



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

**TEMA: REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
FILTRO DE AGUA AUTOMÁTICO Y ESTUDIO PARA LA
DISMINUCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL AGUA EN EL CANAL.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

AUTOR: JASON STALIN CUEVA JIMÉNEZ

DIRECTOR: ING. FABIÁN VAREA VASCONEZ

QUITO, ENERO 2012

CERTIFICO

Yo, Ing. Fabián Varea certifico que el presente proyecto de tesis titulado “Rediseño y construcción de un sistema de filtro de agua automático y estudio para la disminución de la velocidad del agua en el canal de conducción” realizado para la obtención del título de ingeniero mecánico ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Jason Cueva Jiménez.

Atentamente,

Ing. Fabián Varea

Director de Tesis

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por brindarme un hogar cálido y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A mi Director de Tesis, Ing. Fabián Varea por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la culminación de este trabajo.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Índice

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación	3
1.4	Alcance	4
1.5	Objetivo general y objetivos específicos	5
1.6	Hipótesis	6
1.7	Metodología	6

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

2.1	Que es una central hidroeléctrica	8
2.2	Generación de energía mediante una central hidroeléctrica	10
2.3	Partes de una central hidroeléctrica	11
2.4	Características de una central hidroeléctrica	13
2.5	Ventajas e inconvenientes de las centrales hidroeléctricas	14
2.6	Turbina Pelton	15
2.7	Qué es la filtración	19
2.8	Captación de impurezas	20
2.9	Elementos que intervinieren en la filtración	20
2.10	Fuerza de filtración	21

2.11	Ventajas de la filtración	21
2.12	Análisis de la situación actual	22
2.13	Ventajas y desventajas de la situación actual	23

CAPITULO 3 FUNCIONAMIENTO Y SISTEMA DE FILTRAJE

3.1	Estructura del filtro actual	25
3.2	Método de filtración	28
3.3	Limpieza de filtro	30
3.4	Tratamiento de los desechos	31
3.5	Principio de funcionamiento	33
3.6	Ventajas y desventajas del funcionamiento	35
3.7	Soluciones a las desventajas del filtro - rediseño	37

CAPITULO 4 DISEÑO - CALCULOS TECNICOS Y DIMENSIONAMIENTO

4.1	Calculo del peso de la nueva malla	45
4.2	Comprobación del motor reductor y el eje	50
4.3	Características de la bomba (Experimentalmente)	59
4.4	Diseño estructural del filtro	62
4.5	Diagramas eléctricos del filtro	80

CAPITULO 5 ESTUDIO PARA LA DISMINUCION DE LA VELOCIDAD DEL AGUA EN EL CANAL

5.1	Análisis de la situación actual	85
5.2	Medición experimental y cálculo de la velocidad del agua en el canal	112
5.2	Datos recolectados	115
5.3	Resultado obtenido	122

CAPITULO 6 CÁLCULO DE COSTOS

6.1	Materiales, servicios externos y mano de obra	127
6.2	Calculo de costos totales del rediseño	132

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	Conclusiones	133
7.2	Recomendaciones	134
7.3	Glosario	135
7.4	Bibliografía	138
7.5	Anexos	139

[Anexo 1 Manual de operacion](#)

[Anexo 2 Manual de mantenimiento](#)

[Anexo 3 Tabla de perfiles T](#)

[Anexo 4 Tabla de perfiles L](#)

[Anexo 5 Tabla de formulas de momentos según la carga](#)

[Anexo 6 Tabla de cargas críticas para elementos a compresión](#)

[Anexo 7 Tabla de factores K](#)

[Anexo 8 Tabla de mallas de acero inoxidable](#)

[Anexo 9 Curvas de bomba de sistema de limpieza](#)

[Anexo 10 Coeficientes de rozamiento](#)

[Anexo 11 Propiedades mecánicas de los aceros](#)

[Anexo 12 Planos](#)

[Anexo 13 Fotos del filtro](#)



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

RESUMEN

El presente documento trata sobre el rediseño de un filtro de agua automático cuya finalidad es liberar de material flotante al agua que ingresa desde el Rio Monjas en Bocatoma y que fluye por el canal de conducción hacia las turbinas Pelton de la planta generadora de energía de la central hidroeléctrica de Vindobona.

La mayoría de material flotante que circula hacia el filtro es liviano ya que permanecen en la superficie, además las partículas más pesadas son separadas del agua en las piscinas desarenadoras que se encuentran ubicadas tanto en Bocatoma como en Desarenadores, en la parte previa al canal donde está ubicado el filtro.

El objetivo principal del filtro es evitar que material liviano llegue con el agua a las turbinas provocando daños en el sistema de control de caudal de agua, en los rodetes, agujas toberas, etc. lo que implica tiempos perdidos en mantenimiento y consecuentemente paros en la generación de energía.

El filtro al poseer un sistema de funcionamiento automatizado garantiza que puede trabajar durante largos periodos sin la necesidad de un monitoreo constante.

Además el proyecto incluye un estudio sobre la disminución de la velocidad del agua en el canal, esto con la finalidad de analizar si es factible realizarlo y los beneficios y consecuencias que conlleva esta modificación para determinar parámetros de funcionamiento y estándares de operación.

Consta de un estudio completo de la central hidroeléctrica Vindobona a partir del cual se toma una decisión final.

Finalmente se espera que con este estudio se pueda mejorar algunos procesos como las desarenadas y que con ayuda del filtro se disminuya en un porcentaje bastante alto la cantidad de material flotante que transporta el agua.

CAPITULO 1

1.1 Introducción

El presente proyecto trata sobre el rediseño de un filtro de agua automático cuya finalidad es liberar de material flotante al agua que ingresa desde Bocatoma y que fluye por el canal de conducción hacia las turbinas Pelton de la planta generadora de energía de la central hidroeléctrica de Vindobona.

La mayoría de material flotante que circula hacia el filtro es liviano ya que permanecen en la superficie, además las partículas más pesadas son separadas del agua en las piscinas desarenadoras que se encuentran ubicadas tanto en Bocatoma como en Desarenadores, en la parte previa al canal donde está ubicado el filtro.

El objetivo principal de la implementación de este filtro es evitar que material liviano llegue con el agua a las turbinas provocando daños en el sistema de control de caudal de agua y en los rodetes, lo que implica tiempos perdidos en mantenimiento y consecuentemente paros en la generación de energía.

El filtro al poseer un sistema de funcionamiento automatizado garantiza que puede ser programado para trabajar durante largos periodos sin la necesidad de un monitoreo constante y además programar la limpieza, por ejemplo cada tres horas en verano donde hay menor caudal de agua e impurezas en el río o cada hora en temporada de invierno donde tenemos más caudal y por lo tanto se arrastra mayor cantidad de material flotante.

Además el proyecto incluye un estudio sobre la disminución de la velocidad del agua en el canal, esto con la finalidad de analizar si es factible realizarlo y los beneficios y consecuencias que conlleva esta modificación para determinar parámetros de funcionamiento y estándares de operación.

1.2 Planteamiento del Problema

En el ambiente del proyecto se tiene una planta hidroeléctrica constituida básicamente por un sistema de captación del agua del río Monjas en bocatoma, desarenadores, canales de conducción, tanque de presión, tubería de presión y casa de máquinas, en el agua se tienen impurezas y en este caso al trabajar con aguas provenientes de un río la cantidad de material sólido es elevada, además al estar descubierto el canal se encuentra expuesto a la posibilidad de que algún desecho sea llevado hasta el agua por diferentes medios. En los tanques desarenadores es donde se retiran ciertas impurezas como arena y sedimentos pesados provenientes del material decantado del agua que se dirige hacia el ducto que conduce el fluido a las turbinas, pero sin embargo existe material liviano que se mantienen en la superficie; desechos que por su densidad y composición no se quedan en los desarenadores y que por tal razón se dirigen hacia el canal, ejemplos de estos materiales son fundas, piedra pómez, botellas, plásticos, hojas, etc. Estos materiales se debe evitar que atraviesen el canal.

Con el rediseño del filtro se pretende atrapar el material flotante para evitar que llegue a las turbinas, provocando un daño grave a esta turbo máquina fundamentalmente en la tobera, aguja, deflector y rodete.

En complemento con el estudio para la disminución de la velocidad del agua en el canal el objetivo es analizar la mejor alternativa para acelerar el proceso de desarenado en Bocatoma minimizando tiempos, y disminuir el caudal de trabajo que afecta directamente a la velocidad, evitando el arrastre excesivo de material flotante.

1.3 Justificación

La solución más adecuada fue la implementación de un filtro automático y evitar que material flotante llegue a las turbinas por lo tanto lo que hay que hacer es mejorar el sistema de filtración a través de un filtro totalmente automatizado y que se mantenga funcionando permanentemente

El filtro está constituido por dos mallas para la recolección de los desechos activadas bajo un mecanismo motorizado, bandeja recolectora, bomba para la limpieza de las mallas que es un sistema de limpieza automático activado cada cierto intervalo de tiempo y que utiliza el agua del mismo canal.

Además al estar automatizado será una propuesta interesante, ya que no se requiere tener a una persona permanentemente revisando el funcionamiento del equipo, basta con iniciar el proceso y ponerlo en marcha, consta de alarmas para que en el caso que se presente algún desperfecto o fallo, se emita una señal que alerte a la persona encargada y se proceda a revisar el problema.

El rediseño de este filtro es satisfacer la necesidad de impedir que pase material flotante hacia el ducto de agua que se dirige a las turbinas, evitando cualquier inconveniente que se pueda presentar y garantizando el buen funcionamiento de las turbinas. Un aporte importante para el rediseño es saber que una forma de disminuir la cantidad de partículas que llegan hacia los desarenadores es a través de disminuir la velocidad del agua desde el punto de captación, esto se va a analizar en el estudio sobre la disminución de la velocidad del agua en el canal de conducción.

1.4 Alcance

El Filtro tiene la capacidad de recolectar diferentes tipos de desechos livianos que por lo general se mantienen en la superficie del agua como por ejemplo fundas, botellas, hojas, piedra pómez, etc. y gracias a su limpieza automática facilita la tarea de mantenimiento de las mallas.

En el canal en la parte donde se encuentra ubicado el filtro la velocidad promedio determinada del agua es de 0.7 m/s, el objetivo es analizar alternativas para disminuir dicha velocidad para tener una mejor captación en las mallas y aminorar la cantidad de material que es arrastrado por la corriente, además el filtro cubre en su mayoría el canal lo que permite acumular los escombros en la malla, permitiendo así poder liberar de material flotante al fluido. Mediante este método filtrante se tendrá una limpieza del fluido en un 95% con obvias expectativas de mejorarlo gracias a sus dos mallas que cubren la totalidad del área por donde fluyen los desechos, podría decirse limpiando de una manera eficiente y completa.

Al tener en funcionamiento estas dos mallas se evita que pasen las impurezas superficiales, y al momento de la limpieza de cada una de ellas se garantiza que por lo menos una quede filtrando el agua del canal, evitando así que al momento de limpiar quede sin filtración el canal.

Además al ser automatizado hay más confianza en el desarrollo del proceso de limpieza, esta es de manera periódica dependiendo de las condiciones climáticas y también presenta un sistema de alarma en el caso de que haya algún inconveniente o daño.

Adicionalmente al realizar el estudio de disminución de la velocidad del agua en el canal desde el punto de captación lo que se hace es disminuir la cantidad de material que es arrastrado, así habrá una mejor filtración y captación optimizando la eficiencia del filtro, adjunto a este estudio se hará énfasis en el efecto que tiene el nivel de agua con el que se trabaja y el rebose antes del tanque de presión en la generación de energía.

1.5 Objetivo General y Objetivos Específicos

Objetivo General

- Rediseñar y Construir un filtro de agua automático con la finalidad de evitar que ingrese material flotante al ducto de agua que se dirige a las turbinas y realizar el estudio para disminuir la velocidad del agua en el canal.

Objetivos Específicos:

- Comprobar el beneficio que representa la implementación de este filtro en el área de desarenadores.
- Demostrar que este filtro fue la mejor solución que se encontró para solucionar esta necesidad.
- Demostrar que esta propuesta automatizada es una excelente alternativa para facilitar la operación y optimizar el proceso de filtración.
- Comprobar que la capacidad de recolección de material liviano es optima, y cumple con las expectativas.
- Analizar el nivel de limpieza que tiene el agua del canal después de haber atravesado el filtro.
- Analizar el efecto que tiene la disminución de la velocidad del agua tanto en la captación de desechos en el filtro como en el tanque de presión y la generación de energía en la hidroeléctrica.

1.6 Hipótesis

La construcción e implementación de un filtro en el área de desarenadores, impide el paso de material ligero hacia el ducto de agua que se dirige a las turbinas de la planta generadora de electricidad, evitando de esta manera que ocurra algún fallo en el rodete, en las agujas, etc.

- Beneficios obtenidos con la implementación del filtro.
- Cantidad de presupuesto, inversión, gastos, ahorro, y ganancias que genera la mejora en la eficiencia del filtro (rentabilidad).

1.7 Metodología

Tipo de estudio

Estudios explicativos.- Buscan encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Su objetivo último es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste.

Están orientados a la comprobación de hipótesis causales de tercer grado; esto es, identificación y análisis de las causales (variables independientes) y sus resultados, los que se expresan en hechos verificables (variables dependientes).

Estudios observacional.- Consiste en recopilar datos primarios a partir de la observación de personas, acciones y situaciones pertinentes, conociendo la situación en la que nos encontramos. Por ejemplo, observar que tipo de desechos son los que se encuentran con más frecuencia, a qué horas son las que más desechos atraviesan el canal, observar si siempre se mantiene la misma cantidad de agua es decir la misma altura, o esta es variable, etc.

Este enfoque tiene varios métodos de aplicación, los ejemplos anteriores describen la observación cuando se produce naturalmente, pero también se

pueden realizar ejercicios simulados. Además puede ser estructurada, cuando el investigador tiene presente qué es lo que se debe observar, o no estructurada, cuando el investigador a su juicio decide qué es lo que debe observar.

En otros casos, la investigación a través de la observación no será suficiente para la toma de decisiones, por lo cual se habrán de aplicar otros enfoques.

Estudios correlacionales.- El investigador pretende visualizar cómo se relacionan o vinculan diversos fenómenos entre sí, o si por el contrario no existe relación entre ellos. Lo principal de estos estudios es saber cómo se puede comportar una variable conociendo el comportamiento de otra variable relacionada (evalúan el grado de relación entre dos variables).

Métodos de investigación

La inducción consiste en ir de los casos particulares a la generalización; se inicia por la observación de fenómenos particulares con el propósito de llegar a conclusiones y premisas generales.

La deducción, en ir de lo general a lo particular; se inicia con la observación de fenómenos generales con el propósito de señalar las verdades particulares. El proceso deductivo no es suficiente por sí mismo para explicar el conocimiento. Es útil principalmente para la lógica y las matemáticas, donde los conocimientos de las ciencias pueden aceptarse como verdaderos por definición.

La inducción solamente puede utilizarse cuando a partir de la validez del enunciado particular se puede demostrar el valor de verdad del enunciado general.

Al demostrar cómo se evita el paso de escombros al ducto por la utilización del filtro se depende de un método deductivo; y utilizo un método inductivo al demostrar que esta propuesta es la mejor opción para lograr la meta.

CAPITULO 2

2.1 Que es una Central hidroeléctrica

“En general, las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico. El agua en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador donde se transforma en energía eléctrica.”¹

Una central hidroeléctrica es aquella que genera electricidad a partir del uso del agua como fuerza motriz. Para ello, utiliza cuatro elementos fundamentales: agua, caída, turbina y generador. Primero se reúne el agua disponible ya sea de lagunas, ríos, lagos, etc., y se conducen a un canal para luego ser ubicada de tal forma que proporcione la altura que suministra la caída.

El agua es conducida por túneles o canales y luego por una tubería de presión de acero muy resistente y de un diámetro adecuado para el caudal de agua que se requiere, por toda la pendiente de la colina. Esta caída es la base fundamental de las centrales hidroeléctricas ya que, junto con la presión del agua, dan la potencia necesaria para mover las ruedas hidráulicas.

El agua llega a una estación de distribución desde donde pasa por una cámara de válvulas hacia las turbinas. Desde que el agua ingresa a la estación de distribución ya está en la central misma es decir, en la casa de máquinas.

¹ INTERNET, http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica, “Central Hidroeléctrica”

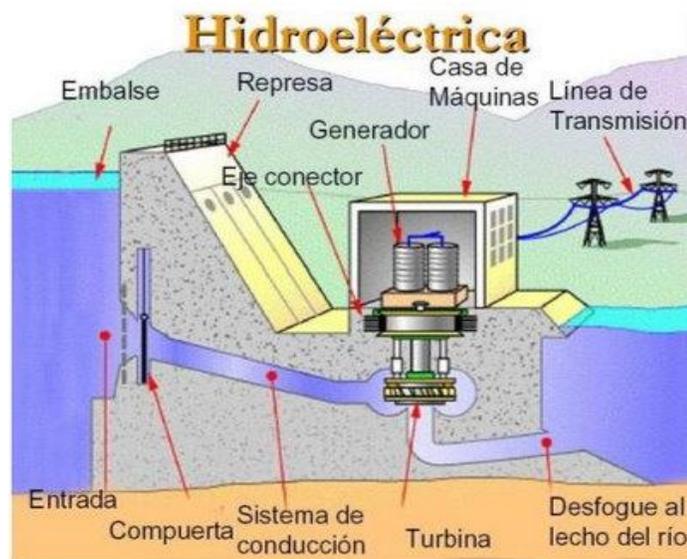
Luego, el agua es inyectada a las turbinas y con la fuerza que provee la caída del agua las turbinas empiezan a transmitir el movimiento y hacen girar a través de ejes a los generadores.

En los generadores es donde se produce la electricidad: la energía mecánica se convierte por polarización de electrones en energía eléctrica.

La electricidad generada pasa por los transformadores y se conduce al exterior de la central hacia una estación de salida donde se hallan los interruptores que se conectan a las líneas de transmisión. Estas son las encargadas de llevar la electricidad a las ciudades a través de los cables y las torres de alta tensión.

Las centrales son comandadas desde una sala de mando desde donde se sincronizan y se regulan todas las acciones y maniobras que se requieren. En si la función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica.

El esquema general de una central hidroeléctrica puede ser:



Dibujo esquemático de una central Hidroeléctrica

En síntesis un sistema de captación de agua provoca un desnivel que origina una cierta energía potencial acumulada. El paso del agua por la turbina desarrolla en la misma un movimiento giratorio que acciona el alternador y produce la energía eléctrica.

2.2 Generación de energía mediante una central hidroeléctrica

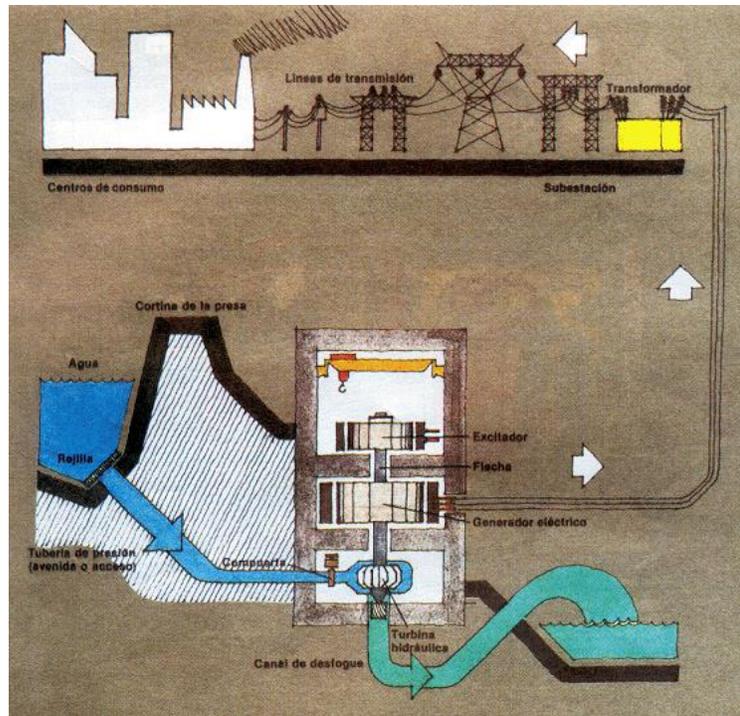
En resumen, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía como en este caso la energía mecánica provocada por el agua que actúa sobre los alabes de la turbina en energía eléctrica con la finalidad de satisfacer la necesidad de la humanidad. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas **centrales hidroeléctricas**, que ejecutan alguna de las transformaciones mencionadas. Estas constituyen el primer paso del sistema de suministro eléctrico.

Desde que se descubrió la corriente alterna y la forma de producirla en los alternadores, se ha llevado a cabo una considerable actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, por lo que, junto a la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, se han montado sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución. Sin embargo, el beneficio ha sido y sigue siendo muy desigual en todo el planeta.

“Una central hidroeléctrica es aquella que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. Son el resultado actual de la evolución de los antiguos molinos que aprovechaban la corriente de los ríos para mover una rueda.”²

En general, estas centrales aprovechan la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico. El agua en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador donde se transforma en energía eléctrica.

² CENTRALES HIDROELECTRICAS, Juárez C. José, Año 2000, Cuarta Edición, Pg. 30



Dibujo esquemático de una central Hidroeléctrica

2.3 Partes de una central hidráulica

Las principales partes de una central de este tipo son:

- **Presa**

La presa se encarga de mantener el agua en un nivel alto para garantizar que tenga fuerza suficiente como para mover las turbinas. Es una barrera construida en el cauce del río para retener y almacenar su agua, en la pared de la presa se encuentran los desagües que sirven para controlar el agua que se deja pasar río abajo.

- **Turbinas**

Las turbinas se encargan de hacer girar el generador cuando reciben la fuerza del agua.

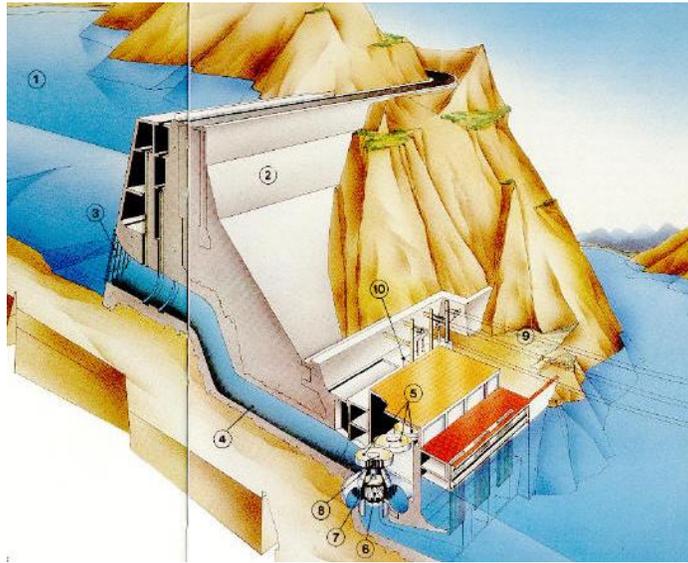
- **Generador**

Es el encargado de transformar la energía cinética del agua en energía eléctrica.

Otras partes también importantes son:

- Embalse
- Rejas y limpia rejas
- Válvulas y compuertas
- Las tuberías que llevan el agua desde la presa hasta las turbinas.
- Casa de turbinas / Casa de máquinas
- Subestaciones eléctricas
- Líneas eléctricas

En el siguiente dibujo podemos ver las partes de una central hidroeléctrica.



Dibujo esquemático de una central Hidroeléctrica

- | | | |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Agua | 5. Conjunto turbina-alternador | 9. Líneas eléctricas |
| 2. Presa | 6. Turbina | 10. Subestación eléctrica |
| 3. Rejas filtradoras | 7. Eje | |
| 4. Tubería forzada | 8. Generador | |

2.4 Características de una central hidroeléctrica

Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son dos principalmente:

- **La potencia**, que depende del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo aprovechado por las turbinas, además de las características de las turbo máquinas y de los generadores usados en la transformación.

- **La energía** que genera la planta debe satisfacer las necesidades que tiene la sociedad. Así como también se debe garantizar una generación constante de energía.

La potencia de una central puede variar desde unos pocos W (vatios), como en el caso de las mini centrales hidroeléctricas hasta centrales con gran capacidad en MW.

Las centrales hidroeléctricas y las centrales térmicas producen la energía eléctrica de una manera muy similar. En ambos casos la fuente de energía es usada para impulsar una turbina que hace girar un generador eléctrico, que es el que produce la electricidad. Una Central térmica de tipo turbina, a partir de agua produce vapor que acciona las paletas de la turbina, en diferencia con la planta hidroeléctrica, la cual usa la fuerza del agua directamente para accionar la turbina.

2.5 Ventajas e inconvenientes de las centrales hidroeléctricas

Ventajas

- No contamina a la atmósfera
- No requieren combustible, usan una forma renovable de energía, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita.
- A menudo puede combinarse con otros beneficios, como riego, protección contra las inundaciones, suministro de agua, caminos, navegación y aún ornamentación del terreno y turismo.
- Los costos de mantenimiento y explotación son bajos.
- Las obras de ingeniería necesarias para aprovechar la energía hidráulica tienen una duración considerable.
- La turbina hidráulica es una máquina sencilla, eficiente y segura, que puede ponerse en marcha y detenerse con rapidez y requiere poca vigilancia siendo sus costes de mantenimiento, por lo general, reducidos.

