por los factores que intervienen en las condiciones de trabajo, por lo tanto:

$$S_n = C_b * C_s * C_r * C_o * S'_n$$

Donde:

S'_n : Limite de fatiga del material, para aceros dúctiles $S'_n = 0.5 S_u$

S_u : Resistencia máxima del material

C_b : Factor de corrección por temperatura

$C_b = 1$, Para temperatura ambiente

$C_b = 0.8$, Para temperatura entre 100°C y 200°C

$C_b = 0.6$, Para temperatura mayores a 200°C

C_s : Factor de corrección por superficie y depende de cómo será fabricado el eje

(Anexo 4)

C_r : Factor de confiabilidad funcional: $C_r = 1 - A * B$, donde :

$A = 0.076$ para aceros

B = Rata de supervivencia: (Ver Valores Tabla Siguiende)

50%	$B = 0$	95%	$B = 1.6$
67%	$B = 0.44$	99%	$B = 2.3$
84%	$B = 1.0$	99.99%	$B = 3.7$
90%	$B = 1.3$		

C_o : Factor de corrección por esfuerzos residuales

Si hay esfuerzos residuales

$C_o = 1.3$ (Material laminado o estirado en frío).

$C_o = 1$ (Materiales con tratamientos térmicos de Normalizado o Recocido)

Bajo estos parámetros calculamos la resistencia a la fatiga.

$$S'_n = 0.5 S_n$$

$$S'_n = 0.5 * 5273 \text{ Kg}/\text{cm}^2 = 2635.50 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

Considerando del eje de $T=150^{\circ}\text{C}$ se tiene $C_b = 0.8$

$C_s = 0.89$ (ver anexo 4)

C_r , Para nuestro eje la confiabilidad funcional sera del 90%, $B = 1.3$

$C_r = 1 - 0.076 * 1.3 = 0.901$

$C_o = 1.3$, material laminado

$S_n = 0.8 * 0.89 * 0.9 * 1.3 * 2635.50 \text{ Kg}f/\text{cm}^2$

$S_n = 2195.50 \text{ Kg}f/\text{cm}^2$

La velocidad con la que gira el eje será la velocidad del reductor seleccionado el cual es $n=7.4 \text{ RPM}$.

Calculo de la potencia o torque que va transmitir el eje

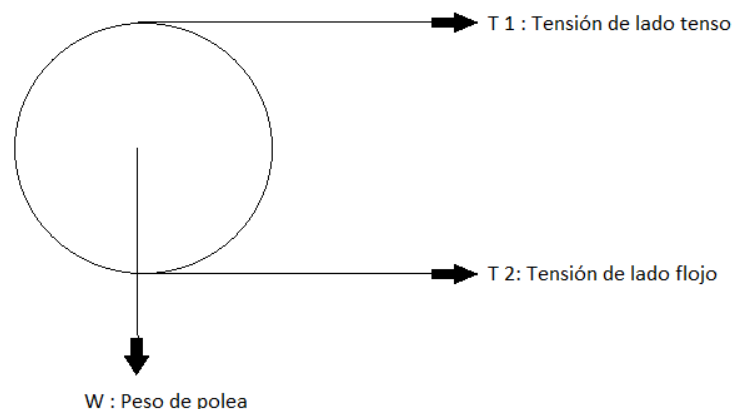
$$HP = \frac{Tn}{63000} ; KW = \frac{Tn}{974}$$

$$KW = \frac{Tn}{974} ; Tn = \frac{974 * KW}{n}$$

$$Tn = \frac{974 * 11kw}{7.4} = 1447.84 \text{ Kg}f - \text{cm}$$

Calculo de fuerzas tangenciales y radiales sobre el eje para la polea motriz se tiene:

D.C.L. POLEA MOTRIZ



La fuerza de flexión sobre el eje será:

$$Ff = T1 + T2$$

Del cálculo de las tensiones se tiene:

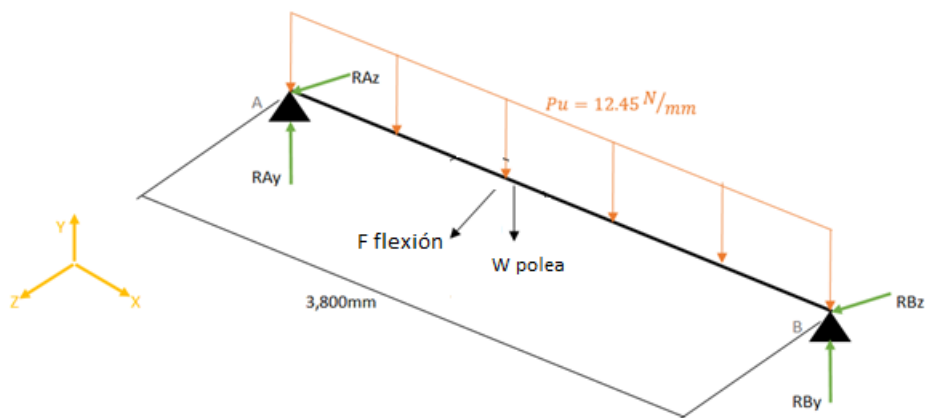
$$T1 = 7719.23 \text{ Lb}$$

$$T2 = 3430.71 \text{ Lb}$$

$$Ff = 7719.23 \text{ lb} + 3430.71 \text{ lb}$$

$$Ff = 11150 \text{ Lb}$$

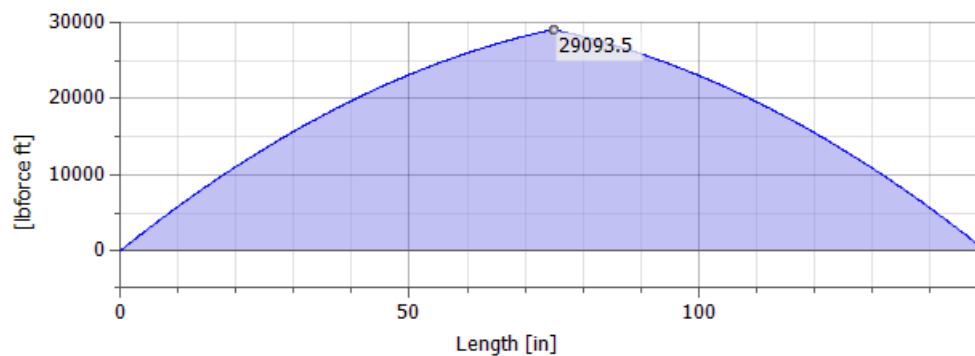
D.C.L. Del eje para calcular las reacciones en los rodamientos y los momentos flectores resultantes para calcular el diámetro del eje.



P_u , es la carga equivalente el cual se explica en el Capítulo IV.

Gráfico de momentos flectores:

Plano YZ



Plano XZ

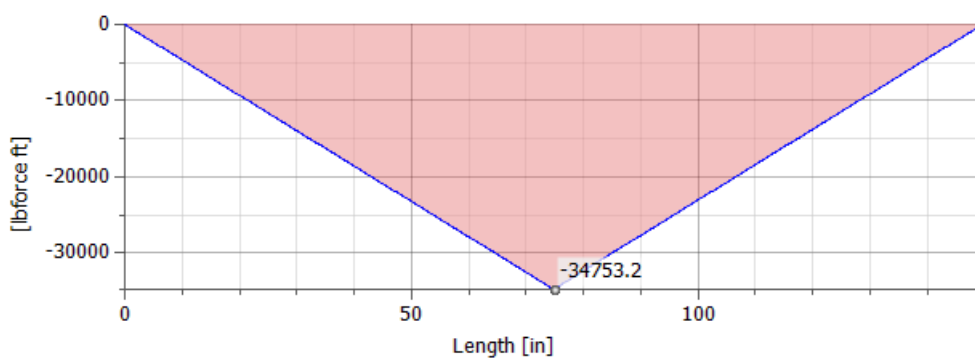
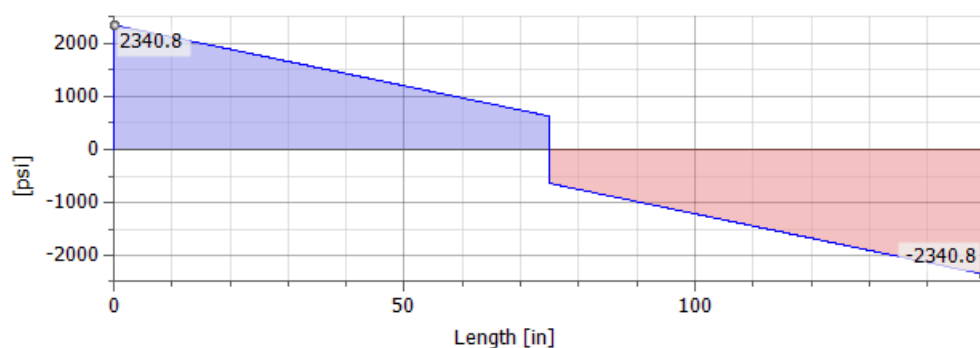
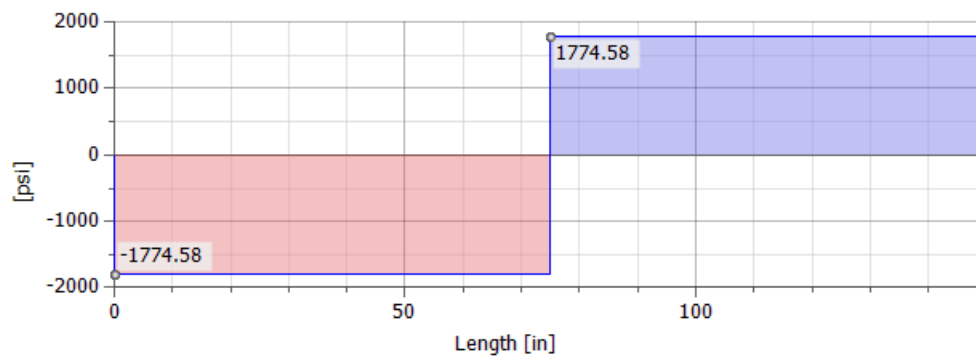


Gráfico de fuerzas cortantes:

Plano YZ



Plano XZ



Momentos flectores resultantes:

$$M_t = \sqrt{(M_y - z)^2 + (M_x - z)^2}$$

$$M_t = \sqrt{29093.5^2 + 34753.2^2}$$

$$M_t = 45323.47 \text{ Lbf} - \text{ft}$$

$$M_t = 627936.03 \text{ Kg}f - \text{cm}$$

Calculo del diámetro del eje según norma ANSI B106.1M:

$$d = \left[10.19 \text{ N} \left[\left(\frac{K_f M_{\max}}{S_n} \right)^2 + 0.694 \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

Donde:

N: Factor de seguridad, para nuestro diseño tomamos $N = 3$

K_f: Factor de concentración de esfuerzo a flexión,

$K_f = 1.5$ chaflan con borde redondo (Anexo 5)

M_{max}: Momento flector máximo

S_n: Resistencia a la fatiga

T: Torque máximo

S_y: Punto de fluencia del material

Reemplazando valores se tiene:

$$d = \left[10.19 * 3 \left[\left(\frac{1.5 * 627936.03}{2195.50} \right)^2 + 0.694 * \left(\frac{1447.84}{3234} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = 23.58 \text{ cm} = 236\text{mm}, \text{Por tanto } \varnothing \text{ eje} = 240\text{mm}$$

Calculo para la selección de Rodamientos

- **Vida útil de los rodamiento RA=RB**

La carga radial del rodamiento es la reacción en los apoyos que es la fuerza resultante:

$$F_A = F_B = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Az}^2}$$

$$F_A = F_B = \sqrt{2340.80^2 + 1774.58^2}$$

$$F_A = F_B = 2937.43 \text{ Lbf} = 13.10 \text{ KN}$$

De la Tabla N° 1 (Anexo 6) se considera una vida de 45000 horas al 90% de fiabilidad y una probabilidad del 10% de fallas, con un servicio de 24 hrs/día pero no continuo a 7.4RPM.

Seleccionamos un rodamiento **SKF de rodillos a rótula de doble hilera**, sobre manguito de fijación que posee la capacidad de soportar cargas combinadas (radiales y axiales) y además tienen la ventaja de ser inherentemente autoalineables.

De lo anterior se tiene:

$$n = 7.4 \text{ rpm}$$

$$\text{Servicio} = 24\text{h}/\text{dia}$$

$$L_{10h} = 45000 \text{ hrs}$$

Convertimos L10h (45000 hrs) a 7.4 rpm en millones de revoluciones

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60xn} \right) x L_{10}$$

$$L_{10} = (45000) \times (60) \times (7.4) \times (10^{-6}) = 19.98 \text{ Mr}$$

Que es la vida estimada en millones de revoluciones (Mr) con una probabilidad del 10% de fallas

$$\text{Carga radial } (Fr) = 13.10 \text{ KN}$$

Considerando un empuje para el ajuste del rodamiento de:

$$\text{Carga axial } (Fa) = 50 \text{ Kgf} = 490 \text{ N}$$

$$n = 7.4 \text{ rpm}$$

- **Capacidad de base dinámica del rodamiento (Cr)**

De norma ISO 281.1990 se tiene la vida nominal o útil:

$$L_{10} = \left(\frac{Cr}{Pr} \right)^k$$

k = 3 para rodamiento de bolas

k = 3.33 para otros rodamientos

- **Carga dinámica a equivalente**

$$Pr = XFr + YFa$$

X: Factor radial

Y: Factor de empuje o axial

De la tabla SKF para un rodamiento de la serie 223 y con el diámetro del eje se tiene el valor de e. (Anexo 7)

$$e = 0.18$$

Se observa que:

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{0.49 \text{ KN}}{13.10 \text{ KN}} = 0.0374 < 0.18$$

Por tanto: X=1 y Y = 3.8

$$Pr = XFr + YFa$$

$$Pr = (1)x(13.10) + (3.8)x(0.49) = 14.962KN$$

Calculando la capacidad de base dinámica del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{Cr}{Pr}\right)^k$$

$$Cr = PrxL_{10}^{1/k}$$

$$Cr = 14.962 KNx19.98^{1/3.33}$$

$$Cr = 36.78 KN = 37 KN$$

- **Carga estática equivalente**

$$P_0 = X_0Fr + Y_0Fa$$

$$X_0 = 1$$

$$Y_0 = 3.6$$

$$P_0 = 1x13.10 + 3.6x0.49$$

$$P_0 = 14.86 KN$$

- **Capacidad de carga estática del rodamiento (C0)**

$$C_0 = S_0xP_0$$

S0: Factor de seguridad estática.

$$C_0 = 2.50x14.86KN$$

$$C_0 = 37.15 KN$$

Por tanto se tiene:

$$C > Cr$$

$$1055 KN > 37KN \quad Ok$$

$$C_0 > C_o$$

$$1800KN > 37KN \text{ Ok}$$

Del manual SKF y con Ø eje= 240mm se obtiene:

Rodamiento SKF **23952 CCK/W33 + OH 3952 H**

3.5.2 Diseño del eje lado polea de cola:

El material a usar para su fabricación será C1118, laminado simple (Anexo 3)

Características del material:

$$S_y = 3234 \text{ Kg}f/cm^2$$

$$S_u = 5273 \text{ Kg}f/cm^2$$

$$BHN = 149$$

Calculo de la resistencia a la fatiga (S_n):

La resistencia a la fatiga (S_n) estará modificada por los factores que intervienen en las condiciones de trabajo, por lo tanto:

$$S_n = C_b * C_s * C_r * C_o * S'_n$$

Considerando los mismos parámetros que el eje lado motriz calculamos la resistencia a la fatiga.

$$S'_n = 0.5 S_n$$

$$S'_n = 0.5 * 5273 \text{ Kg}f/cm^2 = 2635.50 \text{ Kg}f/cm^2$$

Considerando del eje de $T=150^\circ\text{C}$ se tiene $C_b= 0.8$

$$C_s = 0.89 \text{ (ver anexo 4)}$$

C_r , Para nuestro eje la confiabilidad funcional sera del 90%, $B = 1.3$

$$C_r = 1 - 0.076 * 1.3 = 0.901$$

$$C_o = 1.3, \text{ material laminado}$$

$$S_n = 0.8 * 0.89 * 0.9 * 1.3 * 2635.50 \text{ Kg}f/cm^2$$

$$S_n = 2195.50 \text{ Kg}f/cm^2$$

La velocidad con la que gira el eje será la velocidad del reductor seleccionado el cual es $n=7.4$ RPM.

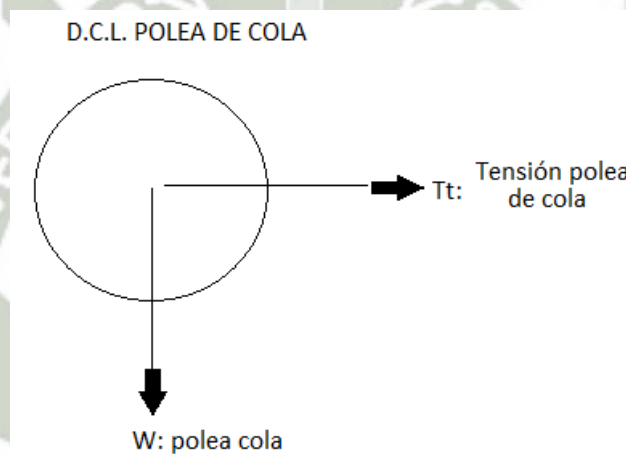
Calculo de la potencia o torque que va transmitir el eje

$$HP = \frac{Tn}{63000} ; KW = \frac{Tn}{974}$$

$$KW = \frac{Tn}{974} ; Tn = \frac{974 * KW}{n}$$

$$Tn = \frac{974 * 11kw}{7.4} = 1447.84 \text{ Kgf} - cm$$

Calculo de fuerzas tangenciales y radiales sobre el eje para la polea motriz se tiene:



Del cálculo de las tensiones se tiene:

$$Tt = 6593.78 \text{ Lb}$$

D.C.L. Del eje para calcular las reacciones en los rodamientos y los momentos flectores resultantes para calcular el diámetro del eje.

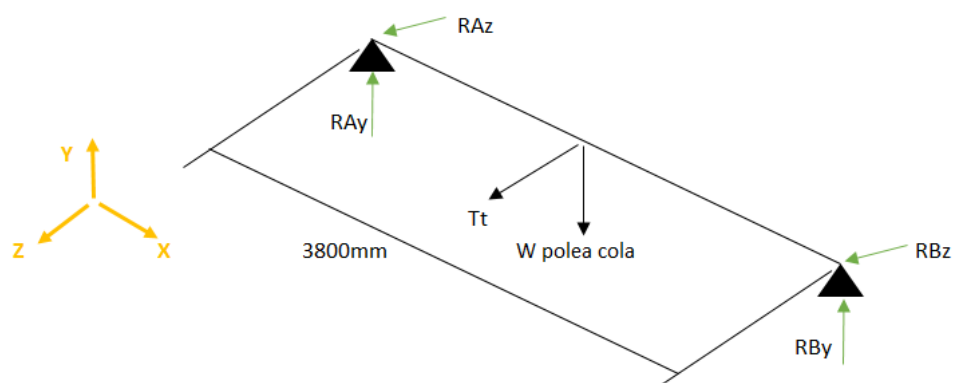
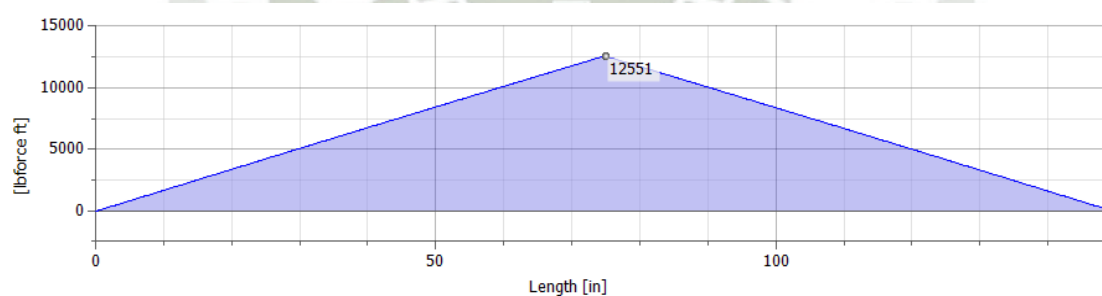


Gráfico de momentos flectores:

Plano YZ



Plano XZ

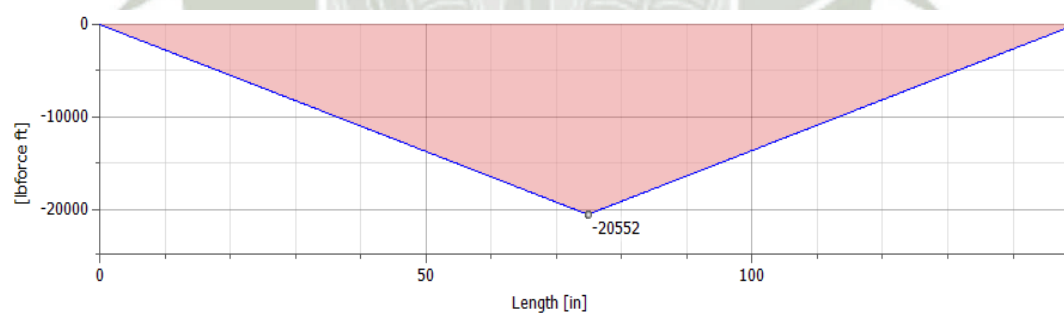
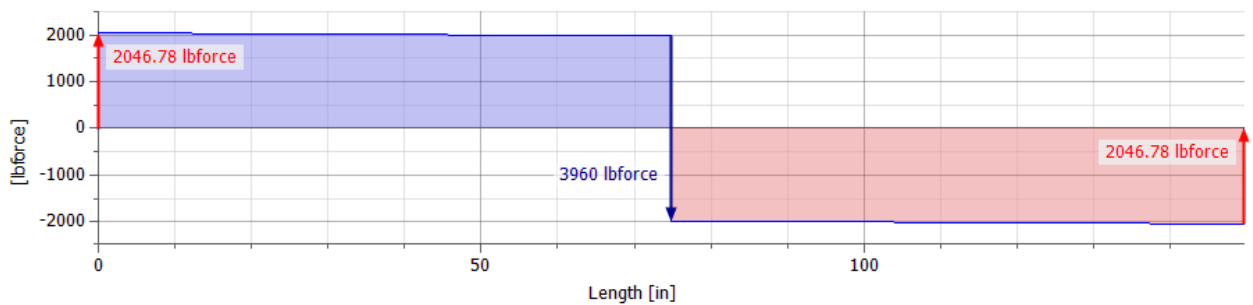
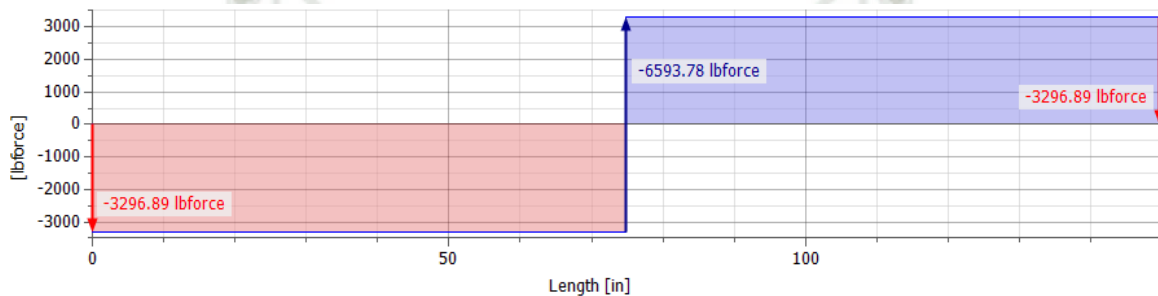


Gráfico de fuerzas cortantes:

Plano YZ



Plano XZ



Momentos flectores resultantes:

$$M_t = \sqrt{(M_y - z)^2 + (M_x - z)^2}$$

$$M_t = \sqrt{12551^2 + 20552^2}$$

$$M_t = 24081.37 \text{ Lbf} - ft$$

$$M_t = 333636.43 \text{ Kg}f - cm$$

Calculo del diámetro del eje según norma ANSI B106.1M:

$$d = \left[10.19 \text{ N} \left[\left(\frac{K_f M_{max}}{S_n} \right)^2 + 0.694 \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$d = \left[10.19 * 3 \left[\left(\frac{1.5 * 333636.43}{2195.50} \right)^2 + 0.694 * \left(\frac{1447.84}{3234} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = 19.10 \text{ cm} = 191\text{mm}, \text{Por tanto } \varnothing_{\text{eje}} = 200\text{mm}$$

Calculo para la selección de Rodamientos

- **Vida útil de los rodamiento RA=RB**

La carga radial del rodamiento es la reacción en los apoyos que es la fuerza resultante:

$$F_A = F_B = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Az}^2}$$

$$F_A = F_B = \sqrt{2046.78^2 + 3296.89^2}$$

$$F_A = F_B = 3880.57 \text{ Lbf} = 17.30 \text{ KN}$$

De la Tabla N° 1 (Anexo 6) se considera una vida de 45000 horas al 90% de fiabilidad y una probabilidad del 10% de fallas, con un servicio de 24 hrs/día pero no continuo a 7.4RPM.

Seleccionamos un rodamiento **SKF de rodillos a rótula de doble hilera**, sobre manguito de fijación que posee la capacidad de soportar cargas combinadas (radiales y axiales) y además tienen la ventaja de ser inherentemente autoalineables.

De lo anterior se tiene:

$$n = 7.4 \text{ rpm}$$

$$\text{Servicio} = 24\text{h/día}$$

$$L_{10h} = 45000 \text{ hrs}$$

Convertimos L10h (45000 hrs) a 7.4 rpm en millones de revoluciones

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 \times n} \right) \times L_{10}$$

$$L_{10} = (45000) \times (60) \times (7.4) \times (10^{-6}) = 19.98 \text{ Mr}$$

Que es la vida estimada en millones de revoluciones (Mr) con una probabilidad del 10% de fallas

$$Carga\ radial\ (Fr) = 17.30KN$$

Considerando un empuje para el ajuste del rodamiento de:

$$Carga\ axial\ (Fa) = 50\ Kg = 490\ N$$

$$n = 7.4\ rpm$$

- **Capacidad de base dinámica del rodamiento (Cr)**

De norma ISO 281.1990 se tiene la vida nominal o útil:

$$L_{10} = \left(\frac{Cr}{Pr} \right)^k$$

k = 3 para rodamiento de bolas

k = 3.33 para otros rodamientos

- **Carga dinámica a equivalente**

$$Pr = XFr + YFa$$

X: Factor radial

Y: Factor de empuje o axial

De la tabla SKF para un rodamiento de la serie 239 y con el diámetro del eje se tiene el valor de e. (Anexo 8)

$$e = 0.16$$

Se observa que:

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{0.49KN}{17.30KN} = 0.0283 < 0.18$$

Por tanto: X=1 y Y = 4.2

$$Pr = XFr + YFa$$

$$Pr = (1)x(17.30) + (4.2)x(0.49) = 19.36\ KN$$

Calculando la capacidad de base dinámica del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{Cr}{Pr} \right)^k$$

$$Cr = Pr \times L_{10}^{1/k}$$

$$Cr = 19.36 \text{ KN} \times 19.98^{1/3.33}$$

$$Cr = 47.59 \text{ KN} = 48 \text{ KN}$$

- **Carga estática equivalente**

$$P_0 = X_0 Fr + Y_0 Fa$$

$$X_0 = 1$$

$$Y_0 = 4$$

$$P_0 = 1 \times 17.30 + 4 \times 0.49$$

$$P_0 = 19.26 \text{ KN}$$

- **Capacidad de carga estática del rodamiento (C0)**

$$C_0 = S_0 \times P_0$$

S0: Factor de seguridad estática.

$$C_0 = 2.50 \times 19.26 \text{ KN}$$

$$C_0 = 48.15 \text{ KN}$$

Por tanto se tiene:

$$C > Cr$$

$$661 \text{ KN} > 48 \text{ KN} \quad Ok$$

$$C_0 > C_o$$

$$1080 \text{ KN} > 48.15 \text{ KN} \quad Ok$$

Del manual SKF y con $\varnothing$ eje= 200mm se obtiene:

Rodamiento SKF **23944 CCK/W33 + OH 3944 H**

3.5.3 Selección de chumaceras:

Con el diámetro del eje y con el tipo de rodamiento seleccionamos la chumacera:

(Anexo 9 y Anexo 10)

POLEA	$\varnothing$ Eje (mm)	RODAMIENTO	CHUMACERA
MOTRIZ	240	23952 CCK/W33	Pillow block Serie SDAF
COLA	200	23944 CCK/W33	Take-up housings Serie THD

Nota. Fuente propia

CAPITULO IV

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE Y FRAME DE TRANSPORTE

4.1 Determinación de cargas actuantes en el cuerpo.

Del momento de inercia del motor:

$$WK^2 \text{ del motor} = 0.029 \text{ Kg.m}^2 = 0.69 \text{ Lb.ft}^2$$

$$WK^2 \text{ del reductor} = \frac{1}{5} wk^2 \text{ del motor} = \frac{1}{5} * 0.69 \text{ Lb.ft}^2 = 0.138 \text{ Lb.ft}^2$$

$$WK^2 \text{ del acoplamiento} = \frac{1}{5} wk^2 \text{ del reductor} = \frac{1}{5} * 0.138 \text{ Lb.ft}^2 \\ = 0.0276 \text{ Lb.ft}^2$$

$$WK^2 \text{ equivalente polea motriz} = \frac{1}{5} wk^2 \text{ del motor} = \frac{1}{5} * 0.69 \text{ Lb.ft}^2 \\ = 0.138 \text{ Lb.ft}^2$$

$$WK^2 \text{ total de accionamiento} = 1 \text{ Lb.ft}^2$$

Determinamos el peso equivalente del accionamiento:

$$\text{Peso Eq. Acc.} = WK^2 * \left(\frac{\text{RPM motor}}{\text{Velocidad de banda}} \right)^2 * 2\pi^2$$

$$\text{Peso Eq. Acc.} = 1 \text{ Lb.ft}^2 * \left(\frac{1740 \text{ rpm}}{81.97 \text{ ppm}} \right)^2 * 2\pi^2$$

$$\text{Peso Eq. Acc.} = 17,788.58 \text{ Lb}$$

Peso equivalente de las poleas: (Anexo 1)

Polea de Cola: Ø 1040 (42in) L=3200mm, Peso aprox.1.8 Ton = 3960 Lb

Poleas de retorno Ø 7" con agujero máximo de 2 ½ " se tiene:

$$W_{\text{poleas}} = 9 * 146.67 \text{ Lb} = 1320 \text{ Lb}$$

$$\text{Peso total para todas las poleas sin accionamiento} = 3960 \text{ Lb} + 1320 \text{ Lb} \\ = 5280 \text{ Lb}$$

Un método generalmente aceptado por determinar el peso equivalente de poleas de transportador es usar 2/3 del peso total real, por tanto tenemos:

$$\text{Peso equivalente de poleas del transportador} = \frac{2}{3} * (5280) = 3520 \text{ Lb}$$

$$\text{Faja tramo de transporte} = Wb * Lf = 47.50 \frac{\text{Lb}}{\text{ft}} * 177.12 \text{ ft} = 8413.20 \text{ Lb}$$

Rodillos de retorno para 126" de ancho de faja (Anexo 11)

$$= 176.80 \text{ Lb} * \frac{177 \text{ ft}}{10 \text{ ft de espaciamento}} = 3120 \text{ Lb}$$

$$\text{Peso total equivalente del transportador} = 3520 \text{ lb} + 8413.20 \text{ lb} + 3120 \text{ lb}$$

$$\text{Peso total equivalente del transportador} = 15053.20 \text{ Lb}$$

$$\text{Material cargado} = Wm * L = 32.53 \frac{\text{Lb}}{\text{ft}} * 88.56 = 2880.85 \text{ Lb}$$

Peso Equivalente Total del Transportador

$$= 5280 \text{ Lb} + 15053.20 \text{ Lb} + 2880.85 \text{ Lb}$$

$$\text{Peso Equivalente Total del Transportador} = 23214.05 \text{ Lb}$$

Porcentaje total aproximado del transportador:

$$\frac{15053.20 \text{ lb} + 2880.85 \text{ lb}}{23214.05 \text{ Lb}} * 100\% = 77.26\%$$

4.2 Determinación de cargas actuantes en la estructura de soporte.

Cargas Muertas:

- Peso equivalente total del sistema de transporte: 10551.84 Kg
- Peso caja de aire: 4812 Kg
- Peso caja de vacío: 888 Kg
- Peso del sistema neumático de levante: 360 Kg
- Peso tanque alimentador: 670 Kg
- Peso del distribuidor de aire: 350 Kg

- Peso tubería agua de sello: 71 Kg

$$\text{Peso Total Carga Muerta} = 17702.84 \text{ Kg}$$

Cargas Vivas:

- Carga de sismo:

$$V = \frac{Z * U * S * C * P}{R}$$

Donde: (Valores obtenidos de la norma E030: Diseño Sismoresistente)

Z: Factor debido a la zona nuestro proyecto está ubicada en la zona 1 = 0.4

U: Factor debido al uso de la edificación U = 1.

S: Factor debido al tipo de suelo S = 1.2.

C: Coeficiente sísmico C = 2.5.

P: Peso de edificación.

R: Factor de reducción sísmica R = 9.5.

Reemplazando se obtiene:

$$V = \frac{0.4 * 1 * 1.2 * 2.5 * 17702.84}{9.5}$$

$$V = 2236.15 \text{ Kgf}$$

- Carga de viento:

$$V_h = V * \frac{h}{10}^{0.22}$$

Donde: (Valores obtenidos de la norma E020: Cargas)

V_h: Velocidad de diseño en la altura h en Km/h

V: Velocidad de diseño hasta 10m de altura en Km/h

h: Altura sobre el terreno en metros

Reemplazando se obtiene:

$$V_h = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}} * 2.5 / 10^{0.22} = 55.29 \text{ Km/h}$$

$$P_h = 0.005 * C * V_h^2$$

Donde: (Valores obtenidos de la norma E020: Cargas)

P_h: Presión o succión del viento a una altura h en Kgf/m²

C: Valor de forma adimensional

Vh: Velocidad de diseño en la altura h en Km/h

Reemplazando se obtiene:

$$P_h = 0.005 * 0.8 * 55.29 \frac{km^2}{h} = 12 Kg/m^2$$

El área afectada debido al viento es la altura * longitud total del frame de soporte.

$$A = 27m * 2.5m = 67.5 m^2$$

$$P_h = 12 \frac{Kg}{m^2} * 67.5m^2 = 810 Kgf$$

Cálculo del factor de carga:

- 1) $U = 1.4 * D = 1.4 * 17702.84 Kg = 24783.98 Kgf$
- 2) $U = 1.2 * D + 1.6 * L + 0.5 * (Lt o S o R) = 1.2 * 17702.84Kg = 21243.41 Kgf$
- 3) $U = 1.2 * D + 1.3 * W + 0.5 * L + 0.5 * (Lt o S o R) = 1.2 * 17702.84Kg + 1.3 * 810Kg = 22296.41 Kgf$
- 4) $U = 1.2 * D + 1 * E + 0.5 * L + 0.2 * S = 1.2 * 17702.84Kg + 2236.15Kg = 23479.56 Kgf$

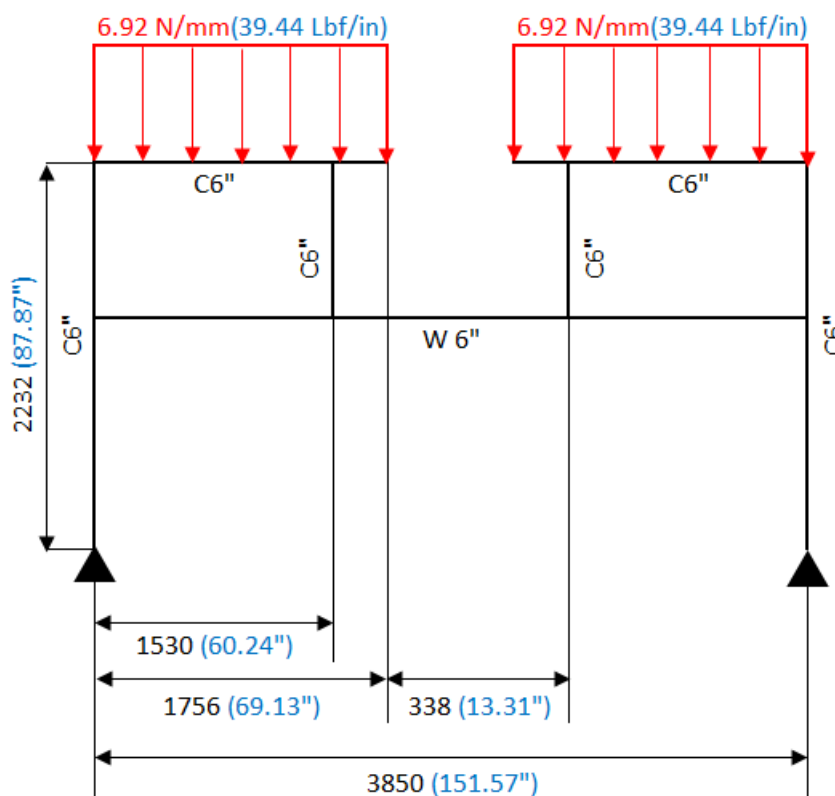
Seleccionamos la carga mayor.

$$U = 24,784 Kgf = 54524.8 Lbf$$

4.3 Selección de perfiles.

La estructura se compone por 10 marcos o frames típicos con estructuras de carga y descarga.

