ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"MEJORAMIENTO DE UN SISTEMA DE SEPARACION, LAVADO Y ESCURRIDO DE LA PIEDRA POMEZ".

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Galo Eduardo Luzuriaga Salcedo

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2.001

A G R A D E C I M I E N T O

A Dios que me ha dado perseverancia, a mi Esposa que está siempre a mi lado, a mi madre que se preocupa, a mis compañeros de trabajo R.P y D.M. que aportaron con ideas y a mi Director de Tesis que me dio las pautas que ayudaron a desarrollar este trabajo y a hacer que las cosas sean más sencillas.

D E D I C A T O R I A

A DIOS

A MI ESPOSA

A MI MADRE

A MI PADRE

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

Ing. Edmundo Villacís M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL)

_____

Galo E. Luzuriaga Salcedo

RESUMEN

Este trabajo de mejoramiento de un sistema de separación, lavado y escurrido para piedra pómez me fue delegado por la empresa Agregados Rocafuerte en calidad de integrante del grupo de proyectos; el cual tiene como función principal el desarrollo, diseño, supervisión, instalación y puesta en marcha de nuevas plantas, ya sea para el área de agregados u hormigones; así como, la ampliación, remodelación y mejoramiento continuo de plantas existentes propias en actual funcionamiento en distintas partes de nuestro país como: Quito, Ambato, Manabí, etc.

La piedra pómez en el momento que es extraída de la mina sale con ciertas impurezas, llamada piedra de agua, esta es una piedra muy similar a la piedra pómez con la diferencia de que no flota, ya que tiene residuos de arcilla entre otros elementos contaminantes indeseables en la industria del hormigón, así como, en la industria textil los cuales son nuestros principales clientes.

Luego de esto la piedra entra en un proceso de clasificación granulométrica, y de los diversos tamaños obtenidos se procede a un proceso de limpieza de las mencionadas impurezas, el cual utiliza básicamente las diferencias de densidades de la piedra con el agua.

Este proceso de limpieza de impurezas consiste de unas piscinas con diferentes etapas y canales por donde es conducida la piedra flotante, luego es acumulada en un piso de hormigón para poder secarla, corriendo el riesgo de que vuelva a mojarse y de que se contamine por estar expuesta a la intemperie. Por otro lado a medida que se realiza esta separación, la piedra

que no flota se deposita en el fondo de dichas piscinas reduciéndose constantemente la capacidad de las mismas. Estas piscinas hay que limpiarlas constantemente, debiendo vaciarlas para sacar el materia del fondo con pala, dando como resultado una producción no continua y un sistema poco eficiente entre otras desventajas.

El objetivo de este trabajo es presentar de una manera práctica e integral el mejoramiento de este sistema de separación, lavado y escurrido de piedra pómez, desde el planteamiento del problema hasta la fase de instalación, para lograr un sistema eficiente y de producción continua.

Se inicia con el estudio a fondo del problema, es decir, presentando los antecedentes del mismo como: revisión de lo que es la piedra pómez, es decir, de que esta compuesta, su origen, los yacimientos existentes en nuestro país y las distintas aplicaciones en nuestro medio así como en el exterior.

Se procede al planteamiento de lo que es la reingeniería como herramienta para un cambio radical de del sistema anterior, se proponen sugerencias a utilizarse.

Una vez identificado plenamente el problema, se realiza el desarrollo de las mejoras. El método de lluvia de ideas es utilizado para arrancar con los preliminares; paralelamente se efectúa una investigación de sistemas ya desarrollados o similares para nutrir de estas ideas a la solución final.
Se expone el análisis de los sistemas que han resultado de la etapa anterior y se desarrollan diagramas de flujo que ayuden a visualizar mejor el sistema y trabajar en su desarrollo.

A continuación se muestra de forma más detallada y pulida la solución a la que se ha llegado; se expone y explica más detenidamente el diagrama de flujo del sistema. Se seleccionan y analizan los equipos involucrados en dicha solución.

Se procede con la planeación de las etapas de ejecución del proyecto como: compra de materiales y equipos, construcción de elementos del sistema, logística para etapa de montaje.

Finalmente se incluyen recomendaciones y conclusiones enfocadas en primer lugar al buen manejo medioambiental de la planta, en los campos intervinientes en esta industria, como lo son: polvo, ruido, etc.