Inconvenientes

- Las instalaciones producen un gran impacto visual.
- La construcción de presas es muy costosa.
- La obra civil e inversión inicial es muy costosa.
- El emplazamiento, determinado por características naturales, puede estar lejos del centro o centros de consumo y exigir la construcción de un sistema de transmisión de electricidad, lo que significa un aumento de la inversión y en los costos de mantenimiento y pérdida de energía.
- La construcción lleva, por lo común, largo tiempo en comparación con la de las centrales termoeléctricas.
- La disponibilidad de energía puede oscilar de estación en estación y de año en año dependiendo de las condiciones climáticas.

2.6 Turbina Pelton

“Una turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica.”³

Es una turbo máquina motora, de flujo trasversal y de acción. Formada por un rodete o rotor dotado de paletas en su periferia, las cuales están especialmente diseñadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las mismas, estas poseen un perfil aerodinámico que logra que se dé la menor resistencia al paso del fluido por los alabes y obtener un trabajo mucho más eficiente.

Las turbinas Pelton están diseñadas para explotar grandes saltos hidráulicos de bajo caudal. Las centrales hidroeléctricas dotadas de este tipo de turbina cuentan la mayoría de las veces con una larga tubería llamada tubería de presión para transportar al fluido desde grandes alturas, a veces de hasta más

³ INTERNET, http://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_Pelton

de doscientos metros. Al final de la tubería de presión se suministra el agua a la turbina por medio de una o varias válvulas de aguja, también llamadas inyectores, los cuales tienen forma de tobera para aumentar la velocidad del flujo que incide sobre las cucharas.

Las turbinas Pelton se clasifican generalmente por la posición del eje que mueven, por lo tanto existen dos clasificaciones: Eje horizontal y Eje vertical.



Excitatriz

Generador

**Volante de
inercia**

Turbina Pelton de la central hidroeléctrica en Vindobona



Turbina

Cojinete

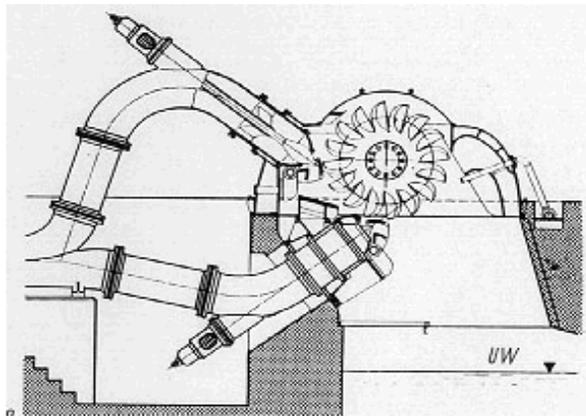
Turbina Pelton de la central hidroeléctrica en Vindobona



Nueva turbina Pelton de la central hidroeléctrica en Vindobona

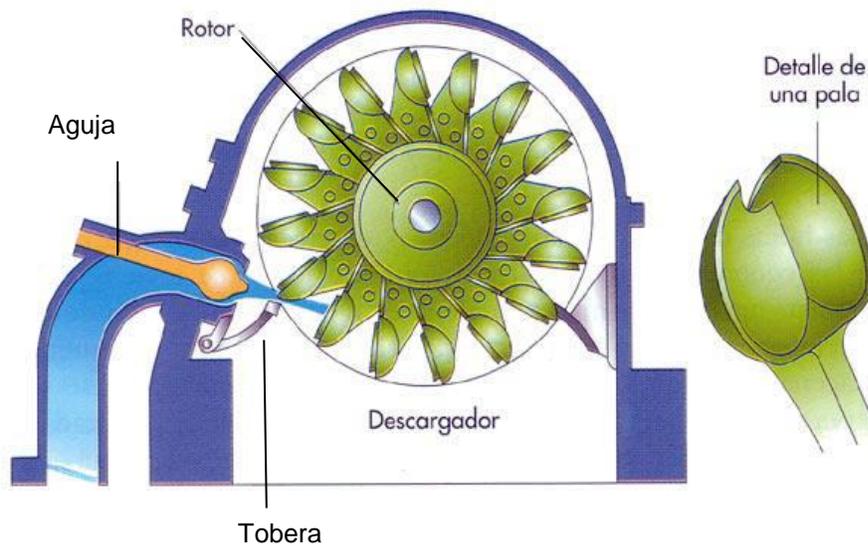
Turbina Pelton: Disposición vertical

Con este tipo de distribución solo se pueden instalar turbinas de uno o dos chorros como máximo, debido a la complicada instalación y mantenimiento de los inyectores. Sin embargo, en esta posición, la inspección de la rueda en general es más sencilla, por lo que las reparaciones o desgastes se pueden solucionar sin necesidad de desmontar la turbina.



Turbina Pelton: Disposición horizontal

En esta posición se facilita la colocación de alimentación en un plano horizontal y con esto es posible aumentar el número de chorros sin aumentar el caudal y tener mayor potencia. Se disminuye la longitud entre la turbina y el generador, disminuyendo así las excavaciones y el diámetro de la rueda para aumentar la velocidad de giro. Se debe hacer referencia que en la disposición vertical, se hace más difícil y, por ende, más caro su mantenimiento, lo cual nos lleva a que esta posición es más conveniente para aquellos lugares en donde se tengan aguas limpias y que no produzcan gran efecto abrasivo sobre los álabes ya que el daño que producen las partículas que chocan con los alabes tienen un gran efecto.



Esquema del ingreso de fluido hacia las paletas del rotor

2.7 Qué es la Filtración

La filtración se define como la separación de uno o más elementos sólidos de un fluido, mediante el paso de la mezcla a través de un mecanismo poroso filtrante, llamado filtro.

*“La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y disueltos presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso”.*⁴

El avance logrado por la técnica de filtración es el resultado de un esfuerzo conjunto dirigido a lograr que la teoría exprese los resultados de las investigaciones experimentales, de tal modo que sea posible prever, en el diseño, cómo va a operar la unidad de filtración en la práctica

⁴ FILTRACIÓN DE FLUIDOS, Ing. Víctor Maldonado Yactayo, Tercera Edición, 1998

2.8 Captación de impurezas

La filtración es un proceso en el cual las partículas sólidas que se encuentran en un fluido líquido o gaseoso se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido a través de él, pero retiene las partículas sólidas esto es lo que denominamos la captación de impurezas. Como se verá en este proyecto el punto principal es la captación de las impurezas en el canal de agua que se dirige a las turbinas.

El proceso de filtración era ya conocido desde hace mucho tiempo atrás donde se obtenía agua clara de un manantial turbio haciendo un agujero en la arena de la orilla a profundidad mayor que el nivel del agua. El agujero se llenaba de agua clara filtrada por la arena. Este solo es un ejemplo de cómo se empezó todo este proceso de filtración y sus bases en las cuales se ha fundamentado para desarrollarse. El mismo procedimiento, perfeccionado y a gran escala, ha sido usado durante más de cien años para clarificar el agua de las ciudades y en este caso específico para liberar de impurezas y desechos al canal de desarenadores a partir del cual se dirige el agua hacia las turbinas, esto se logra implementando el filtro automatizado que se presenta.

2.9 Elementos que intervienen en la filtración

Los elementos que intervienen en la filtración son:

- Un medio filtrante
- Un fluido con sólidos en suspensión
- Una fuerza, una diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar
- Un dispositivo mecánico, llamado filtro que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza.

2.10 Fuerzas de filtración

El fluido atravesará el medio filtrante sólo cuando se le aplique una fuerza, que puede ser causada por la gravedad, la centrifugación, la aplicación de una presión sobre el fluido por encima del filtro, o como en el presente caso gracias a la misma corriente de fluido que se maneja en el canal.

Esta fuerza de filtración es un factor muy importante en el proceso de captación de impurezas ya que se requiere la velocidad y la fuerza adecuada para poder lograr una recolección eficiente.

En el caso de haber una velocidad y fuerza demasiado alta puede llegar a estropear la malla del filtro y deformarla impidiendo así que cumpla con su objetivo, y por consecuencia evitando que se puedan recolectar los desechos de la manera correcta. Y si en cambio estos factores de velocidad y fuerza son demasiado bajos puede darse que no permite que los desechos se adhieran a la malla y en este caso todo se empezaría a ir al fondo; por eso es el hecho de que se debe tratar de tener una velocidad del fluido y una fuerza de filtración lo más adecuada posible de acuerdo a las características del filtro para poder garantizar el trabajo eficiente y productivo del equipo.

2.11 Ventajas de la filtración

La principal ventaja que ofrece con la filtración del agua es que de esta manera se evita que un sin número de desechos tanto orgánicos como inorgánicos como por ejemplo piedra pómez, fundas, plumas, etc. atraviesen el ducto de conducción de agua hacia las turbinas provocando algún taponamiento en la tubería de distribución del agua, o provocando algún daño en los elementos la turbina como los inyectores, los alabes, etc.

Además mediante la eliminación de impurezas se garantiza que el agua de desborde previo a la tubería de distribución hacia las turbinas, no esté lleno de impurezas provocando daños al medio ambiente y afectando al entorno.

En general la filtración del agua tiene mucha aplicación ya que mediante esta se elimina todos los desechos o impurezas que existen en el fluido, y como se sabe se tiene aplicaciones tanto industriales como domesticas.

2.12 Análisis de la situación actual

En la situación actual del filtro tenemos los siguientes puntos a consideración:

- El filtro se encuentra instalado y funcionando.
- No se encuentra automatizado es prácticamente un proceso manual, esto se lo puede ver en el proceso de limpieza.
- Al momento de levantar una de las mallas para limpieza se da que las dos mallas llegan a un mismo punto de elevación, momento en el cual las impurezas pasan libremente a través del canal. Se debe evitar que el canal quede sin protección, debe permanecer siempre limpiando de material flotante.
- Las mallas debido a la fuerza del agua han venido a pandearse y a deformarse. Se debe cambiar estas y mejorar el sistema de las mallas para evitar deformaciones.
- Las flautas de limpieza al ser activadas simultáneamente pierden potencia en su limpieza por tanto efectividad, además no se logra limpiar por completo la malla.
- Adicional a lo anterior, las flautas de limpieza permanecen estáticas lo que dificulta un poco la limpieza total del filtro.
- Existe juego en los canales guía de las mallas, lo que provoca una subida irregular de las mismas.
- El sistema de salida de material flotante a través de las bandejas de cada malla no posee un sistema de alimentación de agua para facilitar la limpieza de la misma, lo que provoca que algunos desechos se queden estancados en la bandeja, evitando de esta manera el paso de otros hacia la bandeja de desechos.

Estos son algunos de los aspectos que caracterizan la situación actual en las que se encuentra el filtro, a partir de estas condiciones habrá mejoras pertinentes y se va a analizar si cada uno de los elementos y equipos que han sido colocados fueron elegidos correctamente.

2.13 Ventajas y desventajas de la situación actual

Ventajas:

- Existe buena captación de material liviano en las mallas del filtro.
- Se está evitando que atraviesen impurezas hacia el ducto que se dirige al tanque de presión y luego hacia las turbinas.
- Posee un sistema de alarma que emite una señal cuando se ha dado el mal funcionamiento de la malla en el proceso de limpieza.
- El sistema de limpieza conformado por la bomba cumple los requerimientos de presión y caudal.
- La estructura utilizada para la implementación del filtro ha sido elegida adecuadamente.
- El motor reductor cumple con su función de generar el torque necesario para levantar las mallas junto con el material recolectado.

Desventajas:

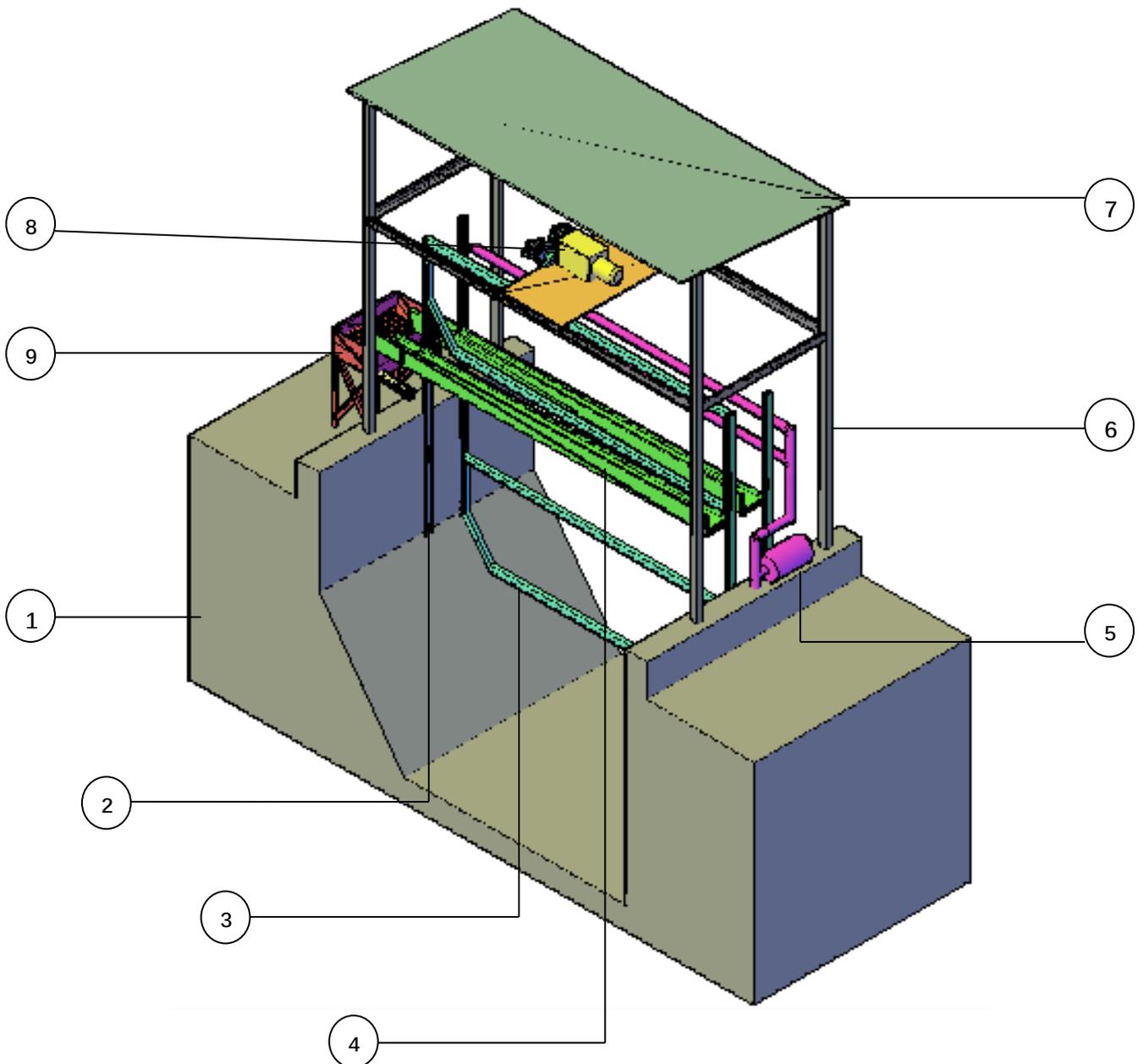
- Existe demasiado juego en el canal que aloja la malla.
- La disposición de las flautas de limpieza de las mallas no se encuentran en la posición adecuada, ya que no se obtiene la limpieza total.
- No se encuentra totalmente automatizado por lo que se requiere que siempre haya un operador en la máquina.
- En ocasiones la malla por fallo en el mecanismo de movimiento sube demasiado activando la alarma falsamente.

- El sistema de automatización requiere ciertos ajustes para coordinar el funcionamiento sistematizado del equipo.
- El caudal actual al cual se trabaja genera una velocidad alta del fluido en el canal lo que tiene su efecto en la captación de las impurezas.
- La recolección de sólidos se la realiza en un tanque grande, donde se debería separa los desechos orgánicos de los inorgánicos y darles el tratamiento adecuado para evitar contaminación del medio ambiente.

CAPITULO 3

3.1 Estructura del filtro actual

A continuación está el esquema del filtro con cada una de sus partes detalladamente especificando su función en el sistema.



Detalle de cada una de las partes que conforman el filtro:

- 1. Canal.-** Esta construido de concreto, es el canal por donde circula el agua que se dirige primero hacia otra piscina donde se elimina un poco más el material flotante, luego por medio de un ducto se conduce hacia el tanque de presión y posteriormente hacia el ducto que lleva el agua hacia las turbinas.
- 2. Guía de malla.-** Construida de perfil en C de acero de 1 1/2" x 1/2" x 1/8 ", su función principal es la de servir de guía para la malla, y así poder lograr que suba hasta cierto límite con ayuda del moto reductor. En estas guías se encuentran colocados fines de carrera para poder evitar que suba demasiado la malla. Gracias a esta guía garantiza que la malla cumpla correctamente con su función. Este canal debe estar siempre lubricado para evitar que en algún momento la malla se trabe en el recorrido y evitar también la corrosión del perfil generándose desgaste y por lo tanto ya no cumpliría con su función.
- 3. Malla.-** Su estructura está conformada por perfil WT 1 ¼ x 1/8" la cual nos sirve de apoyo para poder colocar la malla de acero inoxidable, la cual es la que cumple la función de recolectar el material flotante del canal. Esta malla tiene la característica de poder recolectar el material flotante pero a su vez permitiendo que el flujo normal del agua manteniendo el caudal sin variaciones.

Las dimensiones de la malla son las siguientes: Largo 2830 mm y Ancho 800 mm. Además está dividida en tres parte equidistantes sobre las cuales va ubicada la malla de acero inoxidable encargada de la recolección del material liviano que circula por el agua.
- 4. Bandeja recolectora.-** Construida de tool galvanizado de 1/32", su función es la de recolectar el material liviano que se encuentra en la malla y que por consecuencia de la limpieza se desprenden depositándose de esta manera

en la bandeja. Además esta bandeja recolectora dirige los desechos hacia otro recolector donde se acumula el material liviano para posteriormente ser llevado con el resto de los desechos a una fosa en la cual son separados los materiales inorgánicos (como plásticos, fundas, etc.) de los orgánicos.

- 5. Sistema de Limpieza.-** Este sistema de limpieza está compuesto por una bomba, una válvula de pie, tubería de succión, tubería de descarga y válvulas para manipular el ingreso de agua por cada flauta de distribución. El objetivo de este sistema es liberar del material flotante a las mallas llevándolo a la bandeja recolectora.

Las características de la bomba son las siguientes:

Q (Caudal)	20 – 120 lt/min
V (Voltaje)	220 v
P (Potencia)	2 hp
H máx. (Altura máx.)	48 m
H min (Altura min.)	38.5 m

- 6. Armadura de filtro.-** Esta estructura es donde se apoya principalmente todo el filtro, son cuatro parantes principales que son de perfil C 100 x 50 mm los cuales están anclados al piso, además también consta de un marco de perfil L 2 x 2 x 1/8” el cuál sirve para poder anclar el motor.

Esta estructura también soporta el eternit que sirve de protección contra viento y lluvia al motor reductor y a todo el sistema de transmisión de movimiento.

- 7. Techo.-** Esta conformado por eternit, el objetivo principal de este es proteger del agua al motor reductor con todo el conjunto que proporciona el movimiento a las mallas.

8. Sistema de movimiento.- Este sistema es el encargado de transmitir el movimiento del motor hacia el reductor, y a través de este hacia los ejes mediante los engranajes donde también se encuentran los tambores que enrollan el cable de acero para subir o bajar las mallas dependiendo del caso. Este sistema debe estar cubierto para evitar corrosión en los elementos y afectar el desplazamiento adecuado.

Las características del motor reductor son:

Voltaje	220 v	
Frecuencia	60 Hz	
Revoluciones	1880 rpm	
Potencia	0.18 Kw	0.25 Hp
Relación	25/86	

9. Recolector.- Este recolector cumple con la función de acumular todo el material liviano que se extrae del agua y que cae en la bandeja recolectora. Además dentro de este recolector se encuentra una malla la cual separa el material liviano del agua ya que en el momento de la limpieza también se acumula agua del canal, pero este recolector tiene un sistema que devuelve el agua al canal una vez que ha sido separado de los desechos. Este recolector está construido de tool galvanizado de 1/8”.

3.2 Método de filtración

La filtración es un proceso de separación del agua de cualquier elemento que lo contamine, que consiste en pasar una mezcla a través de un medio poroso o filtro, donde se retiene la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla.

Las aplicaciones de los procesos de filtración son muy extensas, encontrándose en muchos ámbitos de la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general, donde son particularmente

importantes aquellos usados en procesos industriales que requieren una alta eficiencia.

La variedad de dispositivos de filtración o filtros es tan extensa como las variedades de materiales porosos disponibles como medios filtrantes y las condiciones particulares de cada aplicación: desde sencillos dispositivos, como los filtros domésticos , filtros para separaciones de laboratorio, hasta grandes sistemas complejos de elevada automatización como los empleados en las industrias petroquímicas y de refino para la recuperación de catalizadores de alto valor, o los sistemas de tratamiento de agua potable destinada al suministro urbano.

El principio teórico de la filtración se fundamenta en la cuantificación de la relación básica de velocidad del fluido o caudal:

$$velocidad = \frac{F}{R}$$

donde la *fuerza impulsora* (F) que puede ser la fuerza de gravedad, el empuje de una bomba de presión o de succión, o la fuerza centrífuga, mientras que la *resistencia* (R) es la suma de la resistencia ofrecida por el medio filtrante y la de la masa de sólidos formada sobre el mismo por los desechos.

En el filtro implementado el método de filtración consiste principalmente en liberar de todo el material flotante que es arrastrado por la corriente del río hacia el canal que dirige el agua hacia el tanque de presión. Esto se logró colocando dos mallas que van de acuerdo a la geometría del canal. El filtro que está compuesto de malla de acero inoxidable destinada para la recolección del material liviano que circula por la superficie del fluido.

En esencia la filtración se produce con ayuda del flujo de agua que se tiene en el canal ya que con esto se logra que el material flotante choque contra la malla y permanezca adherido, para que cuando se realice el proceso de

limpieza todos los desechos atrapados en la malla puedan ser llevados hacia la bandeja colectora por consecuencia de la limpieza.

3.3 Limpieza del filtro

La Limpieza del filtro es esencial para el buen funcionamiento del equipo. Esto garantiza que las mallas no lleguen a saturarse de demasiado material recolectado y puedan seguir filtrando el agua del canal.

Es esencial limpiar periódicamente las mallas porque si se acumula demasiada suciedad el canal empieza a taponarse impidiendo que pase la cantidad de agua necesaria, esto puede provocar paro en la generación de energía y además puede causar un golpe de ariete en el caso de entrar aire a la tubería de presión.

Para evadir todos los inconvenientes que se pueden dar se implementa una automatización del filtro. Con el fin de evitar la necesidad de tener una persona todo el tiempo pendiente del filtro y de activarlo, lo que se hace es mediante un PLC automatizar el funcionamiento del equipo seteando tiempos de funcionamiento dependiendo de las condiciones climáticas que se tiene y de la cantidad de material que es llevado hacia el filtro por efecto de la corriente.

Es sistema de limpieza consta de una bomba de accionamiento positivo, una válvula de pie para que el agua que ingresa por la tubería de succión no lleve consigo impurezas pudiendo taponar las flautas. También consta de un juego de válvulas el cual permite el paso de agua por cada una de las tuberías de limpieza (flautas).

Una vez activada la limpieza todos los desechos son llevados por una bandeja hacia un colector donde es llevado al tanque de recolección total de desechos, donde se debería separa los materiales orgánicos de los inorgánicos para dar un mejor tratamiento a los desechos y evitar una posible contaminación ambiental del entorno.

3.4 Tratamiento de desechos

Los desechos que principalmente son recolectados por la malla del filtro son:

- Hojas y Ramas
- Fundas plásticas
- Pedazos de botellas
- Plumas
- Papel
- Piedra pómez

Todos estos tipos de desechos van a un colector principal ubicado en el filtro al final de las bandejas. Este cumple con la función de retener el material recolectado y separarlo del agua que le acompaña por consecuencia del proceso de limpieza.

Después de esto es llevado mediante este recolector hacia un cuarto de hormigón abierto a la atmosfera donde se ubica todo el material acumulado en las mallas.

Lo esencial para cumplir con un tratamiento de los desechos sólidos adecuado es separa el material orgánico del inorgánico, y en medida de lo que se pueda reciclar pues es de gran ayuda. Con esto evitamos que se produzca algún tipo de contaminación ambiental por motivo de la descomposición del material orgánico.

“La generación de desechos sólidos es parte indisoluble de las actividades que realiza una organización. Considerando que dentro de las etapas del ciclo de vida de los desechos sólidos (la generación, la transportación, el almacenamiento, la recolección, tratamiento y disposición final), las empresas constituyen el escenario fundamental, en el que se desarrollan y se vinculan las diferentes actividades asociadas al manejo de los mismos. Resulta esencial el tratamiento acertado de los temas y su consideración de forma priorizada en el contexto de las actividades

de Gestión Ambiental, a través de los cuales se potencie el establecimiento de esquemas de manejo seguro que garanticen un mayor nivel de protección ambiental, como parte de las metas y objetivos de los diferentes sectores productivos y de servicios, en función del Perfeccionamiento Empresarial".¹

Una gestión positiva que es aplicable al tratamiento de desechos es:

- a) Conservación de recursos: El manejo conveniente de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y la administración apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Por ejemplo puede recuperarse el material orgánico a través del compostaje.
- b) Reciclaje: Un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.
- c) Recuperación de áreas: Otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada un relleno sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás)

Aplicando estos tres aspectos acerca de cómo poder tratar de mejor manera los desechos se aspira tener una mejor cultura en el desarrollo de esta gestión.