El D.C.L. del frame típico:



La carga total o última es:

$$P_u = 24,784 \text{ Kgf} = 54,524.8 \text{ Lbf}$$

Cada frame o marco soporta una carga de:

$$P_{u \text{ frame}} = \frac{P_u}{10} = \frac{24,784 \text{ kgf}}{10} = 2478 \text{ Kgf} = 5452.48 \text{ Lbf}$$

La carga distribuida por frame será:

$$\frac{P_{u \text{ frame}}}{\text{Longitud}} = 6.92 \frac{\text{N}}{\text{mm}} = 39.44 \frac{\text{Lbf}}{\text{in}}$$

4.3.1. Selección de perfiles sometidos a tensión o tracción:

Todos los perfiles que comprenden los frame de cola, intermedio y de cabeza serán canales C6.

El material ASTM A36,

Esfuerzo mínimo de fluencia: $F_y = 36 \text{ Ksi}$

Resistencia mínima a la tensión: $F_u = 58-80 \text{ Ksi}$

Calculo del A_g mínimo requerido:

$$\min A_g = \frac{Pu}{\phi * F_y}$$

Donde:

P_u : Carga última

F_y : Esfuerzo de fluencia

ϕ : Factor de resistencia = 0.90

A_g : Área mínima

$$\min A_g = \frac{54.52 \text{ Kips}}{0.90 * 36 \text{ Ksi}}$$

$$\min A_g = 1.68 \text{ pulg}^2$$

Para elementos con agujeros:

Calculo del área neta efectiva

$$\min A_g = \frac{Pu}{\phi * F_u * U} + \text{área estimada de agujeros}$$

Donde:

P_u : Carga última

F_u : Resistencia mínima de tensión

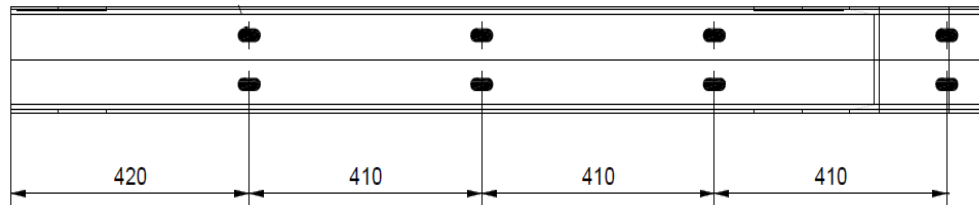
ϕ : Factor de resistencia = 0.75

U : Factor de reducción = 0.85

A_g : Área mínima

Para la configuración mostrada, el área mínima requerida será:

Asumiendo espesores de alma de 3/16 pulg



$$\min A_g = \frac{Pu}{\phi * F_u * U} + \text{área estimada de agujeros}$$

$$\min A_g = \frac{54.52 \text{ Kips}}{0.75 * 60 * 0.85} + 2 * \frac{3}{4} * \frac{3}{16}$$

$$\min A_g = 1.71 \text{ pulg}^2$$

El radio de giro mínimo r preferible será:

$$\frac{L}{300} = \frac{1730 \text{ mm} * 1/25.4 \text{ mm}}{300} = 0.23 \text{ pulg}$$

Del manual del LRFD seleccionamos Canal C6x8.2 (Anexo 12).

$$A_g = 2.40 \text{ pulg}^2$$

$$d = 6 \text{ pulg}$$

$$bf = 17/8 \text{ pulg}$$

$$tf = 0.343 \text{ pulg}$$

$$r_y = 0.537 \text{ pulg}$$

$$tw = 0.200 \text{ pulg}$$

$$X = 0.537 \text{ pulg}$$

Comprobando la selección del canal C6x8.2

$$1) Pu = \phi * F_y * A_g = 0.90 * 36 \text{ kips} * 2.40 \text{ pulg}^2 = 77.76 \text{ Klb} > 54.52 \text{ Klb} \quad Ok$$

$$2) \text{ Para miembros atornillados } U = 1 - \frac{X}{L}$$

$$X = 0.511 \text{ pulg}$$

$$L = 1230 \text{ mm} * \frac{1}{25.4 \text{ mm}} = 48.43 \text{ pulg}$$

$$U = 1 - \frac{0.511 \text{ in}}{48.43 \text{ in}} = 0.98$$

$$A_n = 2.40 - 2 * (0.314 * 0.75) = 1.93 \text{ in}^2$$

$$2) Pu = \phi * Fu * Ae = 0.75 * 60kips * 0.98 * 1.93 \text{ pulg}^2 = 85.13 \text{ Klb}$$

$$> 54.52 \text{ Klb} \quad Ok$$

$$3) \frac{L}{r} = \frac{(1730/25.4)}{0.537} = 126.83 < 300 \quad Ok$$

Por tanto usamos C6x8.2, Material A36.

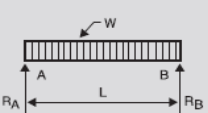
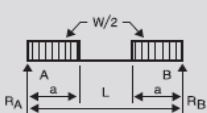
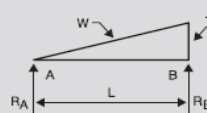
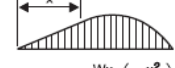
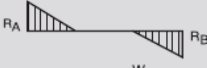
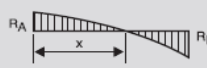
4.3.2. Calculo de vigas por momentos:

De acuerdo a la configuración de campo se puede relacionar la formulación de diagrama de momentos dado en el manual del Steel Construction de la norma AISC (Anexo 13).

VI.1.3 Vigas con apoyos simples

1 de 6

Fórmulas y diagramas de vigas para diversas condiciones de carga estática

CARGA			
MOMENTO	 $M_x = \frac{Wx}{2} \left(1 - \frac{x}{L}\right)$ $M_{max} = \frac{WL}{8}$	 $M_{max} = \frac{Wa}{4}$	 $M_x = \frac{Wx}{3} \left(1 - \frac{x^2}{L^2}\right)$ $M_{max} = 0.128 WL$ Si $x = 0.5774 L$
CORTE	 $R_A = R_B = \frac{W}{2}$	 $R_A = R_B = \frac{W}{2}$	 $R_A = W/3$ $R_B = 2W/3$
DEFLEXION	 $d_{max} = \frac{5}{384} \frac{WL^3}{EI}$	 $d_{max} = \frac{Wa(3L^2 - 2a^2)}{96 EI}$	 $d_{max} = \frac{0.01304 WL^3}{EI}$ Si $x = 0.5193 L$

$$W = 5452.97 \text{ Lb}$$

$$Ra = Rb = \frac{5452.97 \text{ Lb}}{2} = 2726.49 \text{ Lb}$$

$$M_{max} = \frac{5452.97 \text{ Lb} * 69.13"}{4} = 94240.95 \text{ Lb} - in$$

Calculo del momento plástico:

$$Z_{x_{req}} = \frac{M_{max}}{\phi_b * F_y}$$

$$Z_{x_{req}} = \frac{94240.95 \text{ Lb} - \text{in}}{0.9 * 36000 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$Z_{x_{req}} = 2.91 \text{ in}^3$$

De la tabla LRFD (Anexo 14); verificamos que los perfiles W6x9; W6x12, W6x15, cumplen el momento plástico requerido, comprobando f.s. y deflexión permisible:

- Para W6x9 se tiene:

$$Z_x = 6.23 \text{ in}^3$$

$$I_x = 16.4 \text{ in}^4$$

$$S_x = 5.56 \text{ in}^3$$

$$\text{Deflexión máx.} = \frac{L}{360} = \frac{151.57''}{360} = 0.421 \text{ in}$$

Comprobando:

$$F_y * Z \leq 1.5 * F_y * S_x$$

$$36 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 6.23 \text{ in}^3 \leq 1.5 * 36 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 5.56 \text{ in}^3$$

$$224.28 \text{ klb} - \text{in} \leq 300 \text{ klb} - \text{in} \dots \text{Ok}$$

$$\text{Factor de seguridad f.s.} = \frac{6.23 \text{ in}^3}{2.91 \text{ in}^3} = 2.14 \dots \text{Ok}$$

Para la configuración de cargas la deflexión es:

$$\text{Deflexión} = \frac{W a (3L^2 - 2a^2)}{96EI}$$

$$\text{Deflexión} = \frac{5452.97 \text{ Lb} * 69.13'' * (3 * 151.57^2 - 2 * 69.13''^2)}{96 * 29 * 10^6 * 16.4}$$

$$Deflexión = 0.49 \text{ in} > 0.42 \text{ in} \dots \text{No Ok}$$

- Para W6x12 se tiene:

$$Z_x = 8.3 \text{ in}^3$$

$$I_x = 22.1 \text{ in}^4$$

$$S_x = 7.31 \text{ in}^3$$

$$Deflexión \text{ máx.} = \frac{L}{360} = \frac{151.57''}{360} = 0.421 \text{ in}$$

Comprobando:

$$F_y * Z \leq 1.5 * F_y * S_x$$

$$36 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 8.3 \text{ in}^3 \leq 1.5 * 36 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 7.31 \text{ in}^3$$

$$298.8 \text{ klb} - \text{in} \leq 394.74 \text{ klb} - \text{in} \dots \text{Ok}$$

$$\text{Factor de seguridad } f.s. = \frac{8.3 \text{ in}^3}{2.91 \text{ in}^3} = 2.85 \dots \text{Ok}$$

Para la configuración de cargas la deflexión es:

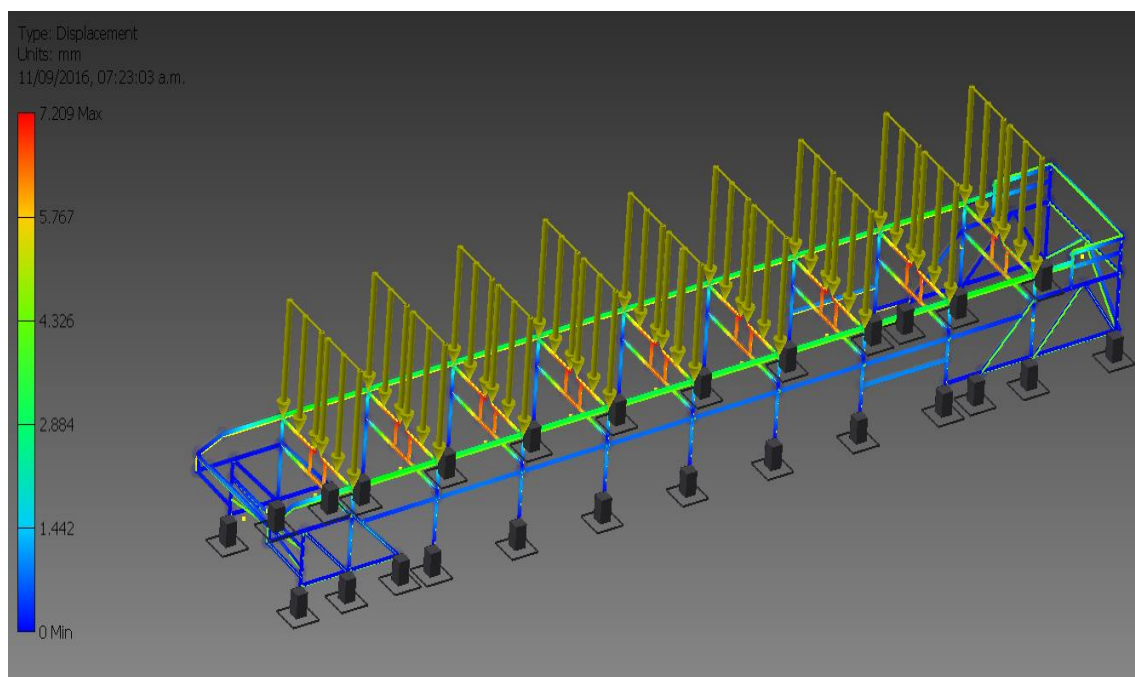
$$Deflexión = \frac{Wa(3L^2 - 2a^2)}{96EI}$$

$$Deflexión = \frac{5452.97 \text{ Lb} * 69.13'' * (3 * 151.57^2 - 2 * 69.13''^2)}{96 * 29 * 10^6 * 22.10}$$

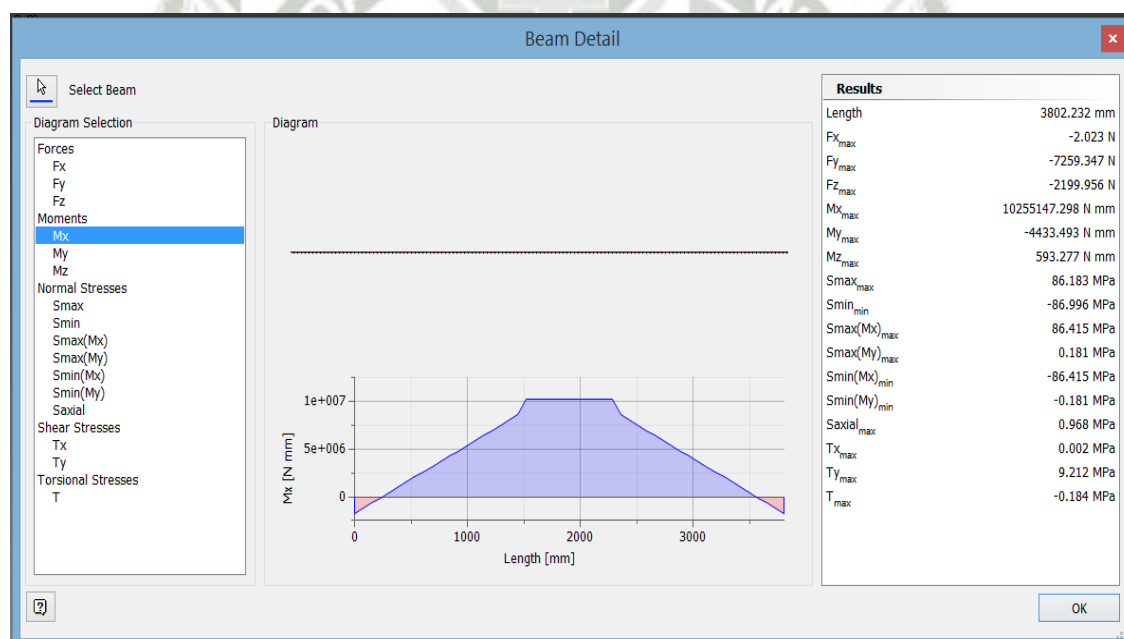
$$Deflexión = 0.36 \text{ in} < 0.42 \text{ in} \dots \text{Ok}$$

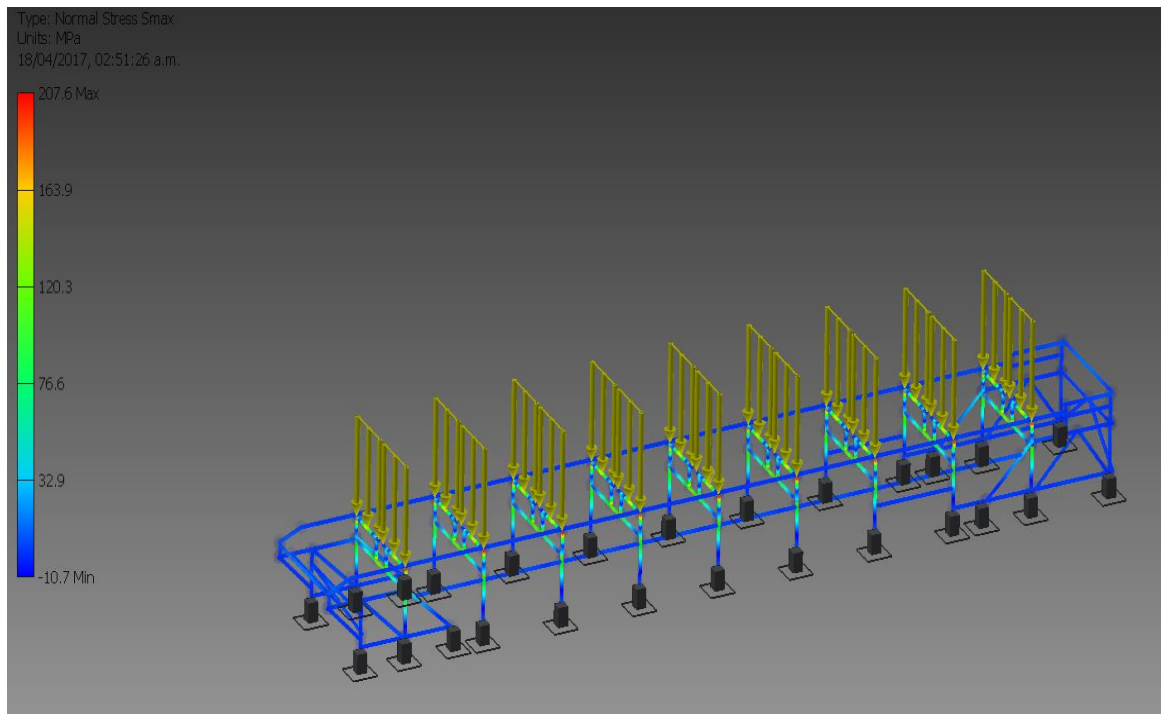
Seleccionamos W6x12.

Simulando los datos en Autodesk Inventor,



Nota. Fuente propia





Nota. Fuente propia

Cálculo de placa base:

De la ec. J9.1 del manual del LRFD se tiene:

$$P_u = \phi_c * P_p = \phi_c * (0.85 * f'_c * A_1)$$

Donde:

P_u : Carga última

f'_c : Resistencia a compresión del concreto

A_1 : Área de placa base

ϕ_c : Resistencia de diseño por aplastamiento (0.60)

Tomando como referencia los parámetros que se muestran en la figura 4.1

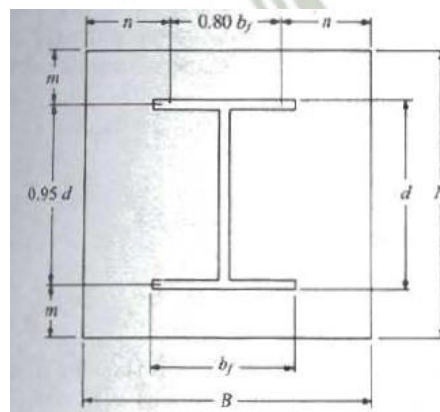


Fig.4.1

Despejando A1 se tiene:

$$B \times N = A1 = \frac{Pu}{\phi_c * (0.85 * f'c)}$$

Para nuestro diseño se tiene:

Canal C6x8.2

F_y : 36 Ksi

B_f : 1.875 in

d : 6 in

P_u : 54.52 Klb

Asumiendo una resistencia específica a compresión $f'c = 3 \text{ Ksi}$

$$A1 = \frac{54.52 \text{ Klb}}{0.6 * (0.85 * 3 \text{ Ksi})} = 35.64 \text{ in}^2$$

Optimización de las dimensiones de placa base:

$$\Delta = \frac{0.95 * d - 0.8 * b_f}{2} = \frac{0.95 * 6" - 0.8 * 1.875"}{2} = 2.1 \text{ in}$$

$$N = \sqrt{A1} + \Delta = \sqrt{35.64} + 2.1 = 8.06 \text{ in}$$

$$B = \frac{A1}{N} = \frac{35.64 \text{ in}^2}{8 \text{ in}} = 4.38 = 5 \text{ in}$$

Cálculo del espesor requerido de placa base.

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 * Pu}{0.9 * F_y * B * N}}$$

Donde:

t : espesor de placa base

l : máximo valor de $m, n, \lambda n'$

F_y : esfuerzo de fluencia

B, N : anchos de placa base

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = \frac{8 - (0.95 * 6)}{2} = 1.15 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0.8b_f}{2} = \frac{5 - (0.8 * 1.875)}{2} = 1.75 \text{ in}$$

$$\phi_c * P_p = 0.6 * (0.85 * f'_c * A_1) = 0.6 * 0.85 * 3 \text{ ksi} * 5 * 8 = 61.2 \text{ Klb}$$

$$X = \frac{4 * d * b f}{(d + b f)^2} * \frac{P_u}{\phi_c * P_p} = \frac{4 * 6" * 1.875"}{(6 + 1.875)^2} * \frac{54.52 \text{ Klb}}{61.2 \text{ Klb}} = 0.65$$

$$\lambda = \frac{2 * \sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} = \frac{2 * \sqrt{0.65}}{1 + \sqrt{1 - 0.65}} = 1.01$$

$$\lambda n' = \frac{\lambda * \sqrt{d * b f}}{4} = \frac{1 * \sqrt{6" * 1.875"}}{4} = 0.84 \text{ in}$$

$$t = \sqrt[1.75]{\frac{2 * P_u}{0.9 * F_y * B * N}} = \sqrt[1.75]{\frac{2 * 54.52 \text{ Klb}}{0.9 * 36 \text{ Ksi} * 5" * 8"}} = 0.423 \text{ in} = 6.17 \text{ mm}$$

= aproximamos a 8mm.

4.4 Cálculo de elementos de unión (pernos y soldadura).

Soldaduras a Filete: Para empalme de la viga W6x12 con canal C6x8.2 se tiene:
Las soldaduras serán ejecutadas con proceso SMAW usando electrodo E7018.

Capacidad de tensión de la viga W6x12, $T_w = 0.23"$; $A_g = 3.55 \text{ in}^2$

$$P_u = \phi_t * F_y * A_g$$

Donde:

P_u : Carga última

ϕ_t : Factor de resistencia para juntas soldadas (Anexo 15)

F_y : Esfuerzo de fluencia

A_g : Área mínima

$$P_u = \phi_t * F_y * A_g = 0.9 * 36 \text{ ksi} * 3.55 \text{ in}^2 = 115.02 \text{ Klb}$$

Tamaño máximo de soldadura:

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{16} = \frac{3}{16} \text{ in} = 0.187''$$

Tamaño mínimo de soldadura según Tabla LRFD (Anexo 16) = 1/8"

Espesor efectivo de garganta:

$$eg = 0.707 * 3/16'' = 0.133 \text{ in}$$

Capacidad de la soldadura por pulgada del apéndice J2.4 del LRFD se tiene:

$$\phi_t * F_w = \phi(0.6F_{Exx}) * (\text{garganta}) * (\text{Longitud de cordón})$$

Donde:

F_w : Resistencia nominal de la soldadura

ϕ_t = Factor de resistencia

F_{Exx} : Resistencia por clasificación del metal base

Reemplazando se tiene:

$$\phi_t * F_w = (0.75) * (0.60 * 70 \text{ ksi}) * (0.133 \text{ in}) * (1 \text{ in}) = 4.19 \frac{\text{Klb}}{\text{in}}$$

Longitud total requerida:

$$L_{req.} = \frac{\text{Carga}}{\text{esfuerzo de diseño}} = \frac{115.02 \text{ Klb}}{4.19 \text{ Klb/in}} = 27.45 \text{ in}$$

Revisamos la resistencia del bloque cortante:

La especificación J4.3 del LRFD establece que la resistencia de diseño a la ruptura por cortante y tensión debe determinarse:

1. Si $F_u * A_{nt} \geq 0.6 * F_u * A_{nv}$;

Tendremos fluencia por cortante y fractura por tensión y se cumplirá:

$$\phi * R_n = \phi * [0.6 * F_y * A_{gv} + F_u * A_{nt}]$$

2. Si $0.6 * F_u * A_{nv} > F_u * A_{nt}$;

Tendremos fluencia por tensión y fractura por cortante y se cumplirá:

$$\phi * Rn = \phi * [0.6 * Fu * Anv + Fy * Agt]$$

Donde:

F_u : Esfuerzo ultimo

F_y : Esfuerzo de fluencia

A_{gv} : Área total sujeta a cortante

A_{gt} : Área total sujeta a tensión

A_{nv} : Área neta sujeta a cortante

A_{nt} : Área neta sujeta a tensión

Para el empalme requerido se tiene:

$$A_{nv} = A_{gv} = 4 \frac{3}{4}'' * 2 * \frac{3}{16}'' = 1.78 \text{ in}^2$$

$$A_{nt} = A_{gt} = (4 * 2 + 3 \frac{3}{4}'' * 2) * \frac{3}{16}'' = 2.91 \text{ in}^2$$

Entonces:

$$0.6 * F_u * A_{nv} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 1.78 \text{ in}^2 = 64.08 \text{ Klb}$$

$$F_u * A_{nt} = 60 \text{ ksi} * 2.91 \text{ in}^2 = 174.60 \text{ Klb}$$

Por tanto se cumple:

$$F_u * A_{nt} \geq 0.6 * F_u * A_{nv}; \text{ fluencia por cortante y fractura por tensión}$$

$$\phi * Rn = \phi * [0.6 * F_y * A_{gv} + F_u * A_{nt}]$$

$$\phi * Rn = 0.75 * [0.6 * 36 \text{ ksi} * 1.78 \text{ in}^2 + 60 \text{ ksi} * 2.91 \text{ in}^2]$$

$$\phi * Rn = 159.79 \text{ Klb} > 115.02 \text{ Klb} \dots \dots Ok$$

Soldaduras a Filete: Para empalme de la canal C6x8.2 con canal C6x8.2 se tiene:

Las soldaduras serán ejecutadas con proceso SMAW usando electrodo E7018.

Capacidad de tensión de la viga C6x8.2, $T_w = 0.2''$; $A_g = 2.40 \text{ in}^2$

$$P_u = \phi_t * F_y * A_g$$

$$P_u = \phi_t * F_y * A_g = 0.9 * 36\text{ksi} * 2.40\text{ in}^2 = 77.76\text{ Klb}$$

Tamaño máximo de soldadura:

$$\frac{1}{4} - \frac{1}{16} = \frac{3}{16}\text{ in} = 0.187\text{ in}$$

Tamaño mínimo de soldadura según Tabla LRFD (Anexo 16) = 1/8"

Espesor efectivo de garganta:

$$e_g = 0.707 * 3/16\text{ in} = 0.133\text{ in}$$

Capacidad de la soldadura por pulgada del apéndice J2.4 del LRFD se tiene:

$$\phi_t * F_w = (0.75) * (0.60 * 70\text{ksi}) * (0.133\text{ in}) * (1\text{ in}) = 4.19 \frac{\text{Klb}}{\text{in}}$$

Longitud total requerida:

$$L_{req.} = \frac{\text{Carga}}{\text{esfuerzo de diseño}} = \frac{77.76\text{ Klb}}{4.19\text{ Klb/in}} = 18.55\text{ in}$$

Revisamos la resistencia del bloque cortante:

Para el empalme requerido se tiene:

$$A_{nv} = A_{gv} = (1.92\text{ in} + 1.72 * 2) * 3/16\text{ in} = 1.365\text{ in}^2$$

$$A_{nt} = A_{gt} = (6 * 2 + 4 * 3/8) * 3/16\text{ in} = 1.95\text{ in}^2$$

Entonces:

$$0.6 * F_u * A_{nv} = 0.6 * 60\text{ksi} * 1.365\text{ in}^2 = 49.14\text{ Klb}$$

$$F_u * A_{nt} = 60\text{ksi} * 1.95\text{ in}^2 = 116.7\text{ Klb}$$

Por tanto se cumple:

$$F_u * A_{nt} \geq 0.6 * F_u * A_{nv}; \text{fluencia por cortante y fractura por tensión}$$

$$\phi * R_n = \phi * [0.6 * F_y * A_{gv} + F_u * A_{nt}]$$

$$\phi * Rn = 0.75 * [0.6 * 36ksi * 1.365in^2 + 60ksi * 1.945in^2]$$

$$\phi * Rn = 109.64 Klb > 77.76 Klb \dots \dots Ok$$

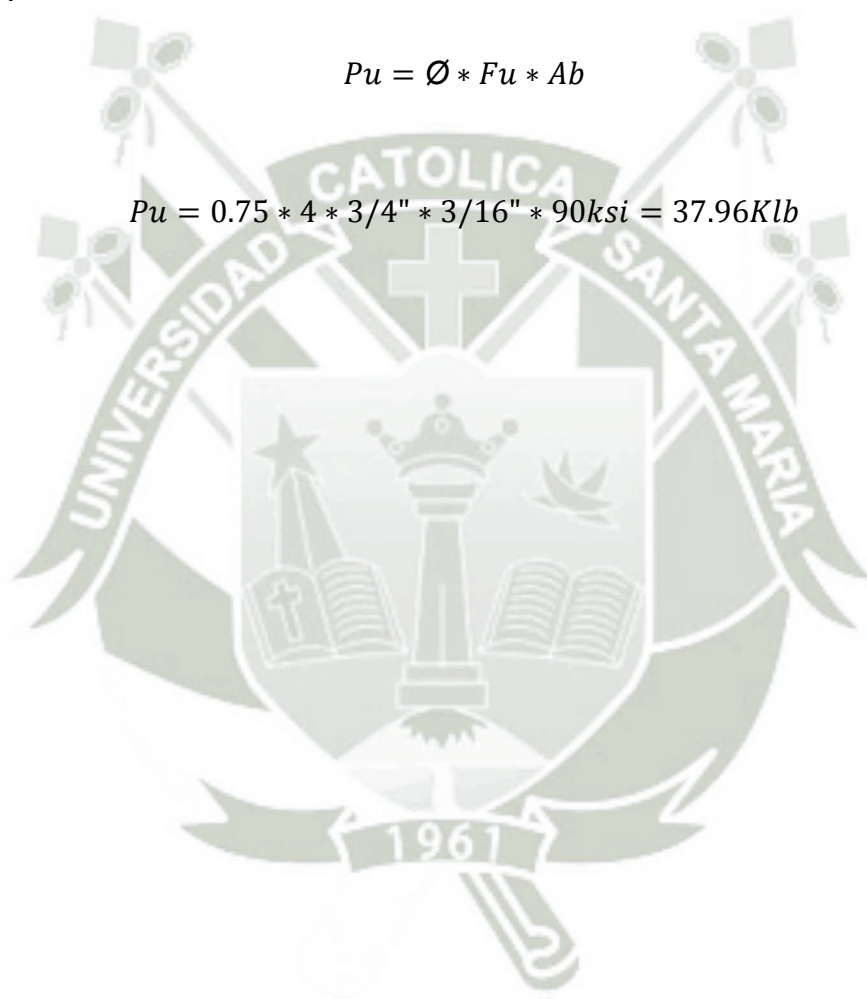
Conexiones con pernos:

Todas las conexiones serán realizadas con pernos estructurales A325 con agujeros de 7/8" para pernos de 3/4".

La resistencia de diseño a tensión de los tornillos será: Datos del perno en Anexo17.

$$Pu = \phi * Fu * Ab$$

$$Pu = 0.75 * 4 * 3/4" * 3/16" * 90ksi = 37.96Klb$$



CAPITULO V

DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRADO, SECADO Y LAVADO

5.1 Determinación de las variables actuantes sobre el sistema de Filtración

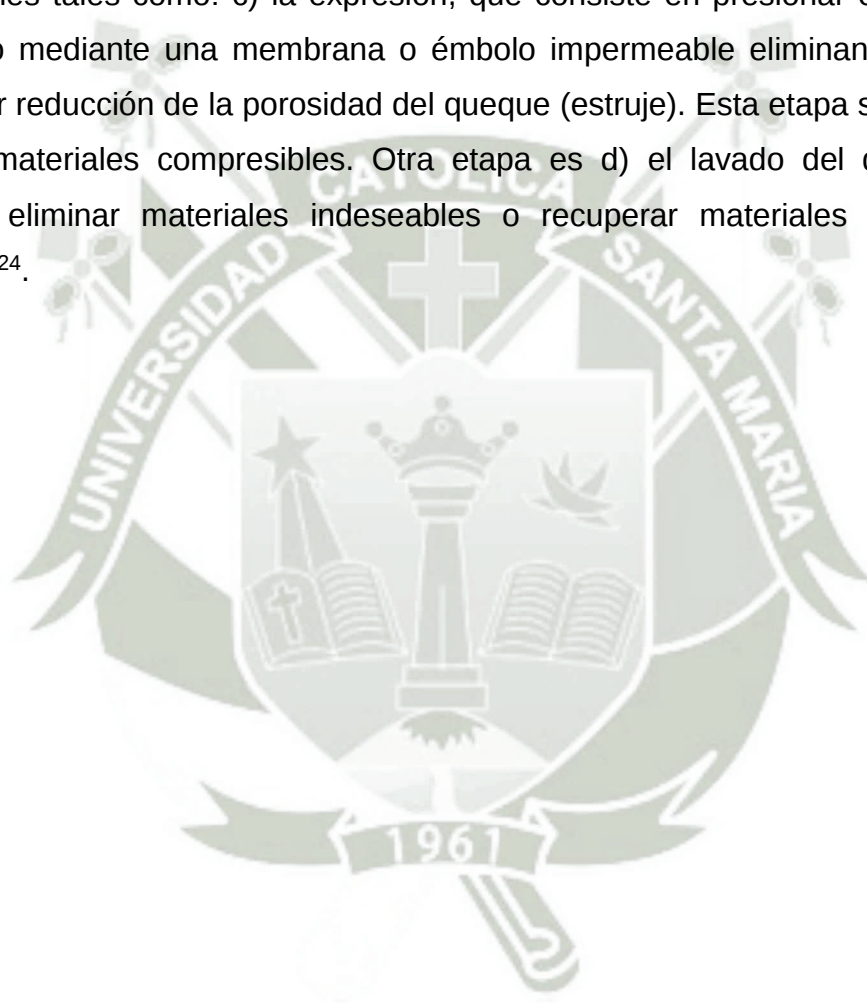
Dependiendo del tipo de material a filtrar y de la magnitud del gradiente de presión el queque formado durante la filtración puede permanecer rígido o puede comprimirse. “En general, los concentrados de cobre y otros metales, especialmente cuando no se utiliza floculante en su espesamiento, son materiales incompresibles. Al contrario, los relaves de flotación son siempre floculados antes de espesar. Por esta razón son materiales compresibles”²³. Por otra parte, cuando estos relaves son filtrados, lo que no ocurre frecuentemente, se utiliza filtración a vacío, por lo que el gradiente de presión aplicado es pequeño y nuevamente el material puede ser considerado incompresible en esas circunstancias. Es así como en la mayoría de los casos de filtración en plantas de procesamiento de minerales se puede considerar al queque de filtración como incompresible y es aplicable la teoría de flujo en un lecho poroso rígido. En caso contrario, es necesario introducir la consolidación o expresión del queque.

Consideremos un proceso de filtración con las siguientes restricciones:

- i) Las propiedades de la suspensión, del filtrado y del queque son constantes.
- ii) El queque formado es incompresible.
- iii) La superficie de filtración es plana.
- iv) La velocidad de percolación del filtrado a través del queque y del medio filtrante es muy lenta. La suposición ii) permite considerar el queque como un lecho poroso rígido, lo que significa que el sólido contenido en el queque no se mueve. La suposición iii) implica que, en el caso de superficies curvas, como en los tambores rotatorios, el diámetro del tambor debe ser muy grande comparado con el grosor del queque. La suposición iv) permite utilizar la ecuación de Darcy como velocidad de percolación.