Con esto se espera obtener un sistema que permita una producción continua, racionalización del recurso humano, incremento de producción y reducción de costos.

ÍNDICE GENERAL

Pag.

RESUMEN.....II

ÍNDICE GENERAL.....III

ABREVIATURAS.....IV

SIMBOLOGÍA.....V

ÍNDICE DE FIGURAS.....VI

ÍNDICE DE TABLAS.....VII

ÍNDICE DE PLANOS.....VIII

INTRODUCCIÓN.....1

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA. 3

1.1. Antecedentes. 4

1.2. Generalidades de la piedra pómez. 10

1.3. Aplicaciones de la piedra pómez. 12

1.4. Explotación de la piedra pómez. 15

1.5. Sistema de separación, lavado, escurrido y embalaje actual. 18

2. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS. 23

2.1. Reingeniería: su aplicación e implementación. 24

2.2. Propuestas y análisis de ideas para el nuevo sistema. 30

2.3. Selección De La Solución Final: Criterios y Matriz De Decisión. 36

3. DESARROLLO Y ANALISIS DETALLADO DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA SOLUCION FINAL. 41

3.1. Cálculo y Selección para sistema de pre-clasificación 42

3.2. Cálculo y Selección para sistema de separación y Escurrido 83

3.3. Cálculo y Selección para Sistema de Bombeo y Recirculación de Agua. 87

4. PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO. 99

4.1. Plan general de trabajo. 100

4.2. Plan de Instalación y Montaje. 104

4.3. Arranque y Puesta en Marcha del Sistema. 106

5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD. 111

5.1. Análisis Comparativo de Costos de Operación. 112

5.2. Propuesta de Capital a Invertir. 115

5.3. Análisis de Rentabilidad del Proyecto. 120

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 125

6.1. Recomendaciones para Manejo del Sistema..... 126

6.2. Consejos para Manejo Ambiental de la Planta. 129

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CAPEX	Capital Expenditures
EBIT	Earn Before Interests and Taxes
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
Gpm	Galones por minuto
r.p.m.	Revoluciones por minuto
L.C.N	La Cemento Nacional.
TM	Tonelada Métrica
Tph	Toneladas por hora

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Piedra Pómez (izquierda) y Desecho (derecha).....	11
Figura 1.2	Herramienta de Corte y Mesa de Trabajo.....	14
Figura 1.3	Explotación de Cielo Abierto.....	15
Figura 1.4	Vista de Corte de Mina de Piedra Pómez.....	16
Figura 1.5	Equipos de Clasificación.....	17
Figura 1.6	Sistema Para Limpieza de Piedra Pómez.....	18
Figura 1.7	Acarreo de Piedra.....	20
Figura 1.8	Rezagos de Piedra luego de Evacuación de Agua.....	21
Figura 1.9	Losa para Secado y Escurrido de Piedra Pómez.....	21
Figura 2.1	Opción 1.....	32
Figura 2.2	Opción 2.....	34
Figura 2.3	Opción 3.....	35
Figura 2.4	Opción 4.....	36
Figura 3.1	Transportador de Banda con compuerta Regulable.....	44
Figura 3.2	Transportador	45
Figura 3.3	Variables Involucradas.....	45
Figura 3.4	Tensiones Ta y Tb.....	54
Figura 3.5	Arco de Contacto Reducido.....	55
Figura 3.6	Banda Unida con 2 Poleas.....	56
Figura 3.7	Interior del Reductor.....	61
Figura 3.8	Nomenclatura de DODGE.....	61
Figura 3.9	Reductor: Esquema con sus Partes Principales.....	62
Figura 3.10	Montaje	63
Figura 3.11	Esquema de Arreglo Motor, Reductor y Transportador....	64
Figura 3.12	Rodillos.- Disposición Típica.....	65
Figura 3.13	Varios Tipos de Rodillos.....	67
Figura 3.14	Corte de un Rodillo Típico.....	67
Figura 3.15	Efecto de Carga Sobre Banda.....	69
Figura 3.16	Efecto Angulo de Carga de los Rodillos con la Banda.....	69
Figura 3.17	Equipo que será Reparado.....	70
Figura 3.18	Zaranda de un Sólo Piso.....	71
Figura 3.19	Realizando Labor de Zarandeo.....	72
Figura 3.20	Mallas: Z-Diamante (izq.), Z-Slot H (centro), Z-Slot Z	73
Figura 3.21	Medición de Malla (Interior).....	73
Figura 3.22	Calibres de Alambre en décimas de pulgadas.....	74