¹ Reglamento de buenas prácticas en el manejo de desechos sólidos. OPS. Brasil. 2002.

3.5 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de una maquina es fundamental para saber la secuencia que se va a seguir en el proceso de puesta en marcha del equipo.

El principio de funcionamiento del filtro es el siguiente:

- Tiene como objetivo principal el liberar de material liviano al agua que circula por el canal de conducción, estos por ejemplo son: Plumas, fundas plásticas, hojas, ramas, piedra pómez, etc. Todos estos desechos se dirigen al canal por medio de la corriente al ser arrastrados.

- Para poder separar el agua del material solido se ocupan las mallas filtrantes. La función de estas es retener las impurezas pero dejar pasar con normalidad el agua para de esta forma evitar que se baje el nivel de agua en el tanque de presión por motivo de la filtración. Las mallas filtrantes tienen la geometría del canal para poder cubrir la mayor cantidad de espacio.

- Para que estas mallas puedan realizar completamente la tarea de limpieza requieren de una guía para poder desplazarse hacia arriba. La función de esta guía es permitir que la malla se desplace por un espacio definido evitando vibraciones y tambaleos en el movimiento así como también mantener firme la malla cuando se encuentre sumergida en el agua. También en estas guías se encuentran ubicados fines de carrera con la finalidad de limitar el desplazamiento de las mallas.

- Además para poder realizar la extracción de los desechos atrapados en la malla se requiere de dos cosas muy importantes:
 1. El mecanismo para poder levantar la malla
 2. El mecanismo para limpieza de la malla

- El principio de funcionamiento del mecanismo de movimiento de la malla se basa en un motor reductor el cual a la salida del eje tiene un piñón que está conectado con otros dos piñones a sus costados manteniendo una relación de transmisión de 1 a 1. El torque transmitido por el piñón central hacia los de los costados es el que permite levantar las mallas. Los piñones de los costados están montados sobre ejes soportados por chumaceras; en dichos ejes también se encuentra ubicado un tambor en el cual está sujeto el cable de acero que sube las mallas al irse enrollando en el mismo.
- Una vez que las mallas hayan subido se requiere que sean limpiadas de los desechos recogidos para poder seguir captando las impurezas ya que si no se realizara este proceso se provocaría un taponamiento de las mallas evitando que el agua fluya libremente. Para esto se utiliza un mecanismo de limpieza formado por una bomba que es la parte principal, también consta de una válvula de pie al inicio de la tubería de succión para evitar que entre basura en la entrada de la bomba ya que el agua que se utiliza para la limpieza se ocupa del mismo canal. En la tubería de descarga hay dos flautas que son las encargadas de enviar el agua a presión contra las mallas y así provocar que lo recogido se desprenda del filtro y caiga sobre una bandeja recolectora.
- La bandeja recolectora mencionada anteriormente tiene como propósito acumular el material separado y dirigirlo hacia un depósito donde se unen los desechos de ambas mallas para luego ser tratados de la manera adecuada.

Hasta ahora esta descrito los elementos necesarios para poder realizar el proceso de filtraje del agua que circula por el canal de conducción, pero que serian de todos estos elementos sin una estructura donde apoyarse.

- Para esto consta como ya se mencionó de una estructura dedicada para el soporte y anclaje de cada uno de estos elementos. El motor reductor

encargado de la transmisión de movimiento va anclado sobre las mallas para poder realizar la tarea de elevación de los filtros y su posterior limpieza.

- Además también está la estructura principal que soporta el resto de elementos así como también soporta el eternit que tiene como función proteger de la lluvia, del viento, del polvo, etc. al filtro en general.

3.6 Ventajas y desventajas del funcionamiento

Ventajas

- Con las mallas filtrantes se consigue separar el material liviano arrastrado por la corriente del agua que circula por el canal.
- La protección superior (eternit) colocado cumple con el objetivo de proteger a la máquina principalmente al mecanismo de movimiento que requiere mantener a los piñones engrasados y todos los elementos bien lubricados garantizando que no haya atascamientos o trabas por suciedad.
- Cuenta con alarmas en el caso de que el desplazamiento de las mallas se dé irregularmente.
- La bomba tiene el caudal y la presión adecuados para el proceso de limpieza actual.
- El sistema tiene capacidad de ser completamente automatizado por lo que permite establecer tiempos de limpieza del filtro dependiendo de las cantidades de desechos que se hayan acumulado en la malla. La cantidad de material que es llevado hacia el canal por la corriente

dependerá de las condiciones climáticas, por ejemplo en invierno al haber más lluvias habrá más caudal y por lo tanto se arrastrará mas basura junto con el agua. Mientras que en verano que hay menos cantidad de agua por lo tanto menos desechos serán llevados hacia el canal.

Desventajas

- El canal guía por donde se desplazan las mallas debe estar en constante lubricación para garantizar que no se oxide por estar en contacto permanente con el agua.
- Con el mecanismo de limpieza tal como está ubicado actualmente tiene el inconveniente de no limpiar por completo las mallas.
- Muy poco automatizado ya que depende del operador en algunos procesos y como funciona las 24 horas del día se debe garantizar que esté completamente automatizado.
- No hay sistema de limpieza de las bandejas recolectoras de los desechos que caen de las mallas al ser limpiadas.
- Los sensores fines de carrera ubicados para limitar el movimiento de las mallas y el accionamiento de la bomba así como las alarmas se encuentran mal ubicados y requieren de mantenimiento.
- Mallas recolectoras en mal estado y malla de acero inoxidable se encuentra deformada por efecto del golpe del agua.
- Al subir las mallas con la ayuda del cable de acero esta sube de manera irregular.

- Se activa la alarma sin haber algún desperfecto en el filtro, estas se activan por desplazamiento defectuoso de las mallas.

3.7 Solución a las desventajas del filtro - rediseño

A continuación se citan las soluciones que se darán para cada uno de las desventajas que tiene el filtro, que vendría a ser el rediseño del mismo.

- Para garantizar la buena lubricación se debe tener el mantenimiento programado que en este caso sería la lubricación periódica de las guías.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

Como se sabe la Lubricación es una parte muy importante cuando se habla de elementos que se encuentran sometidos a un desplazamiento y rozamiento con el elemento guía, como en este caso la guía es el perfil tipo C y el elemento deslizante son las mallas, para garantizar un desplazamiento adecuado es indispensable que entre ambas partes haya una película de lubricante con el fin de evitar desgaste entre ambas partes y oxidación de los elementos al estar en contacto con el agua, viento, etc.

Que se va a utilizar:

Lo que se requiere es un tipo de grasa la cual resista el contacto con el agua, esto con el objetivo de evitar que al paso del agua por el filtro la grasa que lubrica las guías se desprenda dejando sin lubricación a ambas partes.

Un ejemplo del tipo de grasa que podemos utilizar es la siguiente ya que cumple con las características:

Grasa resistente al agua

Aplicaciones

- Cuidado de equipos de jardín
- Máquinas agrícolas e industriales
- Uso marino y remolques de botes
- Rango de temperatura: - 18 a 143 grados centígrados
- Formulada con un aceite base de alta viscosidad para prevenir el lavado por agua

Rango de servicio

- Grado NLGI 2

Propiedades físicas

- Color azul
- Espesada con litio 12

Análisis típicos

- Punto de goteo: 182 °C mínimo
- Carga mínima Timken OK: 50 lbs
- Pérdida por lavado con agua @ 79 grados C: 25%
- Prueba de oxidación, agua salada: Pasa

Código	Kilos	Precio	Moneda
TY24425	0,5	3,33	Dólares
Precio sugerido al público, sin IVA			

Este tipo de grasa es el adecuado para la aplicación como se puede observar en su descripción.

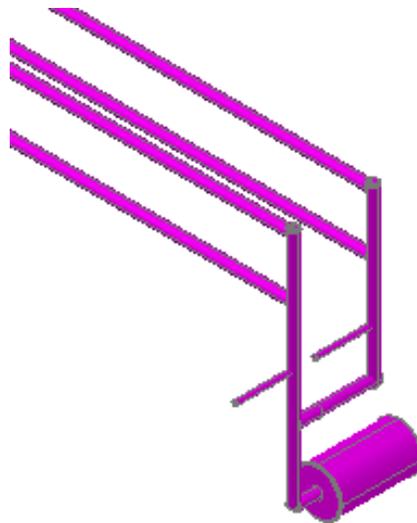
- En cuanto a lo poco automatizado con ayuda de un PLC se establecerá los parámetros necesarios para lograr que el filtro funcione automáticamente.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

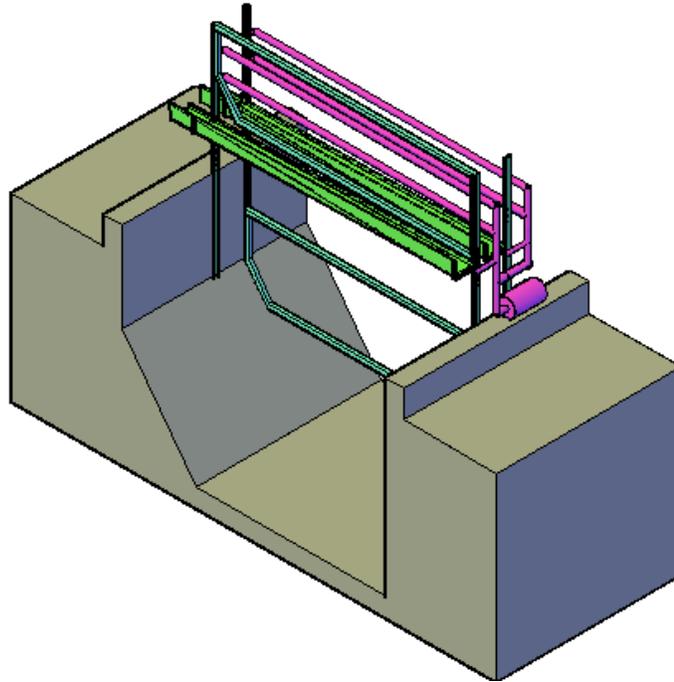
Con la ayuda de un PLC setear los parámetros requeridos para de esta forma limitar los parámetros de funcionamiento del equipo y automatizar el funcionamiento. Actualmente se encuentra el sistema con un logo que controla el proceso.

- Para limpieza de las bandejas colectoras de los desechos que se desprenden de las mallas se instalará un sistema de limpieza apropiado para las mismas.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:



Para la limpieza de las bandejas colectoras instalar dos salientes con válvulas dirigidas hacia la entrada de cada una de las bandejas para limpiar completamente los desechos que quedan acumulados en las mismas.



- En cuanto a los Sensores fines de carrera se los desmontará y se les dará mantenimiento ya que estos algunos se encuentran flojos y la parte sensible al movimiento esta caída por el mismo hecho de no estar bien ajustado, para después de probar las mallas nuevas y poder subirlas y bajarlas, poder instalar los switch en el lugar más indicado dependiendo de lo visto en el funcionamiento del sistema.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

Actualmente los sensores fines de carrera se encuentra en mal estado y mal ubicados de acuerdo al movimiento de las mallas sobre las guías.

Las tareas a realizar son las siguientes:

- Desmontaje de los sensores para limpieza, colocación adecuada de la parte sensible y ajuste de la misma al equipo. (Mantenimiento de los sensores)

- Después de haber realizado el mantenimiento y haber colocado las mallas nuevas lo que se va a hacer es poner en marcha el sistema de movimiento para calibrar la altura a la cual van a subir las mallas y ahí colocar el sensor de tope. Este primer sensor será para detener el movimiento de subida de la malla, adicional habrá un segundo sensor de alarma que se activará el momento en que esta suba demás, de inmediato se detiene la maquina y se activa la alarma con una luz de aviso. El desbloqueo se lo debe hacer desde el tablero de control.
- Para la parte de montaje de los sensores se lo hará sobre placas metálicas soldadas a la estructura de las guías, con el objetivo de evitar que se vuelvan a aflojar y a tener una posición incorrecta.
- Se va a cambiar las mallas recolectoras ya que están en mal estado, además la malla de acero inoxidable también serán remplazadas con un tipo de malla más resistente. También se va a colocar en el filo inferior una lengüeta para poder canalizar los desechos hacia las bandejas recolectoras evitando que estos caigan de nuevo al canal.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

La malla se mantendrá del material actual que es Tee de acero de 1 ¼” ya que es el apropiado para deslizarse sobre las guías. Tendrá cuatro divisiones en su longitud y con refuerzos para evitar que la malla de acero inoxidable se pandee por efecto de la fuerza del agua. Además se colocará ganchos en ambos lados de la estructura para equilibrar a la malla, y también una lamina de caucho al final para ayudar a que los desechos que se desprenden por efecto de la limpieza caigan a la bandeja recolectora y no de nuevo hacia el canal.

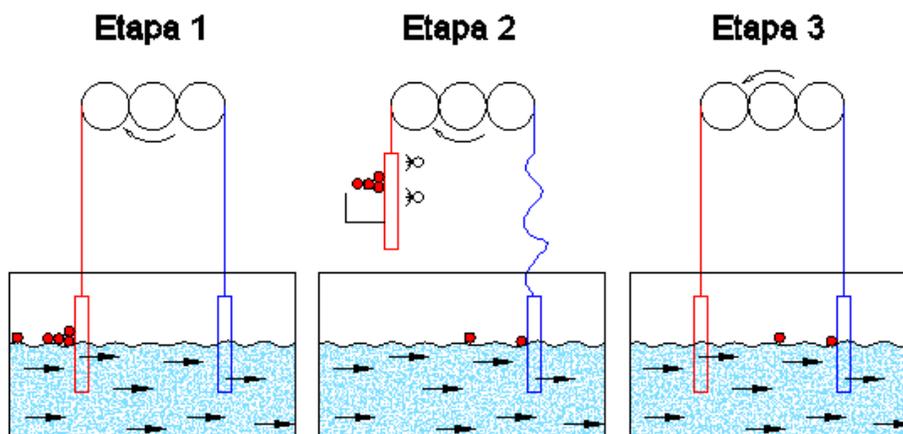
- Se va a balancear los pesos de la nueva malla y también a cambiar la colocación del cable de acero en la malla del filtro para subirlas de manera uniforme y no activar las alarmas innecesariamente.

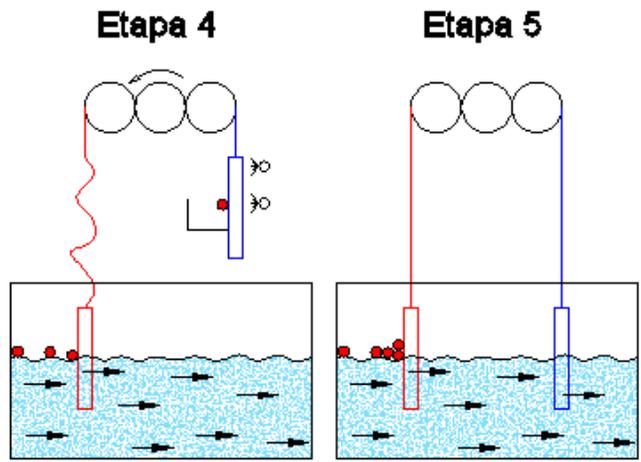
Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

Esto se lo va a realizar colocando contrapesos en la parte derecha de la malla, con este cambio se logra que la malla suba uniforme y no inclinada como actualmente lo hace provocando la activación de las alarmas.

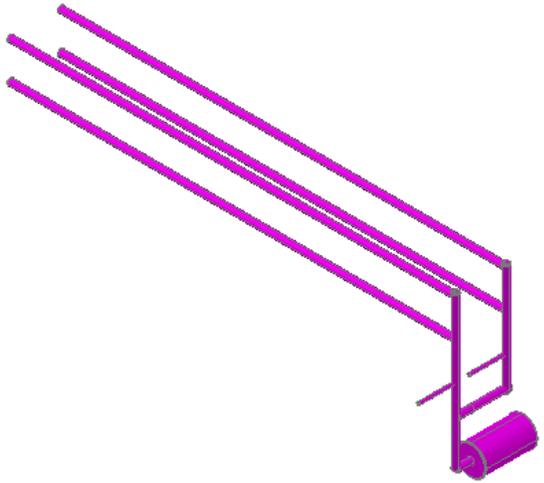
¿Cómo lograr que siempre una de las mallas este filtrando mientras se realiza la limpieza de la otra?

A continuación se presenta un sistema que puede solucionar el inconveniente de filtrado en el canal al momento de realizar la limpieza.





- En el mecanismo de limpieza se van a realizar modificaciones como se muestran en el esquema, además se analizará la posibilidad de lograr que las flautas de limpieza sean móviles, es decir que mientras las mallas suben las flautas estén moviéndose verticalmente para garantizar la limpieza total.



Posible disposición de las flautas de limpieza

- Se va a cambiar la malla recolectora de la bandeja fija que se encuentra al final de las bandejas recolectoras ya que se encuentra totalmente destruida.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

Construyendo una nueva de 620 mm x 420 mm con malla de acero inoxidable Mesh 4, marco de platina de acero inoxidable 304 y agarraderas de sujeción hechas de varilla diámetro 6 mm.

- Por último con todos los cambios realizados se hará el análisis estructural de todo el filtro para evitar fallos en la estructura y en los mecanismos.

Como se lo va a realizar y equipos a utilizar:

Primero con el nuevo peso de las mallas lo que se va a hacer es comprobar que el motor reductor es capaz de levantar a ambas.

Luego de haber comprobado esto, comprobar que la bomba cumple con el caudal y la presión necesaria para limpiar las mallas y por ultimo realizar el análisis estructural de todo el filtro para comprobar que todos los elementos están bien seleccionados.

CAPITULO 4

4.1 Calculo del peso de las mallas nuevas

Las mallas están construidas de perfil T 1 ¼" x 1 ¼" x 1/8", para el peso de la malla se toma en cuenta el peso del perfil armado, las malla de acero inoxidable, la barredera de caucho, la fuerza de rozamiento entre las superficies y una carga extra debido al peso que provoca el material recolectado.

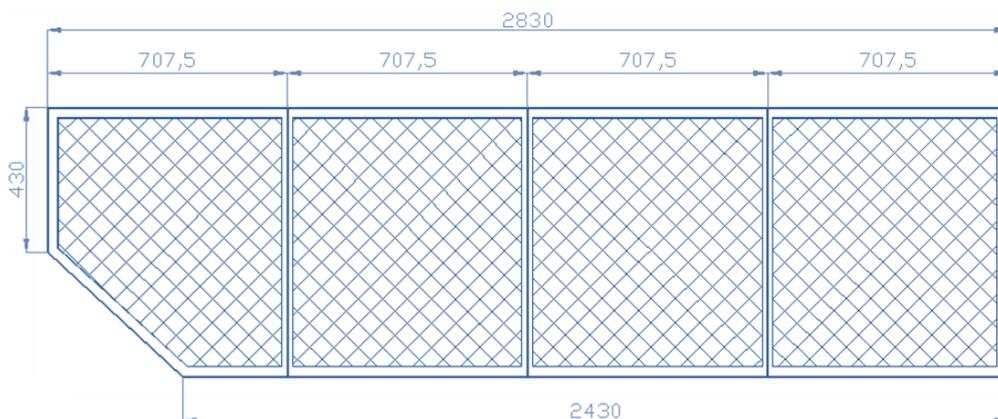
Se considera todos estos aspectos con la finalidad de tener un cálculo del peso lo bastante aproximado y determinar el torque requerido del motor para levantar dicha carga.

Datos:

Perfil T 1 ¼" x 1 ¼" x 1/8"

Peso del perfil según tablas

$W = 1.55 \text{ lb/ft}$



EL perímetro total que se ocupa en la construcción del marco de la malla representa la longitud del material utilizado.

L Longitud total de perfil T que se utiliza en la construcción de la malla [ft]

W Peso de la viga según tablas [lb/ft]

Pm Peso del marco de la malla armado

$$L = 2830 \text{ mm} + 2430 \text{ mm} + 800 \text{ mm} + 430 \text{ mm} + 425 \text{ mm} + 800 \text{ mm} \\ + 800 \text{ mm} + 800 \text{ mm}$$

$$L = 9315 \text{ mm} = 30.56 \text{ ft}$$

$$W = 1.55 \text{ Lb/ft} \quad (\text{Tabulado})$$

Cálculo del peso de la armadura

$$Pa = L * W$$

$$Pa = 30.56 \text{ ft} * 1.55 \text{ lb/ft}$$

$$Pa = 47.368 \text{ lbf} = 0.193 \text{ kN}$$

Cálculo del peso de las mallas

$$Pm = v * \rho$$

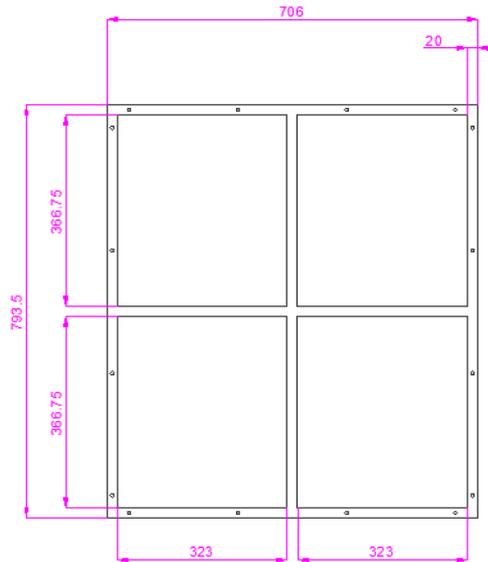
Donde: **Pm1** = peso de la malla 1

Pm2 = peso de la malla 2

V = volumen

ρ = peso específico A. inoxidable (Tabulado)

Peso de la malla 1 (tres de estas van colocadas en la armadura)

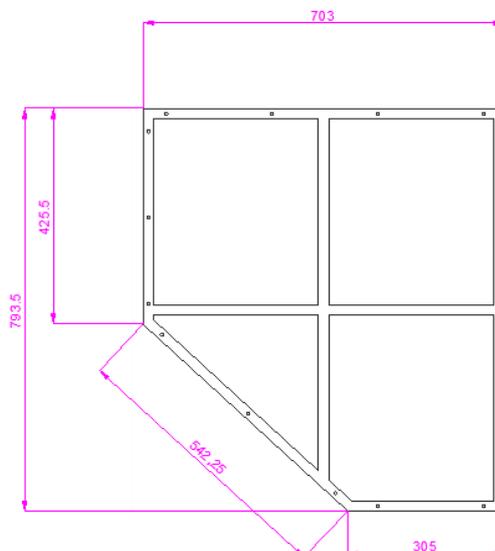


$$P_{m1} = v \times \rho$$

$$P_{m1} = \{[(70.6 \times 2 \times 0.2) \times 2] + [(75.35 \times 2 \times 0.2) \times 3] + [(32.3 \times 2 \times 0.2) \times 2]\} \text{ cm}^3 \times 8.102 \text{ gr/cm}^3$$

$$P_{m1} = 1399.54 \text{ gr} = 1.399 \text{ kgf} = 0.01372 \text{ kN}$$

Peso de la malla 2 (una de estas va colocada en la armadura)



$$P_{m2} = v \times \rho$$

$$P_{m2} = \{[(70.3 \times 2 \times 0.2)] + [(75.35 \times 2 \times 0.2) \times 2] + [(28.5 \times 2 \times 0.2)] + [40.55 \times 2 \times 0.2] + [54.22 \times 2 \times 0.2] + [32 \times 2 \times 0.2] \times 2\} \text{ cm}^3 \times 8.102 \text{ gr/cm}^3$$

$$P_{m2} = 1323.056 \text{ gr} = 1.323 \text{ kgf} = 0.012975 \text{ kN}$$

P_k = Peso de la malla tejida inoxidable y material recolectado

Por lo tanto el peso de la malla sin rozamiento es:

$$P = P_a + P_{m1} + P_{m2} + P_k$$

$$P = 0.193 \text{ kN} + 0.01372 \text{ kN} + 0.012975 \text{ kN} + 0.00009805$$

$$P = 0.2198 \text{ kN} = 49.41 \text{ lbf}$$

Cálculo del rozamiento producido entre la malla y la guía

Como se sabe el rozamiento que se produce entre dos superficies en contacto es una fuerza que se opone al inicio del movimiento y al deslizamiento de una parte sobre la otra. Sobre un cuerpo en reposo al que se aplica una fuerza horizontal **F**, intervienen cuatro fuerzas:

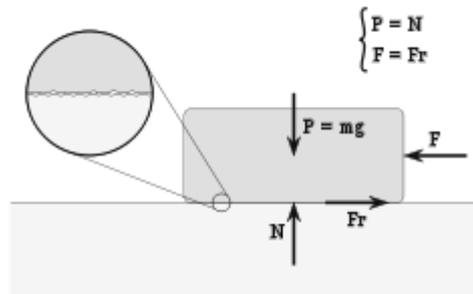
F: la fuerza aplicada.