²³ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.247

“La filtración, ya sea en filtros continuos o discontinuos, se lleva a cabo en etapas. Por lo menos se distinguen dos etapas fundamentales en el proceso: a) la formación de queque, que incluye el bombeo de la suspensión al filtro y la compresión de la suspensión sobre el medio filtrante (por medio de aire a presión o de un diafragma o émbolo) hasta el momento en que desaparece la suspensión y el queque se encuentra totalmente saturado; b) desaguado del queque, que se lleva a cabo succionando o soplando aire a través del queque y, de esta forma, desplazando el agua por el aire. Filtraciones más sofisticadas incluyen etapas adicionales tales como: c) la expresión, que consiste en presionar el queque ya saturado mediante una membrana o émbolo impermeable eliminando parte del agua por reducción de la porosidad del queque (estruje). Esta etapa solamente es útil en materiales compresibles. Otra etapa es d) el lavado del queque, que permite eliminar materiales indeseables o recuperar materiales valiosos del queque”²⁴.



²⁴ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.248

Formación del queque.

Formalmente, el proceso de filtración queda descrito por las siguientes variables de campo: la porosidad del queque $\varepsilon(z,t)$, la velocidad del filtrado $q(z,t)$ y la presión en exceso a la hidrostática $p_e(z,t)$. Estas tres variables constituyen un proceso de filtración simple.

Donde se cumple que:

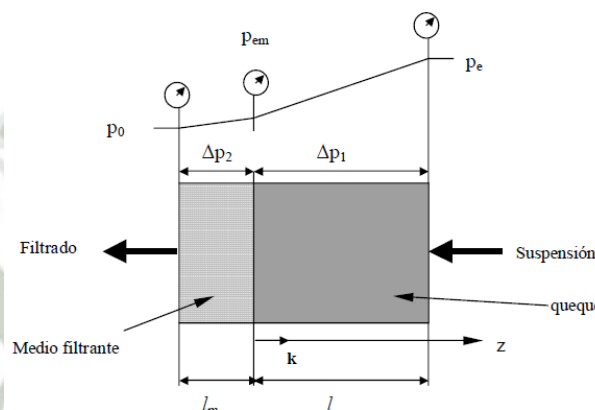


Fig. 5.1 Filtración con queque plano, donde

$$\Delta p_1 = p_e - p_{em} > 0 \text{ y } \Delta p_2 = p_{em} - p_0 > 0.$$

Fig.5.1

Nota. Extraído de <<Marco Conceptual de los Sistemas de Filtración>>, de F.Concha,1995.

Las condiciones de contorno son:

$$p_e(-l_m) = p_0$$

$$p_e(l(t)) = p_e$$

Donde p_e es el valor de la presión en exceso a la hidrostática en la interfaz entre el queque y la suspensión $z = l(t)$, y p_0 es el valor en la interfaz entre el filtrado y el medio filtrante $z = -l_m$.

“Denominaremos *proceso de filtración simple* a un proceso de filtración con queque incompresible. El término *simple* se refiere a que, en este caso, las ecuaciones de campo son las más simples que es posible establecer. En la filtración a vacío, el filtro está parcialmente sumergido en la suspensión que es alimentada al estanque del filtro mediante una bomba. Se trata de mantener esta suspensión lo más homogénea posible mediante agitación. Por ello, en este tipo de filtración, el gradiente de presión aplicado es constante y el flujo de filtrado

depende de la resistencia ofrecida por el medio filtrante más el queque, que crece en espesor con el tiempo”²⁵.

Filtración a presión constante

Como indicamos en los párrafos anteriores, durante la fase avanzada de la filtración en equipos en que la suspensión se alimenta al filtro mediante una bomba centrífuga la presión se mantiene relativamente constante. Entonces se cumple la ecuación:

$$\Delta p_e S = \mu \left(\frac{\ell_m}{k_m} + \frac{\ell(t)}{k(\varepsilon_0)} \right) \frac{dV_f(t)}{dt}$$

Tiempo de filtración

Para llegar a una ecuación práctica que relacione el espesor $\ell(t)$, la masa $m_s(t)$ del queque producido y el volumen de filtrado obtenido $V_f(t)$ con el tiempo de filtración, observemos que el contenido de sólido del queque es igual al contenido de sólido de la suspensión asociado al filtrado producido en el tiempo t . Por lo tanto:

Fracción volumétrica de sólidos en la suspensión ϕ_0 :

$$\begin{aligned} \phi_0 &= \frac{\text{volumen del sólido}}{\text{Volumen de suspensión}} \\ &= \frac{\text{volumen del sólido}}{\text{Volumen de líquido} + \text{volumen del sólido}} \end{aligned}$$

²⁵ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.249

El volumen de líquido es igual al volumen de filtrado producido más el líquido retenido en el queque.

De donde se cumple la ecuación de filtración dada por la expresión:

$$\frac{S\Delta p_e}{\mu} t = \frac{\ell_m}{k_m} V_f + \frac{1}{2S} \frac{\phi_0}{(1 - \phi_0 - \varepsilon_0)k(\varepsilon_0)} V_f^2$$

Donde:

S : Área de filtración

Δp_e : Presión de operación

μ : Viscosidad dinamica

t : tiempo de filtración

$R_m = \frac{\ell_m}{k_m}$: Resistencia especifica del medio poroso

V_f : Volumen de filtrado

ϕ_0 : Fracción volumetrica de solidos en suspensión

ε_0 : Porosidad del queque

$k(\varepsilon_0)$: Permeabilidad del queque

Secado o soplado del queque

Durante el período de formación del queque se elimina la mayor parte del líquido de la suspensión. Finalizada esta etapa, que se caracteriza porque la superficie del queque se ve seca, los poros de éste están llenos de líquido, esto es, están saturados. Este líquido solamente se puede eliminar utilizando secado o soplado y mediante la expresión, o con la combinación de estos métodos. En la filtración a vacío la etapa de secado consiste en la succión de aire a través del queque para desplazar el líquido, mientras que en la filtración a presión el secado se produce mediante el soplado de aire a través del queque, lo que recibe el nombre de soplado. La expresión es un procedimiento totalmente diferente, en la que se aplica una presión sobre el queque mediante una superficie impermeable. Aunque el queque puede ser considerado incompresible en la etapa de formación, se comprime bajo la alta presión ejercida por esta superficie, exprimiendo líquido desde su interior. El fenómeno es similar al de estrujar de una

esponja saturada de agua, y su mecanismo es simplemente la reducción de volumen de los poros por la compresión.

“Durante la etapa de secado o soplado en una filtración, escurren simultáneamente dos fluidos a través del queque, el líquido y el aire. En general el primero moja al sólido. El aire desplaza al líquido pero deja una película de líquido adyacente al sólido, retenida por fuerzas capilares, que impide el contacto de éste con el aire. Es así como el aire fluye por los espacios vacíos encontrando un medio poroso de propiedades diferentes al del medio poroso seco. El líquido modifica el volumen disponible y la forma de los poros por los que circula el aire”²⁶.

Se denomina saturación s la fracción del volumen de poros de un queque ocupada por el líquido. Esto significa que la saturación varía entre $0 \leq s \leq 1$. Si $s=0$, el queque está seco y si $s=1$, el queque está lleno de líquido o saturado.

Parámetros de filtración y su medición

Las diversas variables que influyen en el proceso de filtración son. Las separamos en: *variables de entrada*, el flujo y concentración de la pulpa de alimentación; *variables de salida*, la capacidad, espesor y humedad del queque producido; *variables de diseño*, área y pérdidas de carga en el equipo; *variables de control*, presión aplicada, tiempos de formación del queque, de lavado, prensado y soplado, temperatura, pH, aditivos, agitación de la pulpa; *perturbaciones*, tamaño y distribución de tamaño del sólido y *parámetros*, porosidad, permeabilidad y compresibilidad del queque, saturación residual.

Medición de los parámetros de filtración

Numerosas empresas han desarrollado instrumentos para la medición de los parámetros de filtración y todos ellos tienen una estructura similar. Aquí describiremos el instrumento *FILTRATEST*, diseñado por la firma Bokela, mediante el cual se tomó parámetros para calcular el área de filtración.

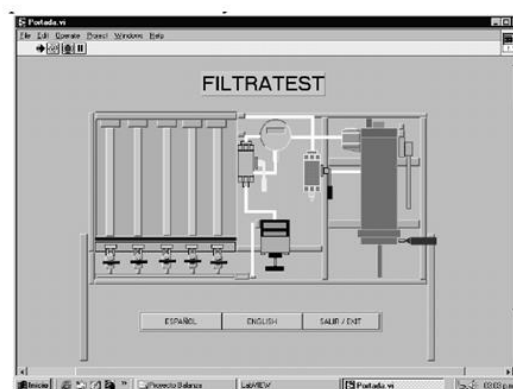
²⁶ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.259

“El *FILTRATEST* es una celda a presión que permite realizar la filtración de suspensiones por presión positiva de gas desde 0 hasta 10 bar (150 psi), por lo que se puede simular cualquier proceso de filtración a vacío o presión. El equipo tiene un área de filtración es de 19.63 cm² y dispone de una camisa de agua que le permite trabajar a temperatura controlada. Un conjunto de rotámetros permite medir el flujo de aire, cuya presión se regula y mide mediante un manómetro digital”²⁷.

El filtrado es recolectado en una balanza digital cuya señal se envía directamente a un computador portátil que registra la masa de filtrado en cada instante de tiempo. Esta característica hace posible un estudio detallado de la fase de formación del queque, de la fase de soplado (secado) y de la del prensado. La transportabilidad del equipo hace posible la realización de pruebas de filtración directamente en la planta, lo que evita cualquier modificación de las propiedades de la pulpa.

Un software especialmente diseñado para este instrumento permite determinar exactamente el tiempo de formación del queque, el tiempo de prensado, el tiempo de soplado, el flujo de aire y el peso del filtrado en el tiempo. El software calcula automáticamente la resistencia específica del queque y del medio filtrante y las permeabilidades relativas del agua y del aire de soplado. Las dos figuras que siguen muestran un esquema del instrumento y sus conexiones a los elementos periféricos.

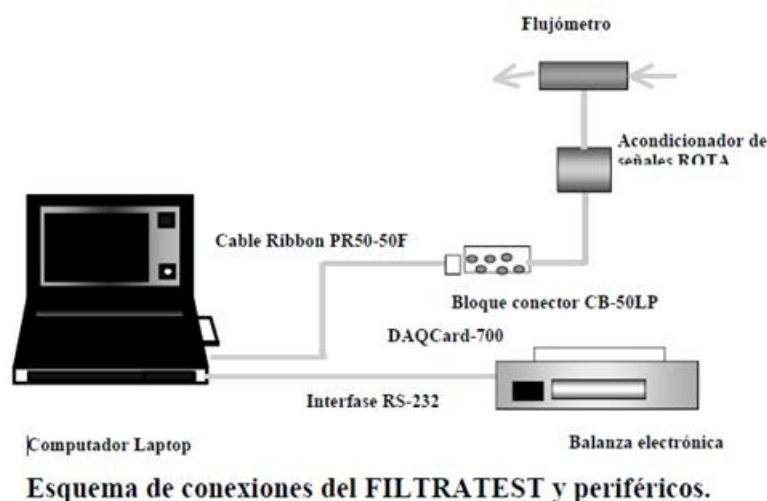
²⁷ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.263



Pantalla inicial del software del FILTRATEST.

Fig.5.2

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.



Esquema de conexiones del FILTRATEST y periféricos.

Fig.5.3

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.

Porosidad del queque

La porosidad del queque está determinada principalmente por el tamaño, distribución de tamaño y disposición de las partículas que forman el empaquetamiento.

Para comprender mejor el efecto de estas variables en la porosidad, tomemos el ejemplo del empaquetamiento de esferas. La porosidad de un lecho de esferas de un solo tamaño es independiente del tamaño de las esferas y depende exclusivamente del tipo de empaquetamiento. En la tabla (Wakeman y Tarleton

1999) se muestra valores calculados para la porosidad con diferentes tipos de empaque.

Empaquetamiento	Número de coordinación	Porosidad ε
Cúbico	3	0.7766
	4	0.6599
	5	0.5969
	6	0.4764
	7	0.4388
Orto-rómbico	8	0.3955
	9	0.3866
Tetragonal	10	0.3019
	11	0.2817
Romohedral	12	0.2595

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.

Permeabilidad del queque y Resistencia Específica del Medio Filtrante

El medio filtrante es un componente esencial en los equipos de filtración. Es un medio poroso heterogéneo, con poros de diferentes tamaños y geometría, cuya estructura puede causar grandes variaciones en la forma en que se depositan las partículas y grandes variaciones en la distribución del flujo de líquido en la superficie.

“Una tela de filtración, no sólo debe retener las partículas sólidas y producir un filtrado limpio, sino que debe resistir todas las solicitudes que le imponga el equipo”²⁸.

²⁸ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.267

Determinación experimental

Para determinar la permeabilidad del queque $k(\varepsilon_0)$ y la resistencia específica del medio poroso R_m , escribamos la ecuación de filtración de la forma:

$$\frac{t}{V_f(t)} = \frac{R_m \mu}{S \Delta p_e} + \frac{\mu}{2S^2 \Delta p_e} \frac{\varphi_0}{(1 - \varphi_0 - \varepsilon_0)k(\varepsilon_0)} V_f(t)$$

Donde $R_m = \frac{l_m}{k_m}$; l_m , k_m son el espesor y la permeabilidad del medio filtrante, información que en general no se conoce.

Graficando $t/V_f(t)$ versus $V_f(t)$, se puede calcular la resistencia específica del medio filtrante R_m y la permeabilidad del queque $k(\varepsilon_0)$. Si b es la pendiente de la recta obtenida y a es su intersección con el eje de las ordenadas, los parámetros serán:

$$R_m = a \times \frac{\Delta p_e S}{\mu}$$

$$k(\varepsilon_0) = \frac{1}{b} \times \frac{\mu}{2S^2 \Delta p_e} \frac{\varphi_0}{1 - \varphi_0 - \varepsilon_0}$$

Los datos de diseño para el filtro se muestran en la tabla 5.1:

Tabla 5.1

Tiempo t (seg)	Volumen V (cm3)	t/V
75	10	7.50
200	20	10.00
374	30	12.47
597	40	14.93
870	50	17.40
1192	60	19.87
1564	70	22.34
1985	80	24.81
2455	90	27.28
2975	100	29.75

Nota. Elaboración propia

Para determinar las variables de entrada y parámetros realizamos una comparación en el equipo Filtratest de área 19.63cm², considerando que la filtración se realizara en un filtro a presión LaroxPF, obteniendo los datos que se muestran en la Tabla 5.2:

Tabla 5.2

Parámetros	Filtro Larox PF
Densidad del sólido, g/cm ³	4.3
Densidad del filtrado, g/cm ³	1.0
Concentración de pulpa de alimentación, % de sólidos en peso	78.0
Viscosidad del filtrado, kg/m-s	0.0012
Tamaño de partículas	Análisis granulométrico
Temperatura de la pulpa, °C	20
pH de la pulpa	9.1
Presión en formación de queque, psi	40
Presión de soplado, bar	4

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.

Para determinar las variables de diseño, variables de control y variables de salida es necesario determinar los parámetros de filtración que son permeabilidad del queque y resistencia específica del medio filtrante.

En función de las variables de entrada y parámetros procedemos a generar la tabla 5.3:

Tabla 5.3

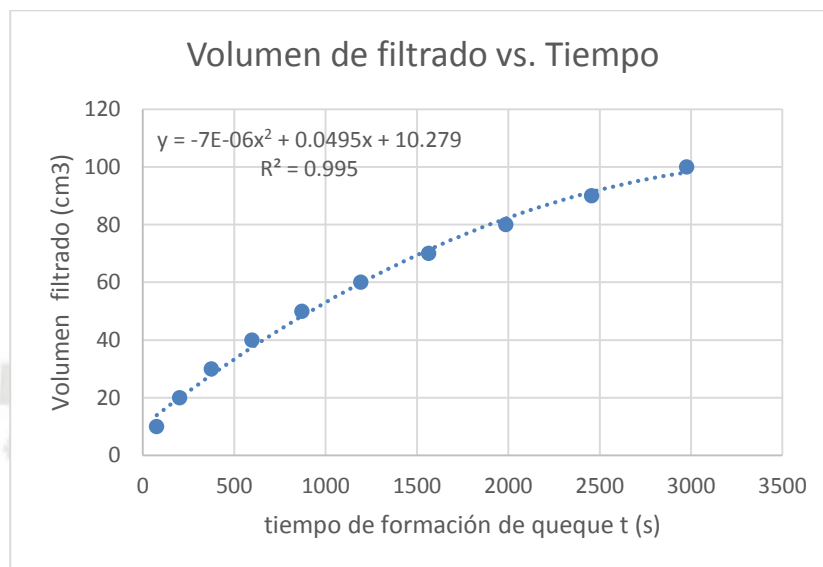
Variables de Filtración										
Variables de Entrada		Variables de Salida	Variables de diseño		Variables de Control	Parámetros				
Flujo (Qf)	Concentración de alimentación (φ)	Humedad (h)	Área de Filtración (S)	Gradiente de presión (ΔP)	Tiempo de Filtración (tf)	Porosidad (ε)	Densidad de Filtrado (pf)	Viscosidad dinamica (μ)	Permeabilidad del queque k(ε)	Resistencia específica del mediofiltrante(Rm)
80tph	78%	A determinar	A determinar	40 psi	A determinar	0.43	4.3 g/cm ³	0.0012Kg/m-s	A determinar	A determinar

Nota. Elaboración propia

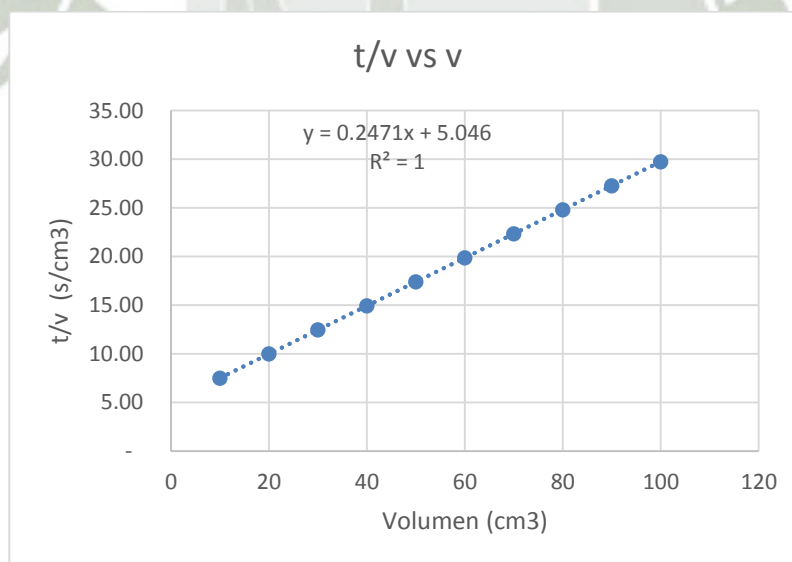
a) Cálculo de la permeabilidad del queque y resistencia específica del medio filtrante:

Considerando un proceso de filtración a presión constante y que el slurry es incompresible se tiene:

Graficando Volumen vs tiempo y tiempo/volumen vs volumen se tiene:



Nota. Elaboración propia



Nota. Elaboración propia

En función de la ecuación de filtración se procede a graficar t/v vs V obteniendo la ecuación de la recta:

$$\frac{t}{v} = 0.247Vf + 5.05$$

Donde la resistencia específica del medio filtrante se calcula mediante la ecuación:

$$R_m = a * \frac{\Delta P_e * S}{\mu}$$

Donde a es la intersección con el eje de las ordenadas = 5.05 seg/cm³

$$R_m = 5.05 \frac{\text{seg}}{\text{cm}^3} * \frac{40\text{psi} * \frac{6.89\text{KPa}}{1\text{psi}} * \frac{1\text{kgf}}{\text{cm}^2} * \frac{9.81\frac{\text{kg-m}}{\text{seg}^2}}{1\text{kgf}} * 19.63\text{cm}^2}{0.0012 \frac{\text{Kg}}{\text{m-sec}}}$$

$$R_m = 5.05 \frac{\text{seg}}{\text{cm}^3} * 45.1019 * 10^4 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}} * \frac{10^4\text{cm}^2}{1\text{m}^2}$$

$$R_m = 2.277 * 10^{10} \text{cm}^{-1}$$

Si b es la pendiente de la recta obtenida entonces la permeabilidad del queque se calcula mediante la ecuación:

$$k(\epsilon_0) = \frac{1}{b} * \frac{\mu}{2 * S^2 * \Delta P_e} * \frac{\phi_0}{1 - \phi_0 - \epsilon_0}$$

$$b=0.247 \text{ seg/cm}^6$$

Calculo de fracción volumétrica de sólidos en la suspensión:

$$\phi_0 = \frac{\rho_f * \% \text{sólidos en peso}}{\rho_s * (100 - \% \text{sólidos en peso}) + \rho_f * \% \text{sólidos en peso}}$$

$$\phi_0 = \frac{1 * 78\%}{4.3 * (100\% - 78\%) + 1 * 78\%}$$

$$\phi_0 = 0.451$$

$$k(\epsilon_0) = \frac{1}{0.247 \frac{\text{seg}}{\text{cm}^6}} * \frac{0.0012 \frac{\text{Kg}}{\text{m-seg}}}{2 * 19.63^2 \text{cm}^4 * 40 \text{psi} * \frac{6.89 \text{KPa}}{1 \text{psi}} * \frac{1 \text{kgf}}{98.06 \text{KPa}}} * \frac{0.451}{1 - 0.451 - 0.43}$$

$$k(\epsilon_0) = \frac{1}{0.247 \frac{\text{seg}}{\text{cm}^6}} * \frac{0.0012 \frac{\text{Kg}}{\text{m-seg}} * \frac{1 \text{m}}{10^2 \text{cm}}}{2165.99 \text{cm}^2 - \text{Kgf} * \frac{9.81 \frac{\text{kg-m}}{\text{seg}^2} * \frac{10^2 \text{cm}}{1 \text{m}}}{1 \text{kgf}}} * 3.789$$

$$k(\epsilon_0) = 8.663 * 10^{-11} \text{cm}^2$$

Utilizando la ecuación de filtrado a presión constante para obtener el área de filtración se tiene:

$$\Delta P * S = \mu * \left(\frac{l_m}{k_m} + \frac{l(t)}{k(\epsilon_0)} \right) * \frac{dV_f}{dt}$$

$$S = \mu * \left(R_m + \frac{l(t)}{k(\epsilon_0)} \right) * \frac{Q}{\Delta P}$$

Considerando un espesor de queque de 1cm y reemplazando se tiene:

$$S = 0.0012 * 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{cm-seg}} * \left(2.277 * 10^{10} \text{cm}^{-1} + \frac{1 \text{cm}}{8.663 * 10^{-11} \text{cm}^2} \right) * \frac{80 \frac{\text{tn}}{\text{hr}} * \frac{10^3 \text{kg}}{1 \text{tn}} * \frac{1 \text{hr}}{3600 \text{seg}}}{4.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{kg}}{10^3 \text{g}}} * \frac{1}{40 \text{psi}}$$

$$S = 0.0012 * 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{cm-seg}} * (3.431 * 10^{10} \text{cm}^{-1}) * \frac{5167.96 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}}}{40 \text{psi} * \frac{6.89 \text{KPa}}{1 \text{psi}} * \frac{1 \text{kgf}}{98.06 \text{KPa}} * \frac{9.81 \frac{\text{kg-m}}{\text{seg}^2} * \frac{10^2 \text{cm}}{1 \text{m}}}{1 \text{kgf}}}$$

$$S = 771728.92 \text{cm}^2 = 77.17 \text{m}^2$$

Para determinar el tiempo de filtración por ciclo se debe calcular el volumen óptimo de filtrado utilizando la ecuación de filtrado y considerando que la

resistencia del medio filtrante es despreciable en comparación con la de la torta, esto quiere decir que $R_m = 0$, se tiene la ecuación:

$$\frac{t}{V_f(t)} = \frac{R_m \mu}{S \Delta p_e} + \frac{\mu}{2 S^2 \Delta p_e} \frac{\phi_0}{(1 - \phi_0 - \varepsilon_0) k(\varepsilon_0)} V_f(t)$$

Reemplazando las ecuaciones en función de la pendiente b y la intersección con las ordenadas a se obtiene las expresiones:

$$t = \frac{1}{2} * b * V_f^2$$

$$V_f = \left(\frac{2 * t}{b} \right)^{0.5}$$

t=tiempo que demora en descargar la torta, el cual se calcula con la longitud de transporte (27m) y la velocidad de la faja (25m/min):

$$t = \frac{27m}{25m/min} = 1.08min = 64.8 seg$$

Los datos de la prueba del filtratest nos indican los valores con la cual procedemos a calcular la humedad, estos son:

Peso del queque húmedo: 177g

Peso del queque seco: 160g

El agua final en queque será: 177g-160g=17g.

$$Humedad\ final = \frac{100 \times 17g}{17g + 160g} = 9.60\%$$

5.2 Análisis de Sistema de Levante, Caja de vacío y cajas de aire

Sistema de Elevación:

El Montaje de la Caja de Vacío se levanta y baja, en el plano vertical, ya sea por:

- Un mecanismo neumáticamente operado.
- Un sistema manual de contra peso o,
- Una cuerda de cable con un huinche,

“Este sistema evita que la caja de vacío se tuerza, manteniendo los sellos paralelos a la correa de goma siempre. Este mecanismo tiene tornillos de ajuste (acero inoxidable) para asegurar que los sellos de vacío se ajusten a la altura correcta y se cierren en posición”²⁹.

Para nuestro diseño se está considerando un mecanismo neumáticamente operado, un cilindro neumático de la marca festo.

El peso de la caja de vacío es: 888Kg-f

La presión que tendrá que tener el sistema será, considerando un embolo de cilindro de 100mm:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{888Kg - f}{\pi * \frac{0.100^2}{4}} = 1109Kpa$$

Esta presión se distribuida en los frames intermedios de soporte, entonces cada cilindro tendrá una presión de:

$$P_{cilindro} = \frac{1109Kpa}{7} = 158.50 Kpa$$

²⁹ Yamana Gold Minera, Manual de Operación y Mantención, Chile, 2011

Por tanto el cilindro seleccionado Festo será:

Cilindro neumático DNC-100-320-P

Caja de Vacío:

El material de la caja de vacío debe de ser de acero inoxidable el espesor mínimo requerido debe de ser de 3mm.

La descarga de vacío se realiza mediante cañerías distribuidas a lo largo de la caja de vacío.

La capacidad de la caja de vacío será:

$$Q = 6m^3/hr$$

El montaje de la caja de vacío es en el intermedio del frame estructural, a su vez sobre esta se instala los siguientes elementos antifricción para que la correa de la banda pueda desplazarse.

Seal Strip:

De un material de polietileno de alta-densidad llenado con cerámica e incluye una ranura de agua para lubricación. Las franjas de sellos se montan en la parte superior de la caja de vacío con una cinta de “Buta Seal”.

Wear Belt

“Se asienta en una guía ubicada en la parte superior del Seal Strip. Estas correas de desgaste tienen una superficie de goma en el lado en contacto con la correa del transportador y una superficie de poliéster en contacto con la franja del sello”³⁰.

Las correas de desgaste retornan debajo de la caja de vacío a través de los end slides ubicados en el extremo de cada caja de vacío.

³⁰ Yamana Gold Minera, Manual de Operación y Mantenimiento, Chile, 2011.

Las correas de desgaste son fabricadas de cuatro armazones de poliéster doblado para asegurar la resistencia química al pH del filtrado que se está manipulando y tendría una duración de 3- 6 meses a una velocidad de la correa del transportador de hasta 40 m/min.

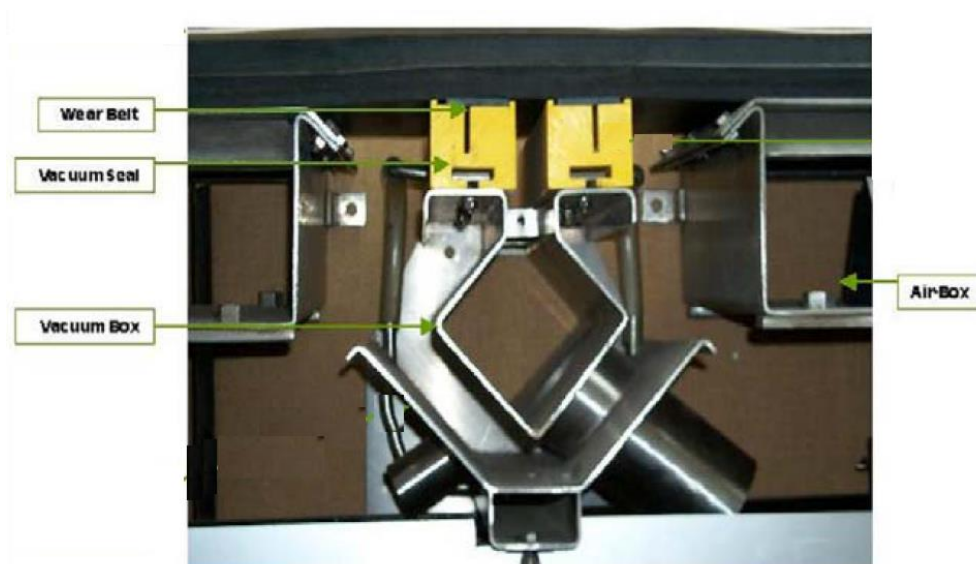


Fig.5.4

Para nuestro proyecto de tesis este elemento no se selecciona como parte del equipo, se adquiere con la longitud de la caja de vacío el cual es 24m.

Cajas de aire:

La correa principal del transportador de goma se apoya en las partes superiores de la caja aire por un cojín de aire. Un ventilador centrífugo genera el aire con la presión y caudal adecuados para minimizar el roce. Las cajas de aire son pre-montadas en forma modular y apertada en posición en el marco del filtro.

El caudal y la presión dependerán del ventilador centrífugo el cual estará entre 600 a 70000 cfm a una presión de entre 1" a 20" de H₂O.

El material del marco de la caja de aire será ASTM A36, mientras que la tapa de la caja de aire será acero inoxidable ya que esta entrara en contacto con la banda transportadora.

El espesor mínimo requerido es de 3mm

5.3 Análisis de distribuidores (Manifold) de aire y vacío

Manifold de aire:

El diseño abarca ductos de planchas de acero, la presión de trabajo estará de acuerdo a la operación del blower.

Material: Acero al carbono ASTM A36

Espesor de plancha: 3mm

Presión de trabajo: 300mmCA

Conexión: Bridada

Válvulas: 02 Válvulas de apertura y cierre

Manifold de vacío:

El manifold de vacío consta de una tubería para traslado del agua de filtrado hacia un tanque de almacenamiento.

Material: Según ANSI (ASME B31.1)

A106B: Acero al carbono para temperaturas inferiores a 426°C

Presión nominal: Según ANSI 260psi, (Anexo 18)

Temperatura: -20°F a 200°F

Diámetro nominal: 6" (Anexo 19)

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{80tph}{1tn/m^3} = 80 m^3/hr$$

Espesor: Tomando en cuenta normativa ANSI y según apartado 2 de la norma ASME B31.1 el espesor se calcula mediante la fórmula:

$$t_m = 0,5 \frac{P \cdot D_o}{(SE + P \cdot y)}$$

Donde:

t_m ; espesor mínimo de pared

P; presión de diseño (KPa)

D0; diámetro exterior (mm)

SE; tensión admisible del material, debido a la presión interna (KPa) (Anexo 20)

y; coeficiente que depende del material y la temperatura de diseño (Anexo 21)

$$tm = 0.5 * \frac{260psi * 6.625in}{12000psi + 260psi * 0.4}$$

$$tm = 0.057in$$

El espesor pedido eord (mm)

Una vez hallado el valor del espesor mínimo requerido sin márgenes ni tolerancias (e), se deben añadir los márgenes y tolerancias oportunos para encontrar el espesor de pared pedido para el material, que se calcula mediante la siguiente fórmula expresada en el apartado 4.3 de la normativa UNE-EN 13480-3:

$$e_{ord} \geq e + c_0 + c_1 + c_2$$

Donde:

eord; es el espesor de pedido mínimo que debe tener la tubería.

e; es el espesor de pared mínimo sin márgenes ni tolerancias.

c0; es el margen de corrosión o erosión, fijado en 1 mm.

c1; valor absoluto de la tolerancia negativa tomado de las normas del material o facilitado por el fabricante. Por ejemplo, si la tolerancia de fabricación es de +0,5/-1 mm, se debería tomar c1=1mm. En la aplicación de cálculo de tuberías se considera por defecto 1 mm.

c2; margen de adelgazamiento para el posible adelgazamiento durante el proceso de fabricación. En el caso de las tuberías rectas (como es la del manifold) este factor es 0.

Entonces calculando el espesor pedido se tiene

$$e_{ord} = e + c_0 + c_1 + c_2$$

$$e_{ord} = 0.057in * 25.4mm + 1mm + 1mm + 0$$

$$e_{ord} = 3.45mm$$

Espesor pedido (eord) → Tubos normalizados

Habiendo determinado el diámetro nominal y el espesor pedido, y según la normativa considerada (europea: DIN, americana: ANSI), se debe encontrar la tubería normalizada con un espesor inmediatamente superior al calculado.

Según norma ANSI el tubo normalizado seleccionado es:

Tabla 5.4 – Espesores de distintos tubos según la normativa ANSI [mm].
Fuente: http://www.provindus.com.py/Utilidades_EspesorTubos.html

DN (")	(mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10 Espesor	ANSI Sch 20 Espesor	ANSI Sch 30 Espesor	ANSI Sch 40 Espesor	ANSI Sch 60 Espesor	ANSI Sch 80 Espesor	ANSI Sch 100 Espesor	ANSI Sch 120 Espesor	ANSI Sch 140 Espesor	ANSI Sch 160 Espesor
3/8	10	17,1	-	-	-	2,31	-	3,2	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	2,77	-	3,73	-	-	-	4,78
3/4	20	26,7	-	-	-	2,87	-	3,91	-	-	-	5,56
1	25	33,4	2,77	-	-	3,38	-	4,55	-	-	-	6,35
1 1/4	32	42,2	2,77	-	-	3,56	-	4,85	-	-	-	6,35
1 1/2	40	48,3	2,77	-	-	3,68	-	5,08	-	-	-	7,14
2	50	60,3	2,77	-	-	3,91	-	5,54	-	-	-	8,74
2 1/2	65	73,0	3,05	-	-	5,16	-	7,01	-	-	-	9,53
3	80	88,9	3,05	-	-	5,49	-	7,62	-	-	-	11,12
4	100	114,3	3,05	-	-	6,02	-	8,56	-	11,13	-	13,49
5	125	141,3	3,4	-	-	6,55	-	9,52	-	12,7	-	15,88
6	150	168,3	3,4	-	-	7,11	-	10,97	-	14,28	-	18,26
8	200	219,1	4,78	6,35	7,04	8,18	10,31	12,7	15,09	18,26	20,62	23,01
10	250	273,0	4,19	6,35	7,8	9,27	12,7	15,09	18,26	21,44	25,4	28,58
12	300	323,8	4,57	6,35	8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,4	28,58	33,33
14	350	355,6	6,35	7,92	9,52	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71
16	400	406,4	6,35	7,92	9,52	12,7	16,66	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49
20	500	508,0	6,35	9,52	12,7	15,09	20,62	26,19	32,54	38,1	44,45	50,01
24	600	609,6	6,35	9,52	14,27	17,47	24,61	30,96	38,89	46,03	52,37	59,54

Tabla 5.5 - Diámetros interiores de distintos tubos según la normativa ANSI [mm].