F_r: la fuerza de rozamiento entre la superficie de apoyo y el cuerpo, y que se opone al movimiento.

P: el peso del propio cuerpo, igual a su masa por la aceleración de la gravedad.

N: la fuerza normal, con la que la superficie reacciona sobre el cuerpo sosteniéndolo.

Dado que el cuerpo está en reposo la fuerza aplicada y la fuerza de rozamiento son iguales, y el peso del cuerpo y la normal:



Ejemplo de rozamiento entre dos superficies

Por lo tanto la fuerza de rozamiento entre las dos superficies se calcula de la siguiente manera:

$$Fr = \mu \times N$$

Donde μ equivale a 0.143 según tablas.

$$Fr = 0.143 \times 0.2198 \text{ kN}$$

$$Fr = 0.0314 \text{ kN} = 7.065 \text{ lbf}$$

Peso total de la malla incluido la fuerza de resistencia producida por el rozamiento

$$P \approx (49.41 \text{ lbf} + 7.065 \text{ lbf})$$

$$P \approx 56.475 \text{ lbf} \approx 0.056475 \text{ klb}$$

$$P \approx 0.2512 \text{ kN}$$

4.2 Comprobación del motor reductor y cálculo del eje para transmisión de movimiento.

Teniendo en cuenta el peso de la malla se comprueba si el motor reductor que está actualmente en el filtro cumple con los requerimientos, adicionalmente se calcula si el eje que transmite el torque hacia el tambor es del diámetro adecuado dependiendo de las cargas y los esfuerzos a los cuales va a estar sometido.

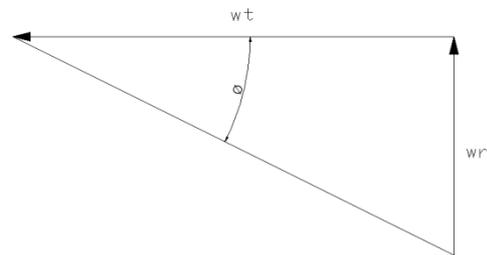
Datos de placa del motor:

Pot: 0.18 kw = 0.25 hp

N motor: 1880 rpm

N reductor: 90 rpm

\emptyset : 20° (ángulo de presión del piñón)



$$W_t = \frac{\text{Pot} \times 60000}{\pi \times \text{Diam} \times \text{N salida en reductor}}$$

$$W_t = \frac{0.18 \text{ kw} * 60000}{\pi * 125 \text{ mm} * 80 \text{ rpm}}$$

$$W_t = 0.345 \text{ kN}$$

$$W_r = \text{tg } 20^\circ * W_t$$

$$W_r = \text{tg } 20^\circ * 0.344 \text{ kN}$$

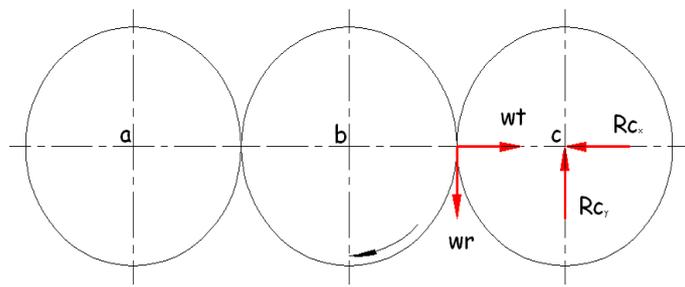
$$W_r = 0.125 \text{ kN}$$

Comprobación

$$\text{Torque} = \frac{\text{Pot} * 9550}{n}$$

$$\text{Torque} = \frac{0.18 \text{ kW} * 9550}{80 \text{ rpm}}$$

$$\text{Torque} = 21.48 \text{ N m}$$

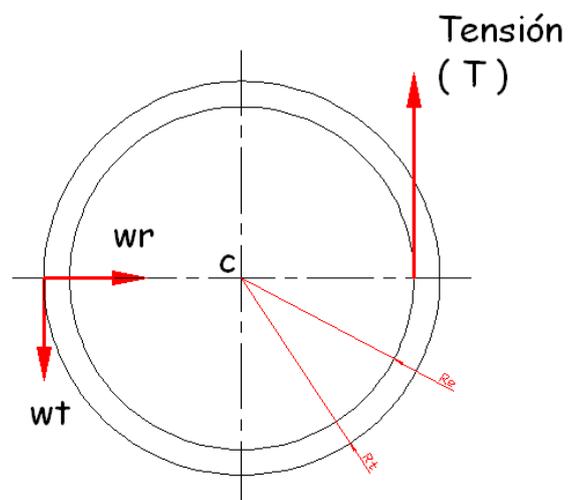


$$Wt = \frac{2 * \text{Torque}}{\text{Diam.}}$$

$$Wt = \frac{2 * 21.48 \text{ N m}}{0.125 \text{ m}}$$

$$Wt = 0.345 \text{ kN}$$

Análisis del eje



$$\Sigma T_c = 0$$

$$W_t * R_t = \text{Tensión} * R_e$$

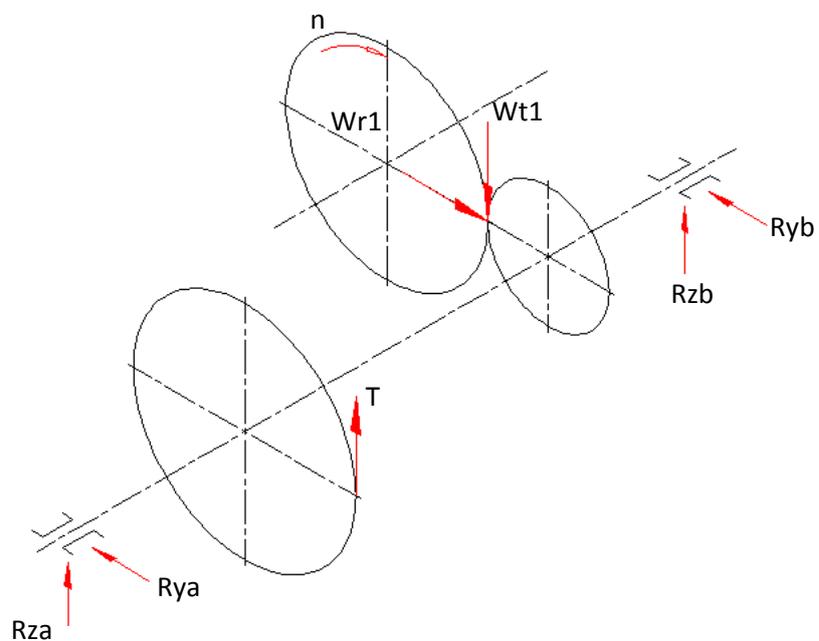
$$\text{Tensión} = \frac{0.345 \text{ kN} * 62.5 \text{ mm}}{44.45 \text{ mm}}$$

$$\text{Tensión} = 0.45 \text{ kN}$$

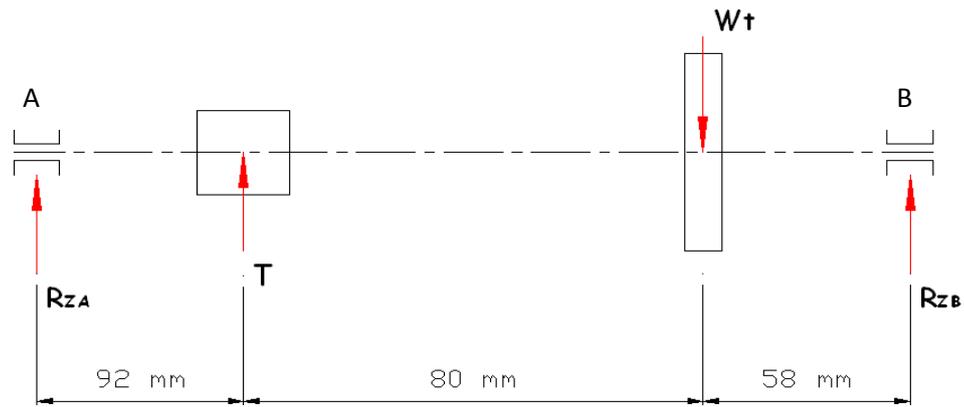
Resultado

Por lo tanto al ser la tensión del cable de 0.45 kN mayor a la tensión generada por las mallas que es de 0.2512 kN está garantizado que el motor reductor si levanta la carga requerida.

Cálculo del eje



PLANO XZ



$$\Sigma M_a = 0$$

$$(- T * 92 \text{ mm}) + (W_t * 172 \text{ mm}) + (R_{ZB} * 230 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{ZB} = \frac{(0.306 \text{ kN} * 172 \text{ mm}) - (0.403 * 92 \text{ mm})}{230 \text{ mm}}$$

$$R_{ZB} = 0.068 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_z = 0$$

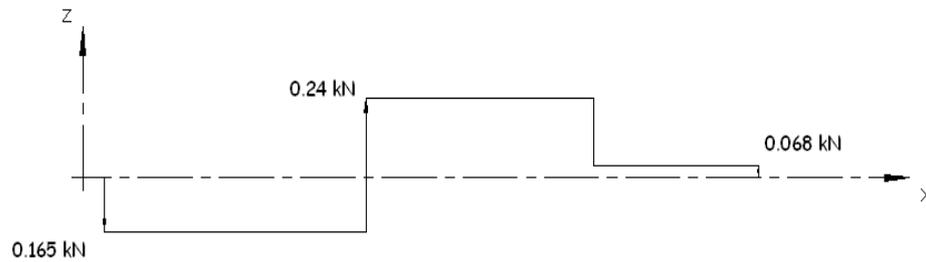
$$(R_{ZA} + T) - W_t + R_{ZB} = 0$$

$$R_{ZA} = 0.306 \text{ kN} - 0.068 \text{ kN} - 0.403 \text{ kN}$$

$$R_{ZA} = - 0.615 \text{ kN}$$

PLANO XZ

Diagrama de corte

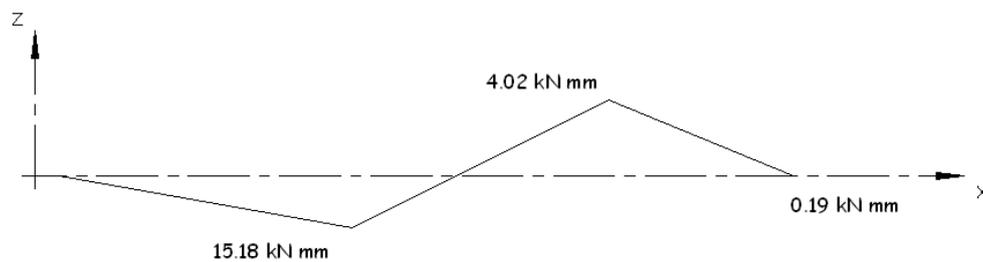


$$A1 = 0.165 * 92 \text{ mm} = 15.18 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 0.24 * 80 \text{ mm} = 19.2 \text{ mm}^2$$

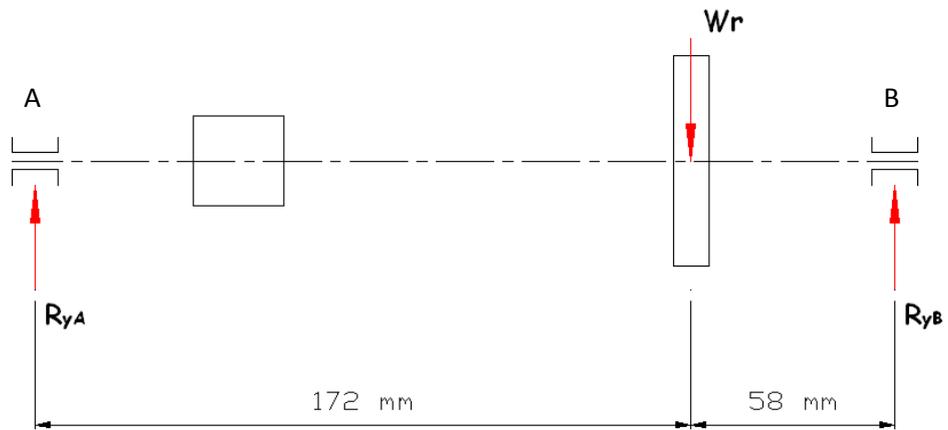
$$A3 = 0.068 * 58 \text{ mm} = 3.83 \text{ mm}^2$$

Diagrama de momentos



$$M_{\max} = 4.02 \text{ KN mm}$$

PLANO XY



$\Sigma M_a = 0$

$$(W_r * 172 \text{ mm}) - (R_{yb} * 230 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{yb} = \frac{(0.11 \text{ kN} * 172 \text{ mm})}{230 \text{ mm}}$$

$$R_{yb} = 0.082 \text{ kN}$$

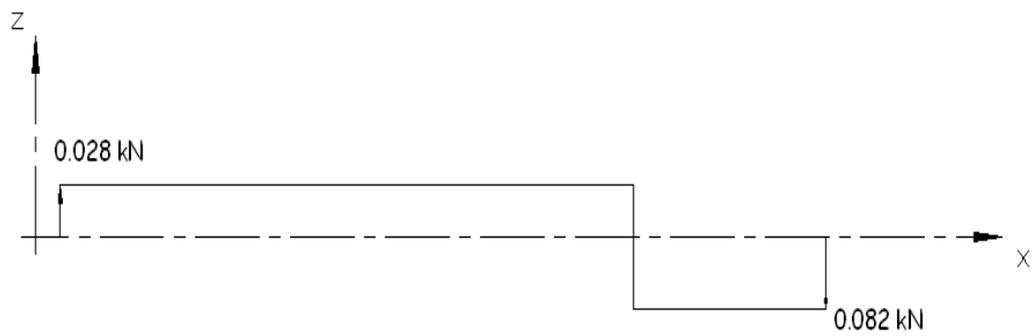
$\Sigma F_z = 0$

$$R_{yA} - W_t + R_{yB} = 0$$

$$R_{yA} = 0.11 \text{ kN} - 0.082 \text{ kN}$$

$$R_{yA} = 0.028 \text{ kN}$$

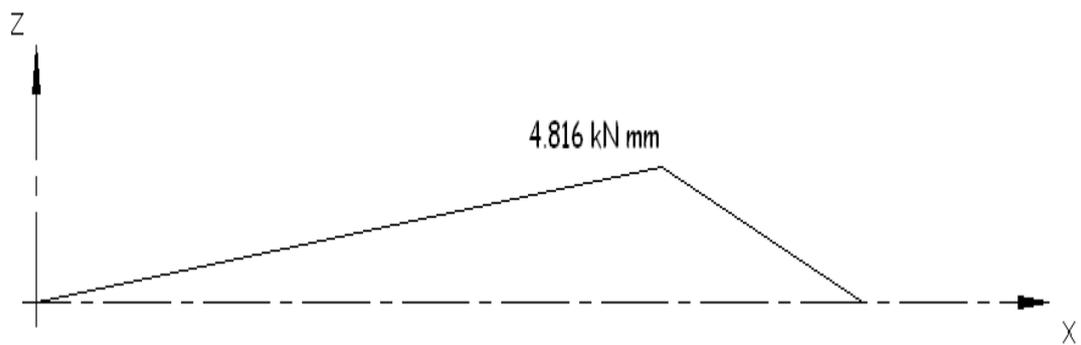
Diagrama de corte



$$A1 = 0.028 * 172 \text{ mm} = 4.816 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 0.082 * 58 \text{ mm} = 4.816 \text{ mm}^2$$

Diagrama de momentos



$$M_{\max} = 4.816 \text{ KN mm}$$

Diagrama de torsión



Sección crítica

$$M_{\max} = 6.27 \text{ kN mm}$$

$$T = 21.48 \text{ kN mm}$$

Mmax

$$M_{\max} = \sqrt{M_{\max 1}^2 + M_{\max 2}^2}$$

$$M_{\max} = \sqrt{4.02^2 + 4.816^2}$$

$$M_{\max} = 6.27 \text{ kN mm}$$

Ecuaciones consideradas

- Esfuerzo de flexión

$$\sigma = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

- Esfuerzo de corte

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

Teoría de la máxima energía

Según tablas St - 37:

$$S_y = 70 \text{ kpsi} = 480 \text{ MPa}$$

$$F_s = 2 \quad (\text{Factor de seguridad que deseo para mi diseño})$$

$$[\sigma] = 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \text{ admisible}$$

$$\left(\frac{32 * 6.27 \text{ kN mm}}{\pi * d^3}\right)^2 + \left[3 \left(\frac{16 * 21.48 \text{ kN mm}}{\pi * d^3}\right)\right]^2 = \left[\left(240000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \left|\frac{1 \text{ m}^2}{1000000 \text{ mm}^2}\right|\right]^2$$

$$d = 13.2 \text{ mm } 14 \text{ mm}$$

$$d = 14 \text{ mm (Escojo el diámetro superior)}$$

Resultado

El diámetro del eje el cual está en el sistema de movimiento es de diámetro 25 mm, por lo tanto si soporta las cargas provocadas por los elementos que están montados sobre el mismo.

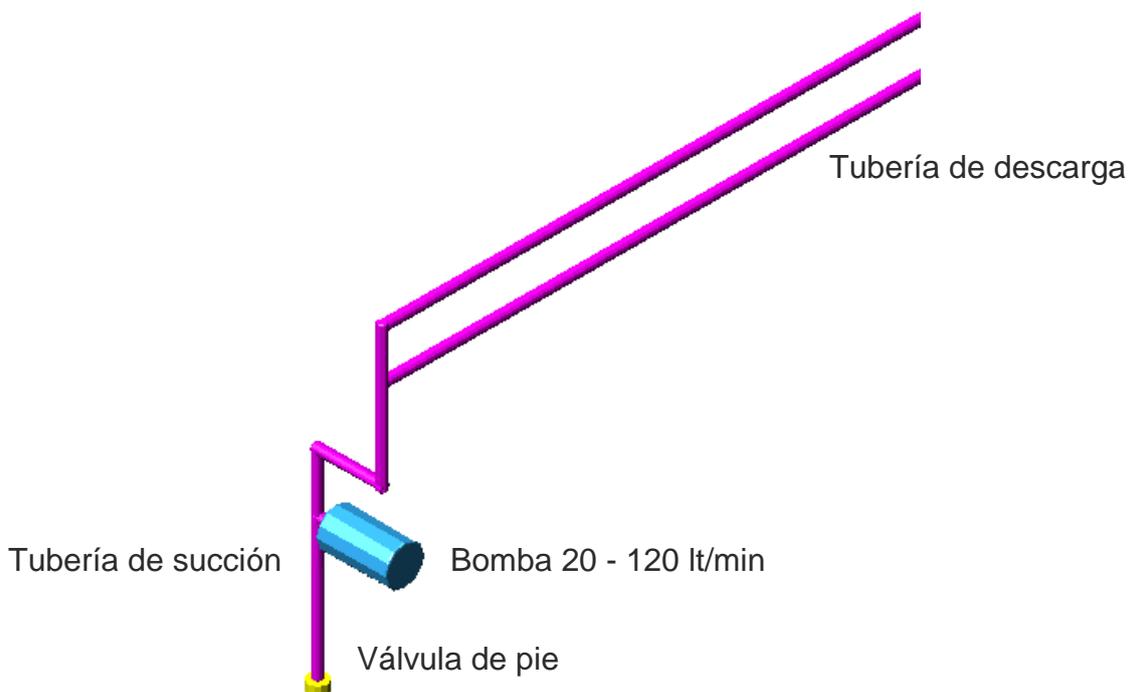
4.3 Características de la bomba y mecanismo de limpieza de la malla

En el sistema de limpieza del filtro se ocupa una bomba de desplazamiento negativo (centrífuga) esta tiene que succionar el fluido desde el canal con capacidad de 20 a 120 lt/min y una cabeza de 10m. La tubería de succión es de 1 1/4" en la cual al inicio esta una válvula de pie para evitar que en la admisión ingresen impurezas; en la tubería de descarga para la limpieza están dos flautas que distribuyen el agua directo hacia las mallas.

Como ya se dispone de la bomba para comprobar que cumpla con los requerimientos necesarios de presión y caudal se realizan una serie de pruebas de limpieza para verificar que la presión y el caudal de la línea es el indicado para el proceso. Además considerando que es una bomba de gran potencia se asume que cumple con los requerimientos como la altura a vencer que es de 3.64 metros y al ser un circuito pequeño la presión va a ser la adecuada.

Para confirmar esto he realizado una serie de pruebas haciendo funcionar la bomba una vez recolectado el material liviano en las mallas para garantizar que la bomba cumpla con el proceso de limpieza.

El sistema de limpieza es el siguiente:





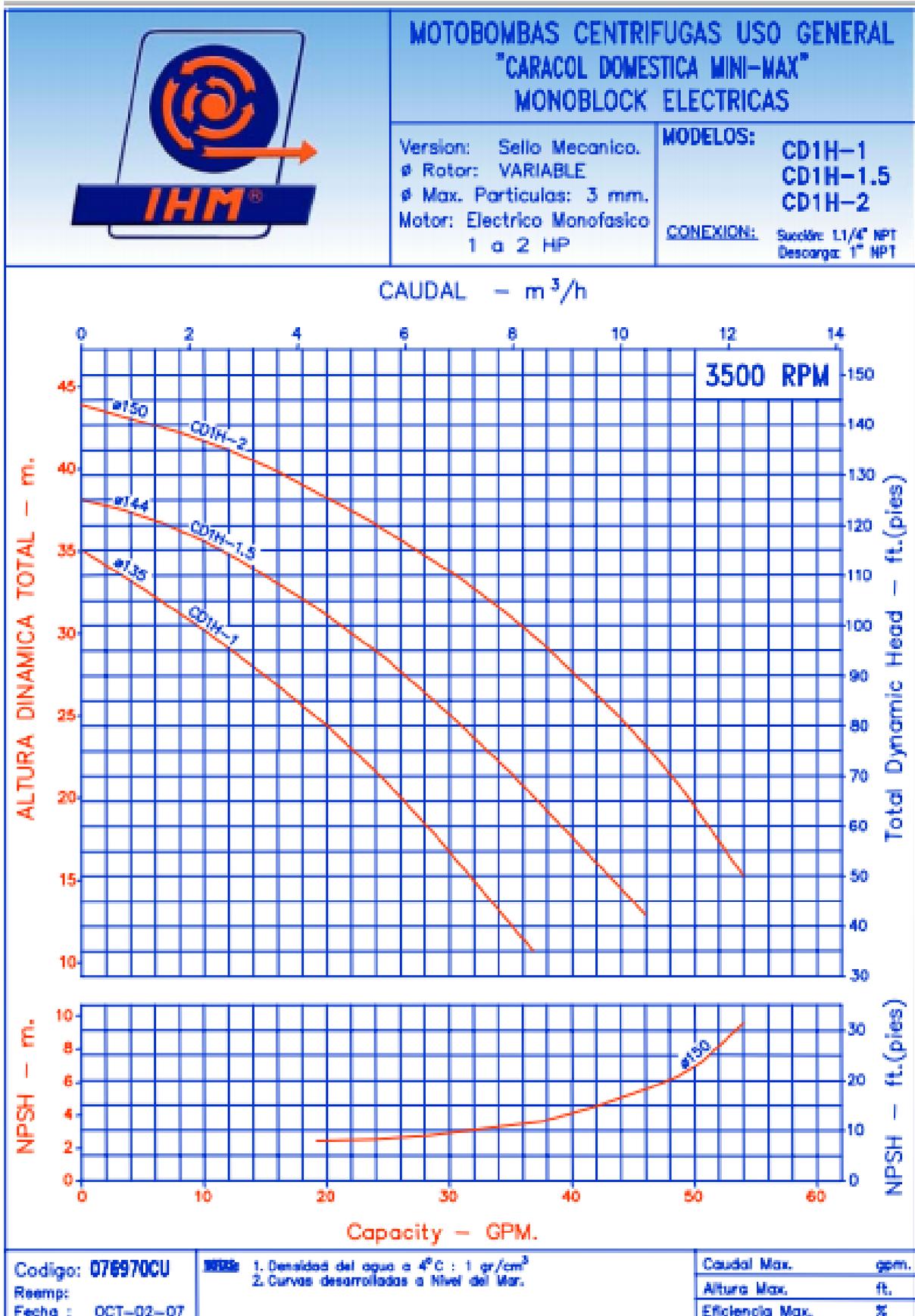
Material recolectado en las mallas



Sistema de limpieza de las mallas

En el sistema de limpieza se va a realizar algunas modificaciones para proporcionar agua a la bandeja recolectora para limpiar de manera más eficaz y canalizar el material que se queda estancado hacia la caja recolectora donde los desechos son llevados al depósito de hormigón.

Curva característica de la bomba

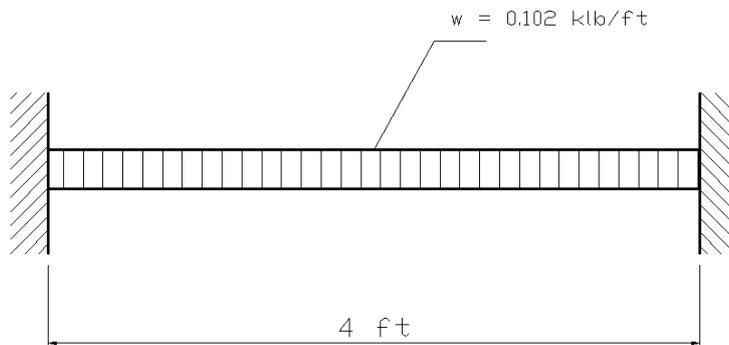


4.4 Diseño Estructural del filtro

En esta parte del diseño se demuestra mediante el cálculo que cada uno de los perfiles utilizados en el montaje del filtro está correctamente seleccionado. El cálculo está realizado dependiendo si el elemento está sometido a flexión o compresión. En los anexos se incluye la información sobre los datos considerados en el diseño.

1. Viga que soporta el moto reductor (2 vigas)

Diseño por flexión



Acero A-36

$S_y = 36 \text{ ksi}$ (esfuerzo a la fluencia)

$W = 0.102 \text{ klb/ft}$ (peso del moto reductor y plancha de acero)

f_b Esfuerzo a la flexión

F_b Esfuerzo admisible a la flexión

$F_b = 0.66 S_y$ (Debido a que posee apoyo lateral total)

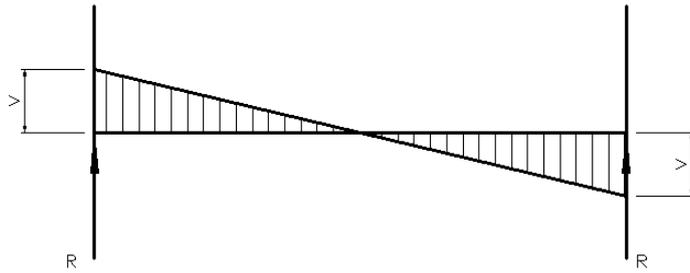
$f_b \leq F_b$

$F_b = 0.66 S_y$

$F_b = 0.33 (36 \text{ ksi})$

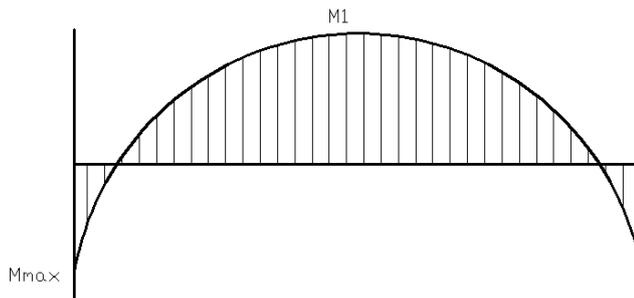
$F_b = 23.76 \text{ ksi}$

Diagrama de corte



$$R = V = \frac{w \times l}{2} = \frac{0.102 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times 4 \text{ ft}}{2} = 0.204 \text{ klb}$$

Diagrama de momentos



$$M_{\max} = \frac{W l^2}{12}$$

$$M_{\max} = \frac{0.102 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times (4 \text{ ft}) \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}}{12}$$

$$M_{\max} = 1.632 \text{ klb in}$$

$$M1 = \frac{Wl^2}{24}$$

$$M1 = \frac{0.102 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times (4 \text{ ft}) \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}}{24}$$

$$M1 = 0.816 \text{ klb in}$$

Cálculo del modulo de la sección

$$Sx = \frac{Mx}{Fb}$$

$$Sx = \frac{1.632 \text{ klb in}}{23.76 \text{ ksi}}$$

$$Sx = 0.0686 \text{ in}^3$$

En tabla 1 – 7 AISC pág. 1 – 46

El modulo de la sección (Sx) para comparar con el calculado

$$Sx = 0.129 \text{ in}^3 \quad (\text{Perfil } 2'' \times 2'' \times \frac{1}{2}'')$$

Por lo tanto el perfil ubicado cumple con las especificaciones.

Factor seguridad

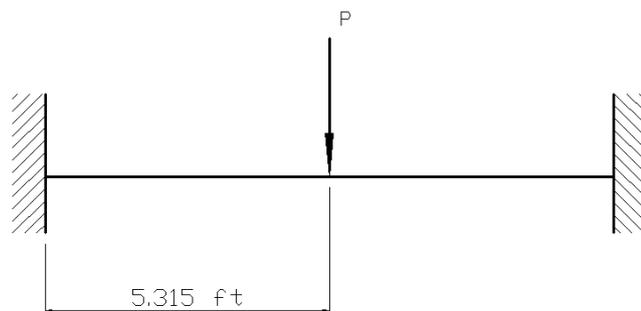
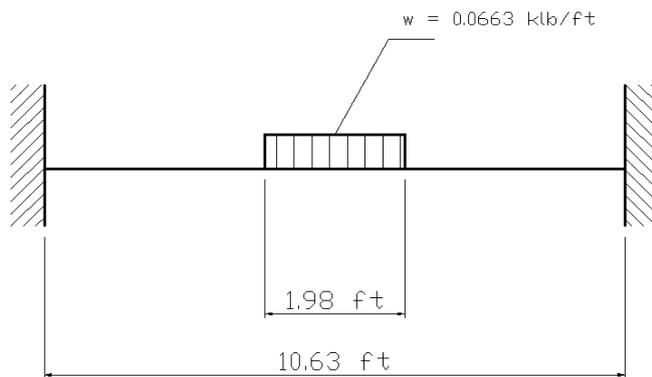
$$FS = \frac{Sx \text{ seleccionado}}{Sx \text{ requerido}}$$

$$FS = \frac{0.129 \text{ in}^3}{0.0686 \text{ in}^3}$$

$$FS = 1.9$$

2. Viga que soporta a la plancha en los extremos (2 vigas)

Diseño por flexión



Calculo de la carga P

$$P = W * L$$

$$P = 0.0663 \text{ klb/ft} * 1.98 \text{ ft}$$

$$P = 0.131 \text{ klb}$$

$$L = 10.63 \text{ ft} = 127.56 \text{ in (Longitud del claro)}$$

Acero A-36

$S_y = 36 \text{ ksi}$ (esfuerzo a la fluencia)

$W = 0.0663 \text{ klb/ft}$ (peso del moto reductor y plancha de acero en los extremos)

f_b Esfuerzo a la flexión

F_b Esfuerzo admisible a la flexión

$F_b = 0.66 S_y$ (Debido a que posee apoyo lateral total)

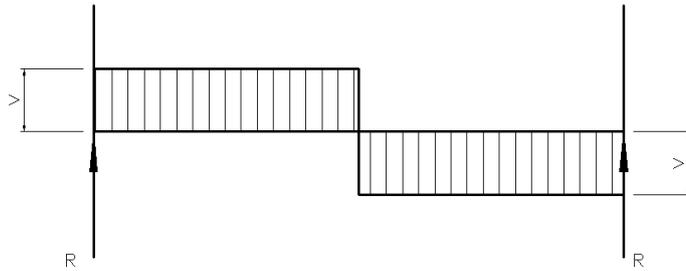
$f_b \leq F_b$

$$F_b = 0.66 S_y$$

$$F_b = 0.33 (36 \text{ ksi})$$

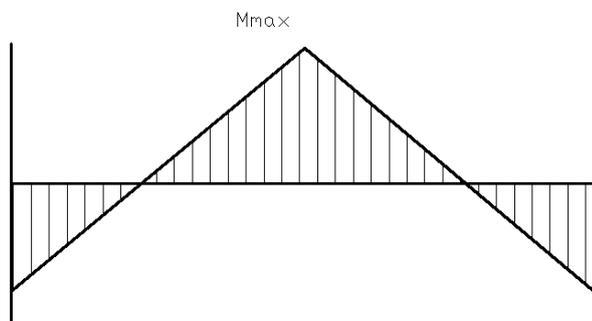
$$F_b = 23.76 \text{ ksi}$$

Diagrama de corte



$$R = V = \frac{P}{2} = \frac{0.2 \text{ klb}}{2} = 0.1 \text{ klb}$$

Diagrama de momentos



$$M_{\max} = \frac{P * L}{8}$$

$$M_{\max} = \frac{0.131 \text{ klb} \times 127.56 \text{ in}}{8}$$

$$M_{\max} = 2.089 \text{ klb in}$$

Cálculo del modulo de la sección

$$\mathbf{Sx} = \frac{Mx}{Fb}$$

$$\mathbf{Sx} = \frac{2.089 \text{ klb in}}{23.76 \text{ ksi}}$$

$$\mathbf{Sx} = 0.088 \text{ in}^3$$

Con el modulo de la sección busco en tablas el perfil más adecuado.

En tabla 1 – 7 AISC pág. 1 – 46

El modulo de la sección (Sx) para comparar con el calculado

$$\mathbf{Sx} = 0.129 \text{ in}^3 \quad (\text{Perfil } 2'' \times 2'' \times \frac{1}{2}'')$$

Por lo tanto el perfil ubicado cumple con las especificaciones.

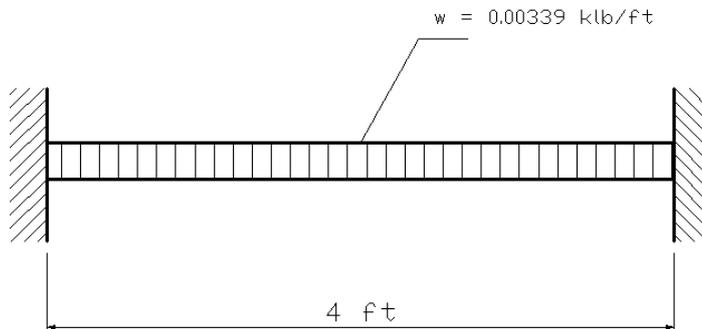
Factor seguridad

$$\mathbf{FS} = \frac{Sx \text{ seleccionado}}{Sx \text{ requerido}}$$

$$\mathbf{FS} = \frac{0.129 \text{ in}^3}{0.088 \text{ in}^3}$$

$$\mathbf{FS} = 1.6$$

3. Viga de estructuración (No soporta carga tan solo el propio peso del perfil) (2 vigas) Diseño por flexión



Acero A-36

$S_y = 36 \text{ ksi}$ (esfuerzo a la fluencia)

$W = 0.0339 \text{ klb/ft}$ (Peso de la viga no soporta cargas)

f_b Esfuerzo a la flexión

F_b Esfuerzo admisible a la flexión

$F_b = 0.66 S_y$ (Debido a que posee apoyo lateral total)

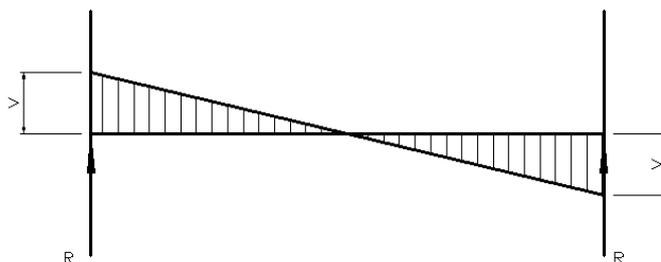
$f_b \leq F_b$

$F_b = 0.66 S_y$

$F_b = 0.33 (36 \text{ ksi})$

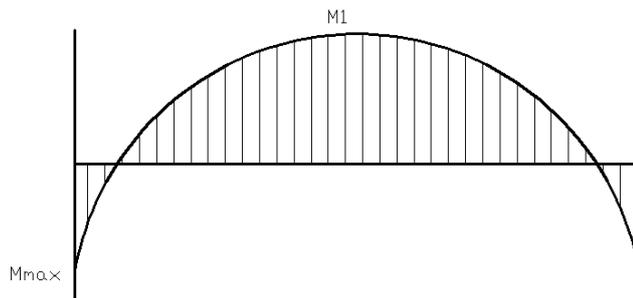
$F_b = 23.76 \text{ ksi}$

Diagrama de corte



$$R = V = \frac{w \times l}{2} = \frac{0.00339 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times 4 \text{ ft}}{2} = 0.00695 \text{ klb}$$

Diagrama de momentos



$$M_{max} = \frac{W l^2}{12}$$

$$M_{max} = \frac{0.00339 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times (4 \text{ ft}) \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}}{12}$$

$$M_{max} = 0.0569 \text{ klb in}$$

Cálculo del modulo de la sección

$$S_x = \frac{M_x}{F_b}$$

$$S_x = \frac{0.0569 \text{ klb in}}{23.76 \text{ ksi}}$$

$$S_x = 0.00239 \text{ in}^3$$

Con el modulo de la sección se busca en tablas el perfil más adecuado.

En tabla 1 – 7 AISC pág. 1 – 46

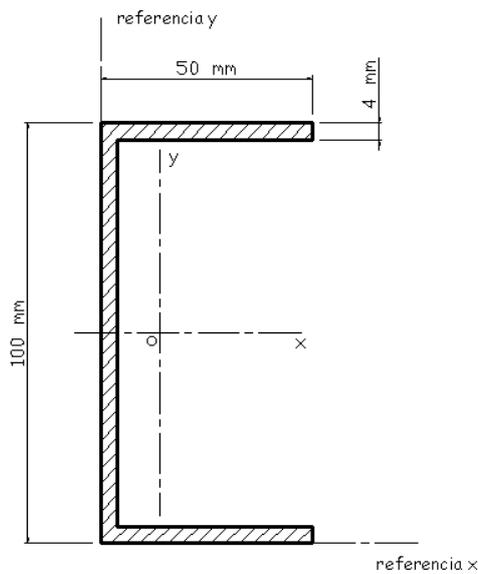
El modulo de la sección (S_x) para comparar con el calculado

$$S_x = 0.129 \text{ in}^3 \quad (\text{Perfil } 2'' \times 2'' \times \frac{1}{2}'')$$

Por lo tanto el perfil ubicado cumple con las especificaciones.

4. Columnas de soporte

Diseño por compresión



$$AT = (100\text{mm} * 4\text{mm}) + (46\text{mm} * 4\text{mm}) + (46\text{mm} * 4\text{mm})$$

$$AT = 768 \text{ mm}^2 = 1.19 \text{ in}^2 = 0.000768 \text{ m}^2$$

$$\bar{x} = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3}{AT}$$

$\bar{x} =$

$$\frac{(50\text{mm} * 4\text{mm}) * 25\text{mm} + (92\text{mm} * 4\text{mm}) * 2\text{mm} + (50\text{mm} * 4\text{mm}) * 25\text{mm}}{768 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{x} = 13.98 \text{ mm} = 0.55 \text{ in}$$

$$\bar{y} = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3}{AT}$$

$\bar{y} =$

$$\frac{(50\text{mm} * 4\text{mm}) * 98\text{mm} + (92\text{mm} * 4\text{mm}) * 50\text{mm} + (50\text{mm} * 4\text{mm}) * 2\text{mm}}{768 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{y} = 50 \text{ mm} = 1.969 \text{ in}$$

Con este cálculo se identifica donde se encuentra el centro de gravedad del perfil.

Cálculo de las inercias

Formulas a ocupar

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad \text{Inercia de un rectángulo}$$

$$I_{xx} = I * (A * d^2) \quad \text{Inercia respecto al C.G}$$

Inercias en X

- $I_{xx1} = I_{x1} + Ad^2$

$$I_{xx1} = \left(\frac{50 * 4^3}{12} \right) + [(50 * 4)(48)^2]$$

$$I_{xx1} = 461066.67 \text{ mm}^4$$

$$I_{xx1} = 1.108 \text{ in}^4$$

- $I_{xx2} = I_{x2} + Ad^2$

$$I_{xx2} = \left(\frac{4 * 92^3}{12} \right) + [(92 * 4)(0)^2]$$

$$I_{xx2} = 259562.67 \text{ mm}^4$$

$$I_{xx2} = 0.624 \text{ in}^4$$

- $I_{xx3} = I_{x3} + Ad^2$

$$I_{xx3} = \left(\frac{50 * 4^3}{12} \right) + [(50 * 4) (48)^2]$$

$$I_{xx3} = 461066.67 \text{ mm}^4$$

$$I_{xx3} = 1.108 \text{ in}^4$$

$$I_{xx} = I_{xx1} + I_{xx2} + I_{xx3}$$

$$I_{xx} = 1.108 \text{ in}^4 + 0.624 \text{ in}^4 + 1.108 \text{ in}^4$$

$$I_{xx} = 2.839 \text{ in}^4$$

Inercias en Y

- $I_{yy1} = I_{y1} + Ad^2$

$$I_{yy1} = \left(\frac{4 * 50^3}{12} \right) + [(4 * 50) (11.02)^2]$$

$$I_{yy1} = 65954.75 \text{ mm}^4$$

$$I_{yy1} = 0.158 \text{ in}^4$$

- $I_{yy2} = I_{y2} + Ad^2$

$$I_{yy2} = \left(\frac{92 * 4^3}{12} \right) + [(92 * 4) (11.98)^2]$$

$$I_{yy2} = 53306.177 \text{ mm}^4$$

$$I_{yy2} = 0.128 \text{ in}^4$$

- $I_{yy3} = I_{y3} + Ad^2$

$$I_{yy3} = \left(\frac{4 * 50^3}{12} \right) + [(4 * 50)(11.02)^2]$$

$$I_{yy3} = 65954.75 \text{ mm}^4$$

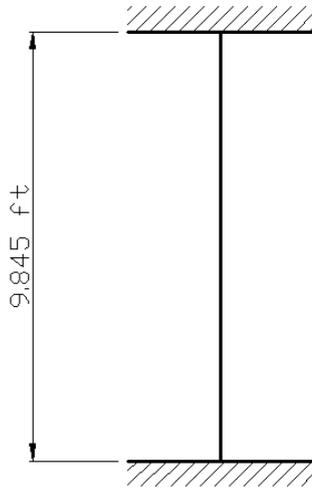
$$I_{yy3} = 0.158 \text{ in}^4$$

$$I_{yy} = I_{yy1} + I_{yy2} + I_{yy3}$$

$$I_{yy} = 0.158 \text{ in}^4 + 0.128 \text{ in}^4 + 0.158 \text{ in}^4$$

$$I_{yy} = 0.445 \text{ in}^4$$

Diagrama de la viga



$$K = 0.5$$

Este valor es tomado de tabla

LIBRO AISC pág. 16.1 – 240

$$F_y = 36 \text{ ksi}$$

$$\lambda = \frac{K * L}{r_{\min}}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{0.445 \text{ in}^4}{0.11964 \text{ in}^2}}$$

$$r_{\min} = 0.6114 \text{ in}$$

$$\lambda = \frac{K * L}{r_{\min}}$$

$$\lambda = \frac{0.5 * 9.845 \text{ ft} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}}{0.6114}$$

$$\lambda = 96.61 \approx 97$$

Con este dato se busca en tablas para saber la mayor fuerza que puede ser aplicada sobre dicha viga.

Con estos datos se busca en tablas λ y F_y

$$F_a = 13.1 \text{ ksi}$$

(Tabla 4-22, pg 320, AISC)

$$P = F * A$$

$$P = 13.1 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 1.1964 \text{ in}^2$$

$$P = 15.59 \text{ klb}$$

Esta es la máxima carga que puede ser aplicada

Cargas aplicadas en la columna

$$P_{\text{columna}} = P_{\text{perfil}} + P_{\text{eternit}}$$

$$P_{\text{columna}} = (0.0082 \text{ ft}^2 * 0.328 \text{ ft}) * 0.489 \text{ klb/ft}^3 + 0.0002636 \text{ klb}$$

$$P_{\text{columna}} = 0.002976 \text{ klb}$$

Por lo tanto la viga si soporta la carga asignada.

5. Columnas de soporte

Diseño por compresión

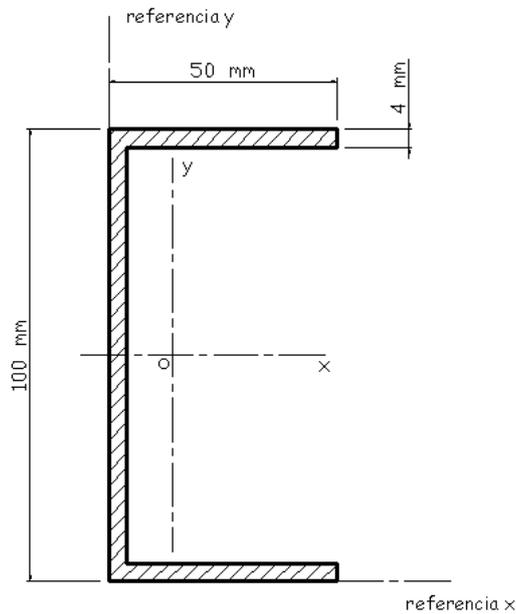
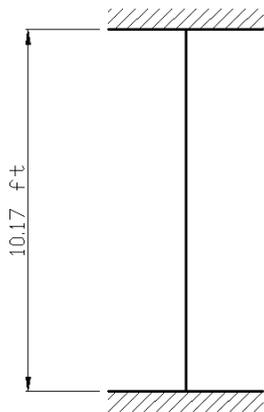


Diagrama de la viga



$$K = 0.5$$

Este valor es tomado de tabla

LIBRO AISC pág. 16.1 – 240

$$F_y = 36 \text{ ksi}$$

$$\lambda = \frac{K * L}{r_{\min}}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}}$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{0.445 \text{ in}^4}{0.1964 \text{ in}^2}}$$

$$r_{\min} = 0.6114 \text{ in}$$

$$\lambda = \frac{K * L}{r_{\min}}$$

$$\lambda = \frac{0.5 * 10.17 \text{ ft} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}}{0.6114}$$

$$\lambda = 99.80 \approx 100$$

Con este dato busco en tablas para saber la mayor fuerza que puede ser aplicada sobre dicha viga.

Con estos datos se busca en tablas λ y F_y

$$F_a = 12.7 \text{ ksi}$$

(Tabla 4-22, pg 320, AISC)

$$P = F * A$$

$$P = 12.7 \frac{\text{klb}}{\text{in}^2} * 1.1964 \text{ in}^2$$

$$P = 15.19 \text{ klb}$$

Esta es la máxima carga que puede ser aplicada

Cargas aplicadas en la columna

$$P_{\text{columna}} = P_{\text{perfil}} + P_{\text{eternit}}$$

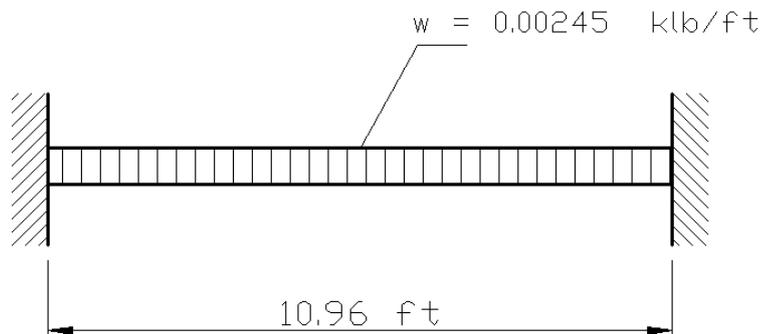
$$P_{\text{columna}} = (0.0082 \text{ ft}^2 * 0.328 \text{ ft}) * 0.489 \text{ klb/ft}^3 + 0.0002636 \text{ klb}$$

$$P_{\text{columna}} = \mathbf{0.002976 \text{ klb}}$$

Por lo tanto la viga si soporta la carga asignada.

6. Viga que soporta al Eternit (2 vigas)

Diseño por flexión



Acero A-36

$S_y = 36 \text{ ksi}$ (esfuerzo a la fluencia)

$W = 0.102 \text{ klb/ft}$ (peso del moto reductor y plancha de acero)

f_b Esfuerzo a la flexión

F_b Esfuerzo admisible a la flexión

$F_b = 0.66 S_y$ (Debido a que posee apoyo lateral total)

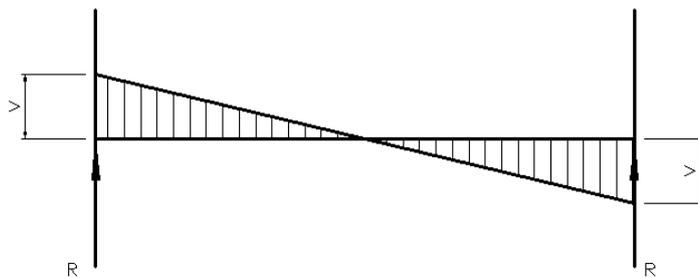
$f_b \leq F_b$

$F_b = 0.66 S_y$

$F_b = 0.33 (36 \text{ ksi})$

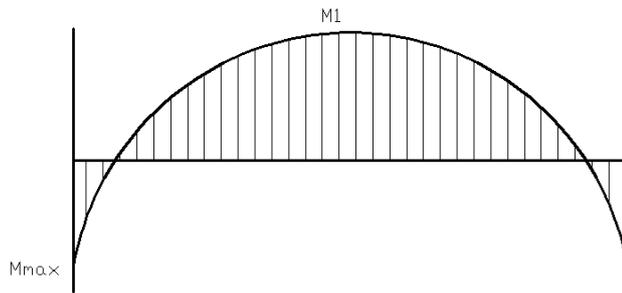
$F_b = 23.76 \text{ ksi}$

Diagrama de corte



$$R = V = \frac{w \times l}{2} = \frac{0.00648 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times 10.96 \text{ ft}}{2} = 0.0346 \text{ klb}$$

Diagrama de momentos



$$M_{\max} = \frac{w l^2}{12}$$

$$M_{\max} = \frac{0.00648 \frac{\text{klb}}{\text{ft}} \times (10.96 \text{ ft})^2 \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}}}{12}$$

$$M_{\max} = 0.7784 \text{ klb in}$$

Cálculo del modulo de la sección

$$S_x = \frac{M_x}{F_b}$$

$$S_x = \frac{I}{C}$$

$$\frac{I}{C} = \frac{M_x}{F_b}$$

$$I = \frac{M_x * C}{F_b}$$

$$I = \frac{0.7784 \text{ klb in} * 2 \text{ in}}{23.76 \text{ klb/in}^2}$$

$$I = 0,0655 \text{ in}^4$$

Inercias del perfil

$I_{yy} = 0.445 \text{ in}^4$ Por la posición del perfil se toma esta inercia

$$I_{xx} = 2.839 \text{ in}^4$$

La Inercia I comparada con I_{yy} se puede ver que el perfil ubicado es el adecuado.