DN (")	DE (mm)	ANSI Sch 10	ANSI Sch 20	ANSI Sch 30	ANSI Sch 40	ANSI Sch 60	ANSI Sch 80	ANSI Sch 100	ANSI Sch 120	ANSI Sch 140	ANSI Sch 160
		Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint	Dint
3/8	10	17,1	-	-	12,6	-	10,8	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	15,8	-	13,9	-	-	-	11,8
3/4	20	26,7	-	-	20,9	-	18,8	-	-	-	15,5
1	25	33,4	28,16	-	26,6	-	24,3	-	-	-	20,7
1 1/4	32	42,2	36,86	-	35	-	32,5	-	-	-	29,5
1 1/2	40	48,3	42,76	-	40,9	-	38,1	-	-	-	34
2	50	60,3	54,76	-	52,5	-	49,3	-	-	-	42,8
2 1/2	65	73,0	70	-	62,7	-	59	-	-	-	54
3	80	88,9	82,8	-	77,9	-	73,7	-	-	-	66,6
4	100	114,3	108,2	-	102,3	-	97,2	-	92	-	87,3
5	125	141,3	132,9	-	128,2	-	122,2	-	115,9	-	109,6
6	150	168,3	161,5	-	154,1	-	146,3	-	139,7	-	131,7
8	200	219,1	209,54	206,4	205,02	202,7	198,48	193,7	188,92	182,5	177,86
10	250	273,0	264,62	260,3	257,4	254,5	247,6	242,9	236,48	230,2	222,2
12	300	323,8	314,76	311,2	307,14	303,2	295,36	288,9	281,02	273	266,74
14	350	355,6	342,9	339,76	336,56	333,3	325,42	317,5	307,94	300	292,1
16	400	406,4	393,7	390,56	387,36	381	373,08	363,5	354,02	344,5	333,34
20	500	508,0	495,3	488,96	482,6	477,8	466,76	455,6	442,92	431,8	419,1
24	600	609,6	596,9	590,56	581,06	574,6	560,38	547,7	531,82	517,6	504,86

Tubo de 6" sch 40 ASTM A106

5.4 Análisis del sistema de alimentación y descarga

Sistema de Alimentación:

El diseño del chute de alimentación tiene forma de cola de pescado el cual puede distribuir la carga en todo el ancho de la tela filtrante.

Material: ASTM A36

Espesor de plancha: 3mm

Para evitar el desgaste del chute se le revestirá con rubber de 20mm de espesor al cajón de carga.

Sistema de descarga:

El diseño del chute de descarga es un cajón el cual tendrá como función de que la carga no se distribuya alrededor del filtro y también la de soporte del raspador de la tela para garantizar la descarga completa del slurry.

Material: ASTM A36

Espesor de plancha: 6mm

Conexión: Pernos estructurales A325.

5.5 Selección de componentes mecánicos: Bomba de vacío, Blower

Bomba de vacío:

Presión de vacío máxima: 33mbar

Presión absoluta: 60mbar

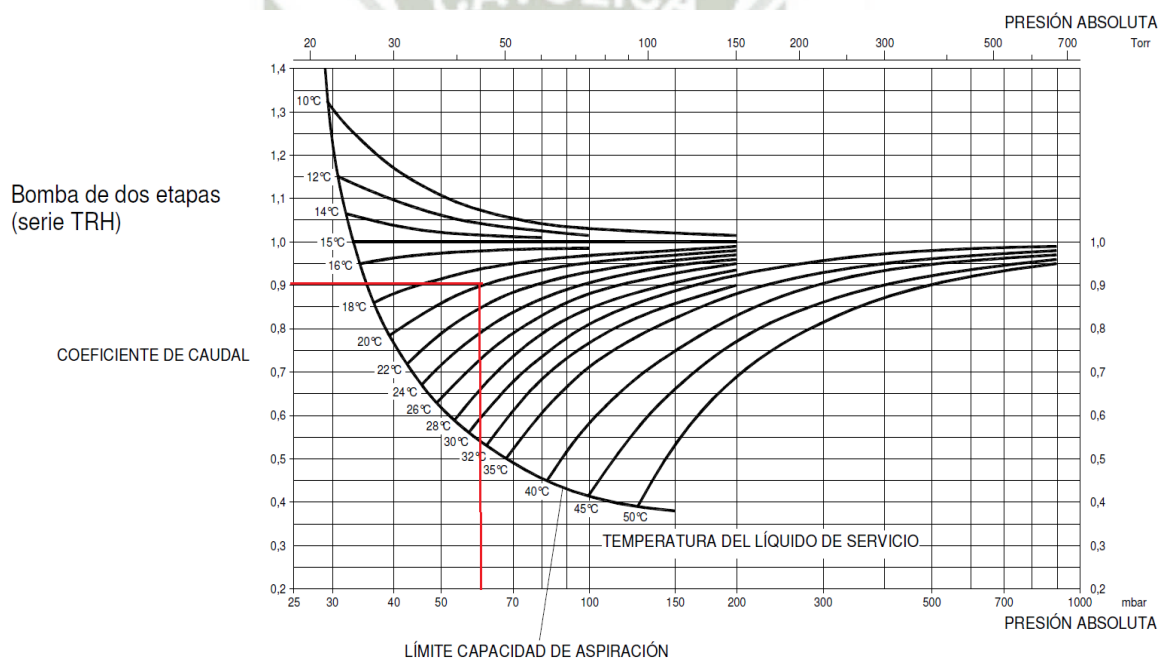
Caudal: 140m³/h

T° del agua: 20°C

De acuerdo al fabricante seleccionamos una bomba de dos etapas de la marca “Pompetravaini” de la serie TRH de anillo líquido.

Datos del modelo de la bomba (Anexo 23)

Del diagrama obtenemos un coeficiente de 0.9, con lo que el caudal real de gas aspirado en las condiciones de funcionamiento será: $140 \times 0.9 = 126 \text{ m}^3/\text{h}$



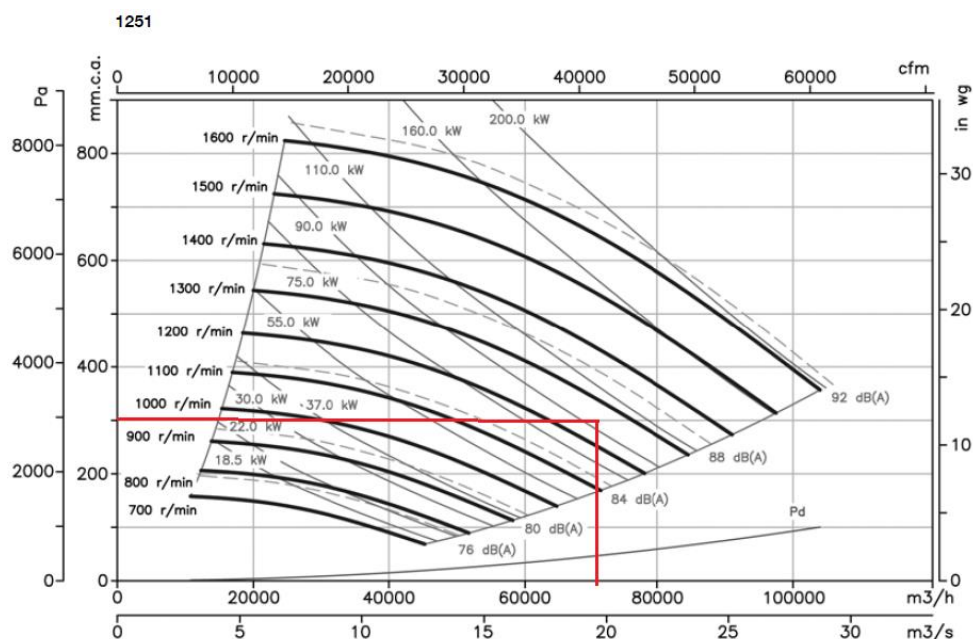
Blower:

El fabricante del Blower es Ingevent el modelo seleccionado es CASX-1251

Caudal: 6500m³/hr

Presión estática: 300mCA a 0msnm

Datos del modelo de la bomba (Anexo 24)



5.6 Selección de elementos de filtración (Tela Filtrante, deltraker)

Tela Filtrante:

“Las telas filtrantes más comunes son hechas de material textil, de fibra natural o sintética. Existen tres tipos de medios sintéticos usados en la industria de la filtración, a) Tejido: puede ser de tela cruzada o satín, ya que éste aumenta la resistencia a la Tracción, b) No tejido: consiste en ensamblar varias capas de fibras y c) Compósitos”³¹:

Poliuretanos (polímeros micro porosos regulados) que han dado muy buen resultado.

Básicamente, las características que se debe tener en cuenta son:

1. Condiciones Térmicas y Químicas: En condiciones térmicas y químicas los polímeros son los medios más adecuado para el medio filtrante. Los más usados son polipropileno (PP), polietileno (PET) y poliamida (PA).

³¹ F.CONCHA, Manual de Filtración & Separación, s.f., p.243

2. Requerimientos en la Filtración: Los principales requerimientos de la filtración son: claridad en el filtrado (es decir una alta eficiencia de retención de partículas finas), rendimiento, contenido de humedad en el queque, efectiva liberación del queque (de fácil desprendimiento), baja resistencia al paso del fluido y alta resistencia a la abrasión.

3. Consideraciones con respecto al equipo: Es importante donde se va a usar el medio filtrante: el tipo de pulpa, volumen del producto, contenido de sólidos requeridos, así como si es filtración a presión o vacío.

Tabla 5.6 Resumen generalizado de medios filtrantes clasificados de acuerdo a su rigidez (Purchas, 1981)

Principales tipos	Subdivisiones	Partícula más pequeña retenida (μm) (aprox.)
Fabricación sólida	Pantallas de alambre .	100
	bobinados de alambre.	100
	Anillos apilados.	5
Hojas metálicas	Perforadas.	100
	Tejido de alambre.	5
Medios porosos rígidos	Cerámicos	< 1
	Carbón	10
	Plásticos	10
Cartuchos	Fabricación de laminas	3
	Camas aglutinadas.	2
	Hilo bobinado	2

Principales tipos	Subdivisiones	Partícula más pequeña retenida (μm) (aprox.)
Hojas plásticas	Monofilamentos tejidos	
Membranas	Hojas porosas	
	Poliméricas	< 0.1
	Cerámicas	< 0.1
	Metálicas	0.2
Medios tejidos	Fibras de hilo	5
	Monofilamentos	10
	Multifilamentos	<10
Medios no tejidos	Hojas de filtro	10
	Papel (celulosa y vidrio)	5 y 7
	Polimeros	10
Medios holgados	Fibras	1
	Polvos	< 1

Tabla 5.7 Propiedades del medio filtrante orientadas a la máquina (Purchas 1980)

Propiedades orientadas a la máquina: relacionadas con las limitaciones del uso de un medio filtrante en un tipo específico de filtro.

Rigidez
Resistencia al estiramiento
Resistencia al cree
Estabilidad en los bordes
Resistencia a la abrasión
Estabilidad a la vibración
Dimensiones compatibles
Habilidad para ser fabricados
Función de sellado

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.244.

Los principales daños que puede sufrir la tela pueden deberse a deformación estructural, estiramiento, fatiga a la flexión y a daños térmicos y químicos. Los primeros son el resultado de un mal diseño y a aspectos operacionales, tirón muy fuerte durante la descarga del queque o tensiones fuertes al inicio del ciclo o de la alta presión de agua usada en el lavado de la tela. Con respecto a los daños químicos (pH y corrosividad) y térmicos, estos son subsanados eligiendo una tela adecuada para el proceso en que va a ser usada. La siguiente tabla muestra las características de distintos materiales.

Tabla 5.8 Atributos químicos y térmicos de fibras, Hardman 1994)

Tipo Fibra	Densidad (kg/m ³)	Temperatura de operación máxima (°C)	Resistencia a:			
			Ácidos	Bases	Agentes oxidantes	Hidrólisis
Polipropileno	910	95	•••••	•••••	•	••
Polietileno	950	85	•••••	•••••	•	••
Poliéster (PBT)	1280	100	••••	••	••	•
Poliéster (PET)	1380	100	••••	•	••	•
Poliamida 6.6	1140	110	•	•••	•	•
Poliamida 11	1040	100	•	•••	•	•
Poliamida 12	1020	100	•	•••	•	•
PVDC	1700	85	•••••	••••	•••••	••••
PVDF	1780	100	•••••	•••••	••••	•••••
PTFE	2100	150+	•••••	•••••	••••	•••••
PPS	1370	150+	•••••	•••••	••	•••••
PVC	1370	80	•••••	•••••	••	•••••
PEEK	1300	150+	••••	••••	••	•••••

••••• muy bueno; •••• bueno; ••• aceptable; • pobre

Nota. Extraído de <<Manual de Filtración & Separación>>, de F.Concha,s.f.,p.246.

Cabe señalar que a la tela se le realiza procesos finales de estabilización que aseguran una estabilidad dimensional y regulación de la permeabilidad. Un ajuste preciso de su permeabilidad se obtiene a través de tratamientos térmicos llamados calendering. Un baño y modificación superficial hace que el queque se desprenda sin mayor problema de la superficie. Las principales características técnicas de los medios filtrantes son:

- peso/área
- Permeabilidad al aire
- Permeabilidad al agua
- Porosidad
- Resistencia a la tensión
- fácil descarga del queque
- mínima resistencia al flujo
- mínima humedad del queque
- máxima vida útil de la tela
- menor tendencia a la colmatación (obstrucción)
- espesor de la tela
- resistencia a la temperatura
- Resistencia al pH

Unidad de Centrar de tela de pantalla lineal Deltracker;

La unidad de Centrar está equipada con dos conectores para el suministro de aire.

Dependiendo de la posición y peso de los rodillos de centrar, la unidad de centrar funciona con aire comprimido entre 200- 300 kPa.

“La variación de presión máxima de la unidad de control es 0- 400 kPa. En consideración sin embargo de la durabilidad de las bases de aire se sugiere se mantenga la presión de aire si es posible entre 200 kPa y 300 kPa”³².

³² Yamana Gold Minera, Manual de Operación y Mantenimiento, Chile, 2011

La calibración máxima de presión para las bases de aire de la unidad de centrar es 400 kPa.

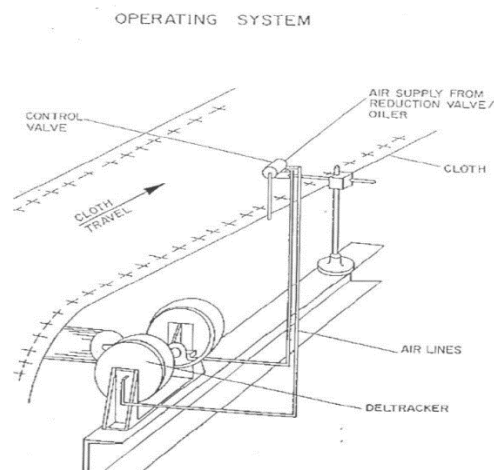


Fig.5.5

Nota. Extraído de << Manual de Operación y Mantenimiento >>, Chile, 2011

DIAGRAMA

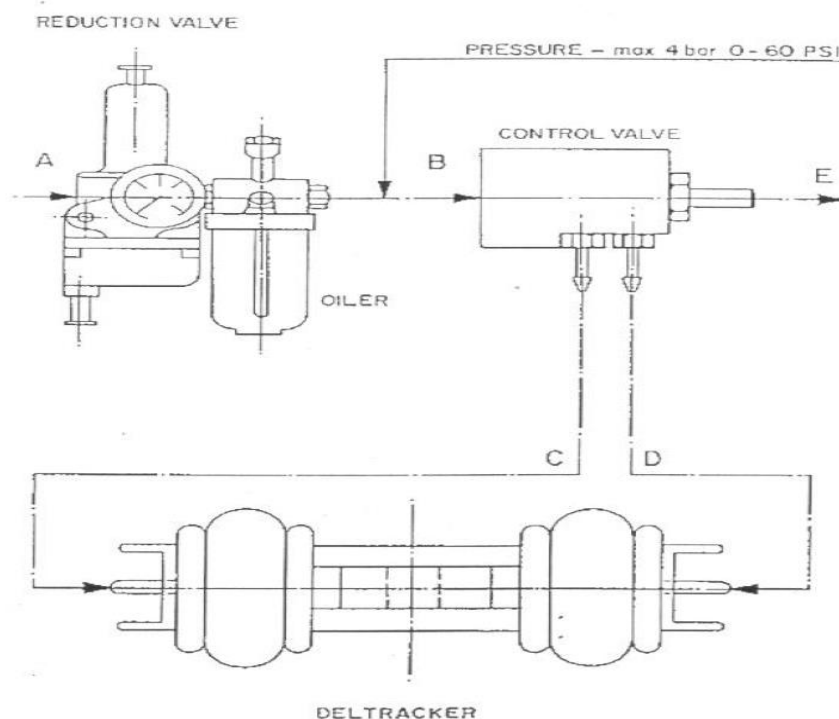


Fig.5.6

Nota. Extraído de << Manual de Operación y Mantenimiento >>, Chile, 2011

5.7 Selección del tipo de tubería de lavado, agua de sello y accesorios

Tubería de Lavado de correa y de tela filtrante:

Material: Según ANSI (ASME B31.1)

A106B: Acero al carbono para temperaturas inferiores a 426°C

Presión nominal: Según ANSI 285psi, (Anexo 18)

Temperatura: -20°F a 100°F

Diámetro nominal: 2" (Anexo 19)

Espesor: Tomando en cuenta normativa ANSI y según apartado 2 de la norma ASME B31.1 el espesor de calcula mediante la fórmula:

$$t_m = 0,5 \frac{P \cdot D_o}{(SE + P \cdot y)}$$

$$tm = 0.5 * \frac{285psi * 2.375in}{12000psi + 285psi * 0.4}$$

$$tm = 0.0285in$$

Entonces calculando el espesor pedido se tiene

$$e_{ord} = e + c_0 + c_1 + c_2$$

$$e_{ord} = 0.0285in * 25.4mm + 1mm + 1mm$$

$$e_{ord} = 2.71 mm$$

Espesor pedido (eord) → Tubos normalizados

Según norma ANSI el tubo normalizado seleccionado es:

Tabla 5.9 – Espesores de distintos tubos según la normativa ANSI [mm].

Fuente: http://www.provindus.com.py/Utilidades_EspesorTubos.html

DN (")	DN (mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10 Espesor	ANSI Sch 20 Espesor	ANSI Sch 30 Espesor	ANSI Sch 40 Espesor	ANSI Sch 60 Espesor	ANSI Sch 80 Espesor	ANSI Sch 100 Espesor	ANSI Sch 120 Espesor	ANSI Sch 140 Espesor	ANSI Sch 160 Espesor
3/8	10	17,1	-	-	-	2,31	-	3,2	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	2,77	-	3,73	-	-	-	4,78
3/4	20	26,7	-	-	-	2,87	-	3,91	-	-	-	5,56
1	25	33,4	2,77	-	-	3,38	-	4,55	-	-	-	6,35
1 1/4	32	42,2	2,77	-	-	3,56	-	4,85	-	-	-	6,35
1 1/2	40	48,3	2,77	-	-	3,68	-	5,08	-	-	-	7,14
2	50	60,3	2,77	-	-	3,91	-	5,54	-	-	-	8,74
2 1/2	65	73,0	3,05	-	-	5,16	-	7,01	-	-	-	9,53
3	80	88,9	3,05	-	-	5,49	-	7,62	-	-	-	11,12
4	100	114,3	3,05	-	-	6,02	-	8,56	-	11,13	-	13,49
5	125	141,3	3,4	-	-	6,55	-	9,52	-	12,7	-	15,88
6	150	168,3	3,4	-	-	7,11	-	10,97	-	14,28	-	18,26
8	200	219,1	4,78	6,35	7,04	8,18	10,31	12,7	15,09	18,26	20,62	23,01
10	250	273,0	4,19	6,35	7,8	9,27	12,7	15,09	18,26	21,44	25,4	28,58
12	300	323,8	4,57	6,35	8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,4	28,58	33,33
14	350	355,6	6,35	7,92	9,52	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71
16	400	406,4	6,35	7,92	9,52	12,7	16,66	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49
20	500	508,0	6,35	9,52	12,7	15,09	20,62	26,19	32,54	38,1	44,45	50,01
24	600	609,6	6,35	9,52	14,27	17,47	24,61	30,96	38,89	46,03	52,37	59,54

Tabla 5.10 – Diámetros interiores de distintos tubos según la normativa ANSI [mm].

DN (")	DN (mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10 Dint	ANSI Sch 20 Dint	ANSI Sch 30 Dint	ANSI Sch 40 Dint	ANSI Sch 60 Dint	ANSI Sch 80 Dint	ANSI Sch 100 Dint	ANSI Sch 120 Dint	ANSI Sch 140 Dint	ANSI Sch 160 Dint
3/8	10	17,1	-	-	-	12,6	-	10,8	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	15,8	-	13,9	-	-	-	11,8
3/4	20	26,7	-	-	-	20,9	-	18,8	-	-	-	15,5
1	25	33,4	28,16	-	-	26,6	-	24,3	-	-	-	20,7
1 1/4	32	42,2	36,86	-	-	35	-	32,5	-	-	-	29,5
1 1/2	40	48,3	42,76	-	-	40,9	-	38,1	-	-	-	34
2	50	60,3	54,76	-	-	52,5	-	49,3	-	-	-	42,8
2 1/2	65	73,0	70	-	-	62,7	-	59	-	-	-	54
3	80	88,9	82,8	-	-	77,9	-	73,7	-	-	-	66,6
4	100	114,3	108,2	-	-	102,3	-	97,2	-	92	-	87,3
5	125	141,3	132,9	-	-	128,2	-	122,2	-	115,9	-	109,6
6	150	168,3	161,5	-	-	154,1	-	146,3	-	139,7	-	131,7
8	200	219,1	209,54	206,4	205,02	202,7	198,48	193,7	188,92	182,5	177,86	173,1
10	250	273,0	264,62	260,3	257,4	254,5	247,6	242,9	236,48	230,2	222,2	215,9
12	300	323,8	314,76	311,2	307,14	303,2	295,36	288,9	281,02	273	266,74	257,2
14	350	355,6	342,9	339,76	336,56	333,3	325,42	317,5	307,94	300	292,1	284,2
16	400	406,4	393,7	390,56	387,36	381	373,08	363,5	354,02	344,5	333,34	325,4
20	500	508,0	495,3	488,96	482,6	477,8	466,76	455,6	442,92	431,8	419,1	408
24	600	609,6	596,9	590,56	581,06	574,6	560,38	547,7	531,82	517,6	504,86	490,5

Tubo de 2" sch 40 ASTM A106

Longitud Equivalente:

El sistema tendrá 4 válvulas de globo de DN 2", 4 tees de DN 2".

Valores de L/D de válvulas y accesorios (Anexo 22)

Di=54.76mm

Longitud de tubería: 20.85m

$$\begin{aligned} \text{Longitud equivalente de accesorios} &= 4 * (145 * 0.055) + 4 * (20 * 0.055) \\ &= 36.3m \end{aligned}$$

$$\text{Longitud equivalente total} = 20.85m + 36.3 = 57m$$

Tubería de agua de sello:

Material: Según ANSI (ASME B31.1)

A106B: Acero al carbono para temperaturas inferiores a 426°C

Presión nominal: Según ANSI 260psi, (Anexo 18)

Temperatura: -20°F a 100°F

Diámetro nominal: 1" (Anexo 19)

Espesor: Tomando en cuenta normativa ANSI y según apartado 2 de la norma ASME B31.1 el espesor de calcula mediante la fórmula:

$$\begin{aligned} t_m &= 0,5 \frac{P \cdot D_o}{(SE + P \cdot y)} \\ t_m &= 0.5 * \frac{285psi * 1.315in}{12000psi + 285psi * 0.4} \\ t_m &= 0.015in \end{aligned}$$

Entonces calculando el espesor pedido se tiene

$$\begin{aligned} e_{ord} &= e + c_0 + c_1 + c_2 \\ e_{ord} &= 0.015in * 25.4mm + 1mm + 1mm \\ e_{ord} &= 2.38 mm \end{aligned}$$

Espesor pedido (eord) → Tubos normalizados

Según norma ANSI el tubo normalizado seleccionado es:

Tabla 5.11 – Espesores de distintos tubos según la normativa ANSI [mm].

Fuente: http://www.provindus.com.py/Utilidades_EspesorTubos.html

DN (")	DN (mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10 Espesor	ANSI Sch 20 Espesor	ANSI Sch 30 Espesor	ANSI Sch 40 Espesor	ANSI Sch 60 Espesor	ANSI Sch 80 Espesor	ANSI Sch 100 Espesor	ANSI Sch 120 Espesor	ANSI Sch 140 Espesor	ANSI Sch 160 Espesor
3/8	10	17,1	-	-	-	2,31	-	3,2	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	2,77	-	3,73	-	-	-	4,78
3/4	20	26,7	-	-	-	2,87	-	3,91	-	-	-	5,56
1	25	33,4	2,77	-	-	3,38	-	4,55	-	-	-	6,35
1 1/4	32	42,2	2,77	-	-	3,56	-	4,85	-	-	-	6,35
1 1/2	40	48,3	2,77	-	-	3,68	-	5,08	-	-	-	7,14
2	50	60,3	2,77	-	-	3,91	-	5,54	-	-	-	8,74
2 1/2	65	73,0	3,05	-	-	5,16	-	7,01	-	-	-	9,53
3	80	88,9	3,05	-	-	5,49	-	7,62	-	-	-	11,12
4	100	114,3	3,05	-	-	6,02	-	8,56	-	11,13	-	13,49
5	125	141,3	3,4	-	-	6,55	-	9,52	-	12,7	-	15,88
6	150	168,3	3,4	-	-	7,11	-	10,97	-	14,28	-	18,26
8	200	219,1	4,78	6,35	7,04	8,18	10,31	12,7	15,09	18,26	20,62	23,01
10	250	273,0	4,19	6,35	7,8	9,27	12,7	15,09	18,26	21,44	25,4	28,58
12	300	323,8	4,57	6,35	8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,4	28,58	33,33
14	350	355,6	6,35	7,92	9,52	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71
16	400	406,4	6,35	7,92	9,52	12,7	16,66	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49
20	500	508,0	6,35	9,52	12,7	15,09	20,62	26,19	32,54	38,1	44,45	50,01
24	600	609,6	6,35	9,52	14,27	17,47	24,61	30,96	38,89	46,03	52,37	59,54

Tabla 5.12- Diámetros interiores de distintos tubos según la normativa ANSI [mm].

DN (")	DN (mm)	DE (mm)	ANSI Sch 10 Dint	ANSI Sch 20 Dint	ANSI Sch 30 Dint	ANSI Sch 40 Dint	ANSI Sch 60 Dint	ANSI Sch 80 Dint	ANSI Sch 100 Dint	ANSI Sch 120 Dint	ANSI Sch 140 Dint	ANSI Sch 160 Dint
3/8	10	17,1	-	-	-	12,6	-	10,8	-	-	-	-
1/2	15	21,3	-	-	-	15,8	-	13,9	-	-	-	11,8
3/4	20	26,7	-	-	-	20,9	-	18,8	-	-	-	15,5
1	25	33,4	28,16	-	-	26,6	-	24,3	-	-	-	20,7
1 1/4	32	42,2	36,86	-	-	35	-	32,5	-	-	-	29,5
1 1/2	40	48,3	42,76	-	-	40,9	-	38,1	-	-	-	34
2	50	60,3	54,76	-	-	52,5	-	49,3	-	-	-	42,8
2 1/2	65	73,0	70	-	-	62,7	-	59	-	-	-	54
3	80	88,9	82,8	-	-	77,9	-	73,7	-	-	-	66,6
4	100	114,3	108,2	-	-	102,3	-	97,2	-	92	-	87,3
5	125	141,3	132,9	-	-	128,2	-	122,2	-	115,9	-	109,6
6	150	168,3	161,5	-	-	154,1	-	146,3	-	139,7	-	131,7
8	200	219,1	209,54	206,4	205,02	202,7	198,48	193,7	188,92	182,5	177,86	173,1
10	250	273,0	264,62	260,3	257,4	254,5	247,6	242,9	236,48	230,2	222,2	215,9
12	300	323,8	314,76	311,2	307,14	303,2	295,36	288,9	281,02	273	266,74	257,2
14	350	355,6	342,9	339,76	336,56	333,3	325,42	317,5	307,94	300	292,1	284,2
16	400	406,4	393,7	390,56	387,36	381	373,08	363,5	354,02	344,5	333,34	325,4
20	500	508,0	495,3	488,96	482,6	477,8	466,76	455,6	442,92	431,8	419,1	408
24	600	609,6	596,9	590,56	581,06	574,6	560,38	547,7	531,82	517,6	504,86	490,5

Tubo de 1" sch 40 ASTM A106

5.8 Sistema de protección del equipo:

Para los frames estructurales, tuberías y chutes de carga y descarga se realizará granalla para eliminar los óxidos, el espesor de pintura será de 6mills, el sistema de aplicación se evaluará con el proveedor de pinturas industriales.

5.9 Sistema de seguridad durante la operación:

Guardas de protección:

Las guardas serán tipo malla D4/D4G 50x22x3.3x3.2 las cuales se ubicarán en el lado de carga y descarga de la banda.

Llave de emergencia:

Utilizada para paradas de emergencia en correas transportadoras, se acciona a través de cabo de cable de forma manual.

Para nuestro caso usaremos llave de emergencia FL-512. La especificación se adjunta en el anexo (anexo 25)

5.10 Análisis de montaje del equipo de filtro de banda horizontal

- 1.-Montar placas o tuercas de nivelación en las fundaciones
- 2.-Montar Estructura Head Frame
 - 2.1.-Montar sin la estructura Cake Discharge Frame (esta se monta después de montar la Polea de Cabeza)
- 3.-Montar estructura tail frame
 - 3.1.-Montar sin la estructura Feed Dam Frame (esta se monta después de montar la Polea de Cola)
- 4.-Montar estructura intermediate frame
- 5.-Montar polea de cabeza.
 - 5.1.-Utilizar eslingas de fibra de 6" de ancho mínimo para no dañar el recubrimiento de caucho de la Polea, no utilizar para el izaje los ejes de la Polea. El eje motriz es el de mayor largo y se ubica al lado del reductor.
 - 5.2.-Utilizar un spread bar para el izaje
 - 5.3.-Centrar la Polea en forma axial con respecto a la estructura, apretar los manguitos de fijación de ambos descansos, manteniendo los juegos radiales

requeridos para los rodamientos, revisar que las obturaciones de grasa estén correctamente montadas, lubricar y torquear los pernos de las tapas de descansos.

5.4.-Verificar paralelismo de la Polea con respecto a la estructura. Apretar pernos reguladores contra el descanso y apretar sus contratueras.

6.-Montar Polea De Cola

6.1.-Medir el ancho interno (alojamiento del rodamiento) de los descansos take-up. Los descansos con ancho menor se deben montar hacia el lado del reductor.

6.2.-Utilizar eslingas de fibra de 6" de ancho mínimo para no dañar el recubrimiento de hule de la Polea, no utilizar para el izaje los ejes de la Polea

6.3.-Centrar la polea en forma axial con respecto a la estructura, apretar los manguitos de fijación de ambos descansos, manteniendo los juegos radiales requeridos para los rodamientos, revisar que las obturaciones de grasa estén correctamente montadas, lubricar y torquear pernos de tapas de descansos.

6.4.-Apretar los espárragos tensores completamente en las tuercas take-up, utilizar tuerca y contratuerca.

6.5.-Verificar paralelismo de la Polea con respecto a la estructura.

7.-Montar cloth rollers, belt return rollers y jockey pulley

7.1.-Montar los descansos centrados con respecto a las perforaciones ovaladas de los soportes de descanso, para ambos tipos de polines

7.2.-Centrar los polines en forma axial con respecto a la Estructura y apretar los manguitos de fijación cuidando mantener la tolerancia radial requeridas para los rodamientos

7.3.-Todos los polines que se encuentran sobre la parte superior del Filtro deben montarse después de montada la Banda. Estos polines son:

7.4.-Los polines de tela y polín de alimentación (Feed dam Roller) ubicados en el lado de alimentación y sobre la Polea de Cola

7.5.-Los polines de tela ubicados en el lado de descarga

7.6.-El polín centrador de tela debe montarse con el centrador de tela (Deltracker)

8.-Torquear Y Apretar Pernos De Estructura

8.1.-Apretar todas las tuercas de fijación sobre las placas de apoyo de columnas

8.2.-Apretar todos los pernos que fijan los descansos de poleas y polines a la Estructura.

8.3.-Torquear todos los pernos de la estructura

9.-Montar Cajas De Aire Sobre La Estructura

9.1.-Nivelar mediante shims para que los tops contiguos queden a la misma altura entre sí. Los shims se montan entre los ángulos soporte de los intermediate frame y las cajas soporte de acero carbono. No se aceptan diferencias de altura entre tops contiguos.

9.2.-Apretar en forma provisoria los pernos que fijan las cajas soporte a la estructura

10.- Soldar Tops De Cajas De Aire.

10.1.-Revisar cuidadosamente que los bordes de tops contiguos se encuentren totalmente alineados. Corregir si esto no ocurre.

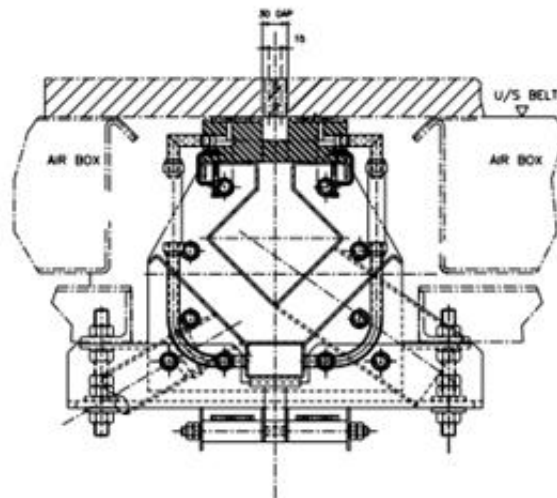
10.2.-Soldar bordes con proceso TIG. Soldar 10-15 mm y espaciar cada 100 mm. Minimizar el aporte de calor durante el proceso de soldadura. Soldar alternado.

11.-Ajustar Paralelismo Y Cuadratura Entre Poleas De Cola Y Cabeza

11.1.-Tolerancia de paralelismo entre Poleas $\pm 4,0$ mm

11.2.-Tolerancia de diagonales entre Poleas $\pm 8,0$ mm

12.-Montar Sistema De Levante Neumático Y Caja De Vacío



Nota. Extraído de << Manual de Operación y Mantención >>,Chile,2011

12.1.-Montar sistema de levante: brazos, ejes y cilindros neumáticos con sus soportes. Los cilindros manténgalos en posición cerrada (es decir la Caja de Vacío se debe armar en posición inferior). Apretar los pernos en forma provisoria.

12.2.-Montar Caja de Vacío: End Bracket, Tail Bracket, Vacuum Box, empaquetaduras de caucho, espárragos de fijación, placas guía. Apretar todos los pernos en forma provisoria

12.3.-Montar en forma provisoria las correas de desgaste (“wear belt”) sobre los ejes superiores del sistema de levante. La cara rugosa o de caucho del wear belt debe ir en contacto con la banda.

12.4.-Medir rectitud y planitud de la cara superior de la caja de vacío. La tolerancia de deformación máxima aceptable para esta cara en toda su extensión es de +/-1,5 mm.

12.5.-Apretar todos los pernos en forma definitiva.

12.6.-Prearmar los Seal Strip y End Pad sobre una superficie limpia y pareja.

12.7.-Revisar cuidadosamente la cara superior de la Caja de Vacío, eliminar golpes o deformaciones

menores y limpiarla con paños limpios y solvente de evaporación rápida

12.8.-Montar dos tramos de Buta Seal a cada lado con la cara adherente hacia la Caja de Vacío. No estirar el Buta Seal durante su montaje

13.-Montar End Slide Y Wear Belt Support

14.-Montar Manifold de Aire Sistema Levante Y Su Panel Neumático

14.1.-Montar manifold y mangueras entre éste y los cilindros de levante

15.-Montar Wear Belts Y Ajustar La Altura Final De La Caja De Vacío.

15.1.-Montar los Wear Belts (correas de desgaste) sobre los Seal Strip

15.2.-Subir lentamente la Caja de Vacío mediante el sistema neumático de levante, hasta dejar la parte superior de los Wear Belt (cara que quedará en contacto con la Banda)

15.3.-Apretar las tuercas y contratueras superiores de los espárragos que fijan la Caja de Vacío contra la estructura del Filtro,

16.-Montar Componentes Mecánicos Y Motores Eléctricos

16.1.-Reductor de accionamiento SIEMENS

16.2.-Bomba de vacío Nash

16.3.-Soplador Tetlack

17.-Montar Componentes Estructurales / Piping

Montar todos los componentes estructurales y pinping que no interfieren con el montaje de la Banda:

17.- Manifold de vacío

17.2.-Manifold de aire de Cajas de Aire. Identificar dampers abiertos / cerrados en los ductos de aire.

18.-Montar Y Empalmar La Banda

18.1.-Inspeccionar en forma cuidadosa el 100 % de los tops. Si hay rayas, marcas o daños en general, se deben pulir antes de montar la banda.

18.2.-Montar, centrar y alinear la banda con respecto a la estructura. Medir y compartir diferencias con respecto a las columnas de los frame intermedios.

18.3.-Empalmar banda

18.4.-Pegar curbings

19.-Montar Todos Los Componentes Estructurales Faltantes

19.1.-Los polines de tela, polín de alimentación ubicados en el lado de alimentación

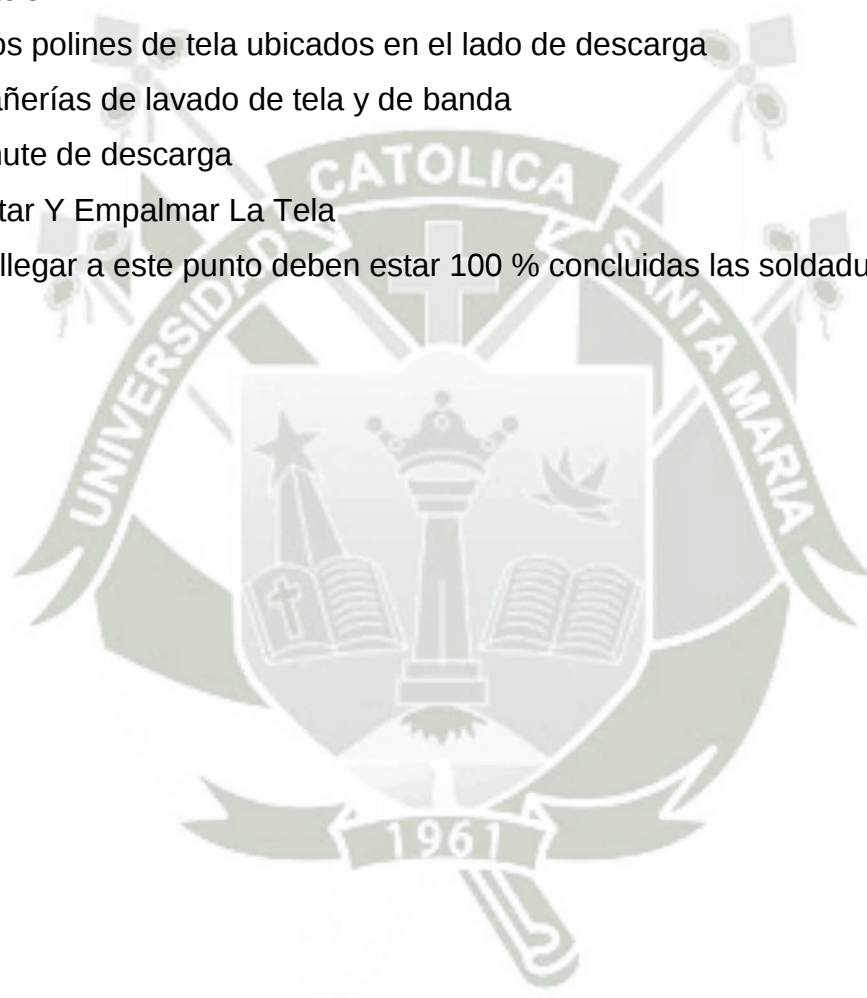
19.2.- Los polines de tela ubicados en el lado de descarga

19.3.-Cañerías de lavado de tela y de banda

19.4.-Chute de descarga

20.-Montar Y Empalmar La Tela

20.1.-Al llegar a este punto deben estar 100 % concluidas las soldaduras



CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONOMICA

6.1 Metrados del sistema

6.1.1. Sistema estructural:

Según los detalles estructurales se tiene:

Peso estructural: 5,434 Kg

6.1.2 Sistema de tuberías:

Según metrado de planos se tiene:

LISTA DE MATERIALES				
ITEN	CANT	DESCRIPCION	MAT	LONGITUD (m)
1	1	TUBERIA 1" SCH. STD L=36000	A-53/A106	36
2	3	TUBO ø 2" STD.L=4225	A-53/A106	15
3	1	TUBO ø 2" STD.L=4225		4.3
4	4	TUBO ø2" STD. L=900	A-53/A106	3.6
5	1	TUBO ø2" STD. L=2200		2.2
6	4	TUBO ø6" STD. L=6000	A-53/A106	24

6.1.3 Sistema mecánico:

LISTA DE MATERIALES				
ITEN	CANT	DESCRIPCION	MAT	PESO (Kg)
1	2	ALIMENTADOR	A-36	248
2	2	PLACA SUPERIOR		
3	1	TAPA DE LA CAJA DE AIRE	SS304	102
4	1	CAJA DE AIRE INFERIOR	A-36	189
5	1	CABLE SOPORTE TIPO 1	A-36	6
6	4	CABLE SOPORTE TIPO 2		6
7	4	SOPORTE FL -512		3.5
8	1	TAPA DE LA CAJA DE AIRE	SS304	134
9	1	CAJA DE AIRE INFERIOR	A-36	233
10	1	TAPA DE LA CAJA DE AIRE	SS304	102
11	1	CAJA DE AIRE INFERIOR	A-36	191
12	2	PL 12x70x850	SS316L	5.5
13	2	PL 6x70x850	A-36	2.8
14	8	PL 2x70x850		3.7
15	2	PL 60x120x160		2.8
16	2	RD BAR Ø60x180 LG	SAE-1020	
17	1	SALVAGUARDIA 1	A-36	142
18	2	SALVAGUARDIA 2	A-36	99

19	2	SALVAGUARDIA 3	A-36	145
20	2	SALVAGUARDIA 4	A-36	86
21	2	SALVAGUARDIA 5	A-36	133
22	1	SALVAGUARDIA 6	A-36	93
23	1	SALVAGUARDIA 7	A-36	32
24	1	SALVAGUARDIA 8	A-36	26
25	1	VIGA DE SOPORTE	A-36	25
26	7	SOPORTE TIPO 1 PL.	A-36	28
27	18	CUBIERTA PL.	A-36	9
28	11	SOPORTE TIPO 2 PL.	A-36	24
29	18	PAÑAL DE CAJA DE VACÍO	SS304	1
30	2	ELEVACIÓN EJE TIPO 1	A-36	32
31	7	ELEVACIÓN EJE TIPO 2	A-36	222
32	9	EJE DE CAJA DE VACIO	SS304	11
33	1	CONDUCTO DE DESCARGA	A-36	741
PESO TOTAL DEL SISTEMA MECANICO				1,849

6.2 Evaluación de costos de sistemas de potencia y accesorios de tubería

6.2.1 Lista de materiales sistema de potencia:

LISTA DE MATERIALES - SISTEMA DE POTENCIA					
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MODELO	COSTO UNIT. (U\$)	COSTO TOTAL (U\$)
1	1	SELLO DE BUTILO 10x1x54000		35USS/ML	1890.00
2	7	CILINDRO NEUMATICO (COM).	DNC-100- 320-P	440.00	3080.00
3	7	FIJACIÓN TIPO GIRO (CON).	SNCB-100- R3	95.00	665.00
4	7	CILINDRO PIN		25.00	175.00
5	1	MOTOREDUCTOR SIEMENS	LA132ZMP4	7,500.00	7,500.00
6	1	RODAMIENTO SKF	23952 CCK/W33	130.00	130.00
7	1	RODAMIENTO SKF	23944 CCK/W33	130.00	130.00
8	1	CHUMACERAS SKF	SDAF	140.00	140.00
9	1	CHUMACERA SKF	THD	150.00	150.00
10	2	POLEAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO	-	5,000.00	10,000.00
11	1	FAJA TIPO CURBING L=30M	-	15,000.00	15,000.00
12	7	POLEAS DE RETORNO		650.00	4,550.00

13	1	TELA FILTRANTE PET L=30M	-	17,000.00	17,000.00
14	1	BOMBA DE VACIO CON DEPOSITO SEPARADOR	TRH 40-140	25,000.00	25,000.00
15	1	VENTILADOR INDUSTRIAL	CAS-X- 1251-100	9,000.00	9,000.00
16	1	LLAVE DE EMERGENCIA	FL-512	4,500.00	4,500.00
COSTOS TOTALES U\$S				98,910.00	

6.2.2 Lista de materiales accesorios de tubería:

LISTA DE MATERIALES - ACCESORIOS DE TUBERIA				
ITEN	CANT	DESCRIPCION	COSTO UNIT. (U\$S)	COSTO TOTAL (U\$S)
1	16	TEE REDUCTOR ROSCA 1"X1/2"	3.00	48.00
2	10	AMERICAN CONJUNTA 1"	2.50	25.00
3	2	TAPA ROSCADA 1"	2.00	4.00
4	16	CONNECTOR QS-1/2-8	2.00	32.00
5	1	CAJA DE AIRE, SISTEMA DE ELEVACIÓN	-	-
6	14	ABRAZADERA DE 1 PULGADA DEL TUBO SIMPLE	1.50	21.00
7	2	CASQUILLO DE 1" NPT H.E.	2.50	5.00
8	1	DIAFRAGMA VALVULA 1 1/2" 40NB	35.00	35.00
9	2	AMERICAN UNION 1 1/2"	12.00	24.00
10	4	AMERICAN UNION 1"	8.00	32.00
11	1	MEDIDOR (40NB)	35.00	35.00
12	1	CAMLOCK 1" PARTE A	25.00	25.00
13	1	CAMLOCK 1" PARTE C	13.00	13.00
14	1	CAMLOCK 1 1/2" PARTE A	30.00	30.00
15	1	CAMLOCK 1 1/2" PARTE C	18.00	18.00
16	59	QUICKJET 3/8" BSP	2.80	165.20
17	59	ROCIADOR DE IMPACTO AXI 110-06 GRIS	2.50	147.50
18	59	NIPLE 3/8" NPT HE	2.50	147.50
19	5	TAPA ROSCADA ø2" - SCH-40	10.00	50.00
20	8	CAMLOCK ø2" - TYPE A - POLYPROP	50.00	400.00

21	8	CAMLOCK $\varnothing$ 2" - TYPE C	27.00	216.00
22	4	VALVULA DE GLOBO $\varnothing$ 2"	50.00	200.00
23	4	JUNTA AMERICANA $\varnothing$ 2"	18.00	72.00
24	4	TEE 2" A-107	20.00	80.00
25	1	MANGUERA-6000 LG.	250.00	250.00
26	8	ABRAZADERA - SS304	10.00	80.00
27	1	BRIDA $\varnothing$ 2" S.O	30.00	30.00
28	4	EMPAQUETADURA - NATURAL GOMA	20.00	80.00
COSTOS TOTALES U\$\$			2156.20	

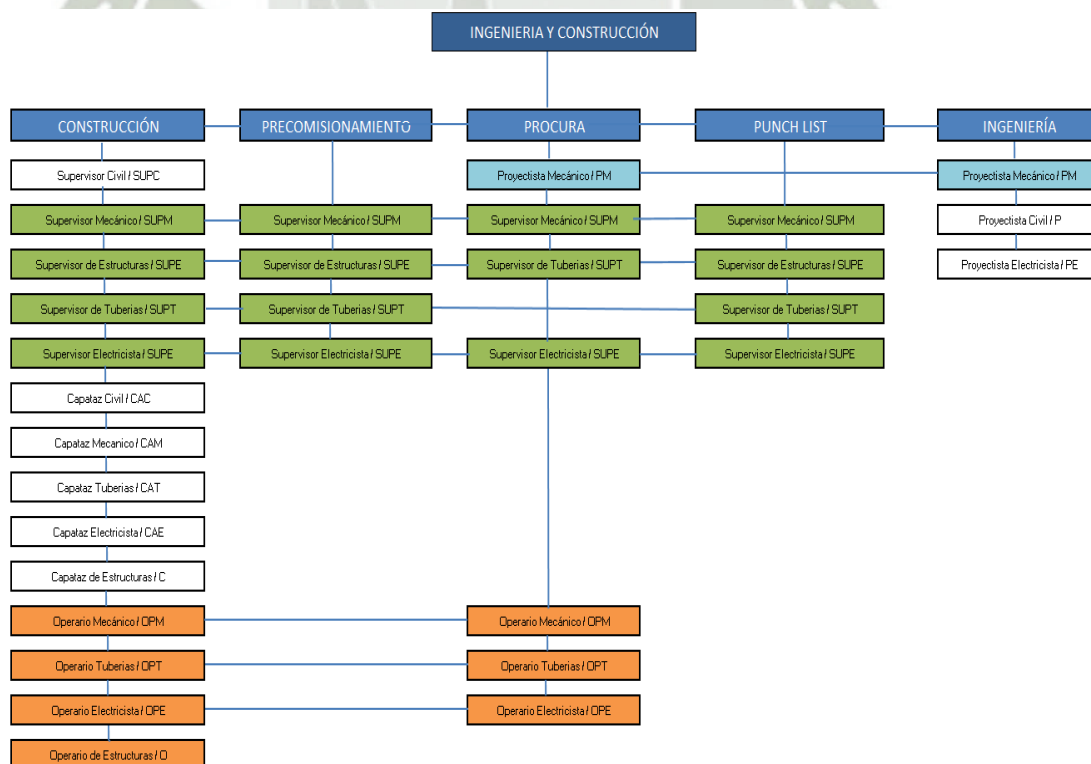
6.3 Evaluación de recursos y personal

Para la fabricación de estructuras metálicas y componentes mecánicos se enviara a fabricar a metalmecánicas del medio los cuales manejan sus propios recursos de HH/ton.

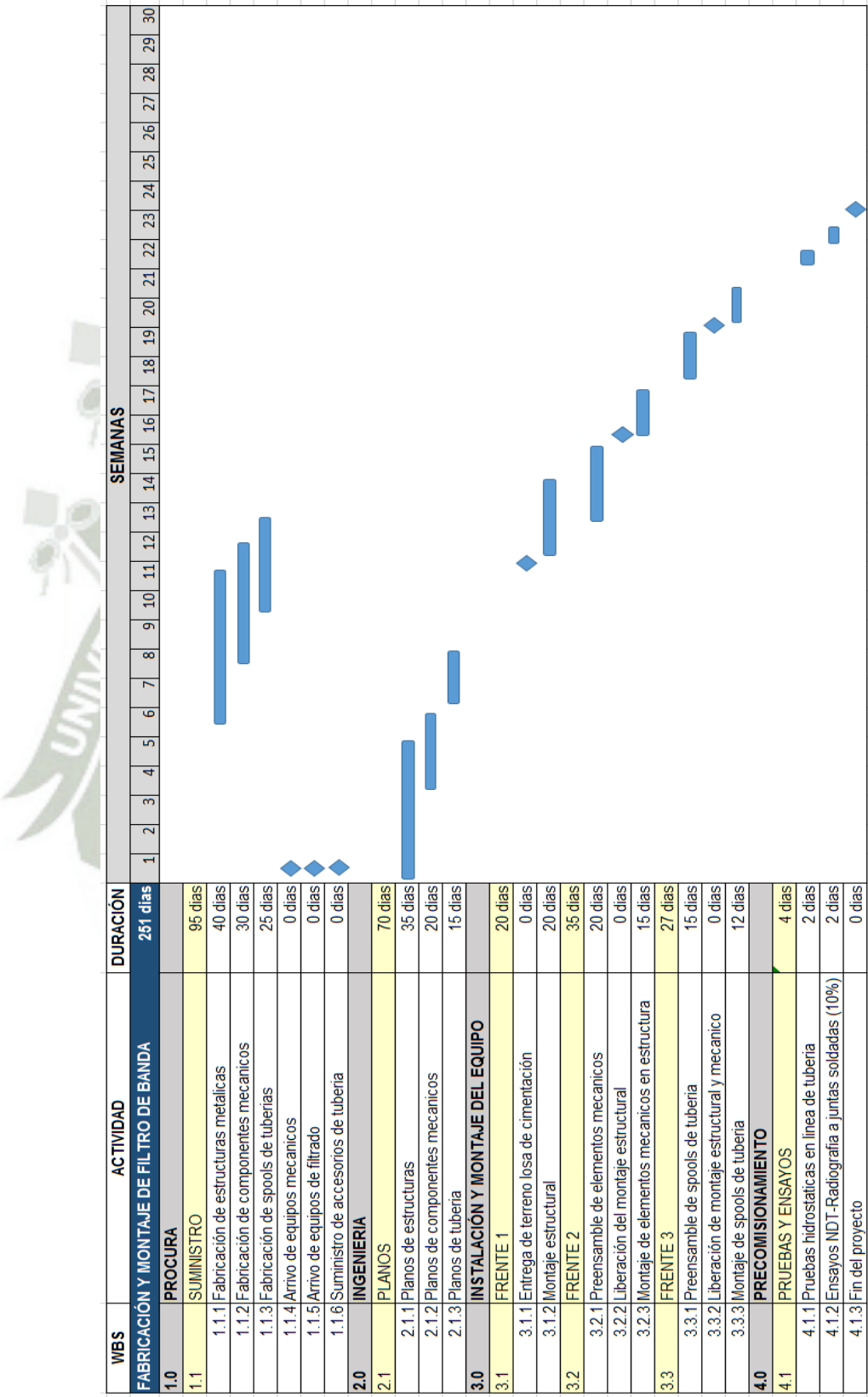
Para el montaje del equipo de filtrado se realizara con 2 cuadrillas de 4 personas los cuales se distribuirán en montaje estructural y mecánico.

Así mismo se tiene la estructura de desglose de recursos (RBS) donde se tiene los recursos que se necesitan para el culmino del proyecto, este abarca desde la disciplina civil hasta el precomisionamiento.

RBS de recursos



La duración de las actividades se puede ver en un diagrama de Gantt el cual se muestra.



6.4 Costo total del proyecto

CODIGO WBS	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LAS ACTIVIDADES	Duración Días	COSTO TOTAL ACTIVIDAD US\$
FABRICACIÓN Y MONTAJE DE FILTRO DE BANDA			\$ 168,012.92
1.0	PROCURA		
1.1	SUMINISTRO	120 días	
1.1.1	Fabricación de estructuras metalicas	40 días	\$ 14,384.12
1.1.2	Fabricación de componentes mecanicos	30 días	\$ 6,525.88
1.1.3	Fabricación de spools de tuberias	25 días	\$ -
1.1.3.1	Fabricación de spools de tuberias de Ø 1"	7 días	\$ 106.20
1.1.3.2	Fabricación de spools de tuberias de Ø 2"	8 días	\$ 86.60
1.1.3.3	Fabricación de spools de tuberias de Ø 6"	10 días	\$ 90.00
1.1.4	Arrivo de equipos mecanicos	0 días	\$ 47,910.00
1.1.5	Arrivo de equipos de filtrado	0 días	\$ 51,000.00
1.1.6	Suministro de accesorios de tuberia	0 días	\$ 2,156.20
2.0	INGENIERIA		
2.1	PLANOS	70 días	
2.1.1	Planos de estructuras	35 días	\$ 2,596.00
2.1.2	Planos de componentes mecanicos	20 días	\$ 1,528.00
2.1.3	Planos de tuberia	15 días	\$ 1,172.00
3.0	INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL EQUIPO		
3.1	FRENTE 1	20 días	
3.1.1	Entrega de terreno losa de cimentación	0 días	\$ -
3.1.2	Montaje estructural	20 días	\$ 12,800.17
3.2	FRENTE 2	35 días	
3.2.1	Preensamble de elementos mecanicos	20 días	\$ 8,877.31
3.2.2	Liberación del montaje estructural	0 días	\$ -
3.2.3	Montaje de elementos mecanicos en estructura	15 días	\$ 7,169.39
3.3	FRENTE 3	27 días	
3.3.1	Preensamble de spools de tuberia	15 días	\$ 5,025.51
3.3.2	Liberación de montaje estructural y mecanico	0 días	\$ -
3.3.3	Montaje de spools de tuberia	12 días	\$ 5,166.19
4.0	PRECOMISIONAMIENTO		
4.1	PRUEBAS Y ENSAYOS	4 días	
4.1.1	Pruebas hidrostáticas en linea de tuberia	2 días	\$ 681.00
4.1.2	Ensayos NDT-Radiografía o Ultrasonido a juntas soldadas (10%)	2 días	\$ 738.36
4.1.3	Fin del proyecto	0 días	\$ -

6.6 Comparación de costos en fabricación y montaje estructural

Se realizó la evaluación de costos de dos diferentes metalmecánicas una del medio exterior y otra del medio nacional obteniendo la reducción de costos en 30% aproximadamente.

Propuesta económica exterior.

 PROPUESTA ECONÓMICA					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Und.	CANT.	P. U . (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
FABRICACIÓN Y MONTAJE ESTRUCTURAL DE FILTRO DE BANDA					
1.0	PROCURA				
1.1	Fabricación de estructuras metálicas	Kg.	5,434.00	\$ 5.00	\$ 27,170.00
1.2	Fabricación de componentes mecánicos	Kg.	1,849.00	\$ 6.00	\$ 11,094.00
1.3	Fabricación de spools de tuberías de Ø 1"	M	36	\$ 4.00	\$ 144.00
1.4	Fabricación de spools de tuberías de Ø 2"	M	25.1	\$ 5.00	\$ 125.50
1.5	Fabricación de spools de tuberías de Ø 6"	M	24	\$ 6.00	\$ 144.00
1.6	Suministro de accesorios de tubería	Glb.	1	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
2.0	INGENIERIA - MODELADO				
2.1	Planos de estructuras	Glb.	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
2.2	Planos de componentes mecánicos	Glb.	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
2.3	Planos de tubería	Glb.	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
3.0	INSTALACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS Y TUBERIAS				
3.1	Montaje estructural	Kg.	7283	\$ 5.00	\$ 36,415.00
3.2	Montaje tuberías	M	85.1	\$ 6.00	\$ 510.60
4.0	TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS				
4.1	Transporte de estructuras	Glb.	1	\$ 8,484.85	\$ 8,484.85
TOTAL MONTAJE E INSTALACIÓN					\$112,087.95

Propuesta económica nacional.

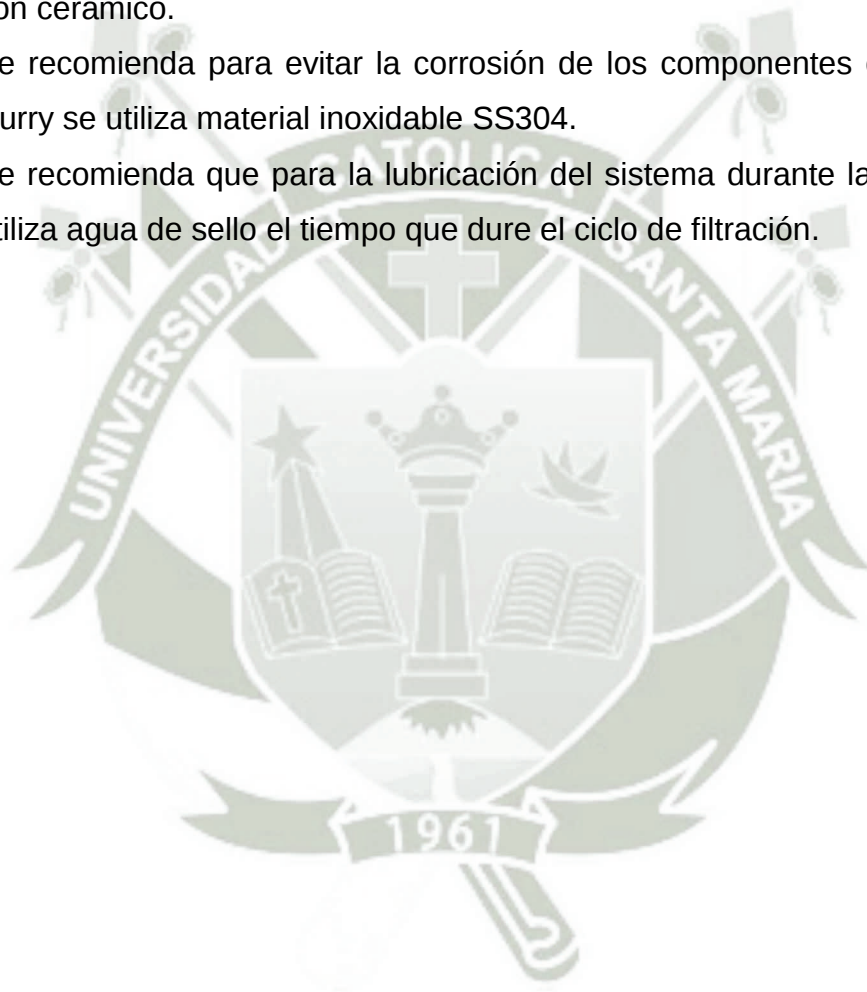
 OFERTA ECONÓMICA					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Und.	CANT.	P. U . (US\$)	COSTO TOTAL
FABRICACIÓN Y MONTAJE ESTRUCTURAL DE FILTRO DE BANDA					
1.0	PROCURA				
1.1	Fabricación de estructuras metálicas	Kg.	5,434.00	\$ 2.50	\$ 13,585.00
1.2	Fabricación de componentes mecánicos	Kg.	1,849.00	\$ 5.00	\$ 9,245.00
1.3	Fabricación de spools de tuberías de Ø 1"	M	36	\$ 3.50	\$ 126.00
1.4	Fabricación de spools de tuberías de Ø 2"	M	25.1	\$ 4.50	\$ 112.95
1.5	Fabricación de spools de tuberías de Ø 6"	M	24	\$ 5.50	\$ 132.00
1.6	Suministro de accesorios de tubería	Glb.	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
2.0	INGENIERIA - MODELADO				
2.1	Planos de estructuras	Glb.	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
2.2	Planos de componentes mecánicos	Glb.	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
2.3	Planos de tubería	Glb.	1	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00
3.0	INSTALACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS Y TUBERIAS				
3.1	Montaje estructural	Kg.	7283	\$ 2.50	\$ 18,207.50
3.2	Montaje tuberías	M	85.1	\$ 5.00	\$ 425.50
4.0	TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS				
4.1	Transporte de estructuras	Glb.	1	\$ 7,575.76	\$ 7,575.76
TOTAL MONTAJE E INSTALACIÓN					\$ 73,909.71

6.7 Conclusiones

- La humedad de diseño al final del proceso es de 10%.
- En comparación con otros fabricantes los costos de fabricación estructural se reducen en 30%.
- El tiempo estimado para cambio de tela filtrante y componentes se visualiza en el programa de mantenimiento (Anexo 26).
- El tiempo del ciclo de filtrado es de 64,8seg. con el cual se garantiza el abastecimiento mayor al 90% de la capacidad de alimentación.
- La operación se reduce a mantener las presiones de vacío y de alimentación estables, así mismo se podrá visualizar fugas y/o rotura de la tela filtrante.
- El diseño estructural está según norma AISC, y el factor de seguridad mayor a 1.5 haciendo que la estructura sea viable para fabricación.
- El sistema de transporte está diseñado según el manual del CEMA.
- El cálculo de espesor de tubería está bajo la norma ASME B31.1
- El sistema de filtración por vacío es el recomendado para prestaciones donde se requiera recuperar el agua de filtración y realizar un lavado utilizando el mismo flujo.
- El sistema de levante neumático es más económico que un sistema mecánico.
- El equipo filtratest nos da un indicativo de los parámetros del material a filtrar.
- La porosidad de la tela o medio filtrante es de mucha importancia ya que se debe conocer para determinar qué tipo de soluciones se podrían filtrar. Si las solución a filtrar contiene partículas pequeñas lo óptimo es usar un medio filtrante de abertura pequeña.

6.8 Recomendaciones

- Se recomienda que el vacío que se genera este menor a los 4000msnm para un óptimo filtrado con humedades menores a 10%.
- Se sugiere para reducir la fricción que se produce entre la banda y las cajas de aire se utilice cinta butil que hace que la banda se deslice a la velocidad de diseño.
- Se sugiere para garantizar la durabilidad de las poleas estas se recubran con cerámico.
- Se recomienda para evitar la corrosión de los componentes expuestos al slurry se utiliza material inoxidable SS304.
- Se recomienda que para la lubricación del sistema durante la filtración se utiliza agua de sello el tiempo que dure el ciclo de filtración.



6.9 Bibliografía

Concha F. (1995), *Marco conceptual de los Sistemas de Filtración, I Coloquio Nacional de Avances en los Sistemas de Filtrado de Minerales*: Santiago.

Concha F. (s.f.), *Manual de Filtración y Separación*: Chile.

Concha, F.(1990), *Reología de Suspensiones, Monografía, Universidad de Concepción*

Mc Cormac J. (2002), *Diseño de Estructuras de Acero* (2nd Ed.):Mexico

Manual of Steel Construction LRFD (2nd) : USA

CEMA - *Belt Conveyors for Bulk Materials*

Elsevier Science (s.f.) *Filters and Filtration Handbook*, (4th Ed.), Customer Support Dept.

Wakeman, R.J. and Tarleton, E.S.(s.f.), *Filtration Equipment Selection, Modelling and Process Simulation*, Elsevier Science : New York, USA.

Minera Yamana Gold Minera (2011), *Manual de Operación y Mantención*: Chile

Droguett, M.H.(2000),*Optimización del Sistema de Filtrado de la Planta Coloso de Minera Escondida, Memoria de Título para optar al título de Ingeniero Civil Metalúrgico,Universidad de Concepción*: Chile.

ANEXOS



ANEXO 01

Tabla 8-1 (continuación)
Pesos de Polea Soldadas de Tambor de Acero, lb

Polea		Ancho de la faja (pulgadas)																		
Diámetro (pulgadas)	Agujero máximo (pulgadas)	18		24		30		36		42		48		54		60		72	84	96
		Ancho de la superficie de la polea (pulgadas)																		
		20	22	24	26	30	32	36	38	44	46	51	54	57	60	63	66	78	90	102
30	3	315	330	350	380	400	430	450	485	525	550	670	700	750	800	850	900			
	3 ½	325	340	360	390	410	440	475	500	550	600	660	700	750	800	850	900	925	1000	1100
	4	350	375	400	425	450	475	500	525	575	635	700	750	800	825	860	900	1100	1200	1300
	4 ½	370	385	400	435	460	490	520	550	600	650	700	780	815	860	900	950	1100	1200	1400
	5	400	420	440	470	500	525	550	580	630	690	750	840	870	900	950	1000	1200	1300	1400
	6	525	550	575	600	625	650	680	740	775	825	875	900	925	950	1000	1050	1500	1600	1700
	7	550	560	575	600	650	675	725	750	800	850	900	950	975	1000	1050	1100	1500	1700	1800
	8																	1600	1800	1900
	10																	2200	2300	2500
36	3 ½	450	475	500	550	590	625	650	675	800	840	880	925	950	1000	1075	1150	1400	1500	1700
	4	475	500	540	575	600	650	675	700	800	850	900	950	975	1000	1100	1200	1400	1500	1700
	4 ½	490	500	550	600	625	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1200	1500	1600	1800
	5	530	550	575	630	675	700	735	775	850	925	960	1000	1050	1100	1200	1300	1700	1900	2100
	6	635	660	690	735	765	800	835	875	1000	1030	1100	1200	1250	1275	1300	1400	1900	2000	2200
	7	725	750	800	850	900	950	1000	1050	1150	1175	1250	1350	1375	1400	1475	1550	2000	2100	2300
	8	-	-	850	900	950	1000	1050	1100	1200	1250	1300	1400	1450	1500	1550	1600	2100	2300	2500
	10																	2700	2900	3200
42	4	625	650	700	750	800	850	900	950	1000	1075	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1900	2100	2300
	4 ½	640	675	700	775	850	875	900	950	1050	1100	1175	1225	1275	1300	1350	1500	2000	2200	2400
	5	675	700	740	800	850	900	950	1000	1075	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1500	2100	2200	2400
	6	800	825	875	925	960	1000	1050	1125	1200	1250	1325	1400	1475	1525	1600	1700	2200	2400	2600
	7	975	1000	1050	1100	1150	1200	1260	1325	1425	1500	1550	1600	1700	1750	1800	1900	2800	3100	3400
	8	1025	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1375	1450	1525	1600	1650	1700	1750	1825	1900	3000	3300	3600
																		3500	3700	4000
	10																			
48	4	775	800	825	950	1000	1050	1075	1125	1200	1300	1500	1575	1650	1700	1750	1800	2500	2700	2900
	4 ½	800	825	875	950	1050	1100	1150	1200	1300	1450	1600	1650	1700	1750	1850	2000	2500	2700	2900
	5	825	850	875	1000	1050	1100	1175	1225	1300	1450	1600	1700	1750	1800	1900	2000	2500	2700	3000
	6	900	950	1000	1100	1175	1225	1275	1350	1450	1600	1750	1825	1900	1950	2000	2100	2700	2900	3200
	7	-	1025	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2075	2150	2225	2300	3500	3700	4100
	8	-	1150	1225	1300	1400	1450	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	3700	4000	4300
																		4200	4400	4800
	10																			
54	4 ½	1050	1100	1200	1300	1375	1450	1525	1600	1700	1800	1925	2000	2100	2200	2300	2400	3000	3200	3500
	5	1100	1150	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2150	2200	2300	2400	3100	3300	3700
	6	1225	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2250	2325	2400	2500	2600	3800	4100	4500
	7	1350	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	4000	4300	4700
	8	1500	1500	1550	1650	1750	1825	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	4400	4700	5100
	10	-	2000	2050	2130	2230	2330	2400	2500	2625	2750	2850	2950	3025	3100	3200	3300	5000	5300	5700
60	4 ½	1300	1350	1450	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2450	2525	2600	2700	4100	4600	5100
	5	1325	1400	1500	1625	1750	1850	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	4300	4600	5100
	6	1450	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2250	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	4600	4900	5400
	7	1600	1650	1750	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2750	2850	2975	3000	3200	4600	4900	5400
	8	1700	1750	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	5200	5500	6000
	10	-	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2850	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3800	5800	6100	6600

ANEXO 02

Motorreductores

Motorreductores de ejes paralelos

Motorreductores de hasta 200 kW

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida n_2 (50 Hz) min^{-1} n_2 (60 Hz) min^{-1}		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
9,2 (50 Hz)	FD.188B-LA132ZMP4							
11,0 (60 Hz)	6,2	7,4	14 284	1,4	234,93	2KJ1410 - HT13 - M1		684
	6,9	8,3	12 823	1,6	210,89 *	2KJ1410 - HT13 - L1		684
	7,5	9,0	11 769	1,7	193,56	2KJ1410 - HT13 - K1		684
	8,7	10,4	10 156	2,0	167,03	2KJ1410 - HT13 - J1		684
	FD.168B-LA132ZMP4							
	5,0	6,0	17 588	0,80	289,26	2KJ1408 - HT13 - S1		503
	5,3	6,4	16 723	0,84	275,03 *	2KJ1408 - HT13 - R1		503
	5,6	6,7	15 629	0,9	257,04	2KJ1408 - HT13 - Q1		503
	6,4	7,7	13 786	1,0	226,74 *	2KJ1408 - HT13 - P1		503
	6,8	8,2	13 004	1,1	213,87	2KJ1408 - HT13 - N1		503
	7,5	9,0	11 652	1,2	191,63 *	2KJ1408 - HT13 - M1		503
	8,2	9,8	10 758	1,3	176,94	2KJ1408 - HT13 - L1		503
	9,6	11,5	9 192	1,5	151,18	2KJ1408 - HT13 - K1		503
	10,6	12,7	8 307	1,7	136,63 *	2KJ1408 - HT13 - J1		503
	11,0	13,2	8 004	1,7	131,64	2KJ1408 - HT13 - H1		503
	12,7	15,2	6 923	2,0	113,86	2KJ1408 - HT13 - G1		503
	FD.148B-LA132ZMP4							
	8,3	10,0	10 573	0,85	173,89	2KJ1407 - HT13 - H1		341
	9,8	11,8	9 010	1,0	148,18	2KJ1407 - HT13 - G1		341
	11,1	13,3	7 951	1,1	130,76 *	2KJ1407 - HT13 - F1		341
	13,0	15,6	6 767	1,3	111,29	2KJ1407 - HT13 - E1		341
	15,0	18	5 863	1,5	96,43 *	2KJ1407 - HT13 - D1		341
	17,8	21	4 934	1,8	81,15 *	2KJ1407 - HT13 - C1		341
	19,7	24	4 452	2,0	73,22	2KJ1407 - HT13 - B1		341
	23	28	3 826	2,4	62,93 *	2KJ1407 - HT13 - A1		341
	FZ.148B-LA132ZMP4							
	21	25	4 149	1,3	68,23	2KJ1307 - HT13 - V1		333
	22	26	3 914	1,7	64,37 *	2KJ1307 - HT13 - U1		333
	24	29	3 661	1,9	60,21	2KJ1307 - HT13 - T1		333
	27	32	3 255	2,5	53,53 *	2KJ1307 - HT13 - S1		333
	FD.128B-LA132ZMP4							
	12,0	14,4	7 349	0,83	120,87	2KJ1406 - HT13 - F1		245
	14,1	16,9	6 227	0,98	102,41	2KJ1406 - HT13 - E1		245
	16,2	19,4	5 427	1,1	89,25 *	2KJ1406 - HT13 - D1		245
	19	23	4 617	1,3	75,93	2KJ1406 - HT13 - C1		245
	22	26	3 940	1,5	64,80 *	2KJ1406 - HT13 - B1		245
	27	32	3 230	1,9	53,13 *	2KJ1406 - HT13 - A1		245
	FZ.128B-LA132ZMP4							
	26	31	3 430	1,3	56,42 *	2KJ1306 - HT13 - A2		241
	28	34	3 179	1,4	52,29	2KJ1306 - HT13 - X1		241
	29	35	3 023	1,6	49,71 *	2KJ1306 - HT13 - W1		241
	31	37	2 825	1,8	46,46	2KJ1306 - HT13 - V1		241
	35	42	2 492	2,3	40,99 *	2KJ1306 - HT13 - U1		241