Cálculo del modulo de la sección

$$S_x = \frac{M_x}{F_b}$$

$$S_x = \frac{0.7784 \text{ klb in}}{23.76 \text{ ksi}}$$

$$S_x = 0.0327 \text{ in}^3$$

Posibles perfiles a ocupar: UPN 80 y HEA 180 en caso de desear cambio de perfiles actuales.

4.5 Diagramas eléctricos del filtro

En esta parte se presentan los planos del tablero así como también el circuito de mando y alarmas del equipo, el diagrama de fuerza y el diagrama eléctrico de funcionamiento.



Tablero desarenadores - Pg 81, Cap 4.pdf



Circuito Mando Desarenadores - Pg 82, Cap 4.pdf



Diagrama de Fuerza - Pg 83, Cap 4.pdf



Diagrama circuito - Pg 84, Cap 4.pdf

CAPITULO 5

ESTUDIO PARA LA DISMINUCION DE LA VELOCIDAD DEL AGUA EN EL CANAL

5.1 Análisis de la situación actual

La hidroeléctrica Vindobona encargada de generar la energía para abastecer a la planta y mantenerla operativa está formada por varias estaciones por las cuales fluye el agua tomada del río Monjas hasta llegar a las turbinas. Las estaciones por las cuales está constituida la hidroeléctrica son Bocatoma, desarenadores, tanque de presión y casa de máquinas.

El inicio de la captación de agua que se conduce hacia las turbinas de la planta hidroeléctrica en Vindobona empieza en el Río Monjas, en Bocatoma.

Bocatoma consta de un Azud de captación con tres compuertas, que permiten tomar el agua del río y desviarle hacia el tanque desripiador. Para limpieza de partes sólidas que se encuentran en el cauce como basura, madera, etc. se dispone de una rejilla previa, la cual esta empotrada entre el río y el tanque desripiador, sirve para sedimentar las partes solidas, y devolverlas al río a través de una compuerta y el canal de retorno al cauce normal; esto se logra mediante el proceso de desarenado.



Río Monjas previo a la entrada de Bocatoma



Vista superior de Bocatoma

Como se observa en la imagen esta es la entrada a Bocatoma donde ingresa el agua del río Monjas y circula por la estación hasta llegar al canal de piedra a través del cual fluiría hasta desarenadores.



Entrada a Bocatoma

A continuación del tanque desripador se encuentra el canal conductor y el rebosadero que tienen la función de limpiar las partes que flotan en el agua

como plumas y piedra pómez, luego del rebosadero están dos tanques de desarenado previo a los cuales se ubican las compuertas de tornillo de cada uno que permiten controlar el caudal necesario para la generación. En estos tanques también se sedimenta la arena y se limpian enviando la arena de nuevo al río, una vez que ha pasado por todos estos tanques el agua es conducida al canal construido de piedra con tapas de hormigón, este túnel atraviesa el cerro Catequillá hasta llegar a desarenadores.



Canal que conduce el agua hacia desarenadores

¿Pero qué son las desarenadas?

El desarenado es el proceso en el cual se abre una compuerta de la piscina o también llamado tanque donde esta acumulada el agua fluyendo lentamente para que los sedimentos se vayan acumulando en el fondo como la arena y otros materiales, y estos salgan por la compuerta y se desechen.

Los desarenadores son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente de agua superficial permite pasar. Se utilizan en tomas para acueductos, en

centrales hidroeléctricas como en este caso, plantas de tratamiento y en sistemas industriales.



Piscina desarenadora

Bocatoma al ser la primera estación es muy importante que se tenga un buen control de la admisión del fluido para canalizarlo a través de los tanques hasta la salida hacia desarenadores, de esta forma se tiene un mejor control del caudal de trabajo.

A continuación se puede observar el esquema de Bocatoma con cada una de las zonas que lo compone y el trayecto que sigue el agua hasta dirigirse a desarenadores que es la siguiente estación.



Bocatoma - Pg 89. Cap 5.pdf

Las compuertas ubicadas en los tanques son las que permiten realizar el proceso de desarenado, como se puede observar en la imagen las compuertas son levantadas para permitir que el agua regrese hacia el cauce del río llevándose consigo la arena acumulada en el fondo. Para esto con anterioridad se levantan las compuertas que hacen que el cauce del agua sea hacia la entrada de Bocatoma permitiendo una vez abiertas que el agua siga río abajo sin entrar a los tanques.



Compuertas que marcan el cauce del río. Aquí se encuentran abiertas para el proceso de desarenado.



Proceso de Desarenado



Compuerta levantada al desarenar

El proceso de desarenado tiene una duración promedio de 10 min pero esto también depende de la cantidad de arena que este arrastrando el río. Siempre antes de desarenar se comunica a casa de máquinas y a

desarenadores con la finalidad de evitar que al momento de realizar este proceso no se esté realizando otra actividad que tenga que ver con la cantidad de flujo que se está enviando hacia las turbinas.

Como consecuencia del proceso de desarenado se baja el nivel del agua en los tanques de la propia bocatoma como se puede observar en la imagen, pero también disminuye la cantidad de agua en desarenadores y por consecuencia también en el canal que se conduce hacia el tanque de presión bajando de esta manera el rebose. Por esta razón es que en el tanque de presión hay varios sensores de nivel de agua los cuales miden la altura del fluido en el tanque, por lo general se mantiene de 1,74 a 1.76 metros con el objetivo de evitar que baje demasiado el nivel provocando el disparo de las turbinas. También hay dos sensores adicionales que dan alarma de que el nivel está demasiado bajo.



Al desarenar los tanque quedan si agua



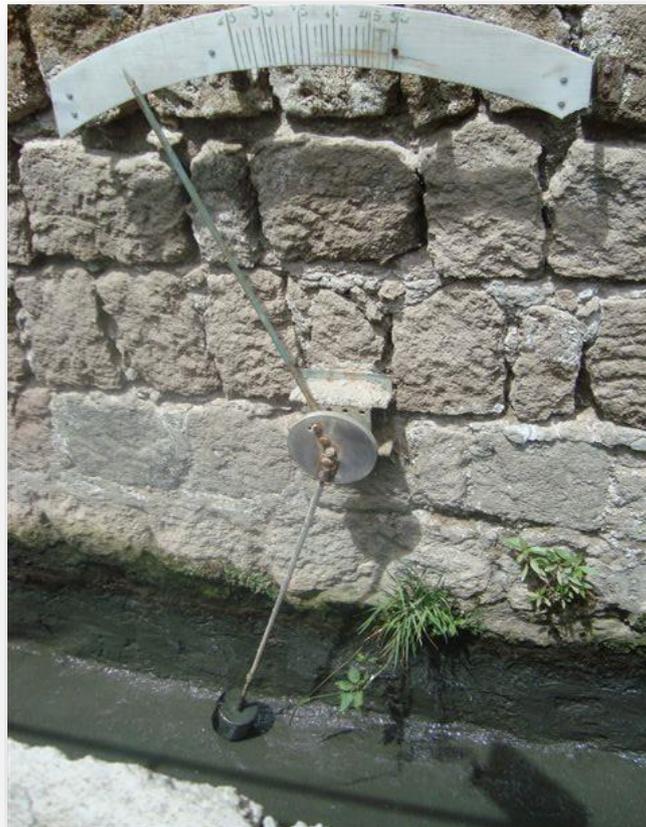
Tanque sin agua al momento de desarenar



Canal de salida de Bocatoma donde el agua se dirige a desarenadores a través del canal de piedra

A continuación del primer tanque en Bocatoma se encuentran dos tanques de 3.4 metros de profundidad en los cuales hay la opción de vaciar el tanque por completo para limpiarlo. En Bocatoma archivan información sobre las desarenadas que se realizan diariamente, se registra si hay paros en las turbinas, si se desarena por limpieza de los tanque, etc.

Además en el canal de salida existe una regleta donde se mide el nivel (Caudal) con el que se está trabajando; por lo general se trabaja con un caudal de 45 cm. Los datos que se manejan con respecto al caudal solo lo hacen en unidades de altura mas no se sabe a ciencia cierta que caudal es el que está atravesando por el canal por lo que más adelante se calculará el caudal de trabajo y se generará una tabla de valores referenciales. En la siguiente figura se puede observar la regleta donde se indica la medición del caudal con el que se está trabajando.



Al momento de desarenar se queda sin agua el canal por lo que la regleta en este momento no marca el caudal de trabajo.



Aguja marcando el nivel de trabajo (Caudal) en Bocatoma

En este instante es de 40 cm

Es muy importante la cantidad de agua que se está enviando para la generación de energía razón por la cual tiene mucha importancia saber con qué caudal se está trabajando dependiendo de la regleta.

Al salir de bocatoma se conduce el agua por medio de un canal de hormigón hasta llegar a Desarenadores al desembocar en esta zona llega a unos pre desarenadores llamados conchas; en las conchas se limpia los sedimentos a través de dos compuertas de fondo tipo tornillo motorizadas; el ingreso de agua a las mismas se controla por dos compuertas de ingreso accionadas por tecles mecánicos, luego el agua pasa por dos tanques principales de desarenado, en los cuales se sedimenta la arena, a partir de aquí se dirige por medio de un canal donde está ubicado el filtro hacia el ducto que llega al tanque de presión, este como ya se mencionó antes tiene sensores de nivel para poder verificar la altura del agua con el fin de evitar disparo en las turbinas por bajo nivel.



Conchas previas a las piscinas desarenadoras



Piscinas desarenadoras

Tienen aproximadamente una profundidad de 10 m

Al momento de realizar el desarenado el lodo y los sedimentos son desalojados a través de dos compuertas de fondo similares a las de las conchas, tanto los sedimentos de las conchas como los de los tanques desarenadores se envían al río Guayllabamba a través de canales subterráneos que desembocan en una quebrada la misma que da al río. Ya limpia el agua pasa al canal colector en el cual está ubicado el filtro automático y dos cedazos para limpiar la basura que aun sigue circulando, estos desechos son clasificados en orgánicos e inorgánicos, los orgánicos son almacenados en un cubículo para su descomposición (abono) y los inorgánicos se envían a la planta semanalmente para su eliminación de acuerdo a normas de tratamiento de desechos.



A partir de las piscinas desarenadoras continúa por el canal pasando por el filtro que se puede observar

Al pasar el agua sigue su curso por estas piscinas, se dirige por el canal mostrado en la imagen donde se encuentra instalado el filtro, a partir de aquí sigue su cauce hasta dirigirse al tanque de presión y luego hacia las turbinas en casa de máquinas por medio de la tubería.



Canal de conducción



Canal donde está ubicado el filtro



Filtro ubicado en el canal

Después de pasar por el canal ingresa a dos cubetos de filtrado con unos cedazos de piso que evitan el paso de material flotante, una vez que el agua es filtrada es enviada por dos ductos a través de dos válvulas de compuerta a la quebrada que lleva al río antes mencionado, luego se tiene el canal túnel que va al tanque de presión que está construido partes como túnel y partes como canal, este enlaza desarenadores con el tanque de presión el cual está conformado por el canal, el rebosadero, las rejillas de ingreso a la tubería de presión además de tres compuertas de control; el rebosadero permite descargar el agua que excede a la generación, esta agua se desaloja por una quebrada al río Guayllabamba y parte se utiliza para regadío de los cultivos colina abajo. La boca del tubo de ingreso a la tubería de presión esta embebida en el hormigón del tanque.

A continuación se adjunta un esquema general del área de Desarenadores indicando sus zonas principales.



Desarenadores - Pg 100, Cap 5.pdf



Desarenadores - Pg 101, Cap 5.pdf



Tanque de presión - Pg 102, Cap 5.pdf

Estas son algunas imágenes sobre el proceso de desarenado en el área de desarenadores.

Las desarenadas en estas piscinas solo se las realiza los días sábados, el proceso primero se ejecuta cerrando las compuertas para después vaciar las conchas ubicadas antes de las piscinas desarenadoras, una vez que estas han sido evacuadas del lodo acumulado en la base se procede a abrir la compuerta que permite la salida del agua de las piscinas como se muestra en las figuras siguientes. El vaciado y limpieza de las conchas tiene un tiempo promedio de 1 hora.



Limpiezas de las conchas

Una vez que se ha terminado con la limpieza de esta parte, se desarenan las piscinas dejándolas libres de lodo y de todos los sedimentos acumulados en el fondo.

El proceso de desarenado aproximadamente de cada piscina es de 45 minutos a 1 hora esto hasta que se vacíe totalmente y se empiece a llenar de agua para limpiar, una vez que ha quedado libre de lodo se cierran las compuertas de fondo y abren las compuertas correspondientes para llenar las piscinas; este proceso de llenado aproximadamente toma 2 horas por cada una.



Vaciado de las piscinas



En este paso se deja ingresar agua para que se lleve el lodo



Llenado de las piscinas

Como efectos de estas desarenadas en las piscinas y por motivos de limpieza, siempre en Bocatoma se aumenta el caudal de trabajo a 50 cm y se mantiene así hasta que se regula. Además siempre que se realiza este proceso de desarenado tanto en esta área como en Bocatoma el rebose previo al tanque de presión disminuye al mínimo y se mantiene así hasta que de nuevo el tanque o la piscina recuperan su nivel de agua y esta empieza a fluir con normalidad.



Tanque de presión



Rebosadero previo al tanque de presión



Salida del rebosadero

A partir de esto se conduce el fluido a casa de máquinas por medio de la tubería de presión que consta de 13 juntas distribuidas en toda su longitud permitiendo una caída de aproximadamente 550 m hasta el punto de generación; de aquí el caudal transportado ingresa hacia las turbinas por las válvulas de compuerta motorizadas.



Tubería de presión

Casa de máquinas ubicada en el lugar apropiado por la topografía del terreno es la construcción en donde se ubican las máquinas (turbinas, alternadores, etc.) y los elementos de regulación y comando encargados de generar la energía eléctrica a partir del aprovechamiento del agua.



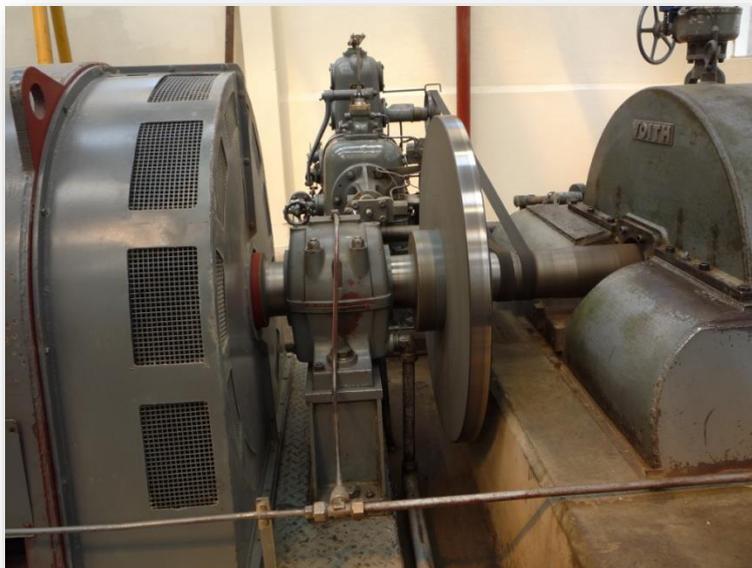
Casa de maquinas

Las turbinas tienen una capacidad 1500 Kw, al momento se está trabajando con 1400 kw y 1300 kw en cada una con un total generado de 2700 Kw con un caudal desde bocatoma de 45 cm. La generación de las turbinas depende de las condiciones con las que se esté trabajando esto se hace para evitar que las mismas se disparen. En la alimentación de energía a la Empresa se trabaja en paralelo con la Empresa Eléctrica Quito esto con la finalidad de siempre mantener con electricidad a la planta evitando paros en la producción por este motivo, la planta hidroeléctrica es de vital importancia para la empresa ya que proporciona en un 92 a 95% de lo que se requiere para poner en marcha los equipos.



Turbina Pelton ubicada en casa de máquinas

Hidroeléctrica Vindobona



Se puede observar la polea y parte del generador de la turbina

Además se va a aumentar una nueva turbina con una capacidad de generación de 3000 kw para así poder abastecer en su totalidad la demanda de energía de la Empresa.



Nueva turbina con capacidad de 3 MW.

A continuación se adjunta un esquema de casa de máquinas.



Casa de maquinas - Pg 111, Cap 5.pdf

5.2 Estudio experimental, cálculo de la velocidad del agua y determinación del caudal de trabajo en bocatoma

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El caudal de un río puede calcularse a través de la siguiente fórmula:

$$Q = v * A$$

Donde:

Q Caudal ($[L^3T^{-1}]$; m³/s)

A Es el área ($[L^2]$; m²)

v Es la velocidad lineal promedio. ($[LT^{-1}]$; m/s)

La determinación del caudal de trabajo requiere de algunos datos importantes como por ejemplo las dimensiones del canal por el cual está circulando el fluido y también la velocidad a la cual se desplaza el agua.

La dimensión del canal es sencilla de determinar, se tiene el ancho que es de 1400 mm y la altura que es variable de 0 – 500 mm dependiendo de la admisión en la entrada de Bocatoma. Con estos dos datos se determina el área por donde está circulando el fluido.

La velocidad del agua se determina experimentalmente haciendo flotar sobre el cauce del agua en el canal una esfera, se toma en cuenta distancia de 10 metros y se toma el tiempo de cuanto se demora en recorrer esa distancia. Esta técnica de determinación de la velocidad del agua es usada siempre en casos similares.

En el experimento se obtienen los siguientes resultados, en una distancia de 10 metros la esfera se demora en recorrer aproximadamente 12 segundos por lo tanto determinamos la velocidad del agua con la siguiente fórmula:

$$V = d / t$$

Donde:

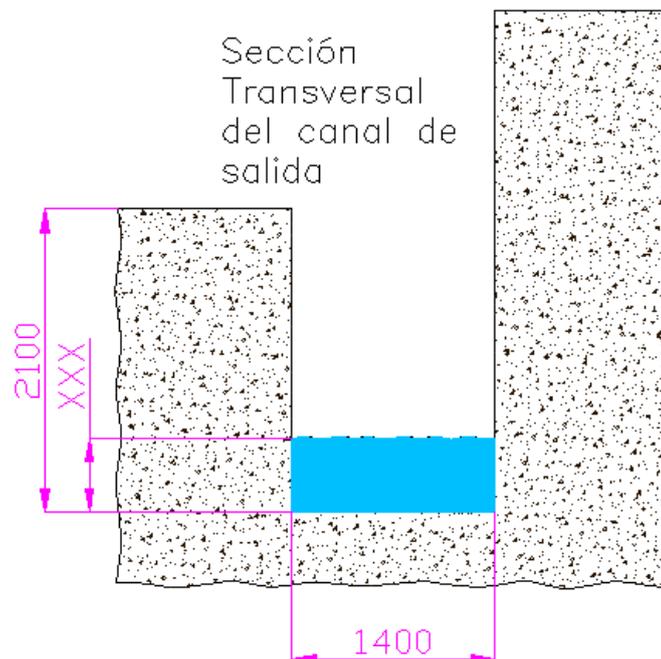
V = velocidad del agua del canal (m/s)

d = distancia de recorrido (m)

t = tiempo que se demora en recorrer la distancia d (seg)

Por lo tanto la velocidad del agua es 10 metros dividido para 9 segundos que se demoro en recorrer esta distancia:

$$V = 1.11 \text{ m/s}$$



A continuación se presenta una tabla donde se indica el caudal de trabajo dependiendo de la altura de la regleta.

DETERMINACION DEL CAUDAL DE TRABAJO EN LA GENERACION DE ENERGIA					
Longitud mm	Altura mm	Área m²	Velocidad m/s	Caudal	
				m³/s	m³/h
1400	0	0	1.11	0	0
1400	25	0.035	1.11	0.03885	139.86
1400	50	0.07	1.11	0.0777	279.72
1400	75	0.105	1.11	0.11655	419.58
1400	100	0.14	1.11	0.1554	559.44
1400	125	0.175	1.11	0.19425	699.3
1400	150	0.21	1.11	0.2331	839.16
1400	175	0.245	1.11	0.27195	979.02
1400	200	0.28	1.11	0.3108	1118.88
1400	225	0.315	1.11	0.34965	1258.74
1400	250	0.35	1.11	0.3885	1398.6
1400	275	0.385	1.11	0.42735	1538.46
1400	300	0.42	1.11	0.4662	1678.32
1400	325	0.455	1.11	0.50505	1818.18
1400	350	0.49	1.11	0.5439	1958.04
1400	375	0.525	1.11	0.58275	2097.9
1400	400	0.56	1.11	0.6216	2237.76
1400	425	0.595	1.11	0.66045	2377.62
1400	450	0.63	1.11	0.6993	2517.48
1400	475	0.665	1.11	0.73815	2657.34
1400	500	0.7	1.11	0.777	2797.2

5.2 Datos Recolectados

A continuación se presenta una tabla en la cual están recolectados algunos datos interesantes referentes a la generación de energía en Vindobona, las desarenadas en Bocatoma, etc. Mediante estos datos se explica el efecto que tiene disminuir el caudal de operación en la admisión de Bocatoma con la finalidad de disminuir la velocidad del agua en desarenadores y por ende en el canal de conducción donde está ubicado el filtro.

Es muy importante tener en cuenta cada uno de los factores que influyen en la generación de energía eléctrica para garantizar que cualquier cambio o modificación que se aplique al sistema no afecte de una manera drástica a la generación teniendo que disminuir la carga provocando que no se aproveche al máximo la capacidad de cada una de las turbinas.

Por tal razón se ha recolectado datos importantes sobre el funcionamiento y el objetivo de cada una de las tres estaciones por la cuales circula el agua hasta llegar a las turbinas, estas estaciones son Bocatoma, Desarenadores y Casa de máquinas.

[DESARENADAS - Pgs 116,117,118,119,120,121 Cap 5.xlsx](#)

5.3 Resultado Obtenido

Con el análisis de los datos recolectados y con el conocimiento adquirido sobre el funcionamiento y mecánica del sistema de generación de energía en la empresa la conclusión es la siguiente.

Si es factible disminuir la velocidad del agua en el canal, esto se logra disminuyendo el caudal de trabajo en Bocatoma que como ya se indicó es medible en la regleta ubicada a la entrada del túnel que conduce el agua a desarenadores y esta altura a su vez establece un caudal determinado como se indicó en la tabla.

En Bocatoma se disminuye el caudal subiendo las compuertas ubicadas en el puente como se muestra en la figura, permitiendo que un mayor porcentaje del agua del Río Monjas siga su cauce normal sin entrar a Bocatoma.



Las compuertas se levantan para permitir que un mayor porcentaje del agua de río siga su cauce normal.



Compuertas levantadas permitiendo que el río siga su cauce normal.

Por lo tanto al levantar las compuertas del puente antes de la entrada a bocatoma se logra que ingrese una menor cantidad de agua de esta manera disminuyendo el caudal de trabajo.

Un gran beneficio es que al disminuir el caudal se arrastra menos material liviano como consecuencia se reduce la cantidad de desechos que el agua lleva consigo hacia desarenadores y por lo tanto hacia el filtro de esta manera frenando considerablemente los posibles desechos que pueden llegar a las turbinas.

En el área del tanque de presión está el rebose que se utilizará para regar los cultivos que se encuentran montaña abajo y otra parte sigue por la quebrada hasta unirse con el Río Guayllabamba, al disminuir el caudal este rebose seguirá proporcionando agua a los cultivos, lo que se disminuye es el excedente de agua que pasa directo al Río Guayllabamba sin causar ningún beneficio.

Algo que se debe tener bien claro es que al disminuir el caudal de trabajo si bien es cierto se va a minorar el rebose pero este jamás se lo va a quitar por completo ya que siempre debe existir para garantizar la altura mínima del tanque de presión.

En el caso de disminuir el caudal de trabajo hay que tener en cuenta que siempre antes de cualquier desarenada se debe aumentar el caudal a 50

cm que equivale a 1764 m³/h durante un periodo de tiempo aproximado de media hora para compensar la pérdida de agua que se produce por motivo del desarenado y garantizar que antes del tanque de presión se mantenga el rebose necesario, claro está que será mínimo pero siempre es seguro mantener el rebose para evitar activar las alarmas de bajo nivel de agua en el tanque de presión e impedir el disparo de las turbinas.

Aumentar el caudal a 1764 m³/h es muy factible ya que las condiciones del río y su caudal lo permiten y sin afectar el caudal ecológico del río Monjas.

Caudal ecológico de un río o cualquier otro cauce de agua corriente, se refiere al agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce del mismo, como los hábitats naturales de una riqueza de flora y fauna así como también la preservación del paisaje.

Otra opción que se puede considerar es el realizar desarenadas más rápidas en Bocatoma con el fin de optimizar tiempos y evitarse el tener que bajar carga en la generación de las turbinas por algún tiempo mientras se realizan los procesos de desarenado.