* Reducción profunda

Motores

Motores hasta el tamaño 315

Datos para selección y pedidos

4 polos, 1800 min⁻¹ con 60 Hz, versión NEMA

Tamaño del motor IEC	Motor integrado LA/LG	Referencia		Potencia asignada		Velocidad asignada	Par asignado	Intensidad asignada	Factor de potencia	Rendimiento	Intensidad de arranque	Par de arranque	Par máximo	Par de aceleración medio
		9. ^a pos.	10. ^a pos.	P _N	P _N	n _N	T _N	I _N	cos φ	η	I _N /I _N	T _N /T _N	T _N /T _N	T _{HM} /T _N
				kW	hp	min ⁻¹	Nm	A	—	%	—	—	—	—
71	LA71B4	C	B	0,15	0,2	1 680	0,85	0,41	0,69	67,1	3,9	2,1	2,3	2,0
	LA71C4	C	C	0,22	0,3	1 660	1,27	0,60	0,70	65,4	3,5	2,0	2,0	1,9
	LA71S4	C	D	0,30	0,4	1 650	1,74	0,77	0,77	63,2	3,5	2,1	2,0	2,0
	LA71M4	C	E	0,45	0,6	1 665	2,58	1,06	0,78	67,6	3,8	2,0	2,2	2,0
	LA71ZMP4 *)	C	G	0,66	0,9	1 665	3,79	1,54	0,74	72,8	4,2	2,4	2,4	2,2
	LA71ZMD4 *)	C	H	0,90	1,2	1 615	5,32	2,12	0,74	71,8	3,9	2,4	2,3	2,2
80	LA80S4 **)	D	B	0,66	0,9	1 690	3,73	1,45	0,82	69,8	4,5	2,4	2,4	2,1
	LA80M4	D	C	0,90	1,2	1 690	5,00	1,90	0,80	74,6	4,9	2,5	2,5	2,3
90S	LA90S4	E	L	1,30	1,7	1 710	7,30	2,51	0,82	79,2	5,2	2,3	2,5	2,4
90L	LA90L4	E	P	1,80	2,4	1 715	10,00	3,39	0,82	81,0	6,0	2,4	2,7	2,5
	LA90ZLB4 *)	E	Q	2,60	3,5	1 680	14,80	4,95	0,83	79,2	5,8	2,8	2,8	2,3
100L	LA100L4	F	L	2,60	3,5	1 715	14,50	4,64	0,84	83,5	6,1	2,4	2,8	2,6
	LA100LB4	F	M	3,60	4,8	1 715	20,00	6,37	0,84	84,5	6,0	2,6	2,9	2,5
112M	LA112MB4	G	H	4,80	6,4	1 735	26,40	8,30	0,84	86,1	6,2	2,4	2,9	2,3
132S	LA132SB4	H	F	6,60	8,9	1 750	36,00	11,20	0,84	87,6	6,7	2,3	3,0	2,4
132M	LA132M4	H	H	9,00	12,1	1 750	49,10	15,10	0,85	88,3	7,1	2,5	3,1	2,5
	LA132ZMP4	H	T	11,00	14,8	1 740	60,40	17,70	0,88	88,3	8,3	2,5	3,1	2,5
160M	LA160MB4	J	P	13,00	17,4	1 755	70,70	21,30	0,86	89,4	6,4	2,0	2,6	2,2
160L	LA160L4	J	R	18,00	24,1	1 755	97,90	28,60	0,87	90,8	6,6	2,4	2,8	2,4
180M	LG180ZMB4E	K	L	22,00	29,5	1 765	119,00	35,20	0,84	93,0	6,4	2,3	2,8	2,0
180L	LG180ZLB4E	K	P	26,00	34,9	1 765	140,70	41,30	0,84	93,6	6,6	2,2	2,9	2,1
200L	LG200LB4E	L	M	36,00	48,3	1 766	194,70	56,30	0,86	93,6	6,6	2,4	3,0	2,4
225S	LG225S4E	M	E	45,00	60,3	1 778	241,70	69,60	0,86	94,3	6,6	2,4	2,7	2,0
225M	LG225ZM4E	M	U	54,00	72,4	1 778	290,00	83,30	0,86	94,8	6,8	2,5	2,7	2,0
250M	LG250ZM4E	N	N	66,00	88,5	1 783	353,50	98,90	0,88	95,3	7,4	2,4	2,7	1,9
280S	LG280S4E	P	G	90,00	121,0	1 783	482,00	134,50	0,88	95,2	6,6	2,3	2,6	1,7
280M	LG280ZM4E	P	W	108,00	145,0	1 784	578,00	163,00	0,87	95,6	7,3	2,6	2,8	2,0
315S	LG315S4	Q	Q	132,00	177,0	1 787	705,00	203,20	0,86	94,7	6,3	2,2	2,5	1,8
315M	LG315M4	Q	S	158,00	212,0	1 786	845,00	240,80	0,86	95,3	6,7	2,4	2,6	1,9
315L	LG315L4	Q	U	192,00	257,0	1 784	1 028,00	289,10	0,87	95,8	6,7	2,5	2,5	1,9
	LG315LB4	Q	V	240,00	322,0	1 784	1 265,00	352,10	0,89	96,0	6,3	2,4	2,5	1,8

Motores

Motores hasta el tamaño 315

Datos para selección y pedidos

4 polos, 1800 min⁻¹ con 60 Hz, versión NEMA (continuación)

Tamaño del motor IEC	Motor integrado LA/LG	Referencia		Ruido: presión acústica $L_{p/A}$ dB(A)	Ruido: nivel de potencia sonora L_{WA} dB(A)	Frecuencia de arranques en vacío Z_0 /h	Momento de inercia J_{mot} kgm ²	Peso m_{mot} kg
		9. ^a pos.	10. ^a pos.					
71	LA71B4	C	B	48	59	20 000	0,00052	5,5
	LA71C4	C	C	48	59	20 000	0,00052	5,5
	LA71S4	C	D	48	59	15 000	0,00052	5,5
	LA71M4	C	E	48	59	15 000	0,00077	6,9
	LA71ZMP4 ^{*)}	C	G	50	61	7 000	0,00110	8,1
	LA71ZMD4 ^{*)}	C	H	50	61	7 000	0,00120	8,6
80	LA80S4 ^{**)}	D	B	51	62	10 000	0,00140	10,4
	LA80M4	D	C	51	62	10 000	0,00170	11,5
90S	LA90S4	E	L	52	64	8 000	0,00240	15,0
90L	LA90L4	E	P	52	64	8 000	0,00330	17,9
	LA90ZLB4 ^{*)}	E	Q	54	66	5 000	0,00400	20,7
100L	LA100L4	F	L	57	69	7 000	0,00470	24,1
	LA100LB4	F	M	57	69	7 000	0,00550	27,6
112M	LA112MB4	G	H	57	69	5 000	0,01200	35,7
132S	LA132SB4	H	F	66	78	3 000	0,01800	47,2
132M	LA132M4	H	H	66	78	3 000	0,02300	56,4
	LA132ZMP4	H	T	68	80	1 600	0,02900	69,0
160M	LA160MB4	J	P	70	82	2 000	0,04300	84,0
160L	LA160L4	J	R	70	82	2 000	0,05500	98,0
180M	LG180ZMB4E	K	L	64	77	800	0,12000	180,0
180L	LG180ZLB4E	K	P	64	77	800	0,14000	210,0
200L	LG200LB4E	L	M	66	79	640	0,23000	260,0
225S	LG225S4E	M	E	64	77	370	0,40000	290,0
225M	LG225ZM4E	M	U	64	77	390	0,49000	330,0
250M	LG250ZM4E	N	N	65	79	230	0,86000	460,0
280S	LG280S4E	P	G	71	84	210	1,40000	575,0
280M	LG280ZM4E	P	W	71	84	150	1,70000	675,0
315S	LG315S4	Q	Q	74	87	160	1,90000	730,0
315M	LG315M4	Q	S	74	87	150	2,30000	810,0
315L	LG315L4	Q	U	74	87	130	2,90000	955,0
	LG315LB4	Q	V	75	90	110	3,50000	955,0

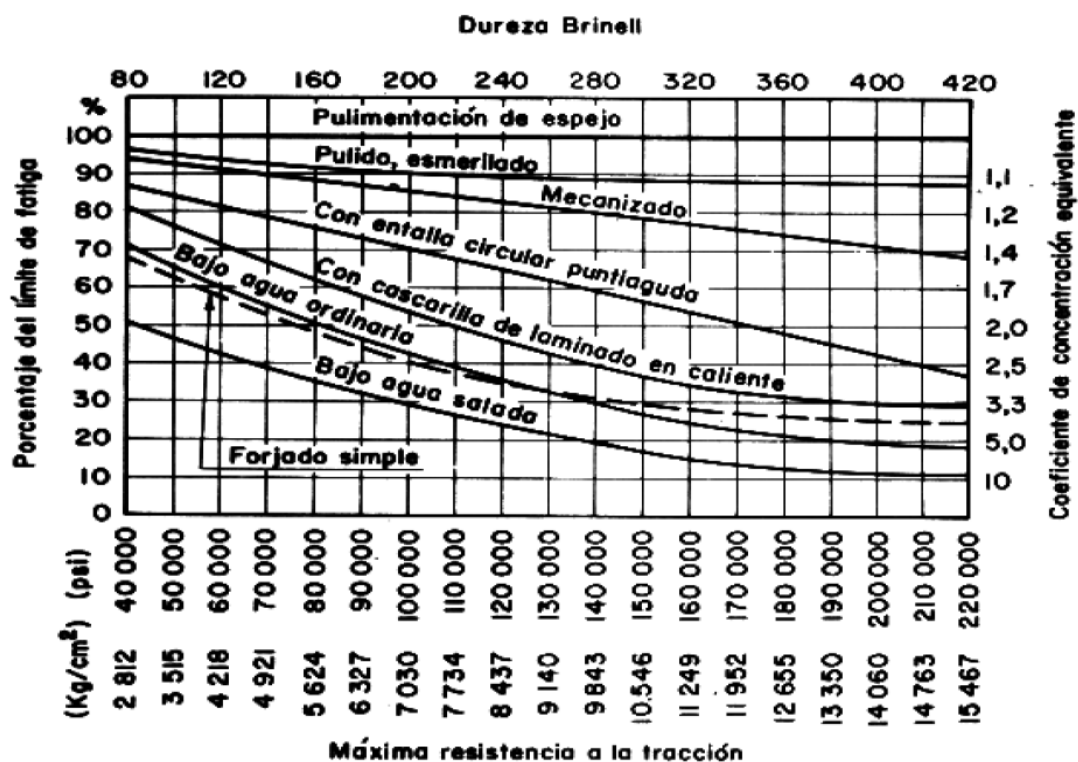
ANEXO 03

TABLA N°1 : PROPIEDADES TÍPICAS DE LOS ACEROS

Modulo de Elasticidad $E = 2.109.000 \text{ Kgf/cm}^2$ ($30 \times 10^6 \text{ PSI}$); Modulo de elasticidad a torsión y corte $G = 808.500 \text{ Kgf/cm}^2$ ($11,5 \times 10^6 \text{ PSI}$); La resistencia a la Fluencia en corte o cizalladura esta comprendida entre $0,5S_y$ y $0,6S_y$; Coeficiente de Poisson $\mu = 0.3$; Densidad es aproximadamente 7.85 Kg/dm^3

N° AISI	ESTADO	Res. Máxima Su		Res. Fluencia Sy		Dureza BHN
		Kgf/Cm ²	Ksi	Kgf/Cm ²	Ksi	
Hierro Dulce	Laminado simple	3374	48	1757	25	
C1010	Estirado en Frio	4710	67	3867	55	137
C1015	Estirado en Frio	5413	77	4429	63	170
C1020	Laminado Simple	4569	65	3374	48	143
C1020	Normalizado	4499	64	3515	50	131
C1020	Recocido	4007	57	2952	42	111
C1020	Estirado en Frio	5483	78	4640	66	156
C1022	Laminado simple	5062	72	3656	52	149
C1030	Laminado simple	5621	80	3586	51	179
C1035	Laminado simple	5976	85	3867	55	190
C1045	Laminado simple	6749	96	4148	59	215
C1095	Normalizado	9913	141	5624	80	285
B1113	Acabado en Frio	5835	83	5062	72	170
B1113	Laminado Simple	4921	70	3163	45	138
C1118	Laminado Simple	5273	75	3234	46	149
C1118	Estirado en Frio	5624	80	5273	75	180
C1144	OQT 1000	8296	118	5835	83	235
1340	OQT 1200	7945	113	6468	92	229
1345	OQT 800	13147	187	12303	175	
2317	OQT 1000	5554	79	4991	71	220
2340	OQT 1000	9632	137	8437	120	285
3150	OQT 1000	10616	151	9140	130	300
3250	OQT1000	11670	166	10264	146	340
4363	OQT 1000	12655	180	11249	160	375
4130	WQT 1100	8929	127	8015	114	260
4130	Estirado en Frio	8577	122	7381	105	248
4340	Estirado en Frio	8577	122	7381	105	248
4640	OQT 1000	10686	152	9140	130	310
5140	OQT 1000	10546	150	8999	128	300
5140	Estirado en Frio	7381	105	6187	88	212
8630	Estirado en Frio	8085	115	7030	100	222
8640	OQT 1000	11249	160	10546	150	330
8760	OQT 800	15468	220	14068	200	429
9255	OQT 1000	12655	180	11249	160	352
9440	OQT 1000	10686	152	9491	135	311
9850	OQT 1100	12655	180	11108	158	360

ANEXO 04



ANEXO 05

Factor de concentración de esfuerzos (k_f)

1. **Valores de K_f para chaveteros o cuñeros:** (Ver Figura 8)



Figura N° 8

Tipo Chavetero	K_f Flexión	K_f Torsión
Perfil	1.6	1.3
Patín	1.3	1.3

2. **Valores de K_f para chaflanes de hombros:** De manera práctica se toman los siguientes valores (Ver figura N° 9)
Estos valores hay que compararlos con los de las gráficas correspondientes según sean las dimensiones de los diámetros del eje.

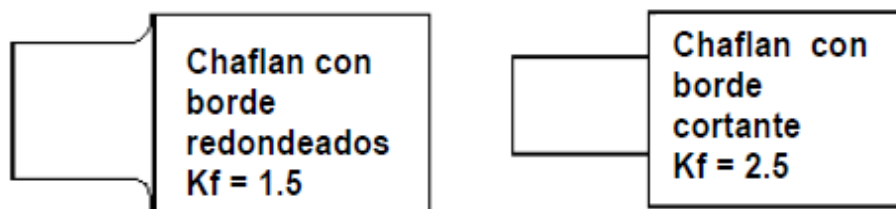


Figura N° 9

- 2) **Valores de K_f para ranuras de anillos de retención:** La geometría de la ranura la establece el fabricante del anillo de retención, su configuración común es una ranura hueca con bordes cortantes. Se puede obtener un aproximado del valor de K_f si se asemeja a dos borde cortantes muy cercanos, en consecuencia el valor de K_f para estas ranura es:

$$K_f = 3.0$$

ANEXO 06

**TABLA 12.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO
PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS ^[12,4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas	500
Motores de aviación	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos.	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques	100 000 a 200 000

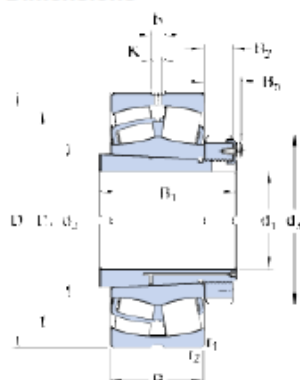
ANEXO 07

SKF

23952 CCK/W33 + OH 3952 H

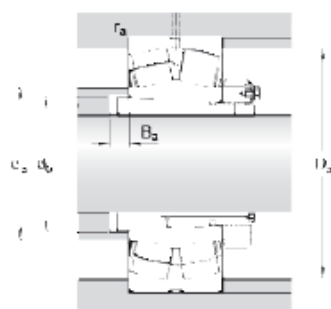
SKF Explorer

Dimensions



d_1	240	mm
D	360	mm
B	75	mm
d_2	287	mm
d_3	310	mm
D_1	331	mm
B_1	116	mm
B_2	34	mm
B_4	34	mm
B_5	46	mm
b	8.3	mm
K	4.5	mm
$r_{1,2}$ min.	2.1	mm

Abutment dimensions



d_a max.	287	mm
d_b min.	270	mm
D_a max.	349	mm
B_a min.	12	mm
r_a max.	2	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	1055	kN
Basic static load rating	C_0	1800	kN
Fatigue load limit	P_u	156	kN
Reference speed		1700	r/min
Limiting speed		1900	r/min
Calculation factor	e	0.18	
Calculation factor	Y_1	3.8	
Calculation factor	Y_2	5.6	
Calculation factor	Y_0	3.6	

Mass

Bearing incl. sleeve	35	kg
----------------------	----	----



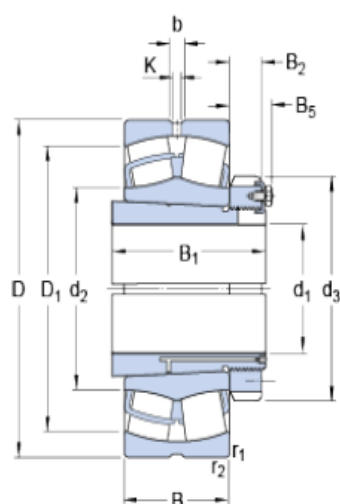
ANEXO 08

SKF

23944 CCK/W33 + OH 3944 H

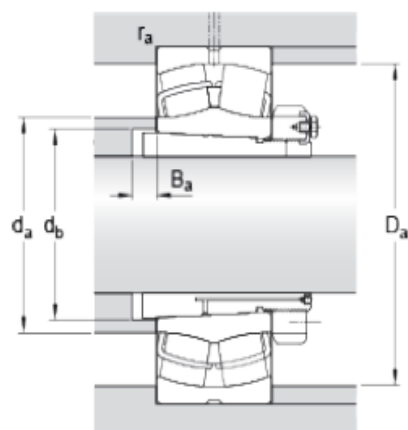
SKF Explorer

Dimensions



d_1	200	mm
D	300	mm
B	60	mm
d_2	241	mm
d_3	260	mm
D_1	278	mm
B_1	96	mm
B_2	30	mm
B_4	30	mm
B_5	41	mm
b	8.3	mm
K	4.5	mm
$r_{1,2}$ min.	2.1	mm

Abutment dimensions



d_a	max.	241	mm
d_b	min.	229	mm
D_a	max.	289	mm
B_a	min.	12	mm
r_a	max.	2	mm

Calculation data

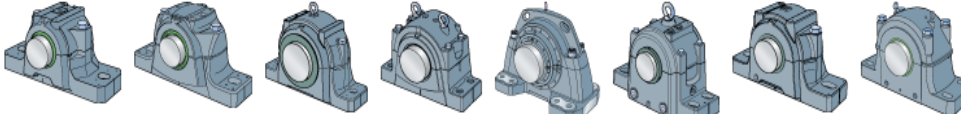
Basic dynamic load rating	C	661	kN
Basic static load rating	C_0	1080	kN
Fatigue load limit	P_u	93	kN
Reference speed		2000	r/min
Limiting speed		2200	r/min
Calculation factor	e	0.16	
Calculation factor	Y_1	4.2	
Calculation factor	Y_2	6.3	
Calculation factor	Y_0	4	

Mass

Bearing incl. sleeve	22.5	kg
----------------------	------	----

ANEXO 09

table 1 - Split plummer (pillow) block housings

								
Series	SNL 2, 3, 5 and 6	SE 2, 3, 5 and 6	SNLN 30	SNL 30, 31 and 32	SED	SONL	SAF, SAW	SDAF
Bearing types								
Self-aligning ball bearing	✓	✓	–	–	–	✓	✓	–
Spherical roller bearing	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CARB bearing	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Shaft diameter range								
from [mm]	20 60	30	110	115	430	75	40	85
to [mm]	30 160	75	280	530	900	240	220	530
from [in.]	3/4 2 3/16	1 5/16	–	4 7/16	–	2 15/16	1 3/16	2 15/16
to [in.]	1 5 1/2	2 1/2	–	19 1/2	–	8 15/16	10 1/2	20
Shaft-bearing combination								
Bearing on an adapter sleeve	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bearing on a withdrawal sleeve	✓	✓	✓	✓	–	–	–	–
Bearing on a cylindrical seat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sealing solutions								
Lip seal	✓	✓	✓ ¹⁾	–	–	–	–	–
Radial shaft seal	–	–	–	–	–	–	✓	✓
V-ring seal	✓	✓	✓ ¹⁾	–	–	–	–	–
Felt seal	✓	✓	✓ ¹⁾	–	–	–	–	✓
Labyrinth seal	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓
Taconite heavy-duty seal	✓	✓	✓	✓	–	–	✓	✓
Multi-seal	–	–	–	–	✓	–	–	–

Lubrication								
Grease	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓
Oil	optional	optional ²⁾	–	✓	✓	✓	✓	✓
Materials								
Grey cast iron	standard	standard	standard	standard	–	standard	standard	standard
Spheroidal graphite cast iron	optional	optional	optional	optional	standard	optional	optional	optional
Cast steel	–	–	–	–	–	–	optional	optional
Mounting								
No attachment bolts	✓	✓	✓	–	–	–	–	–
Two-bolt mounting	✓	✓	✓	–	–	–	✓	–
Four-bolt mounting	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓
Eight-bolt mounting	–	–	–	–	✓	–	–	–
Supersedes (SKF)	SNH, SNA, SN	SNL 2, 3 5 and 6, SNH, SNA, SN	SN 30	SD, SDD	–	SOFN 2, 5	–	–
Replacement for (non-SKF)	ISO 113:2010 standard housing	ISO 113:2010 standard housing	ISO 113:2010 standard housing	ISO 113:2010 standard housing	–	–	–	–

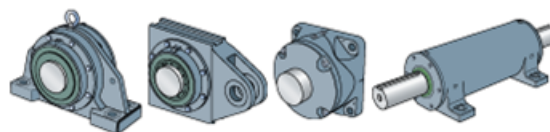
1) Not available for sizes 34 and above.

2) For sizes 518 to 532 circulating oil only.



ANEXO 10

Take up housing



Series	SBD	THD	FNL	PD
Bearing types				
Self-aligning ball bearing	–	–	✓	–
Spherical roller bearing	✓	✓	✓	✓
CARB bearing	✓	✓	✓	–
Other	–	–	–	✓ ¹⁾
Shaft diameter range				
from [mm]	60	50	20	25
to [mm]	420	400	100	120
from [in.]	–	–	–	–
to [in.]	–	–	–	–
Shaft-bearing combination				
Bearing on an adapter sleeve	✓	✓	✓	–
Bearing on a withdrawal sleeve	–	–	–	–
Bearing on a cylindrical seat	✓	✓	–	✓



Sealing solutions

Lip seal	–	–	✓	–
V-ring seal	–	–	–	✓
Felt seal	–	–	–	✓
Labyrinth seal	✓	✓	–	–

Lubrication

Grease	✓	✓	✓	✓
Oil	–	–	–	optional

Materials

Grey cast iron	optional	optional	standard	standard
Spheroidal graphite cast iron	standard	standard	–	–
Cast steel	optional	optional	–	–

Mounting

No attachment bolts	–	n/a	–	–
Two-bolt mounting	–	n/a	–	–
Four-bolt mounting	✓	n/a	✓ ²⁾	✓

Supersedes (SKF)	–	–	7225(00)	–
-------------------------	---	---	----------	---

- 1) Typical bearings include deep groove ball bearings, angular contact ball bearings, and cylindrical roller bearings.
- 2) Housings with a triangular flange have three attachment bolts



ANEXO 11

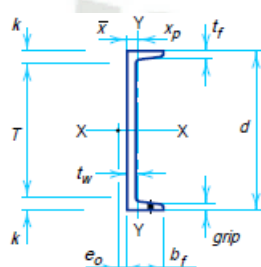
Table 5-14

Peso Promedio (lbs) de las Partes Rotatorias de Rodillos de Retorno - Rodillos de Acero

Ancho de la faja (pulgadas)	Clasificación de rodillos CEMA										
	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	11.9	15.5	13.1	16.3	12.2	16.6	21.6				
24	15.6	19.2	16.3	20.9	15.2	20.1	27.1	20.9	30.1		
30	18.5	23.2	19.5	24.5	18.2	24.0	32.3	25.8	35.4		
36	21.9	27.1	22.7	28.5	21.2	28.0	37.6	30.1	40.5	59.0	70.0
42			26.0	33.0	24.6	32.1	43.3	34.3	47.2	67.4	80.1
48			27.4	36.1	27.6	36.1	48.4	38.7	54.4	75.6	89.9
54								43.4	60.8	83.2	99.9
60								49.2	68.1	92.2	109.4
72								55.1	74.9	109.4	129.0
84										114.0	136.2
96										122.0	149.8



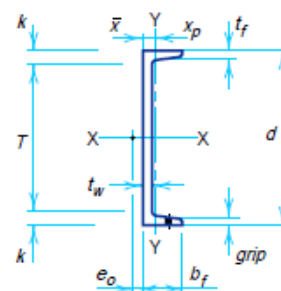
ANEXO 12



CHANNELS AMERICAN STANDARD Dimensions

Designation	Area A in. ²	Depth d in.	Web		Flange		Distance		Grip in.	Max. Flge. Fas- tener in.			
			Thickness t _w in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Width b _f in.	Thickness t _f in.	T in.	k in.					
			in.	in.	in.	in.	in.	in.					
C15×50	14.7	15.00	0.716	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	3.716	$3\frac{3}{4}$	0.650	$\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{8}$	$17\frac{1}{16}$	$\frac{5}{8}$	1
×40	11.8	15.00	0.520	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	3.520	$3\frac{1}{2}$	0.650	$\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{8}$	$17\frac{1}{16}$	$\frac{5}{8}$	1
×33.9	9.96	15.00	0.400	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	3.400	$3\frac{3}{8}$	0.650	$\frac{5}{8}$	12 $\frac{1}{8}$	$17\frac{1}{16}$	$\frac{5}{8}$	1
C12×30	8.82	12.00	0.510	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	3.170	$3\frac{1}{8}$	0.501	$\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$
×25	7.35	12.00	0.387	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	3.047	3	0.501	$\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$
×20.7	6.09	12.00	0.282	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.942	3	0.501	$\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$
C10×30	8.82	10.00	0.673	$\frac{11}{16}$	$\frac{5}{16}$	3.033	3	0.436	$\frac{7}{16}$	8	1	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
×25	7.35	10.00	0.526	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	2.886	$2\frac{7}{8}$	0.436	$\frac{7}{16}$	8	1	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
×20	5.88	10.00	0.379	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	2.739	$2\frac{3}{4}$	0.436	$\frac{7}{16}$	8	1	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
×15.3	4.49	10.00	0.240	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2.600	$2\frac{5}{8}$	0.436	$\frac{7}{16}$	8	1	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
C9×20	5.88	9.00	0.448	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{4}$	2.648	$2\frac{5}{8}$	0.413	$\frac{7}{16}$	7 $\frac{1}{8}$	$1\frac{15}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
×15	4.41	9.00	0.285	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.485	$2\frac{1}{2}$	0.413	$\frac{7}{16}$	7 $\frac{1}{8}$	$1\frac{15}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
×13.4	3.94	9.00	0.233	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2.433	$2\frac{3}{8}$	0.413	$\frac{7}{16}$	7 $\frac{1}{8}$	$1\frac{15}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$
C8×18.75	5.51	8.00	0.487	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	2.527	$2\frac{1}{2}$	0.390	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{8}$	$1\frac{15}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$
×13.75	4.04	8.00	0.303	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.343	$2\frac{3}{8}$	0.390	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{8}$	$1\frac{15}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$
×11.5	3.38	8.00	0.220	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	2.260	$2\frac{1}{4}$	0.390	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{8}$	$1\frac{15}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$
C7×12.25	3.60	7.00	0.314	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	2.194	$2\frac{1}{4}$	0.366	$\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$
×9.8	2.87	7.00	0.210	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	2.090	$2\frac{1}{8}$	0.366	$\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$
C6×13	3.83	6.00	0.437	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{16}$	2.157	$2\frac{1}{8}$	0.343	$\frac{5}{16}$	4 $\frac{3}{8}$	$1\frac{13}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{8}$
×10.5	3.09	6.00	0.314	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	2.034	2	0.343	$\frac{5}{16}$	4 $\frac{3}{8}$	$1\frac{13}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$
×8.2	2.40	6.00	0.200	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.920	$1\frac{7}{8}$	0.343	$\frac{5}{16}$	4 $\frac{3}{8}$	$1\frac{13}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{8}$
C5×9	2.64	5.00	0.325	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	1.885	$1\frac{7}{8}$	0.320	$\frac{5}{16}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{8}$
×6.7	1.97	5.00	0.190	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.750	$1\frac{3}{4}$	0.320	$\frac{5}{16}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	—	—

CHANNELS AMERICAN STANDARD Properties



Nom- inal Wt. per ft	$\bar{x}$	Shear Center Loca- tion e_o	PNA Loca- tion x_p	Axis X-X				Axis Y-Y			
				I	Z	S	r	I	Z	S	r
lb	in.	in.	in.	in. ⁴	in. ³	in. ³	in.	in. ⁴	in. ³	in. ³	in.
50	0.798	0.583	0.488	404	68.2	53.8	5.24	11.0	8.17	3.78	0.867
40	0.777	0.767	0.390	349	57.2	46.5	5.44	9.23	6.87	3.37	0.886
33.9	0.787	0.896	0.330	315	50.4	42.0	5.62	8.13	6.23	3.11	0.904
30	0.674	0.618	0.366	162	33.6	27.0	4.29	5.14	4.33	2.06	0.763
25	0.674	0.746	0.305	144	29.2	24.1	4.43	4.47	3.84	1.88	0.780
20.7	0.698	0.870	0.252	129	25.4	21.5	4.61	3.88	3.49	1.73	0.799
30	0.649	0.369	0.439	103	26.6	20.7	3.42	3.94	3.78	1.65	0.669
25	0.617	0.494	0.366	91.2	23.0	18.2	3.52	3.36	3.19	1.48	0.676
20	0.606	0.637	0.292	78.9	19.3	15.8	3.66	2.81	2.71	1.32	0.692
15.3	0.634	0.796	0.223	67.4	15.8	13.5	3.87	2.28	2.35	1.16	0.713
20	0.583	0.515	0.325	60.9	16.8	13.5	3.22	2.42	2.47	1.17	0.642
15	0.586	0.682	0.243	51.0	13.5	11.3	3.40	1.93	2.05	1.01	0.661
13.4	0.601	0.743	0.217	47.9	12.5	10.6	3.48	1.76	1.95	0.962	0.669
18.75	0.565	0.431	0.343	44.0	13.8	11.0	2.82	1.98	2.17	1.01	0.599
13.75	0.553	0.604	0.251	36.1	10.9	9.03	2.99	1.53	1.73	0.854	0.615
11.5	0.571	0.697	0.209	32.6	9.55	8.14	3.11	1.32	1.58	0.781	0.625
12.25	0.525	0.538	0.255	24.2	8.40	6.93	2.60	1.17	1.43	0.703	0.571
9.8	0.540	0.647	0.203	21.3	7.12	6.08	2.72	0.968	1.26	0.625	0.581
13	0.514	0.380	0.317	17.4	7.26	5.80	2.13	1.05	1.36	0.642	0.525
10.5	0.499	0.486	0.255	15.2	6.15	5.06	2.22	0.866	1.15	0.564	0.529
8.2	0.511	0.599	0.198	13.1	5.13	4.38	2.34	0.693	0.993	0.492	0.537

ANEXO 13

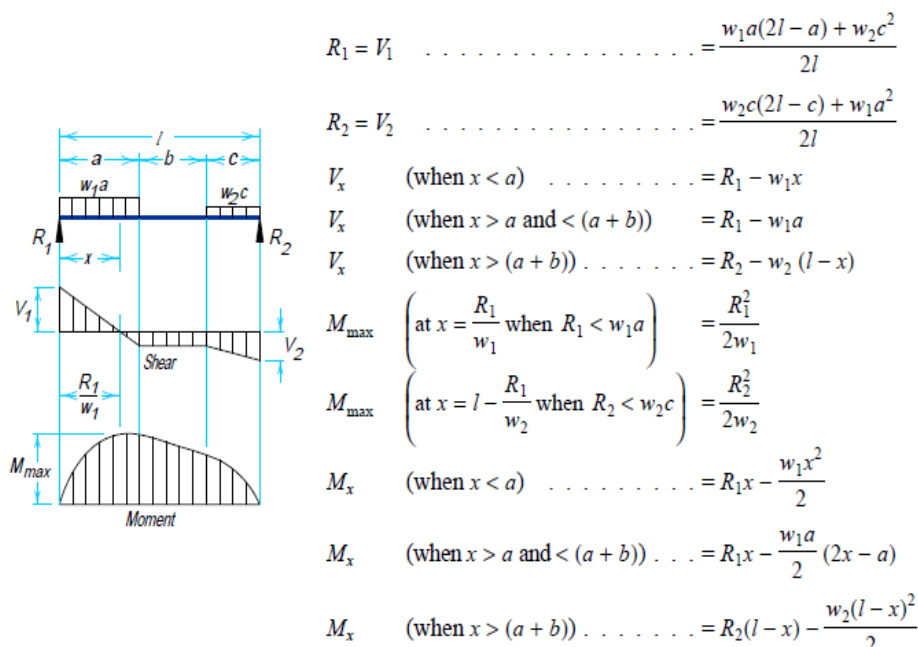
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS

4 - 191

BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS For Various Static Loading Conditions

For meaning of symbols, see [page 4-187](#)

6. SIMPLE BEAM—UNIFORM LOAD PARTIALLY DISTRIBUTED AT EACH END

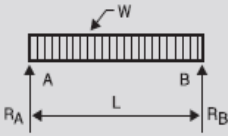
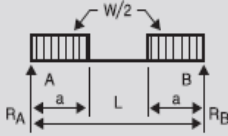
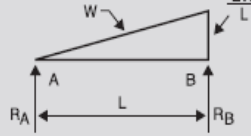
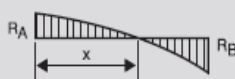
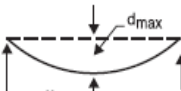


AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

VI.1.3 Vigas con apoyos simples

1 de 6

Fórmulas y diagramas de vigas para diversas condiciones de carga estática

CARGA			
MOMENTO	 $M_x = \frac{Wx}{2} \left(1 - \frac{x}{L}\right)$ $M_{\max} = \frac{WL}{8}$	 $M_{\max} = \frac{Wa}{4}$	 $M_x = \frac{Wx}{3} \left(1 - \frac{x^2}{L^2}\right)$ $M_{\max} = 0.128 WL$ $\text{Si } x = 0.5774 L$
CORTE	 $R_A = R_B = \frac{W}{2}$	 $R_A = R_B = \frac{W}{2}$	 $R_A = W/3$ $R_B = 2W/3$
DEFLEXION	 $d_{\max} = \frac{5}{384} \frac{WL^3}{EI}$	 $d_{\max} = \frac{Wa(3L^2 - 2a^2)}{96 EI}$	 $d_{\max} = \frac{0.01304 WL^3}{EI}$ $\text{Si } x = 0.5193 L$

ANEXO 14

LOAD FACTOR DESIGN SELECTION TABLE

For shapes used as beams

$\phi_b = 0.90$

Z_x

$F_y = 36 \text{ ksi}$					Z_x	Shape	$F_y = 50 \text{ ksi}$				
BF	L_r	L_p	$\phi_b M_r$	$\phi_b M_p$			$\phi_b M_p$	$\phi_b M_r$	L_p	L_r	BF
Kips	Ft	Ft	Kip-ft	Kip-ft			in. ³	Kip-ft	Kip-ft	Ft	Ft
3.10	6.8	2.3	21.6	35.4	13.1	M12×10.8	49.2	33.3	2.0	5.3	4.74
2.03	9.5	3.3	21.3	34.0	12.6	W10×12 ^b	47.0	32.7	2.9	7.4	3.13
0.817	18.3	4.0	19.9	31.6	11.7	W6×16	43.9	30.6	3.4	12.5	1.46
0.458	30.3	5.3	19.9	31.3	11.6	W5×19	43.5	30.6	4.5	20.1	0.830
1.44	11.5	3.5	19.3	30.8	11.4	W8×13	42.8	29.7	3.0	8.5	2.35
0.417	31.1	5.0	18.8	29.7	11.0	M5×18.9	41.3	28.9	4.2	20.5	0.758
0.693	20.8	6.7	19.0	28.8	10.8	W6×15 ^{b,c}	38.6	29.2	6.8	15.0	1.16
0.444	26.3	5.3	16.6	25.9	9.59	W5×16	36.0	25.5	4.5	17.6	0.795
2.32	6.2	2.1	15.2	24.9	9.21	M10×9	34.5	23.5	1.8	4.9	3.59
1.30	10.2	3.5	15.2	23.9	8.87	W8×10 ^b	33.0	23.4	3.1	7.8	2.03
0.775	14.4	3.8	14.3	22.4	8.30	W6×12	31.1	21.9	3.2	10.2	1.33
2.13	6.1	2.1	13.6	22.1	8.20	M10×8	30.8	21.0	1.8	4.8	3.26
0.295	25.5	4.2	10.6	17.0	6.28	W4×13	23.6	16.4	3.5	16.9	0.538
0.724	12.0	3.8	10.8	16.8	6.23	W6×9	23.4	16.7	3.2	8.9	1.17
1.50	5.5	1.8	9.01	14.6	5.40	M8×6.5	20.2	13.9	1.6	4.3	2.35

ANEXO 15

TABLA 14.1 RESISTENCIA DE DISEÑO DE SOLDADURAS

Tipos de soldadura y esfuerzo [a]	Material	Factor ϕ de resistencia	Resistencia nominal F_{BM} o F_w	Nivel de resistencia requerido [b,c]
Soldadura de ranura con penetración completa				
Tensión normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Debe usarse soldadura "compatible".
Compresión normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura				
Cortante en el área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.9 0.80	$0.60 F_y$ $0.60 F_{EXX}$	
Soldaduras de ranura con penetración parcial				
Compresión normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura [d]				
Cortante paralelo al eje de la soldadura	Base; electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60 F_{EXX}$	
Tensión normal al área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.90 0.80	F_y $0.60 F_{EXX}$	
Soldaduras de filete				
Cortante en el área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.75	[c] $0.60 F_{EXX}$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura [d]	Base	0.90	F_y	
Soldaduras de tapón o muesca				
Cortante paralelo a las superficies de contacto (sobre el área efectiva)	Base; electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60 F_{EXX}$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".

ANEXO 16

TABLA 14.2 TAMAÑOS MINIMOS PARA LAS SOLDADURAS DE FILETE

Espesor del material de la parte unida con mayor espesor (pulg)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete ^a (pulg)
Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive	$\frac{1}{8}$
Mayor de $\frac{1}{4}$, hasta $\frac{1}{2}$ inclusive	$\frac{3}{16}$
Mayor de $\frac{1}{2}$, hasta $\frac{3}{4}$ inclusive	$\frac{1}{4}$
Mayor de $\frac{3}{4}$	$\frac{5}{16}$

^a Dimensiones de lado de los filetes. La soldadura debe ser de una sola pasada.

ANEXO 17

TABLE J3.2
Design Strength of Fasteners

Description of Fasteners	Tensile Strength		Shear Strength in Bearing-type Connections	
	Resistance Factor ϕ	Nominal Strength, ksi	Resistance Factor ϕ	Nominal Strength, ksi
A307 bolts	0.75	45 [a]	0.75	24 [b,e]
A325 bolts, when threads are not excluded from shear planes		90 [d]		48 [e]
A325 bolts, when threads are excluded from shear planes		90 [d]		60 [e]
A490 bolts, when threads are not excluded from shear planes		113 [d]		60 [e]
A490 bolts, when threads are excluded from shear planes		113 [d]		75 [e]
Threaded parts meeting the requirements of Sect. A3, when threads are not excluded from shear planes		$0.75F_u$ [a,c]		$0.40F_u$
Threaded parts meeting the requirements of Sect. A3, when threads are excluded from shear planes		$0.75F_u$ [a,c]		$0.50F_u$ [a,c]
A502, Gr. 1, hot-driven rivets		45 [a]		25 [e]
A502, Gr. 2 & 3, hot-driven rivets		60 [a]		33 [e]
[a] Static loading only. [b] Threads permitted in shear planes. [c] The nominal tensile strength of the threaded portion of an upset rod, based upon the cross-sectional area at its major thread diameter, A_D shall be larger than the nominal body area of the rod before upsetting times F_u. [d] For A325 and A490 bolts subject to tensile fatigue loading, see Appendix K3. [e] When bearing-type connections used to splice tension members have a fastener pattern whose length, measured parallel to the line of force, exceeds 50 in., tabulated values shall be reduced by 20 percent.				

ANEXO 18

Tabla 1.2- Presión nominal según la normativa ANSI.
Fuente: PERRY, R H. Perry's Chemical Engineers Handbook. Mc Graw-Hill 7th edition. Sección 10-104, Tabla 10-45

PN ANSI	Material					Stainless Types				
	Carbon		1, 1 ¹ / ₄ Cr, 1Mo	2 ¹ / ₄ Cr, 1Mo	5Cr, 1 ¹ / ₂ Mo	Type 304	Type 316	Type 304L Type 316L	Type 309	Type 310
T ^o (°F)	Normal	C, 1 ¹ / ₂ Mo								
150 lb.										
-20 to 100	285	265	290	290	290	275	275	230	260	260
200	260	260	260	260	260	235	240	195	230	230
300	230	230	230	230	230	205	215	175	220	220
400	200	200	200	200	200	180	195	160	200	200
500	170	170	170	170	170	170	170	145	170	170
600	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
650	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
700	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
750	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
800	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
850	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
900	50	50	50	50	50	50	50		50	50
950	35	35	35	35	35	35	35		35	35
1000	20	20	20	20	20	20	20		20	20
300 lb.										
-20 to 100	740	695	750	750	750	720	720	600	670	670
200	675	680	710	715	750	600	620	505	605	605
300	655	655	675	675	730	530	560	455	570	570
400	635	640	660	650	705	470	515	415	535	535
500	600	620	640	640	665	435	480	380	505	505
600	550	605	605	605	605	415	450	360	480	480
650	535	590	590	590	590	410	445	350	465	465
700	535	570	570	570	570	405	430	345	455	455
750	505	530	530	530	530	400	425	335	445	445
800	410	510	510	510	500	395	415	330	435	435
850	270	485	485	485	440	390	405	320	425	425
900	170	450	450	450	355	385	395		415	415
950	105	280	380	380	260	375	385		385	385
1000	50	165	225	270	190	325	365		335	350
1050			140	200	140	310	360		290	335
1100			95	115	105	260	325		225	290
1150			50	105	70	195	275		170	245
1200			35	55	45	155	205		130	205
1250						110	180		100	160
1300						85	140		80	120

ANEXO 19

Diámetro de tuberías de agua y pérdidas de carga.

		Condiciones generales (impulsión)		Agua caliente en tuberías de aspiración y líneas de condensados	
dN _{prop.} "	dN _{prop.} mm	qh m ³ /h	u _{max} m/s	qh m ³ /h	u _{max} m/s
¾ 1 1 ¼ 1 ½	10	0,23	0,8	0,11	0,4
	15	0,5	0,8	0,25	0,4
	20	1	0,8	0,5	0,4
	25	1,5	0,8	0,8	0,4
	32	2,5	0,8	1,25	0,4
1 ½	40	3,8	0,8	1,9	0,4
2	50	6	0,8	3	0,4
2 ½	65	16	1,2	8	0,6
3	80	30	1,5	15	0,75
4	100	50	1,7	25	0,85
5	125	80	1,9	40	0,95
<u>6</u>	<u>150</u>	<u>125</u>	2,1	62,5	1,05
8	200	300	2,5	150	1,25
10	250	500	2,7	250	1,35
12	300	800	2,9	400	1,45
14	350	1000	3	500	1,5
16	400	1.400	3,1	700	1,55
20	500	2.500	3,4	1.250	1,7
24	600	4.000	3,6	2.000	1,8

ANEXO 20

Tabla 3 - Tensiones admisibles "SE" [en ksi] para materiales ANSI a distintas temperaturas.

1 ksi = 1.000 psi; 1 psi = 6,9 kPa. Fuente: Norma ASME B31.1, apéndices.

Material/°C	-20,9 to 27,78	93,33	148,89	204,44	260,00	315,56	343,33	371,11	398,89	426,67	454,44	482,22	510,00	537,78	565,56	593,33
Material/°F	-20 to 100	200	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
A 106 A	12	12	12	12	12	12	12	11,7	10,7	9	---	---	---	---	---	---
A 106 B	15	15	15	15	15	15	15	14,4	13	10,8	---	---	---	---	---	---
A 335 Gr P11	15	15	15	15	15	15	15	15	14,8	14,4	14	13,6	9,3	6,3	4,2	2,8
A 312 TP 316 L	15,7	13,3	11,9	10,8	10	9,4	9,2	9	8,8	8,6	8,4	---	---	---	---	---



ANEXO 21

Tabla 4 - Valores del coeficiente "y" según la temperatura.

Fuentes: Norma ASME B31.1, pág. 20, TABLE 104.1.2(A) // Perry: Manual del Ingeniero Químico.

Material/°C	482	510	538	566	593	621	649	677	Material
Ac. Ferrítico ¹	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Ac. Austenítico ²	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	A 312 TP 316 L
Otros metales dúctiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	A106 A, A106 B, A335GrP11
Hierro colado	0,4	---	---	---	---	---	---	---	

ANEXO 22

Tabla Valores de L/D de válvulas y accesorios.

Fuente: CLARKE L., DAVIDSON R. (1962). Manual for Process Engineering Calculations. Mc Graw Hill.

TIPOS DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Válvulas (datos con apertura 100%, excepto si se indica):

• De globo:		
Convencional	asiento plano, cónico o cilíndrico / disco guiado	340/450
Forma Y tija 60°	asiento plano / disco guiado	175/145
En ángulo	asiento plano / disco guiado	145/200
• De compuerta:		
De paso total		3
Fluidos normales	apertura 100% / 75% / 50% / 25%	13/35/160/900
Fluidos pulposos	apertura 100% / 75% / 50% / 25%	17/50/260/1200
• De retención:		
De clapeta	convencional / paso total	135/50
De bola		150
• De pie con filtro:		
Con disco guiado		420
Con visagra de cuero		75
• De mariposa:		
De más de 150 mm líquidos / gases		40 /24
En ductos	ángulo 5°/30°/45°/60°	9/160/800/4800
• Espitas:		
De paso directo	paso igual al diámetro de tubo	18
De tres vías	flujo: directo / por derivación	44/140
	Pase igual al 80% del tubo	
• De Bola:	Apertura 100%	3

Accesorios

• Piezas de montaje (tubo liso):		
Curvas 45°	r/d= 1/2/4/6	6/4/3/3
Curvas 90°		9/6/5/4
• Codos:		
De 90°	estándar / radio largo / radio corto	30/20/50
De 45°	estándar / radio corto	16/26
En escuadra		57
• Curva 180°:	tipo cerrado	50
• T estándar:	flujo: directo / por derivación	20/60
• Ensanchamientos: (*)	brusco ¼ estándar ½ / estándar ¾	28/8
	brusco ¼ brusco ½ / brusco ¾	35/24/8
• Reducciones: (*)	estándar ½ / estándar ¾	7/2
	brusco ½ / brusco ¾	18/14/7
• Liras de dilatación:	tubo liso	50
	tubo corrugado	100

(*) Los valores de L/D se refieren al diámetro menor

ANEXO 23

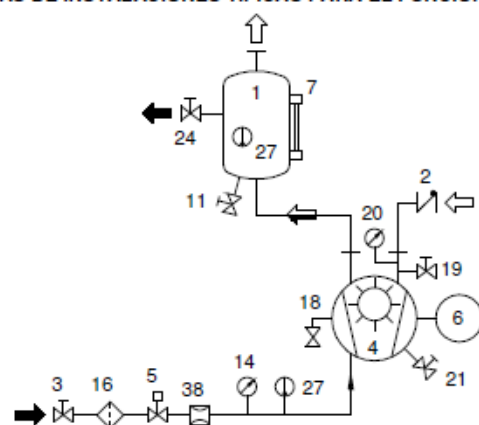
BOMBA TIPO	PRESIÓN DE ASPIRACIÓN(en mbar)		
	33 - 200	> 200 - 600	> 600
TRH 32-4	0,20	0,20	0,16
TRH 32-20	0,36	0,30	0,28
TRH 32-45			
TRH 32-60	0,90	0,70	0,60
TRH 40-110			
TRH 40-140			
TRH 40-190	1,00	0,85	0,70
TRH 50-280	2,40	1,70	0,90
TRH 50-340	3,00	2,22	1,20
TRH 50-420	3,60	2,76	1,60
TRH 80-600	2,50	1,98	1,30
TRH 80-750	3,00	2,40	1,60
TRH 100-870	7,40	5,70	3,80
TRH 100-1260			
TRH 100-1600			
TRH 150-2000	12,00	9,60	6,00
TRH 150-2600	13,20	11,10	6,60
TRH 150-3100	16,20	14,10	8,70

7.12 - DATOS TECNICOS DE LAS BOMBAS

BOMBA TIPO	Nivel sonoro L_p (L_w)	Nivel de vibraciones	Peso a Eje Libre	Peso en ejec Monobloc (forma B5)	Peso en ejec. sobre Bancada	Velocidad de giro		Potencia instalada		Tamaño del Motor eléctrico	
	dB(A)	clase	kg	kg	kg	RPM		kW		50 Hz	60 Hz
						50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz		
TRHE 32-4	67 (78)	V1	14	19	32	1450	1750	0,55	0,75	80 A	80 B
TRHC 32-20	66 (77)	V1	25	31	41	2900	3500	1,1	1,5	80 B	90 S
TRHE 32-20	66 (77)	V1	18	22,5	34	2900	3500	1,1	1,5	80 B	90 S
TRHC 32-45	66 (77)	V1	28	34	44	2900	3500	1,5	2,2	90 S	90 L
TRHE 32-45	66 (77)	V1	21	25,5	37	2900	3500	1,5	2,2	90 S	90 L
TRHC 32-60	66 (77)	V1	30	36	47	2900	3500	2,2	3	90 L	100 LA
TRHE 32-60	66 (77)	V1	26	31	43	2900	3500	2,2	3	90 L	100 LA
TRHC 40-110	65 (77)	V1	67	79	92	1450	1750	4	5,5	112 M	132 SB
TRHE 40-110	65 (77)	V1	49	61	74	1450	1750	4	5,5	112 M	132 SB
TRHC 40-140	65 (77)	V1	79	88	119	1450	1750	4	5,5	112 M	132 SB
TRHE 40-140	65 (77)	V1	67	76	100	1450	1750	4	5,5	112 M	132 SB
TRHC 40-190	65 (77)	V1	87	105	137	1450	1750	5,5	7,5	132 SB	132 MA
TRHE 40-190	65 (77)	V1	75	93	118	1450	1750	5,5	7,5	132 SB	132 MA
TRHB 50-280	70 (82)	V1	130	146	195	1450	1750	9	15	132 MB	160 L
TRHB 50-340	70 (82)	V1	140	170	212	1450	1750	11	15	160 M	160 L
TRHB 50-420	71 (82)	V1	145	178	220	1450	1750	15	18,5	160 L	180 M
TRHC 80-600	76 (89)	V1	220	245	360	1450	1750	22	30	180 L	200 L
TRHC 80-750	76 (89)	V1	240	280	377	1450	1750	30	37	200 L	225 S
TRHE 100-870	79 (92)	V1	412	---	574	960	1150	30	37	225 M	250 M
TRHE 100-1260	79 (92)	V1	485	---	652	960	1150	37	45	250 M	280 S
TRHE 100-1600	79 (92)	V1	518	---	690	960	1150	45	75	280 S	315 S
TRHA 150-2000	83 (99)	V2	1330	---	1805	730	880	75	90	315 MA	315 MB
TRHA 150-2600	84 (99)	V2	1480	---	2095	730	880	90	110	315 MB	355 S
TRHA 150-3100	84 (99)	V2	1630	---	2245	730	880	110	160	355 S	355 MB

ESQUEMAS DE INSTALACIONES TÍPICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO COMO BOMBA DE VACÍO

Fig. 6



- 1 Depósito separador
- 2 Válvula de retención
- 3 Válvula de cierre
- 4 Bomba de vacío de anillo líquido
- 5 Electroválvula
- 6 Motor eléctrico
- 7 Indicador de nivel
- 8 Válvula de flotador
- 9 Intercambiador de calor
- 10 Electroválvula para la entrada de líquido de servicio
- 11 Válvula de descarga
- 13 Válvula de regulación
- 13A Válvula de By-pass
- 14 Manómetro
- 15 Interruptor de nivel
- 16 Filtro
- 18 Válvula automática de drenaje

Fig. 7

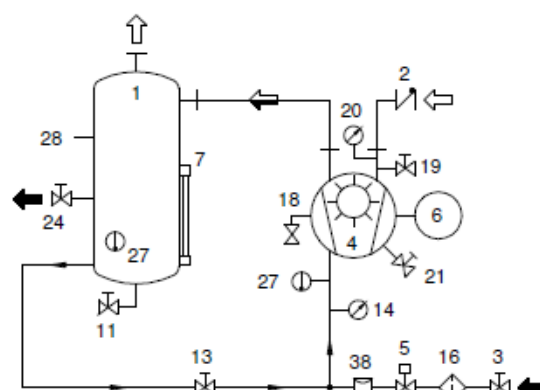
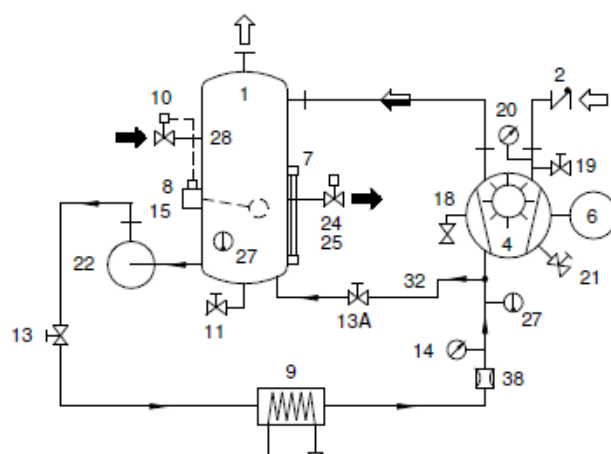


Fig. 8



ANEXO 24

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Presión máxima (mm c.a.)	Peso (Kg)	Tipo de montaje
CAS-X-901-40	1460	30	35050	340	673	B
CAS-X-901-50	1570	37	37700	395	790	B
CAS-X-901-60	1670	45	40100	445	822	B
CAS-X-901-75	1780	55	42750	510	900	B
CAS-X-901-100	1970	75	47300	620	1175	B
CAS-X-901-125	2100	90	50400	705	1242	B
CAS-X-901-150	2240	110	53750	805	1305	B
CAS-X-1001-40	1210	30	39750	295	798	B
CAS-X-1001-50	1300	37	42700	340	915	B
CAS-X-1001-60	1390	45	45650	390	947	B
CAS-X-1001-75	1480	55	48600	440	1025	B
CAS-X-1001-100	1650	75	54200	550	1300	B
CAS-X-1001-125	1750	90	57500	620	1367	B
CAS-X-1001-150	1870	110	61450	705	1430	B
CAS-X-1001-175	1980	132	65050	790	1502	B
CAS-X-1121-50	1100	37	48050	305	1120	B
CAS-X-1121-60	1190	45	52000	360	1152	B
CAS-X-1121-75	1270	55	55500	410	1230	B
CAS-X-1121-100	1400	75	61150	495	1505	B
CAS-X-1121-125	1500	90	65500	570	1572	B
CAS-X-1121-150	1600	110	69900	645	1635	B
CAS-X-1121-175	1700	132	74250	730	1707	B
CAS-X-1121-220	1800	160	78650	820	1780	B
CAS-X-1251-60	980	45	63350	310	1412	B
CAS-X-1251-75	1050	55	67900	355	1490	B
CAS-X-1251-100	1160	75	75000	435	1765	B
CAS-X-1251-125	1230	90	79550	485	1832	B
CAS-X-1251-150	1320	110	85350	560	1895	B
CAS-X-1251-175	1400	132	90550	630	1967	B
CAS-X-1251-220	1500	160	97000	725	2040	B
CAS-X-1251-270	1600	200	103450	825	2270	B
CAS-X-1401-75	870	55	77450	300	1810	B
CAS-X-1401-100	970	75	86350	370	2085	B
CAS-X-1401-125	1030	90	91700	420	2152	B
CAS-X-1401-150	1100	110	97900	480	2215	B
CAS-X-1401-175	1170	132	104150	540	2287	B
CAS-X-1401-220	1240	160	110350	610	2360	B
CAS-X-1401-270	1340	200	119250	710	2590	B
CAS-X-1401-340	1440	250	128150	820	2680	B
CAS-X-1601-100	760	75	100100	290	2435	B
CAS-X-1601-125	810	90	106700	330	2502	B
CAS-X-1601-150	870	110	114600	385	2565	B
CAS-X-1601-175	920	132	121200	430	2637	B
CAS-X-1601-220	980	160	129100	485	2710	B
CAS-X-1601-270	1060	200	139650	570	2940	B
CAS-X-1601-340	1140	250	150200	660	3030	B
CAS-X-1601-430	1230	315	162050	765	3260	B

ANEXO 25

FL-512

Chave de emergência



Aplicação:

Utilizada para paradas de emergência em correias transportadoras.

Acionamento através de cabo de aço e rearme manual.

Fornecida em robusta carcaça de ferro fundido, ideal para serviço pesado em ambientes agressivos e instalações ao tempo.



Especificações	FL-512	FL-512/1E	FL-512/1D
Operação			
Bandeiras de sinalização	Nas duas direções	À esquerda do operador	À direita do operador
Rearme	Manual	Manual	Manual
Materiais			
Carcaça	Ferro fundido	Ferro fundido	Ferro fundido
Grau de proteção	IP-65	IP-65	IP-65
Parafusos da tampa	Aço inoxidável, imperdíveis	Aço inoxidável, imperdíveis	Aço inoxidável, imperdíveis
Parafusos allen de fixação	Incluídos	Incluídos	Incluídos
Mancais e buchas	Bronze	Bronze	Bronze
Eixo	Aço inoxidável	Aço inoxidável	Aço inoxidável
Molas	Aço inoxidável	Aço inoxidável	Aço inoxidável
Pintura	Eletrostática	Eletrostática	Eletrostática
Cor de acabamento	Amarelo segurança	Amarelo segurança	Amarelo segurança
Placa de identificação	Aço inoxidável	Aço inoxidável	Aço inoxidável
Peso	4,5kg	3,6kg	3,6kg
Contatos elétricos			
Acionamento dos contatos	Simultâneo/ação positiva	Simultâneo/ação positiva	Simultâneo/ação positiva
Quantidade / tipo	1NA+1NF / ação rápida	1NA+1NF / ação rápida	1NA+1NF / ação rápida
Corrente / tensão	10 A x 220 Vca	10 A x 220 Vca	10 A x 220 Vca
Conexão elétrica	1 x ¾" rosca GAS	1 x ¾" rosca GAS	1 x ¾" rosca GAS

Opcionais	Adicionar ao código
Contatos 2 NA + 2 NF (10A x 220 V)	/C2
Contatos 4 NA + 4 NF (10A x 220 V)	/C3
Contato magnético 1 NF (1A x 250 V)	/C4
Contato magnético 1 SPDT (1A x 250 V)	/C5
Conexão elétrica com rosca NPT	/FN
Fornecer com prensa cabo	/P
Bandeiras em aço inox AISI 304	/I
Pintura sintética em qualquer cor	(especificar)

Para obter o código do produto, adicione o (s) código(s) do(s) item(s) opcional(is) sequencialmente, após o código do produto padrão.

Ex: **FL-512/C2/P**

(chave com contatos 2NA+2NF e fornecida com prensa cabos)

INSTRUÇÕES GERAIS

1 - Montagem das chaves :

- As chaves de emergência FL-512 podem ser usadas em um ou nos dois lados da correia. Devem ser colocadas de forma a permitir o livre acesso à toda a extensão do cabo de aço acionador. O cabo deverá correr livremente em seus suportes e estar esticado, sem entretanto forçar a mola da chave.
- O cabo de aço recomendado é o de 1/8" plastificado, preferencialmente na cor vermelha para facilitar sua visualização. A forma de prendê-lo nos olhais da chave está indicado na figura 1.
- Devem existir suportes para o cabo de aço (Fig. 2) a cada 3 metros.
- A chave deve ser montada preferencialmente em uma base usinada, podendo, alternativamente, ser utilizada uma chapa fina (1/4") como base.
- As chaves devem ser espaçadas de no máximo cerca de 25 m. Condições especiais como transportador muito inclinado, altas velocidades, material perigoso, carregamento irregular, etc., podem indicar o uso de mais chaves.
- Para atender a NBR 13.742, a distância entre as chaves deve ser de até 25m.
- Para atender a NBR 13.759, deve-se usar adicionalmente as chaves FL-512 RR (veja nosso boletim técnico n°14)

2 - Conexões elétricas :

- As tubulações devem ser montadas de modo a não introduzir tensões na carcaças. Preferencialmente devem ser usadas ligações flexíveis. Em atmosferas muito poluídas, é aconselhável o uso de um selo junto à chave.
- Os condutores devem ter uma seção de cobre máxima de 2x2,5 mm² (fio) ou 2x1,5 mm² (cabo com terminal).
- A chave deve operar no circuito de controle do transportador. Não deve ligar/desligar diretamente o motor do equipamento.

3 - Operação

- Na ocorrência de emergência, o operador presente no local deve puxar em qualquer direção o cabo de aço. O eixo da chave será deslocado e girará 90°; travando nessa posição.
- Para voltar a chave à posição normal, manualmente, gire suavemente a bandeira para a posição de espera. Ela recolherá o eixo e travará nesta posição. Não force o giro da bandeira. Não use ferramentas para girá-la. Se a bandeira for forçada contra a trava ou contra os batentes, poderá ter sua estria danificada.

4 - Manutenção :

- As chaves são lubrificadas com graxa tipo bissulfito de molibdênio e estão em condições de operar em regime normal por vários anos. Ocasionalmente deverão ser levadas à oficina para limpeza e lubrificação.
- As peças sobressalentes são fornecidas pela ELMEC. Para fazer a substituição, recomenda-se que a chave seja levada a uma oficina apropriada.
- Opcionalmente, a chave pode ser enviada à ELMEC para manutenção.

Dimensões

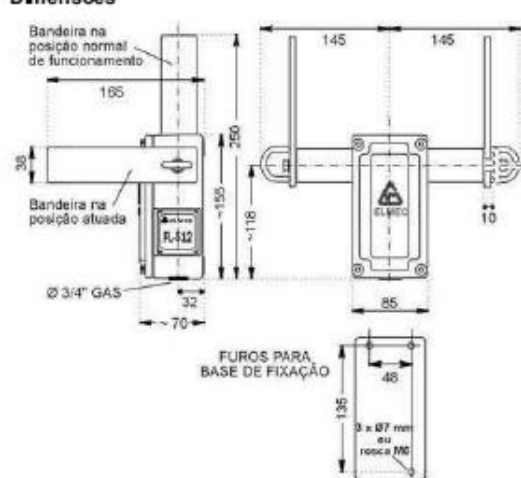


Fig 1

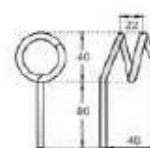
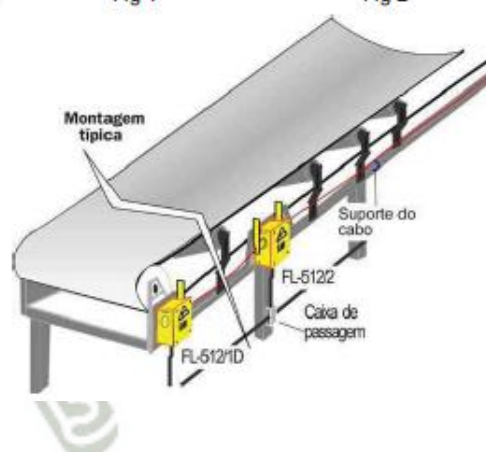


Fig 2

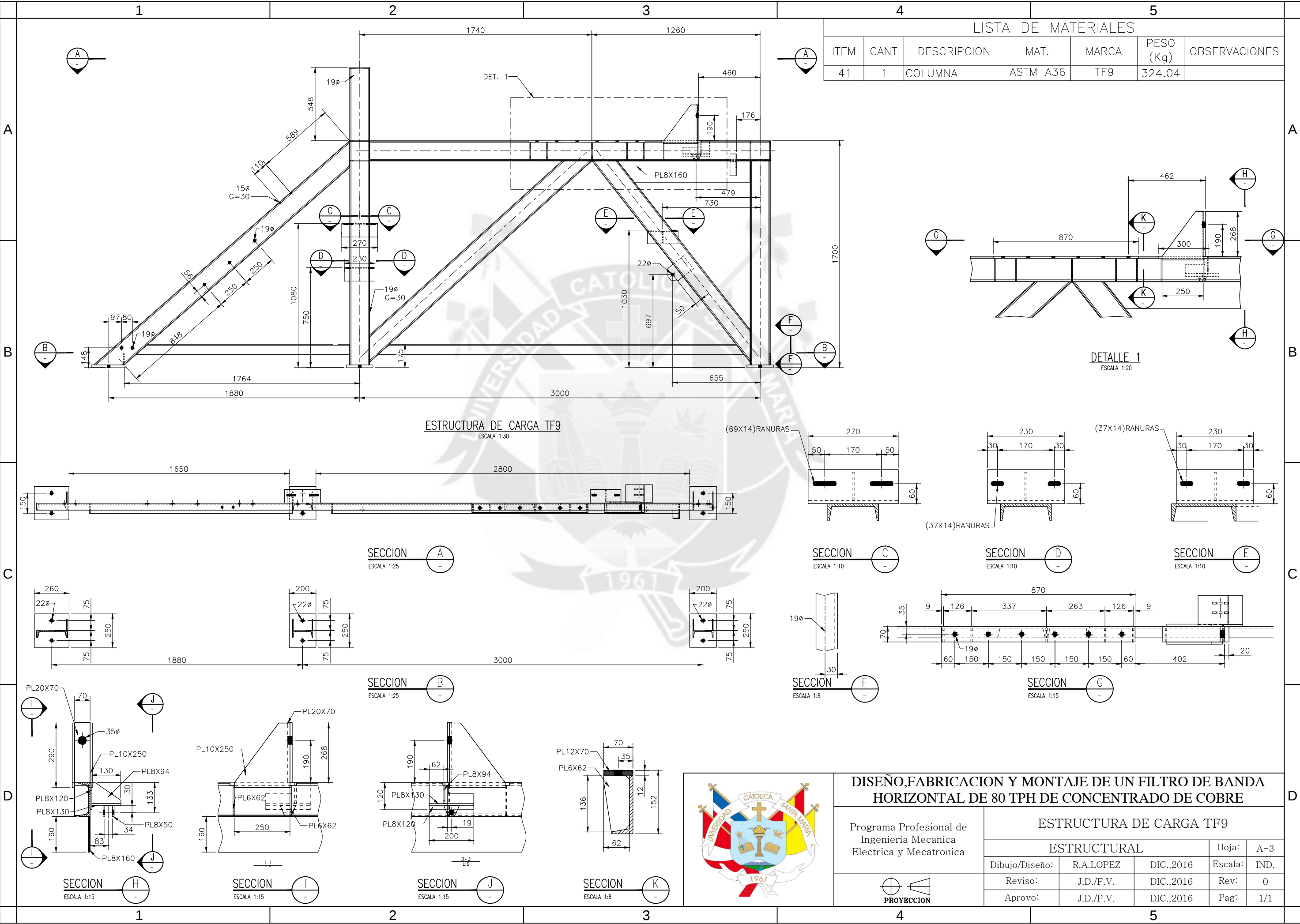


ANEXO 26

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO E INSPECCIONES					
TRABAJO A REALIZAR	PM 7D	PM 20D	PM MENSUAL	PM TRIMESTRAL	
ISP/AJU/LPZ TELA FILTRANTE; PM ISP/AJU/LUB SIDE BAR	X				
ISP/AJU/LUB SIDE BAR	X				
ALINEAR TELA FILTRANTE		X			
INSP. RODILLOS, RODAMIENTOS, SHAKER, CROSS HEAD, DIP TRAY		X			
ISP/AJU/LPZ SISTEMA DE LUBRICACION	X	X	X	X	
ISP/LPZ/AJU SPRITES-ASPERORES	X	X			
ISP VALVULAS DE CONTROL Y PROCESO	X	X			
CMB TELA FILTRANTE				X	
ISP/AJS TELA Y COMPONENTE	X				
ISP/ALN DELTRAKER			X		
ISP/AJS TELA Y COMPONENTES	X	X			
ISP/ ALN RODILLOS	X	X	X	X	