Como se vio la finalidad del desarenado es eliminar la arena de los tanques para lo cual en Bocatoma se toma diez minutos en este proceso, el objetivo es reducir el tiempo para eliminar la arena del tanque desripiador y así acelerar las desarenadas.

Para esto se puede colocar un sistema de chorros de agua en el tanque desripiador colocados de tal manera que obligue a la arena a desprenderse del fondo y se vaya más rápidamente, para esto se va a ocupar una bomba centrífuga activada por un sensor de nivel ubicado en el tanque desripiador que tomará agua de las piscinas de 3.4 metros de profundidad por medio de una válvula de pie y la tubería de succión y la llevará hasta el desripiador por la tubería de descarga. Al caer estos chorros de agua con presión sobre la arena hará que se desprenda del fondo logrando así que toda la arena se vaya más rápido acelerando el desarenado. A continuación se adjunta un esquema del proyecto.



Bocatoma - Pg 125, Cap 5.pdf

Por último otro agente de mucha importancia es que se va a implementar una nueva turbina que trabajará intercaladamente con las dos ya instaladas por lo tanto esta nueva turbina también va a utilizar agua proveniente de Bocatoma lo que hará que el rebose en el tanque de presión disminuya en un porcentaje, que hay que tener pendiente al momento de disminuir el caudal de trabajo en Bocatoma para mantener un equilibrio en la disminución del rebose por motivo de la entrada de la nueva turbina y por la disminución del caudal en Bocatoma.

CAPITULO 6

Cálculo de costos

Dentro del cálculo de costos de un proyecto están algunas variables a considerar y algunos conceptos que deben tenerse en cuenta con el objetivo de analizar si el proyecto en cuestión es viable.

Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para su evaluación, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto, definirá los costos y beneficios pertinentes del mismo.

En este caso específico la implementación del filtro ha representado un gran beneficio ya que mediante este sistema se ha evitado que muchas de las impurezas que arrastra consigo el agua lleguen hacia las turbinas pudiendo provocar serios daños comparado con el pasado que se corría muchos riesgos al no poder disminuir en un mayor porcentaje la cantidad de material que llegaba hasta el canal.

Muchas veces es difícil darse cuenta cuáles serán los costos presupuestados del proyecto. La preparación de los costos detallados del proyecto se inicia en la Planificación, y se asume que se tienen los presupuestos entregados por proveedores y asesores externos. Los costos del proyecto se dividen en cinco rubros a considerarse como son los siguientes:

1. **Mano de obra:** en este rubro debe estar representado el tiempo que le dedicarán al proyecto los recursos de la organización, en términos de cantidad de horas por valor hora. No olvidemos que el costo de los recursos en relación de dependencia está dado por el costo de oportunidad. La gente que estará en el proyecto tiene un sueldo, ese sueldo tiene asociado un valor hora. Este valor hora multiplicado por las horas dedicadas al proyecto nos da el costo del recurso. Para calcular el valor hora de un recurso de la organización se debe tener en cuenta su

suelo bruto más las cargas sociales e impuestos correspondientes para el empleador.

2. **Materiales:** el costo de los materiales que se necesita comprar para el proyecto. Se llaman materiales pero pueden ser tangibles o intangibles: maquinaria, equipamiento, materiales de construcción, costos de suscripción a algún servicio de información, licencias de software, papel, pintura, etc.
3. **Proveedores, consultores y asesores:** cuando el equipo del proyecto no hará todo el trabajo, porque no tiene las habilidades necesarias o porque no estará disponible, se contratan servicios profesionales externos. En este rubro figuran todos los honorarios de estos colaboradores.
4. **Alquiler de equipos e instalaciones:** quizás además de comprar materiales se alquilen equipos, maquinarias o instalaciones para uso del proyecto. En este rubro entran esos costos. Si los equipos o instalaciones serán usados para varios proyectos, se deben prorratear correspondientemente.
5. **Viajes, alojamiento, alimentos:** si el equipo del proyecto debe incurrir en este tipo de gastos, esto es parte del costo del proyecto. Las propuestas comerciales de proveedores, consultores y asesores externos pueden o no incluir viajes, alojamiento y alimentos. Estos costos deben ser sumados a los costos del equipo del proyecto cuando corresponda.

En este caso del rediseño del filtro se deja de lado tres de estos cinco aspectos, el de maquinaria porque se van a construir los elementos con proveedores externos, el de alquiler de equipos e instalaciones, este punto tampoco entra en el cálculo ya que en la planta se cuenta con todo lo necesario para trabajar, y por ultimo viajes, alojamiento y alimentos tampoco interviene en el cálculo ya que el proyecto se encuentra a pocos minutos de la planta y no se requiere viajes ni hospedaje en otro lugar.

6.1 Cálculo de costos de materiales, mano de obra y servicios externos

Los materiales a utilizar para el rediseño del filtro son los siguientes:

Descripción	Unidad	Cant.	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
Limpieza de las bandejas colectoras				
Válvula de bola de 1" galvanizada	c/u	4	16.9	67.6
Codo galvanizado de 1" 90°	c/u	6	2.21	13.26
Tee galvanizada 1"	c/u	5	2.15	10.75
Tubo galvanizado 1"	mts	12	6.8	81.6
Tubo pvc 1" roscable (rojo)	mts	12	3.67	44.04
Neplo corrido galvanizado 1"	c/u	5	2.35	11.75
Neplo galvanizado de 1" * 2"	c/u	5	2.52	12.6
Neplo galvanizado de 1" * 4"	c/u	5	2.2	11
Universal galvanizada de 1"	c/u	3	4.14	12.42
Tapón hembra galvanizado 1"	c/u	4	1.87	7.48
Acople pitón 1"	c/u	4	1.48	5.92
Unión galvanizada 1"	c/u	4	1.13	4.52
Abrazadera titán 1"	c/u	5	4.5	22.5
Teflón 19mm x 15 m x 0.2 mm	c/u	5	0.9	4.5
Permatex 11 onzas	c/u	2	4.12	8.24
Manguera transparente flexible 1"	mts	10	1.8	18
Válvula de pie 1 1/4"	c/u	1	56.7	56.7
Rediseño de las mallas				
Perfil estructural T de 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"	mts	30	1.36	40.8
Hierro platina de 3/4 x 1/8 "	mts	36	0.53	19.08
Malla acero inoxidable Mesh 4	mts	5	36	180
Malla acero inoxidable Mesh 5	mts	5	40	200
Perno inoxidable M6 x 20 mm cabeza Hexagonal Completo	c/u	420	0.18	75.6
Rastrera mixta (Aluminio y caucho) 60 mm x 700 mm	c/u	12	3.65	43.8
Cable de acero 5/16"	mts	24	1.85	44.4
Grilletes cable de acero 5/16"	c/u	10	0.78	7.8
			Total	1004.81

Costos de mano de obra

La mano de obra y los servicios externos son partes indispensables para la realización y la culminación de un proyecto. La mano de obra es el recurso más importante con el que se cuenta en toda empresa y por consecuencia en todo proyecto, es el factor humano que agrega valor a los elementos para formar un equipo que preste beneficios para la empresa. En si la importancia radica en que es el factor de producción por excelencia, debido a que es el que desarrolla una serie de actividades y tareas, y ayudado por instrumentos, infraestructura, entre otros, produce bienes y servicios de una manera satisfactoria.

El costo es el monto en términos monetarios del dinero que le cuesta a la empresa mantener a la mano de obra. En una determinada empresa el empleado realiza un determinado trabajo y por ende este recibe un salario, pero aparte de esto recibe una serie de beneficios que le generan gastos a la empresa, por tanto se puede constatar que el costo de la mano de obra representa el doble salario que gana el empleado.

El costo de la mano de obra de un mecánico en nuestro medio es de 1.37 \$ la hora. Este valor proviene del promedio de varios valores recogidos de talleres mecánicos instalados en la ciudad de Quito, al realizar un promedio entre todas las muestras recolectadas se calculo el valor antes mencionado.

En el proyecto de rediseño del filtro se va a requerir la ayuda de dos mecánicos que estén permanentemente en los trabajos por un lapso de dos meses. Teniendo en cuenta la cantidad de personal que se requiere, el costo de su trabajo se puede obtener el precio total de la mano de obra para el proyecto.

Se tiene los siguientes datos:

a = Costo por hora

b = Costo mensual de un trabajador

t = Tiempo

n = Número de personas

m = Número de meses a trabajar

x = Total de la mano de obra

Las fórmulas a ocupar son las siguientes:

$$\mathbf{b = a * t} \quad \mathbf{[6.1]}$$

$$\mathbf{x = b * n * m} \quad \mathbf{[6.2]}$$

Calculando:

$$\mathbf{b = a * t}$$

$$\mathbf{b = \frac{1.37 \$}{1 \text{ hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día de trabajo}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 328.88 \$ \text{ mensuales}}$$

$$\mathbf{x = b * n * m}$$

$$\mathbf{x = \frac{328.88 \$}{1 \text{ mes}} * 2 \text{ trabajadores} * \frac{1}{2} \text{ mes} = 328.88 \$}$$

Por lo tanto el costo total de la mano de obra es: 328.88 \$

Costo de servicios externos

Dos elementos importantes de este proyecto se enviaron a construir por medio de proveedores externos por lo cual estos rubros deben ser considerados en el cálculo de costos del rediseño del filtro.

Los elementos que se enviaron a construir son los siguientes:

1.- Filtros malla de perfil T 1 ¼"	2 u	2681.28 \$
2.- Malla de bandeja recolectora principal	1 u	259 \$
Total Costo		2940.28 \$

Estos son los costos que intervienen esencialmente en el rediseño del filtro de aquí se obtienen el total correspondiente al rediseño del filtro.

6.2 Cálculo de costos totales referente a la modernización del filtro

Total: Materiales + Mano de Obra + Costo servicios externos

Total: 1004.81 \$ + 328.88 \$ + 2940.28 \$

Total: 4273.97\$

CAPITULO 7

Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Se cumplió con éxito y objetividad la meta de rediseñar el filtro.
- En el desarrollo del rediseño del filtro se realizaron algunas pruebas en las cuales se observó que hay varias alternativas para dar solución a un problema, al tener enfocadas las alternativas posibles es mucho más fácil discernir cuál es la más adecuada.
- Se analizó a fondo la disminución de la velocidad del agua en el canal, de lo cual se obtuvo alternativas muy interesantes sobre algunos temas relacionados como la disminución del caudal y métodos para realizar desarenadas más rápido en bocatoma.
- Con el estudio realizado se pudo determinar experimentalmente y también mediante cálculos técnicos el caudal que sale de bocatoma pero en m^3/h ya que antes se lo medía pero solo en cm de altura del agua en el canal con una regleta sin saber a ciencia cierta con que caudal se trabajaba.
- Se comprobó que mediante la disminución del caudal de trabajo desde Bocatoma hay menor cantidad de desechos arrastrados.
- Este proyecto me ayuda a poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, en especial la parte de diseño, ya que también consta de una estructura para la protección y montaje del filtro, y en sí el dimensionamiento de los distintos equipos que lo conforman, también se aplica conocimientos sobre automatización de procesos, selección de materiales, etc. que son esenciales en la profesión.

7.2 Recomendaciones

- Realizar la limpieza periódica del filtro para evitar incrustaciones en las mallas debido a una especie de suciedad espumosa que suele bajar y por los desechos en sí.
- Dar un mantenimiento periódico a las guías de las mallas filtros, al motor reductor, a los sensores fines de carrera de las mallas y también los sensores de las alarmas.
- Chequear tablero de control, sistema de bombeo y sistema de transmisión de movimiento del filtro para observar alguna irregularidad.
- Separar los desechos recogidos ya sean orgánicos e inorgánicos de acuerdo a las normas de tratamiento de desechos, es muy importante para conservar el ambiente que lo rodea.

7.3 Glosario

- 1 **Filtro:** Material poroso o dispositivo a través del cual se hace pasar un fluido para limpiarlo de impurezas o separar ciertas sustancias.
- 2 **Desarenadores:** Receptáculo para la recogida del agua superficial, donde también se retienen los lodos y otros sedimentos arrastrados. También llamado depósito de fangos.
- 3 **Engranaje:** Conjunto de ruedas dentadas y otras piezas que encajan entre sí y sirven generalmente para transmitir un movimiento giratorio
- 4 **Motor:** Es una máquina que nos permite convertir la energía eléctrica en energía mecánica.
- 5 **Cable de Acero:** Es un conjunto de alambres que forman un cuerpo único como elemento de trabajo. Estos alambres pueden estar enrollados de forma helicoidal en una o más capas, generalmente alrededor de un alambre central, formando los cables espirales.
- 6 **Eje de acero:** Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación de una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engrane.
- 7 **Bomba centrífuga:** La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.
- 8 **Interruptor:** Mecanismo destinado a interrumpir o establecer un circuito eléctrico.

- 9 Soldadura:** Procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a las de las piezas que se han de soldar.
- 10 Pernos de anclaje:** Barra o perno embutido en el hormigón para sujetar, fijar o asegurar un elemento estructural.
- 11 Chumacera:** Pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria.
- 12 Malla:** Es el componente fundamental del filtro puesto que su orificio determina el tamaño máximo de la partícula que puede pasar a través del filtro y por tanto determina la calidad de filtración.
- 13 Remaches:** Clavo deformado en frío, que hace presión por los dos extremos pasantes y por hinchamiento en el orificio, usado en la unión de chapas.
- 14 Silicona:** Polímero sintético compuesto por cadenas de silicio, oxígeno y radicales alquílicos, que por ser resistente al calor y a la humedad y tener una gran elasticidad posee numerosas aplicaciones industriales y medicinales
- 15 PLC:** Un PLC (controlador lógico programable), es la unidad de control mínima en un proceso automatizado; Con el cual se pueden programar eventos resultantes de acuerdo a un estado específico del sistema.
- 16 Automatización:** La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

- 17 Relé:** El relé o relevador, es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos.
- 18 Guarda motor:** Interruptor automático destinado al comando y protección de los motores eléctricos.
- 19 Riel Din:** Es una riel con un estándar de 35 mm de ancho, con riel metálico en forma de sección transversal. Es utilizado para el montaje de interruptores y equipos de control industrial.
- 20 Fusible:** Los fusibles son dispositivos de seguridad para circuitos eléctricos que ofrecen un punto vulnerable que colapsa ante el aumento de tensión o intensidad en la corriente circulante, para proteger el circuito y los equipos que lo integren.
- 21 Acero:** Aleación que consta casi por completo de hierro (Usualmente más de 98%). También contiene pequeñas cantidades de carbono, silicio, cromo, manganeso, azufre, fósforo y otros elementos.
- 22 Acero inoxidable 304:** El acero inoxidable es un acero de elevada pureza y resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro.
- 23 Cargas de servicio:** Las cargas reales que se suponen aplicadas a una estructura cuando esta se encuentra en servicio.
- 24 Momentos de empotramiento:** Momentos en los extremos de elementos cargados cuando los extremos están sujetos contra rotaciones.
- 25 Viga:** Elemento que soporta cargas transversalmente al eje del elemento.

7.4 Bibliografía

- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, Manual AISC, decimo tercera edición, utilizado en la selección de perfiles.
- JUVINALL, Robert, *Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica*, editorial Limusa, tercera edición, 1997.
- S. TIMOSHENKO, *Resistencia de Materiales*, Quinta edición, Editorial: Paraninfo – España, Año de Edición: 2002.
- McCORMAC, Jack C., *Análisis de estructuras (método clásico y matricial)*, Segunda edición, Editorial Alfa omega – México, 2002.
- SHIGLEY, Joseph E., *Diseño en Ingeniería mecánica*, editorial McGraw – Hill, quinta edición, 1990.
- Manuales para la selección de Mallas filtrantes (Mesh)
- Tablas de perfiles estructurales, Empresas Dipac y empresa Acero comercial.

Páginas de internet

- <http://www.wordreference.com/definicion/filtro>
- <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061006150543AAPue6J>
- http://html.motores.com/motor-electrico_definicion-e-historia.html
- <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/TBombas.htm>
- <http://www.scribd.com/doc/2448049/Manual-de-motores-electricos>
- <http://www.igihm.com/productos.php?id=6&cod=18&item=2>

Anexo 1

Manual de operación

El manual de operación reviste una gran importancia en el actuar o funcionar de un equipo, ya que contiene la información necesaria para llevar a cabo de manera precisa y secuencial, las tareas y actividades operativas que son asignadas a cada una de las unidades que conforman dicho ente, de la misma forma, determina la responsabilidad e identifica los mecanismos básicos para la instrumentación y el adecuado desarrollo, con el propósito de generalizar y unificar los criterios básicos para el análisis de los procedimientos y correcto funcionamiento de los mecanismos, señalando lo que se pretende obtener con la ejecución de los mismos.

Todos los elementos son importantes y esenciales para el funcionamiento del filtro así como para la ejecución de la actividad para la cual ha sido diseñado.

A continuación se enlista una serie de actividades que deben realizarse con el fin de garantizar el buen funcionamiento y evitar algún fallo en el sistema.

1. Dotarse de los implementos de seguridad necesarios para iniciar el chequeo del equipo.
2. Asegurarse de que se encuentre sin energía el tablero al momento de estar chequeando la máquina para evitar cualquier accidente.
3. Revisar que las guías donde se deslizan las mallas no se encuentren con algún elemento que impida su desplazamiento normal.
4. Cerciorarse que se encuentren engrasadas las guías, los piñones del sistema de movimiento y que no haya fugas de aceite del motor reductor.
5. Observar que estén en su posición los canales recolectores de cada malla así como también la bandeja recolectora al final de los canales.
6. Inspeccionar en el tablero eléctrico que todo se encuentre en estado normal y que ningún breaker este alzado.

7. Revisar que los sensores no se hayan aflojado y estén en la posición adecuada.
8. Proceder a iniciar el proceso de limpieza de los filtros.

En caso de que algunos de estos puntos mencionados no se efectúe, se debe garantizar el cumplimiento de los mismos caso contrario no se debe iniciar el proceso de limpieza de las mallas.

Como se mencionó para la operación del filtro se cuenta con un tablero de control desde el cual se pueden comandar todos los movimientos que se desee realizar en el equipo.

Los botones que se tiene en el tablero son los siguientes:

Botón 1: Hace girar al motor en sentido anti horario, permite subir y bajar las mallas.



Botón 2: Hace girar al motor en sentido horario, permite subir y bajar las mallas.



Botón selector: Permite poner al filtro en modo manual o automático.



Botón rojo: Paro de emergencia, detiene al equipo en caso de funcionamiento defectuoso o algún inconveniente. También sirve para resetear el logo y poder volver a funcionar de nuevo ya que una vez pulsado el botón de emergencia los demás botones quedan deshabilitados hasta dar la señal de que ya todo está en buen estado.



Botón 3: Con este botón se inicia el modo automático en el filtro y también controla el encendido y apagado de la bomba.



Explicación del propósito que se pretende cumplir con los procedimientos.

Los objetivos de este manual de procedimientos son uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evitar su alteración arbitraria; simplificar la responsabilidad por fallas o errores; facilitar la evaluación del control interno y su vigilancia; que tanto los empleados como los responsables conozcan si el trabajo se está realizando adecuadamente; reducir los costos de mantenimiento al aumentar la eficiencia en general, además de otras ventajas adicionales.

Anexo 2

Manual de mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de acciones a ejecutar con cierta periodicidad para anticiparnos a la salida de servicio de equipos o herramientas que se han deteriorado o han sufrido algún daño en algún elemento por motivo de su vida útil o alguna avería.

Para desarrollar este manual se identifican todas las tareas preventivas que se pueden realizar, y luego se les asigna una periodicidad para generar un sistema de mantenimiento preventivo continuo.

Cada tarea no tiene una fecha fija de ejecución, pero si un periodo. De esta manera la agenda diaria del personal de mantenimiento tiene como prioridad atender las emergencias y tareas especiales, y luego el plan de mantenimiento.

Hay que tener muy claro que las tareas de mantenimiento son muy importantes y no se deben descuidar.

Entre las principales ventajas del mantenimiento, podemos mencionar

Las siguientes:

- Mejor conservación de los equipos;
- Aumento de la calidad y de la productividad;
- Disminución de paralizaciones imprevistas;
- Disminución de reparaciones;
- Reducción de horas extra de trabajo, y
- Reducción de costos.

Tareas de mantenimiento

Para empezar se tiene algunas advertencias que son importantes tener en cuenta antes de desarrollar cualquier actividad de mantenimiento.



ADVERTENCIA:

Si se ignoran las advertencias descritas y se trabaja de una manera inadecuada hay peligro de serio daño corporal o muerte.



AVISO:

Si se ignoran las advertencias descritas y se utiliza mal las herramientas y maquinaria confiada hay peligro de serio daño corporal o muerte.

Para empezar las tareas mantenimiento se tienen las siguientes normas:

1. Colocarse la ropa de trabajo adecuada para las tareas de mantenimiento.
2. Liberarse de accesorios como reloj, anillos, cadenas, etc. ya que pueden ser causa de accidentes.
3. Dotarse de los accesorios de seguridad personal que sean necesarios como guantes, botas de trabajo, orejeras, mascarilla, etc.
4. Tener a mano las herramientas necesarias.

Entre las tareas de mantenimiento se tiene:

Actividad	Área/Zona	Per.	Tiempo	Observaciones	Responsables
Limpeza de mallas filtros con escoba	Mallas filtro	7D	0.5 h	Limpeza de espuma negra que queda adherida en la parte de la malla	Limpiador desarenadores
Revisión de sujeción de pernos en la malla	Mallas filtro	M	1h	Revisar que no haya pernos flojos	Limpiador desarenadores
Chequeo de mecanismo de subida de mallas	Mallas filtro	3D	0.5 h	Revisar que no estén flojos los grilletes	Limpiador desarenadores
Colocación de grasa en guías de mallas	Mallas filtro	7D	1		Limpiador desarenadores
Limpeza con la línea de agua (Bomba) de los canales recolectores	Canales recolectores	7D	1		Limpiador desarenadores
Cerciorarse que no haya fugas en la línea de agua tanto de succión como de descarga.	Sistema de limpieza	M	1	Verificar línea tanto de succión como entraron	Limpiador desarenadores
Colocar grasa en piñones de la transmisión de movimiento.	Sistema motorizado				Limpiador desarenadores
Revisar motor que no se encuentre con fuga	Sistema motorizado	7D	1		Limpiador desarenadores
Revisión de calibración de sensores de nivel	Sistema eléctrico	15D			Técnico eléctrico
Limpeza general de la maquina	Maquina general	M	3		Limpiador desarenadores

Estas tareas de mantenimiento deben cumplirse para garantizar y alargar la vida útil de los elementos que conforman la maquina y por consecuencia la de sus elementos.

Anexo 3

Tabla de perfiles T

T en acero de alas iguales

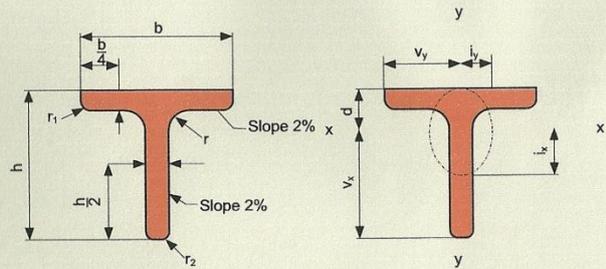
Dimensiones: EN 10055: 1995
Tolerancias: EN 10055: 1995
Estado de la superficie: conforme a norma EN 10163-3: 2004, clase C, subclase 1

Equal flange tees

Dimensions: EN 10055: 1995
Tolerances: EN 10055: 1995
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Profili T ad ali uguali

Dimensioni: EN 10055: 1995
Tolleranze: EN 10055: 1995
Condizioni di superficie: secondo EN 10163-3: 2004, classe C, sottoclasse 1



Páginas de notaciones 199-203 / Notations pages 199-203 / Pagine di annotazioni 199-203

Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni							Posición del eje x-x Position of axis x-x Posizione dell'asse x-x	Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà geometriche del profilo							Classification EN 1993-1-1: 2005		EN 10025-2: 2004
	G	h	b	s=t	r	r ₁	r ₂		A	d	I _x	I _x /V _x	i _x	I _y	I _y /V _y	i _y	pure compression	
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x10 ²	mm x10	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm			
T 30*	1,77	30	30	4	4	2	1	2,26	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62	1	1	✓
T 35*	2,33	35	35	4,5	4,5	2,5	1	2,97	0,99	3,10	1,23	1,04	1,57	0,90	0,73	1	1	✓
T 40*	2,96	40	40	5	5	2,5	1	3,77	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83	1	1	✓
T 50*	4,44	50	50	6	6	3	2	5,66	1,39	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03	1	1	✓
T 60*	6,23	60	60	7	7	3,5	2	7,94	1,66	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24	1	1	✓
T 70*	8,32	70	70	8	8	4	2	10,6	1,94	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44	1	1	✓
T 80*	10,7	80	80	9	9	4,5	2	13,6	2,22	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65	1	1	✓

Anexo 4

Tabla de perfiles L

Table 1-7 (continued)
Angles
Properties



Shape	Axis X-X						Axis Y-Y						Axis Z-Z									
	k	Area A	I	S	r	\bar{y}	Z	\bar{x}	\bar{y}_p	\bar{z}	x_p	f	S	I	r	$\tan \alpha$	F					
	in.	in. ²	in. ⁴	in. ³	in.	in.	in. ³	in.	in.	in. ³	in.	in. ⁴	in. ³	in. ⁴	in.							
L3x2-1/2	1/16	7.70	2.25	1.92	1.00	0.922	1.08	1.78	0.736	0.192	0.0908	1.39	0.667	0.470	0.543	0.580	0.887	0.377	0.409	0.266	0.425	0.413
x ^{3/8}	1/16	5.90	1.73	1.54	0.779	0.937	1.03	1.39	0.668	0.0855	0.0413	1.42	0.539	0.368	0.555	0.535	0.679	0.291	0.318	0.209	0.426	0.426
x ^{1/2}	3/16	5.00	1.46	1.32	0.662	0.945	1.01	1.19	0.653	0.0510	0.0248	1.43	0.467	0.314	0.562	0.511	0.572	0.247	0.271	0.179	0.428	0.432
x ^{5/8}	1/2	4.10	1.19	1.09	0.541	0.953	0.980	0.969	0.596	0.0270	0.0132	1.45	0.390	0.258	0.569	0.487	0.463	0.200	0.223	0.149	0.431	0.437
x ^{3/4}	3/4	3.07	0.902	0.847	0.414	0.961	0.952	0.743	0.556	0.0119	0.00576	1.46	0.305	0.198	0.577	0.462	0.351	0.153	0.173	0.116	0.435	0.442
L2 1/2 x 2 1/2	3/4	7.70	2.25	1.22	0.716	0.735	0.803	1.29	0.450	0.188	0.0791	1.30	1.22	0.716	0.735	0.803	1.29	0.450	0.521	0.295	0.481	1.00
x ^{3/8}	3/8	5.90	1.73	0.972	0.558	0.749	0.758	1.01	0.347	0.0833	0.0362	1.33	0.972	0.558	0.749	0.758	1.01	0.347	0.400	0.226	0.481	1.00
x ^{1/2}	1/2	5.00	1.46	0.837	0.474	0.756	0.735	0.853	0.293	0.0495	0.0218	1.35	0.837	0.474	0.756	0.735	0.853	0.293	0.339	0.192	0.481	1.00
x ^{5/8}	5/8	4.10	1.19	0.692	0.387	0.764	0.711	0.695	0.237	0.0261	0.0116	1.36	0.692	0.387	0.764	0.711	0.694	0.237	0.275	0.156	0.482	1.00
x ^{3/4}	3/4	3.07	0.900	0.535	0.295	0.771	0.687	0.529	0.180	0.0114	0.00510	1.38	0.535	0.295	0.771	0.687	0.528	0.180	0.210	0.119	0.482	1.00
L2 1/2 x 2 3/8	3/8	5.30	1.55	0.914	0.546	0.766	0.826	0.982	0.425	0.0746	0.0268	1.22	0.513	0.361	0.574	0.678	0.657	0.311	0.273	0.189	0.419	0.612
x ^{1/2}	1/2	4.50	1.31	0.790	0.465	0.774	0.803	0.839	0.391	0.0444	0.0162	1.23	0.446	0.309	0.581	0.555	0.557	0.264	0.233	0.161	0.420	0.618
x ^{5/8}	5/8	3.62	1.06	0.656	0.381	0.782	0.779	0.688	0.356	0.0235	0.00868	1.25	0.372	0.253	0.589	0.532	0.544	0.214	0.191	0.133	0.423	0.624
x ^{3/4}	3/4	2.75	0.809	0.511	0.293	0.790	0.754	0.529	0.318	0.0103	0.00382	1.26	0.292	0.195	0.597	0.508	0.457	0.164	0.149	0.104	0.426	0.628
L2 1/2 x 1 1/2	1/2	3.22	0.938	0.594	0.364	0.792	0.866	0.644	0.606	0.0209	0.00694	1.19	0.160	0.142	0.411	0.372	0.261	0.189	0.0875	0.0818	0.321	0.354
x ^{3/8}	3/8	2.47	0.715	0.464	0.280	0.801	0.839	0.497	0.568	0.00921	0.00306	1.20	0.126	0.110	0.418	0.347	0.198	0.145	0.0760	0.0644	0.324	0.360
L2 x 2 3/8	3/8	4.70	1.36	0.476	0.348	0.591	0.632	0.629	0.342	0.0658	0.0174	1.05	0.476	0.348	0.591	0.632	0.628	0.342	0.203	0.144	0.386	1.00
x ^{1/2}	1/2	3.92	1.15	0.414	0.298	0.598	0.609	0.537	0.290	0.0393	0.0106	1.06	0.414	0.298	0.598	0.609	0.536	0.290	0.173	0.122	0.386	1.00
x ^{5/8}	5/8	3.19	0.938	0.346	0.244	0.605	0.586	0.440	0.236	0.0209	0.00572	1.08	0.346	0.244	0.605	0.586	0.440	0.236	0.141	0.100	0.387	1.00
x ^{3/4}	3/4	2.44	0.715	0.271	0.188	0.612	0.561	0.338	0.180	0.00921	0.00254	1.09	0.271	0.188	0.612	0.561	0.338	0.180	0.109	0.0771	0.389	1.00
x ^{1/2}	1/2	1.65	0.484	0.189	0.129	0.620	0.534	0.230	0.123	0.00233	0.000789	1.10	0.189	0.129	0.620	0.534	0.230	0.123	0.0751	0.0531	0.391	1.00

Table 1-7 (continued)
Angles
Properties



Shape	Axis X-X						Flexural-Torsional Properties					
	k	Area A	I	S	r	\bar{y}	Z	\bar{x}_p	\bar{y}_p	J	C_{ω}	\bar{r}_o
	in.	in. ²	in. ⁴	in. ³	in.	in.	in. ³	in.	in.	in. ⁴	in. ⁶	in.
L3x2-1/2	1/16	7.70	2.25	1.92	1.00	0.922	1.08	1.78	0.736	0.192	0.0908	1.39
x ^{3/8}	1/16	5.90	1.73	1.54	0.779	0.937	1.03	1.39	0.668	0.0855	0.0413	1.42
x ^{1/2}	3/16	5.00	1.46	1.32	0.662	0.945	1.01	1.19	0.653	0.0510	0.0248	1.43
x ^{5/8}	1/2	4.10	1.19	1.09	0.541	0.953	0.980	0.969	0.596	0.0270	0.0132	1.45
x ^{3/4}	3/4	3.07	0.902	0.847	0.414	0.961	0.952	0.743	0.556	0.0119	0.00576	1.46
L2 1/2 x 2 1/2	3/4	7.70	2.25	1.22	0.716	0.735	0.803	1.29	0.450	0.188	0.0791	1.30
x ^{3/8}	3/8	5.90	1.73	0.972	0.558	0.749	0.758	1.01	0.347	0.0833	0.0362	1.33
x ^{1/2}	1/2	5.00	1.46	0.837	0.474	0.756	0.735	0.853	0.293	0.0495	0.0218	1.35
x ^{5/8}	5/8	4.10	1.19	0.692	0.387	0.764	0.711	0.695	0.237	0.0261	0.0116	1.36
x ^{3/4}	3/4	3.07	0.900	0.535	0.295	0.771	0.687	0.529	0.180	0.0114	0.00510	1.38
L2 1/2 x 2 3/8	3/8	5.30	1.55	0.914	0.546	0.766	0.826	0.982	0.425	0.0746	0.0268	1.22
x ^{1/2}	1/2	4.50	1.31	0.790	0.465	0.774	0.803	0.839	0.391	0.0444	0.0162	1.23
x ^{5/8}	5/8	3.62	1.06	0.656	0.381	0.782	0.779	0.688	0.356	0.0235	0.00868	1.25
x ^{3/4}	3/4	2.75	0.809	0.511	0.293	0.790	0.754	0.529	0.318	0.0103	0.00382	1.26
L2 1/2 x 1 1/2	1/2	3.22	0.938	0.594	0.364	0.792	0.866	0.644	0.606	0.0209	0.00694	1.19
x ^{3/8}	3/8	2.47	0.715	0.464	0.280	0.801	0.839	0.497	0.568	0.00921	0.00306	1.20
L2 x 2 3/8	3/8	4.70	1.36	0.476	0.348	0.591	0.632	0.629	0.342	0.0658	0.0174	1.05
x ^{1/2}	1/2	3.92	1.15	0.414	0.298	0.598	0.609	0.537	0.290	0.0393	0.0106	1.06
x ^{5/8}	5/8	3.19	0.938	0.346	0.244	0.605	0.586	0.440	0.236	0.0209	0.00572	1.08
x ^{3/4}	3/4	2.44	0.715	0.271	0.188	0.612	0.561	0.338	0.180	0.00921	0.00254	1.09
x ^{1/2}	1/2	1.65	0.484	0.189	0.129	0.620	0.534	0.230	0.123	0.00233	0.000789	1.10

F	Compression		Flexure	
	non-slender up to	compact up to	compact up to	non-compact up to
	width of angle leg, in.			
1 1/8	8	8	8	8
7/8	7	7	7	7
3/4	6	6	6	6
5/8	5	5	5	5
1/2	4	4	4	4
3/8	3	3	3	3
1/4	2	2	2 1/2	4
3/16	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3

Note: Compactness criteria given for $F_y = 36$ ksi. $C_p = 1.0$ for all angles.

g	Workable Gages in Angle Legs, in.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4	4 1/2
2	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
3	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
4	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
5	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
6	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
7	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
8	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
9	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2
10	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2

Note: Other gages are permitted to suit specific requirements subject to clearances and edge distance limitations.

Tabla de momentos

Table 3-23 (continued)
Shears, Moments, and Deflections

16. BEAM FIXED AT BOTH ENDS — UNIFORMLY DISTRIBUTED LOADS

Total Equiv. Uniform Load $= \frac{2wl}{3}$
 $R = V$ $= \frac{wl}{2}$
 V_x $= w(\frac{l}{2} - x)$
 M_{max} (at ends) $= \frac{wl^2}{12}$
 M_c (at center) $= \frac{wl^2}{24}$
 M_x $= \frac{wl^2}{12}(6kx^2 - 6kx^3)$
 Δ_{max} (at center) $= \frac{wl^4}{384EI}$
 Δ_x $= \frac{wx^2}{24EI}(l-x)^2$

17. BEAM FIXED AT BOTH ENDS — CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT

Total Equiv. Uniform Load $= \frac{Pb^2}{l^3}(3a+b)$
 $R_1 = V_1$ ($= V_{max}$ when $a < b$) $= \frac{Pb^2}{l^3}(a+3b)$
 $R_2 = V_2$ ($= V_{max}$ when $a > b$) $= \frac{Pa^2}{l^3}(a+3b)$
 M_1 ($= M_{max}$ when $a < b$) $= \frac{Pab^2}{l^2}$
 M_2 ($= M_{max}$ when $a > b$) $= \frac{Pa^2b}{l^2}$
 M_0 (at point of load) $= \frac{2Pab^2}{l^2}$
 M_x (when $x < a$) $= R_1x - \frac{Pbx^2}{l^2}$
 Δ_{max} (when $a > b$ at $x = \frac{2bl}{3a+b}$) $= \frac{2Pb^3b^2}{3EI(3a+b)}$
 Δ_0 (at point of load) $= \frac{Pb^3}{3EI}$
 Δ_x (when $x < a$) $= \frac{Px^2}{6EI^3}(3bl - 3bx - bx^2)$

Table 3-23 (continued)
Shears, Moments, and Deflections

18. CANTILEVERED BEAM — LOAD INCREASING UNIFORMLY TO FIXED END

Total Equiv. Uniform Load $= \frac{8}{15}w$
 $R = V$ $= w$
 V_x $= w\frac{x^2}{2}$
 M_{max} (at fixed end) $= \frac{wl^3}{60}$
 M_x $= \frac{wx^3}{15}$
 Δ_{max} (at free end) $= \frac{wl^4}{15EI}$
 Δ_x $= \frac{wx}{60EI}(x^3 - 6l^2x + 4l^3)$

19. CANTILEVERED BEAM — UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

Total Equiv. Uniform Load $= 4wl$
 $R = V$ $= wl$
 V_x $= wx$
 M_{max} (at fixed end) $= \frac{wl^2}{2}$
 M_x $= \frac{wx^2}{2}$
 Δ_{max} (at free end) $= \frac{wl^4}{8EI}$
 Δ_x $= \frac{wx}{24EI}(x^4 - 4l^3x + 3l^4)$

20. BEAM FIXED AT ONE END, FREE TO DEFLECT VERTICALLY BUT NOT ROTATE AT OTHER — UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

Total Equiv. Uniform Load $= \frac{8}{3}wl$
 $R = V$ $= wl$
 V_x $= wx$
 M_1 (at deflected end) $= \frac{wl^2}{6}$
 M_{max} (at fixed end) $= \frac{wl^2}{3}$
 M_x $= \frac{w}{6}(x^2 - 3l^2)$
 Δ_{max} (at deflected end) $= \frac{wl^4}{24EI}$
 Δ_x $= \frac{w}{84EI}(l^4 - x^4)$

Anexo 6

Tabla de cargas críticas para vigas a compresión

Table 4-22 (continued) Available Critical Stress for Compression Members														
$F_p = 35\text{ksi}$			$F_p = 38\text{ksi}$			$F_p = 42\text{ksi}$			$F_p = 46\text{ksi}$			$F_p = 50\text{ksi}$		
Kl/r	F_{cr}/Ω_c ksi	$\phi_c F_{cr}$ ksi	Kl/r	F_{cr}/Ω_c ksi	$\phi_c F_{cr}$ ksi	Kl/r	F_{cr}/Ω_c ksi	$\phi_c F_{cr}$ ksi	Kl/r	F_{cr}/Ω_c ksi	$\phi_c F_{cr}$ ksi	Kl/r	F_{cr}/Ω_c ksi	$\phi_c F_{cr}$ ksi
81	15.0	22.6	81	16.8	25.3	81	17.7	26.6	81	18.5	27.9	81	19.3	29.2
82	14.9	22.3	82	16.6	25.0	82	17.5	26.3	82	18.3	27.5	82	19.1	28.8
83	14.7	22.1	83	16.5	24.8	83	17.3	26.0	83	18.1	27.2	83	18.8	28.5
84	14.6	22.0	84	16.3	24.5	84	17.1	25.8	84	17.9	26.9	84	18.6	28.2
85	14.5	21.8	85	16.1	24.3	85	16.9	25.5	85	17.7	26.5	85	18.4	28.0
86	14.4	21.6	86	14.6	22.0	86	16.7	25.2	86	17.4	26.2	86	18.2	27.8
87	14.2	21.4	87	14.5	21.8	87	16.6	24.9	87	17.2	25.9	87	18.0	27.6
88	14.1	21.2	88	14.3	21.6	88	16.4	24.6	88	17.0	25.5	88	17.8	27.4
89	14.0	21.0	89	14.2	21.4	89	16.2	24.3	89	16.8	25.2	89	17.6	27.2
90	13.8	20.8	90	14.1	21.2	90	16.0	24.0	90	16.6	24.9	90	17.4	27.0
91	13.7	20.6	91	13.9	21.0	91	15.8	23.7	91	16.3	24.6	91	17.2	26.8
92	13.6	20.4	92	13.8	20.8	92	15.6	23.4	92	16.1	24.2	92	17.0	26.6
93	13.5	20.2	93	13.7	20.5	93	15.4	23.1	93	15.9	23.9	93	16.8	26.4
94	13.3	20.0	94	13.5	20.3	94	15.2	22.8	94	15.7	23.6	94	16.6	26.2
95	13.2	19.9	95	13.4	20.1	95	15.0	22.6	95	15.5	23.3	95	16.4	26.0
96	13.1	19.7	96	13.3	19.9	96	14.8	22.3	96	15.3	23.0	96	16.2	25.8
97	13.0	19.5	97	13.1	19.7	97	14.6	22.0	97	15.0	22.6	97	16.0	25.6
98	12.8	19.3	98	13.0	19.5	98	14.4	21.7	98	14.8	22.3	98	15.8	25.4
99	12.7	19.1	99	12.9	19.3	99	14.2	21.4	99	14.6	22.0	99	15.6	25.2
100	12.6	18.9	100	12.7	19.1	100	14.1	21.1	100	14.4	21.7	100	15.4	25.0
101	12.4	18.7	101	12.6	18.9	101	13.9	20.8	101	14.2	21.3	101	15.2	24.8
102	12.3	18.5	102	12.5	18.7	102	13.7	20.6	102	14.0	21.0	102	15.0	24.6
103	12.2	18.3	103	12.3	18.5	103	13.5	20.3	103	13.8	20.7	103	14.8	24.4
104	12.1	18.1	104	12.2	18.3	104	13.3	20.0	104	13.6	20.4	104	14.6	24.2
105	11.9	17.9	105	12.1	18.1	105	13.1	19.7	105	13.4	20.1	105	14.4	24.0
106	11.8	17.7	106	11.9	17.9	106	12.9	19.4	106	13.2	19.8	106	14.2	23.8
107	11.7	17.5	107	11.8	17.7	107	12.8	19.2	107	13.0	19.5	107	14.0	23.6
108	11.5	17.3	108	11.7	17.5	108	12.6	18.9	108	12.8	19.2	108	13.8	23.4
109	11.4	17.2	109	11.5	17.3	109	12.4	18.6	109	12.6	18.9	109	13.6	23.2
110	11.3	17.0	110	11.4	17.1	110	12.2	18.3	110	12.4	18.6	110	13.4	23.0
111	11.2	16.8	111	11.3	16.9	111	12.0	18.1	111	12.2	18.3	111	13.2	22.8
112	11.0	16.6	112	11.1	16.7	112	11.8	17.7	112	12.0	18.0	112	13.0	22.6
113	10.9	16.4	113	11.0	16.5	113	11.7	17.5	113	11.8	17.7	113	12.8	22.4
114	10.8	16.2	114	10.9	16.3	114	11.5	17.3	114	11.6	17.4	114	12.6	22.2
115	10.7	16.0	115	10.7	16.2	115	11.3	17.0	115	11.4	17.1	115	12.4	22.0
116	10.5	15.8	116	10.6	16.0	116	11.1	16.7	116	11.2	16.8	116	12.2	21.8
117	10.4	15.6	117	10.5	15.8	117	10.8	16.3	117	11.0	16.5	117	12.0	21.6
118	10.3	15.5	118	10.4	15.6	118	10.7	16.1	118	10.8	16.2	118	11.8	21.4
119	10.2	15.3	119	10.2	15.4	119	10.5	15.8	119	10.6	16.0	119	11.6	21.2
120	10.0	15.1	120	10.1	15.2	120	10.4	15.6	120	10.4	15.7	120	11.4	21.0

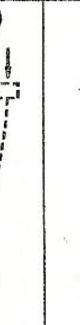
Anexo 7

Tabla de factores k para vigas empotradas

16.1-240

CALCULATION OF REQUIRED STRENGTHS

[Comm. C2.

TABLE C-C2.2 Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a) 	(b) 	(c) 	(d) 	(e) 	(f) 
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code	 <ul style="list-style-type: none">  Rotation fixed and translation fixed  Rotation free and translation fixed  Rotation fixed and translation free  Rotation free and translation free 					

Anexo 8

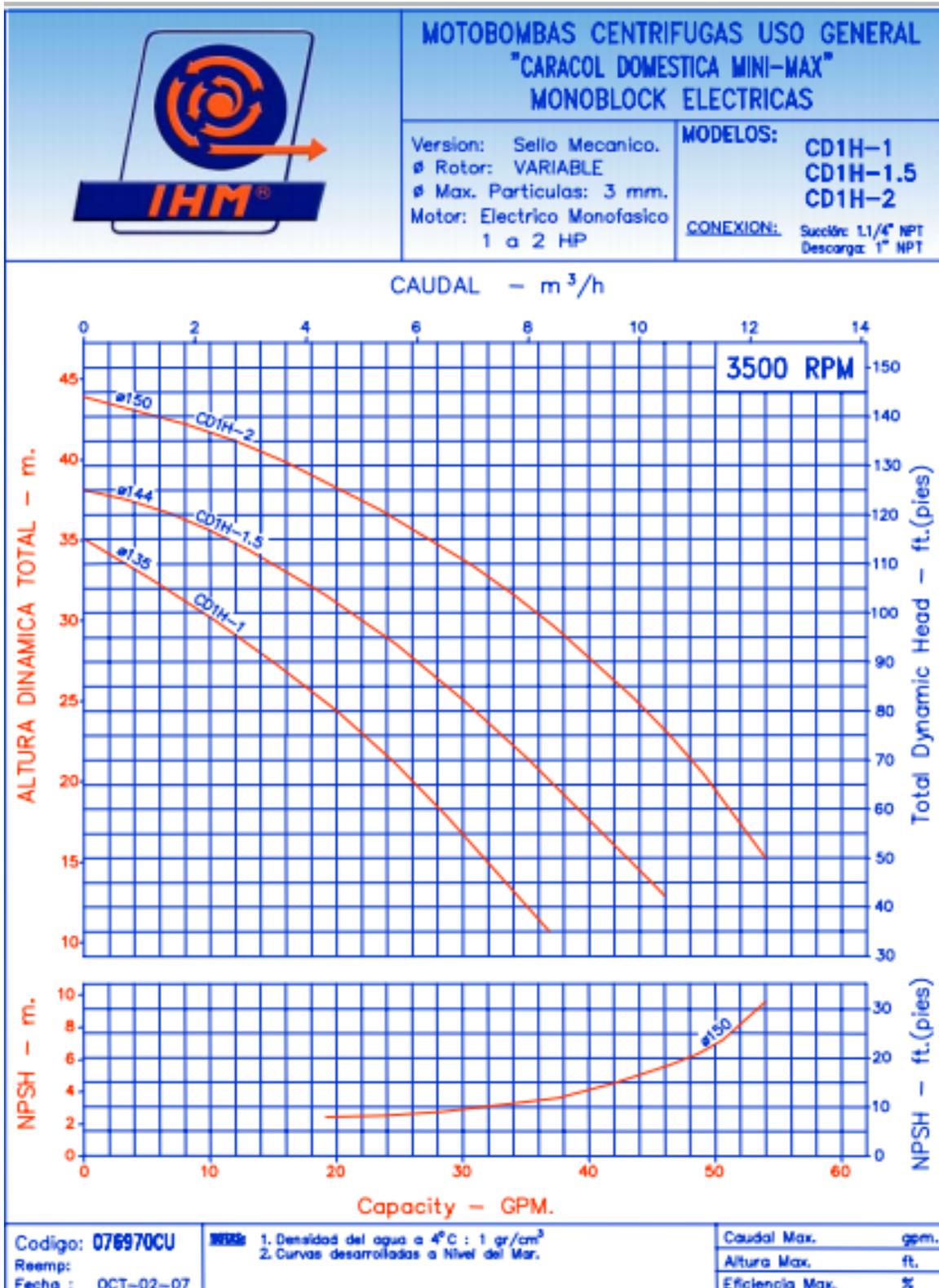
Tabla de mallas de Acero Inoxidable

MALLAS TEJIDO PLANO STANDARD

MESH	Ø HILO mm	ABERTURA mm	AREA LIBRE %
2	1,500	11,00	77,0
3	1,300	8,00	69,4
4	1,100	5,20	57,6
5	1,000	4	64,0
6	0,900	3,35	62,1
7	0,800	2,80	51,0
8	0,700	2,50	60,0
10	0,630	2,00	57,0
12	0,500	1,60	57,6
14	0,500	1,32	52,0
16	0,450	1,12	51,0
18	0,400	1,00	51,0
20	0,400	870 um	46,2
24	0,360	710 um	44,4
30	0,320	500 um	38,0
40	0,250	400 um	38,0
50	0,200	300 um	36,0
60	0,160	250 um	38,0
80	0,125	200 um	38,0
100	0,1000	150 um	36,0
120	0,0900	125 um	34,0
150	0,0630	100 um	38,0
180	0,0560	90 um	35,0
200	0,0500	80 um	38,0
250	0,0400	63 um	38,0
325	0,0360	45 um	36,0
400	0,0280	36 um	31,0
500	0,0250	25 um	25,0

Anexo 9

Curvas de la bomba de limpieza



Anexo 10

Tablas de valores de los coeficientes

- Coeficientes de rozamiento por deslizamiento para diferentes materiales

Superficies en contacto	U_k
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

Fuente: Koshkin N. I., Shirkévich M. G. *Manual de Física Elemental*. Editorial Mir 1975.

- Coeficientes de rozamiento estático y cinético

Superficies en contacto	k_s	u_k
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1.0	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

Fuente: Serway R. A.. *Física*. Editorial McGraw-Hill. (1992)

Anexo 11

PROPIEDADES MECÁNICAS.

CALIDAD	PTO. DE CEDENTE Fy kg/cm² (min)	ESFUERZO max. F min kg/cm²	ALARGAMIENTO % 50 mm
1 - AE-25	2500	3700	25
2 - AE-35	3500	5500	22
3 - ASTM -A 36	2500	4100/5600	20
4 - ASTM A 572. GRADO 50	3500	4500	21
5 - ST 37 -2	2400	3700/4500	25
6 - ST 50 - 3	3600	5200/6200	22



Filtro en proceso de Modernización



Instalando nuevo sistema de limpieza



Instalando nuevo sistema de limpieza



Instalación de mallas nuevas rediseñadas



Filtro en pruebas



Filtro instalado y en funcionamiento