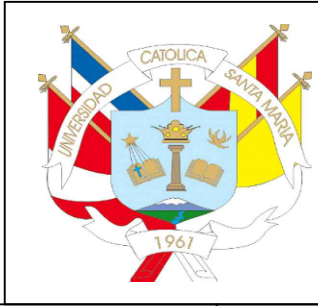
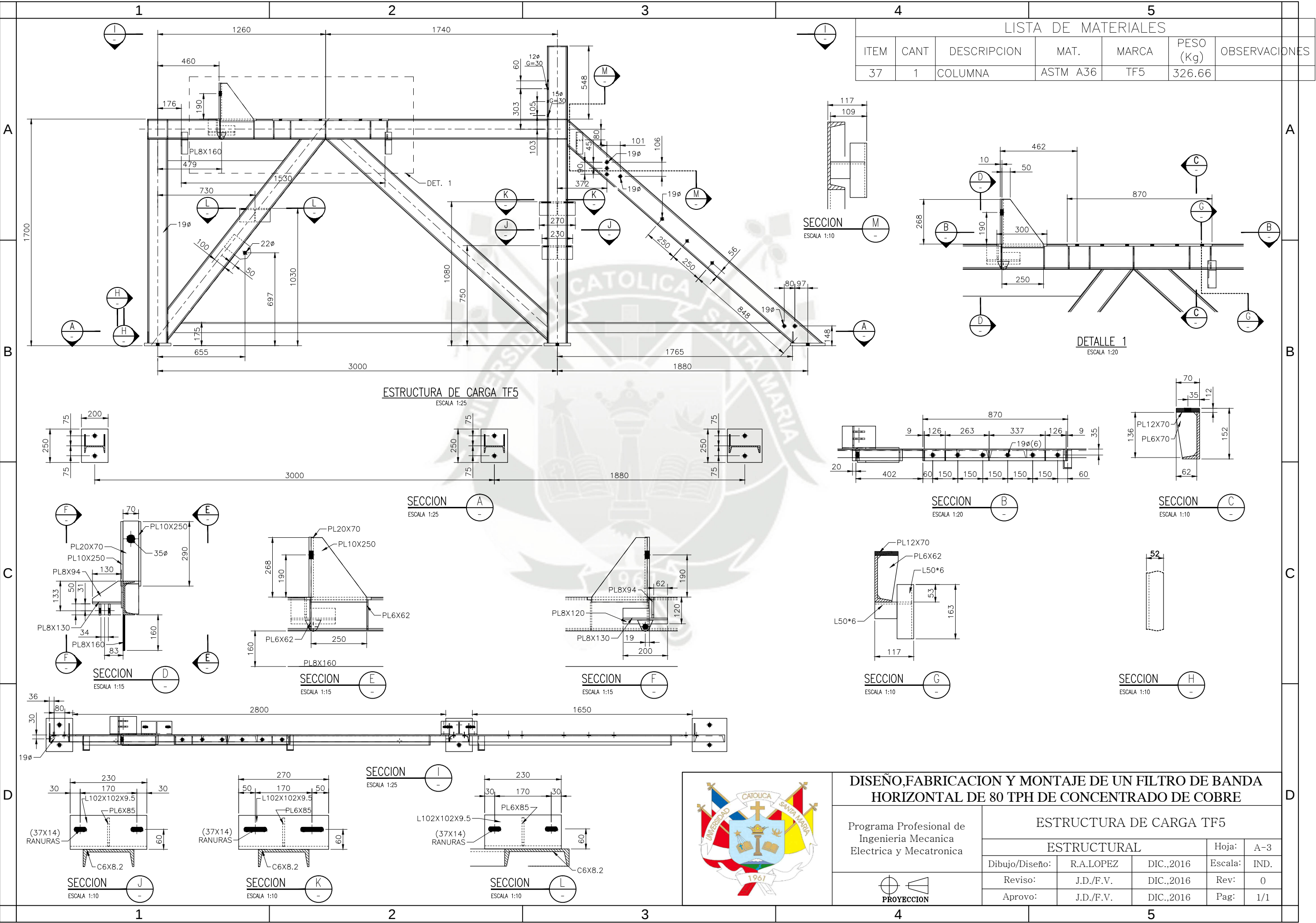


PLANOS



LISTA DE MATERIALES						
ITEM	CANT	DESCRIPCION	MAT.	MARCA	PESO (Kg)	OBSERVACIONES
41	1	COLUMNA	ASTM A36	TF9	324.04	

DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE UN FILTRO DE BANDA HORIZONTAL DE 80 TPH DE CONCENTRADO DE COBRE				
Programa Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		ESTRUCTURA DE CARGA TF9		
		ESTRUCTURAL		Hoja: A-3
		Dibujo/Diseño:	R.A. LOPEZ	Escala: IND.
		Revisó:	J.D./F.V.	Rev: 0
PROYECCION		Aprobo:	J.D./F.V.	Pag: 1/1

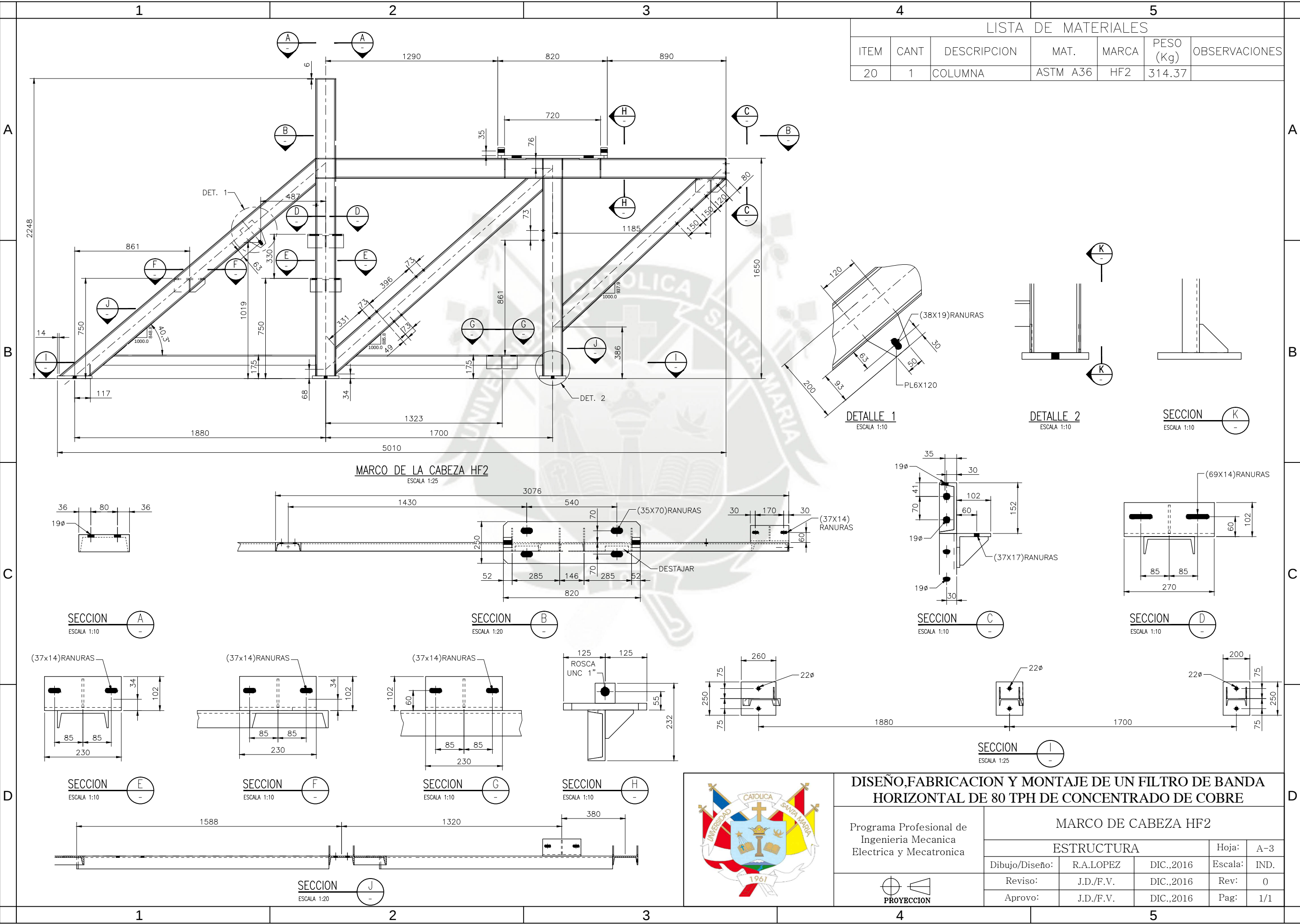


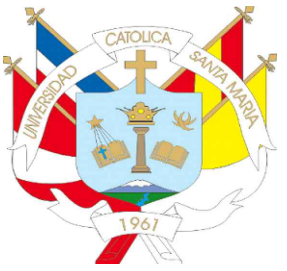
DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE UN FILTRO DE BANDA HORIZONTAL DE 80 TPH DE CONCENTRADO DE COBRE

Programa Profesional de
Ingeniería Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica

ESTRUCTURA DE CARGA TF5

ESTRUCTURAL			Hoja:	A-3
Dibujo/Diseño:	R.A. LOPEZ	DIC., 2016	Escala:	IND.
Reviso:	J.D./F.V.	DIC., 2016	Rev:	0
Aprobo:	J.D./F.V.	DIC., 2016	Pag:	1/1





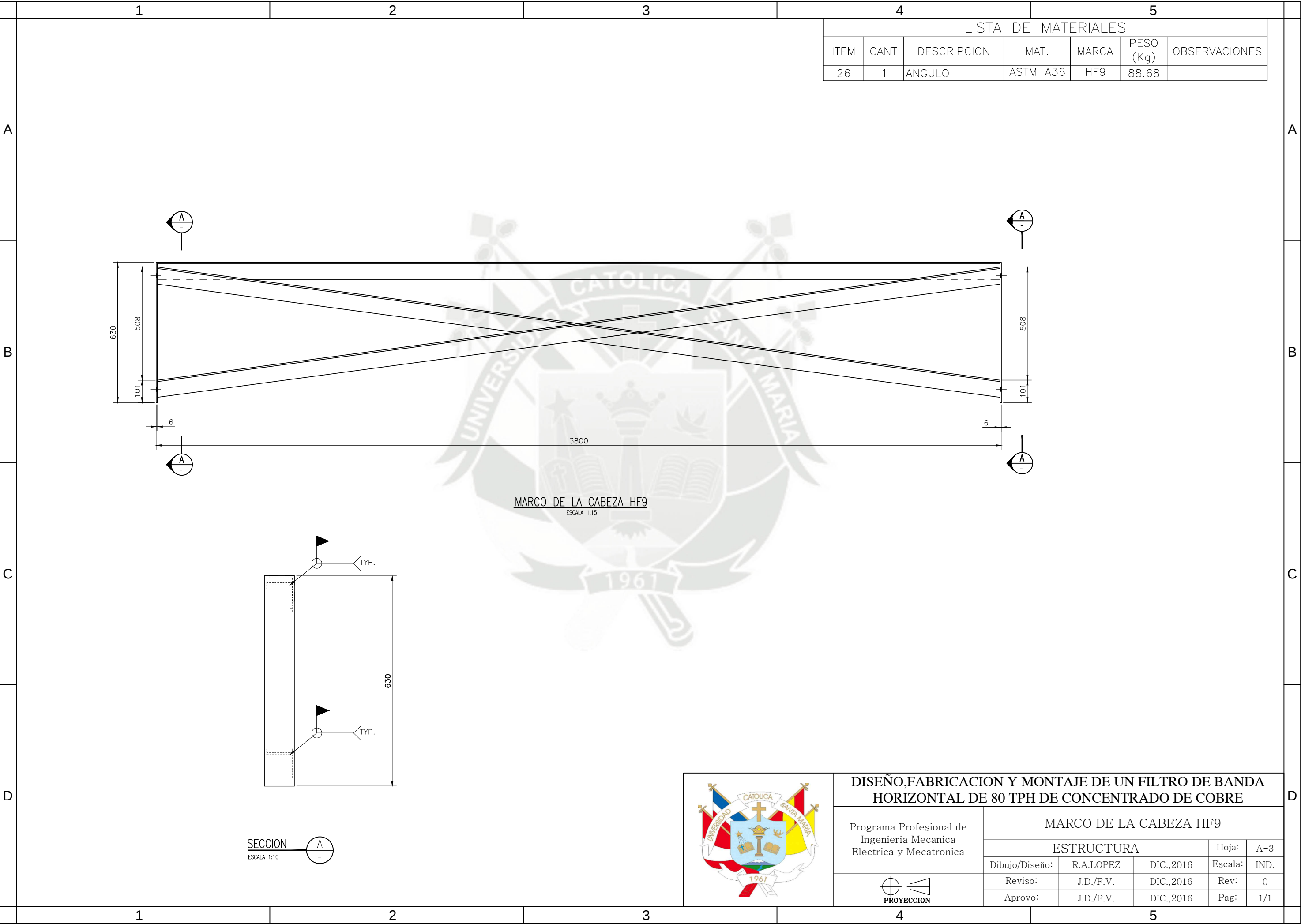
DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE UN FILTRO DE BANDA HORIZONTAL DE 80 TPH DE CONCENTRADO DE COBRE

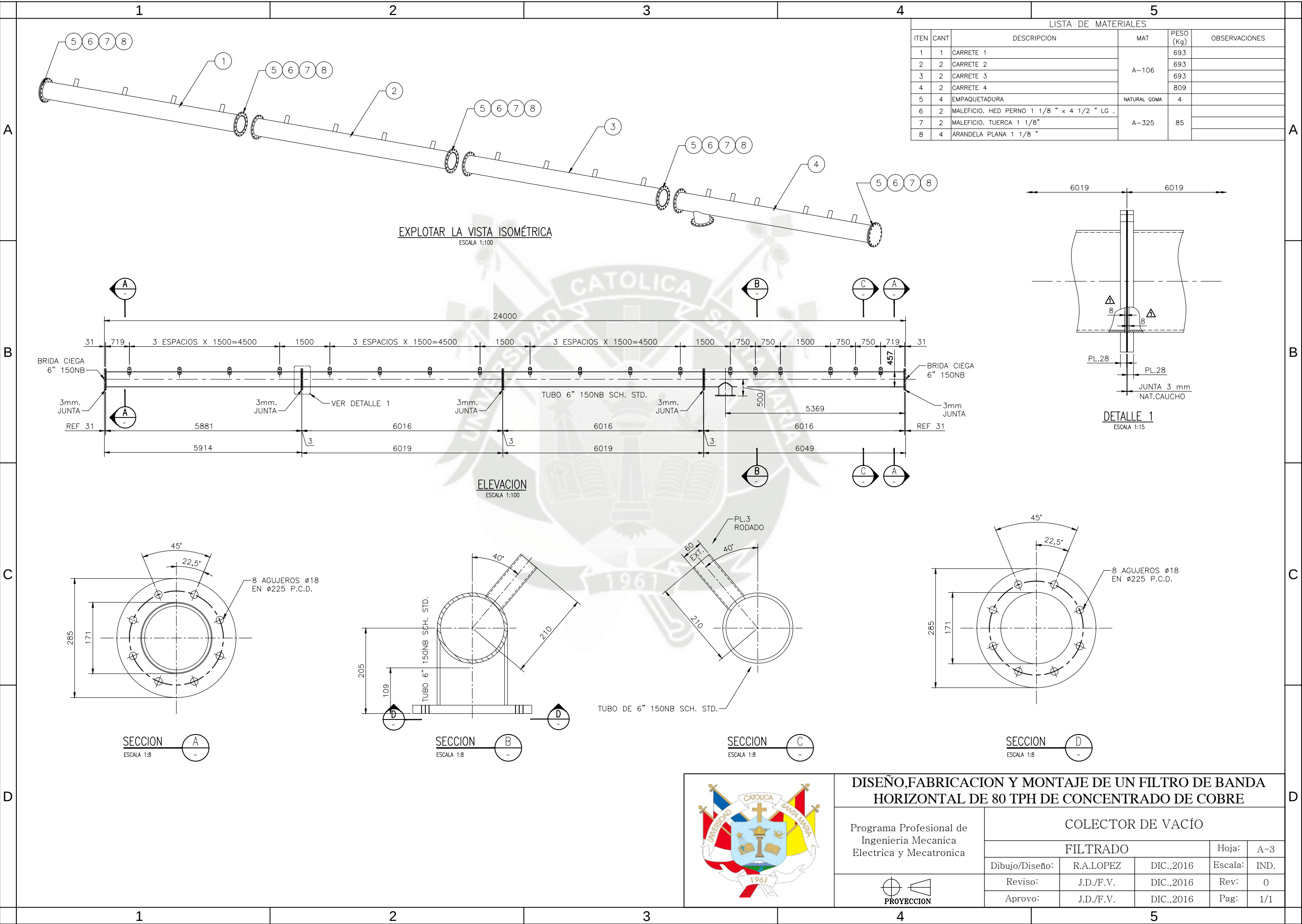
Programa Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

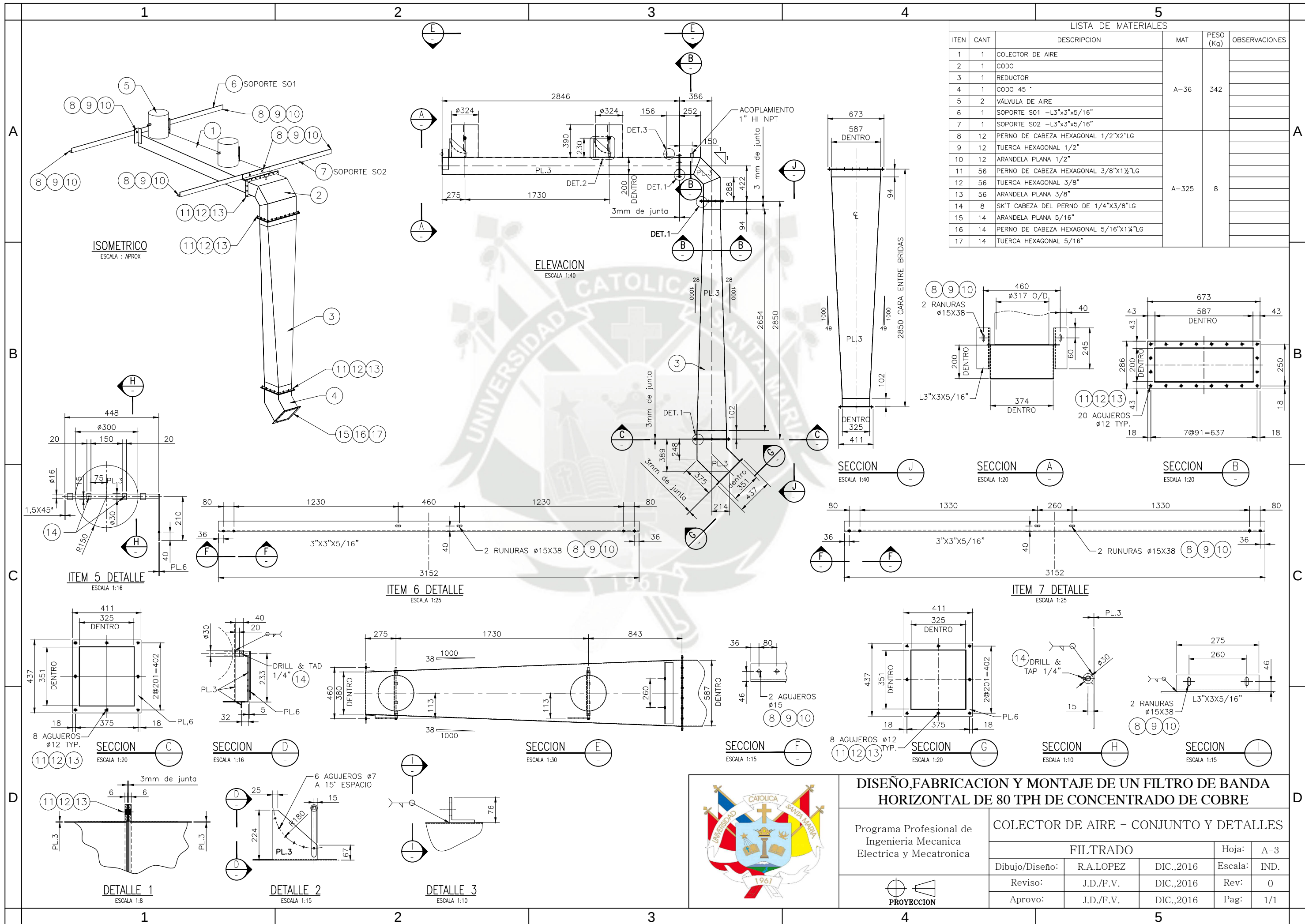
MARCO DE CABEZA HF2

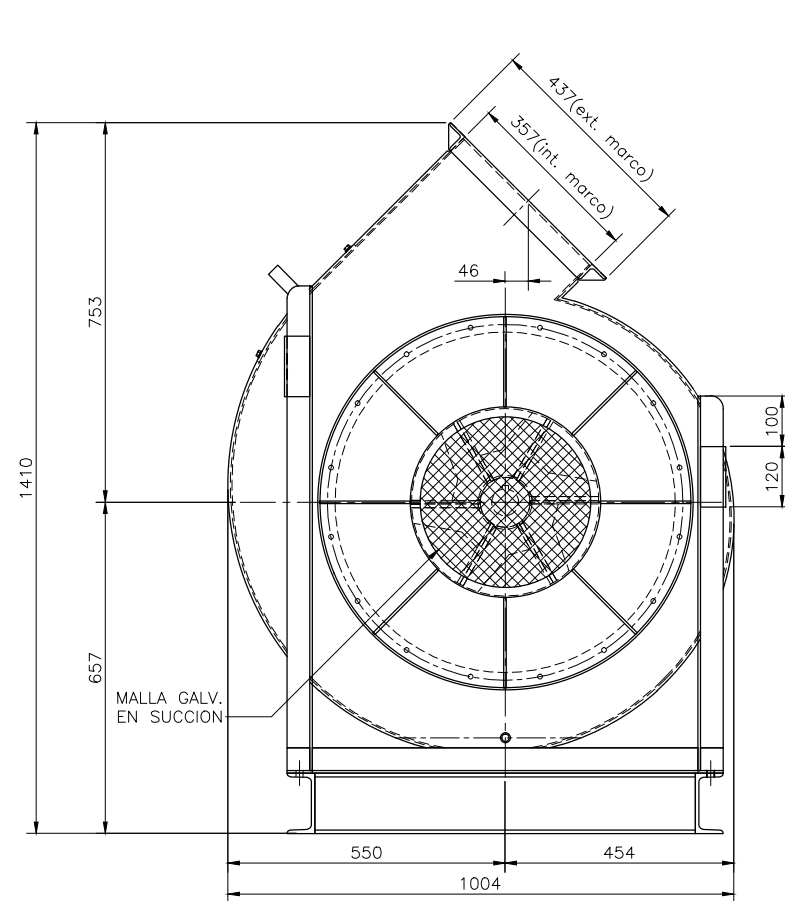
ESTRUCTURA			Hoja:	A-3
Dibujo/Diseño:	R.A. LOPEZ	DIC., 2016	Escala:	IND.
Revisó:	J.D./F.V.	DIC., 2016	Rev:	0
Aprobo:	J.D./F.V.	DIC., 2016	Pag:	1/1

1		2		3		4		5				
						LISTA DE MATERIALES						
						ITEM	CANT	DESCRIPCION	MAT	MARCA	PESO (Kg)	OBSERVACIONES
						3	1	EL ASTIL	ASTM A36	CDF4	68,14	
ESTRUCTURA DE DESCARGA CDF4 ESCALA 1:15						DETALLE 1 ESCALA 1:10						
SECCION A ESCALA 1:15						SECCION B ESCALA 1:15						
SECCION C ESCALA 1:5						SECCION D ESCALA 1:10						
SECCION E ESCALA 1:5						SECCION F ESCALA 1:5						
SECCION G ESCALA 1:5						SECCION H ESCALA 1:5						
						DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE UN FILTRO DE BANDA HORIZONTAL DE 80 TPH DE CONCENTRADO DE COBRE						
						Programa Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Mecatrónica						
						ESTRUCTURA DE DESCARGA CDF4						
						Dibujo/Diseño: R.A. LOPEZ DIC., 2016 Hoja: A-3						
Aprobo: J.D./F.V. DIC., 2016 Pag: 1/1						Reviso: J.D./F.V. DIC., 2016 Rev: 0						
						Escala: IND.						

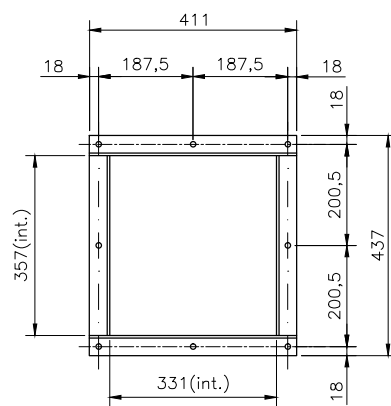




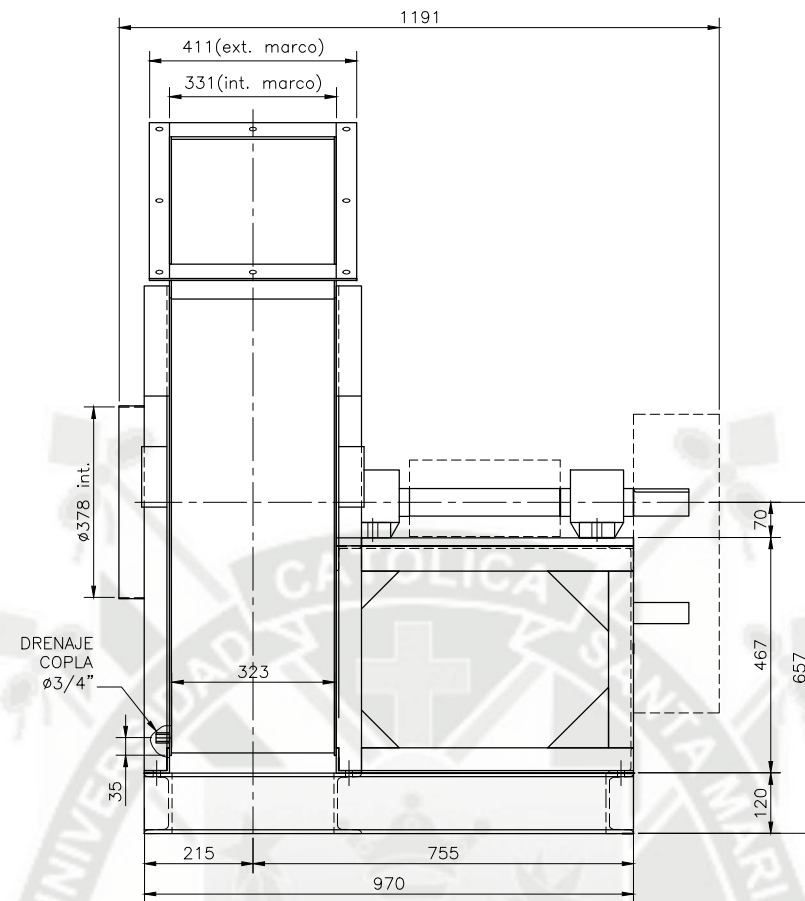




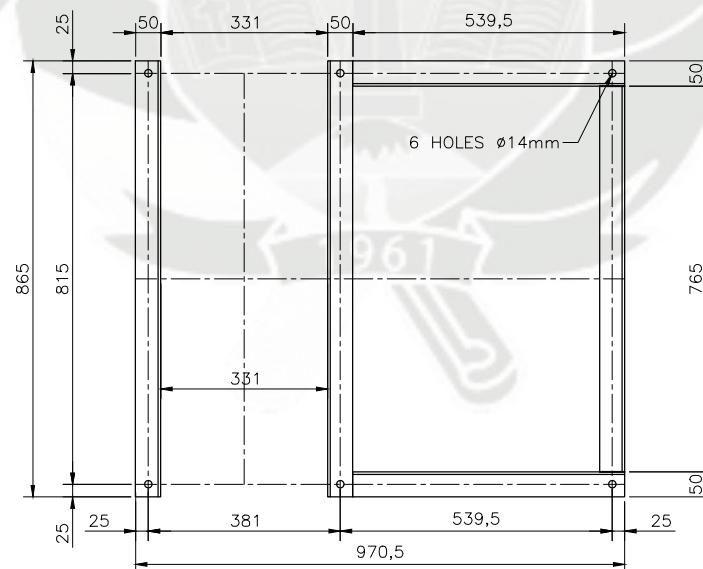
VISTA FRONTAL



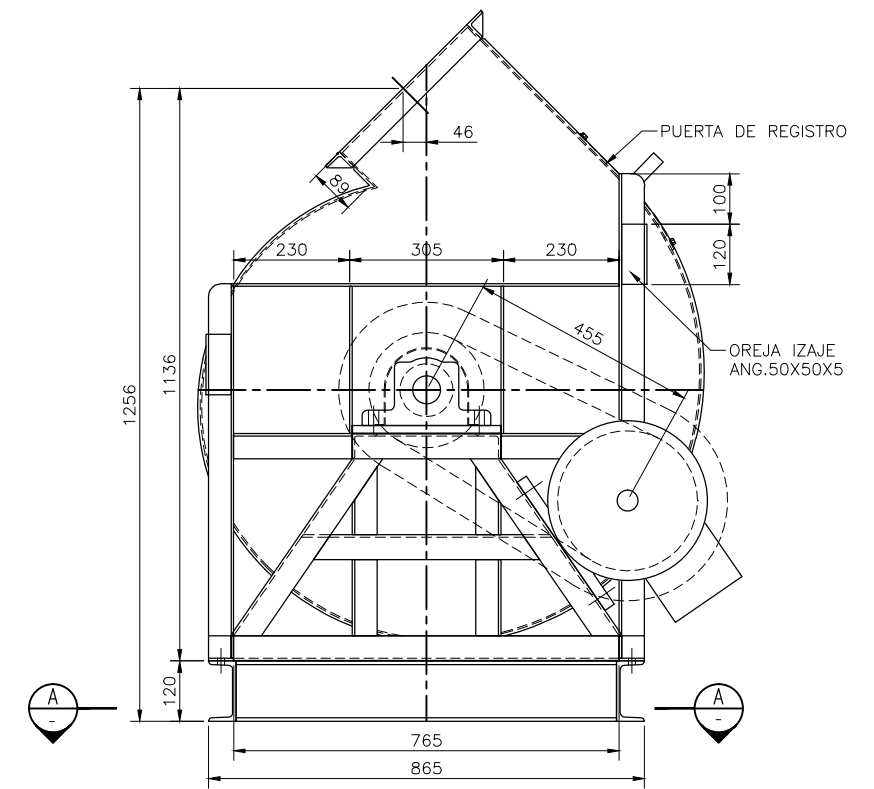
MARCO DE DESCARGA



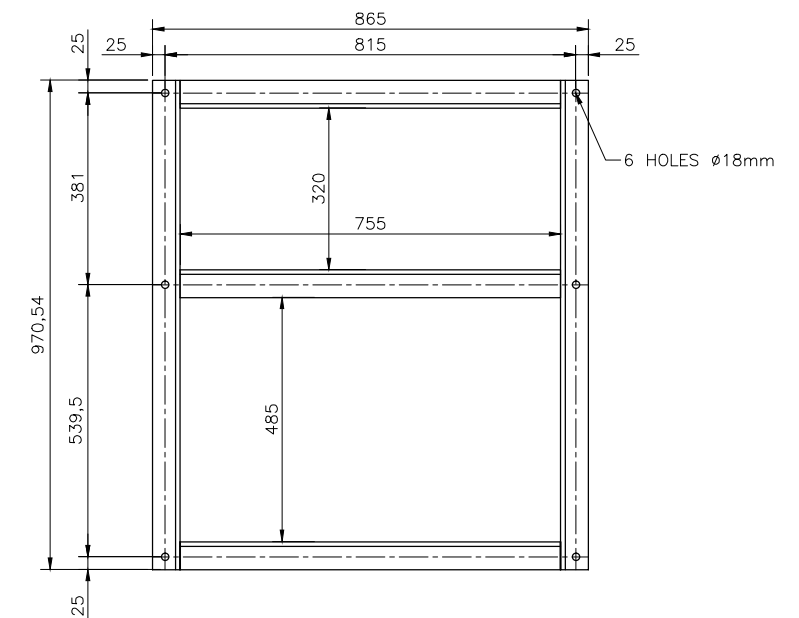
VISTA LATERAL



BASE VENTILADOR
L50X50X5mm



VISTA POSTERIOR



CORTE A-A PERFORACIONES ANCLAJE
UPN120X55X7mm

VENTILADOR INDRUSTRIAL	
CAUDAL DE DISEÑO	6500M3/HR
PRESION ESTATICA	300mmCA a Om. s.n.m.
POLEA RODETE	Ø3-5V-Ø9"
POLEA MOTOR	Ø3-5VØ-10.9"

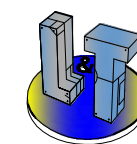
INGEVENT
WWW.INGEVENT.CL

MAESTRANZA L Y T
FABRICACION - MONTAJE
INDUSTRIAL Y MINERA

Diseño: DEPTO. INGENIERIA
Dibujó: DEPTO. INGENIERIA
Revisó: DEPTO. INGENIERIA
Aprobó: DEPTO. INGENIERIA

Rev.: 3
Formato: CARTA

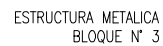
LOS LIBERTADORES
BLANCO 15 i 2
COLINA - SANTIAGO
F: 7840310 - 7840311
FX: 7840313



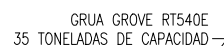
VENTILADOR INDUSTRIAL



1



CAPACIDADES NETAS DE GRÚAS – BOMBAS	RADIO 1	RADIO 2	RADIO 3	RADIO 4	RADIO 5
	16.0 m.				
CUADRO RADIO USADO:	16.0 m.				
LONGITUD DE BOOM UTILIZADO:	24.40 m.				
PLAN ACTUAL RADIOS:	15.27 m.				
CAPACIDAD DE CARGA:	3.56 TN				
PESO DE LA CARGA:	1.17 TN				
RIGGING:	0.085 TN				
DEDUCCIONES DE CAPACIDAD:	0.454 TN				
CARGA TOTAL A GRÚA:	1.71 TN				
CAPACIDAD DE LA GRÚA:	48%				



CAPACIDADES NETAS DE GRÓAS – BOMBAS	RADIO 1	RADIO 2	RADIO 3	RADIO 4	RADIO 5
	–	12.00 m	9.00 m		
CUADRO RADIO USADO:	–	12.00 m	9.00 m		
LONGITUD DE BOOM UTILIZADO:	–	24.40 m.	24.40 m.		
PLAN ACTUAL RADIOS:	–	10.17 m	8.02 m		
CAPACIDAD DE CARGA:	–	6.11 TN	9.40 TN		
PESO DE LA CARGA:	–	1.10 TN	1.10 TN		
RIGGING:	–	0.085 TN	0.085 TN		
DEDUCCIONES DE CAPACIDAD:	–	0.454 TN	0.454 TN		
CARGA TOTAL A GRÓA:	–	1.64 TN	1.64 TN		
CAPACIDAD DE LA GRÚA:	-	27%	17%		



PROYECCION

Dibujo/Diseño:	R.A.LOPEZ	DIC.,2016	Escala:	IND.
Reviso:	J.D./F.V.	DIC.,2016	Rev:	0
Aprovo:	J.D./F.V.	DIC.,2016	Pag:	1/1

A



PROYECCION

ESTRUCTURAL

Dibujo/Diseño:	R.A.LOPEZ	DIC.,2016	Escala:	IND.
Reviso:	J.D./F.V.	DIC.,2016	Rev:	0
Aprovo:	J.D./F.V.	DIC.,2016	Pag:	1/1

LISTA DE MATERIALES:	CARGA	CAPACIDAD	CANTIDAD	POR CADA UNO	PESO TOTAL
SILLA DE ACERO 1 1/2 " X 10 m	—	—	—	—	—
ESLINGAS POLYETER 2 CAPAS 4x4"x9 mts	0.45 TON	3.6 TON	4	19.0 Kg	76.0 Kg
GRILLETES 1"	0.45 TON	8.5 TON	4	2.3 Kg	9.2 Kg
ESTRUCTURA DE ELEVACIÓN	—	—	—	—	—

DETALLES DE LA GRUA		FABRICANTE	GROVE	MODEL N°	RT540E
BASE TIPO DE MONTAJE:	BALANCÍN	TRACTOR EXTRANJERO DISTANCIA: M.	6147X6095	CONFIGURACIÓN	ANGULO MAXIMO
TIPO DE LANZAMIENTO:	HA	CAPACIDAD DEL BLOQUE: T.	35TN	TIPO DE JIB:	50°
LONGITUD DE BOOM UTILIZADO:	24.40M	Ø DE LINEAS: MM.	19	LONGITUD DEL JIB:	N/A
--	--	--	--	--	--
DEDUCCIONES BRUTAS DE LA CAPACIDAD					
BLOQUE DE CARGA USADO (T)					262 Kg
CUERDA DE ALAMBRE					192 Kg
BLOQUE OPCIONAL					
OTRA (ESPECIFICAR)					

DEDUCCIÓN TOTAL DE LA CAPACIDAD BRUTA:					454 Kg
CAPACIDADES NETAS DE GRÚAS – BOMBAS	RADIO 1	RADIO 2	RADIO 3	RADIO 4	RADIO 5
	14.0 m.				
CUADRO RADIO USADO:	14.0 m.				
LONGITUD DE BOOM UTILIZADO:	24.40 m.				
PLAN ACTUAL RADIOS:	13.72 m.				
CAPACIDAD DE CARGA:	4.67 TN				
PESO DE LA CARGA:	1.61 TN				
RIGGING:	0.085 TN				
DEDUCCIONES DE CAPACIDAD:	0.454 TN				
CARGA TOTAL A GRÚA:	2.15 TN				
CAPACIDAD DE LA GRÚA:	46%				