Figura 3.23	Gancho Tipo 2 con Platina Metálica.....	75
Figura 3.24	Zaranda de 2 Pisos con Mallas Instaladas.....	76
Figura 3.25	Tornillo Lavador.....	84
Figura 3.26	Tornillo y Paletas para Turbulencia (izq) Esquema de Funcionamiento (der).....	84
Figura 3.27	Tuberías de Lubricación de Eje con Agua.....	85
Figura 3.28	Arreglo de Motor y Reductor.....	85
Figura 3.29	Tornillo para Lavado de Arena.....	87
Figura 3.30	Sistema de Bombeo y Tratamiento de Agua.....	88
Figura 3.31	Transportador Stacker (arriba) Losa con canal (abajo)...	89
Figura 3.32	Datos Geométricos de Tubería.....	91
Figura 3.33	Curvas de Capacidades.....	95
Figura 3.34	Curvas de Rendimiento.....	96
Figura 3.35	Secuencia de Unión Mecánica.....	98
Figura 6.1	Encapsulado de Zaranda.....	127
Figura 6.2	Cama de Impacto.....	128
Figura 6.3	Cubierta para Banda.....	128

INDICE DE TABLAS

Tabla I	Cronología de Creación y Aumento de Capacidad.....	6
Tabla II	Propiedades de Hormigón Rocaliviano.....	12
Tabla III	Cuadro de Matriz de Decisión.....	40
Tabla IV	Ancho Mínimo de Banda Recomendada B (mm).....	46
Tabla V	Velocidad Máxima de Banda Recomendada v max.....	47
Tabla VI	Capacidad Teórica Q' t (m3/h) at v = 1 m/s.....	48
Tabla VII	Factor de Capacidad k (-).....	49
Tabla VIII	Longitud adicional (l) y Longitud del Transportador (L).....	50
Tabla IX	Coeficiente de Fricción de Rodillos f (-).....	51
Tabla X	Espaciamiento entre Rodillos de Carga Retorno.....	52
Tabla XI	Potencia Adicional Requerida.....	53
Tabla XII	Factor m (-).....	57
Tabla XIII	Opciones de Acuerdo a la Tensión Máxima de Trabajo...	58
Tabla XIV	Espesor de Banda de Lado de Cargas.....	59
Tabla XV	Espesor de Banda de Lado de Rodadura.....	60
Tabla XVI	Tabla de Selección de Reductor.....	65
Tabla XVII	Tabla de Capacidad Base B.....	77
Tabla XVIII	Tabla de Factor Inclinación S.....	78
Tabla XIX	Tabla de Factor de Piso D.....	78
Tabla XX	Factor de Sobre Tamaño V.....	79
Tabla XXI	Factor Tipo de Agujero de Malla T.....	80
Tabla XXII	Factor de Condición de Material K.....	80
Tabla XXIII	Factor de Forma P.....	81
Tabla XXIV	Factor de Area Abierta O.....	82
Tabla XXV	Tuberías de PVC Disponibles.....	97
Tabla XXVI	Materiales Requeridos Aproximados.....	103
Tabla XXVII	Tareas Globales.....	105
Tabla XXVIII	Pesos Instalados.....	106
Tabla XXIX	Ajustes y Trabajos Adicionales Frecuentes.....	107
Tabla XXX	Cuadro de Secuencia de Encendido de Planta.....	110
Tabla XXXI	Cuadro Comparativo de Costos en Base a Capacidad.....	114
Tabla XXXII	Lista de Equipos y Costos Aproximados (CAPEX).....	119

INDICE DE PLANOS

Plano 001	Diagrama de Flujo
Plano 002	Layout de Planta
Plano 003	Conjunto Tolva, Grilla y Chute
Plano 004	Construcción de Grilla
Plano 005	Medidas Generales de Tolva
Plano 006	Chute de Descarga de Tolva
Plano 007	Medidas de Estructura
Plano 008	Medidas Generales Zaranda 1
Plano 009	Construcción Tolva de Zaranda 1
Plano 010	Dimensiones Generales Tornillo Lavador
Plano 011	Medidas Generales Zaranda 2
Plano 012	Construcción Tolva Zaranda 1
Plano 013	Construcción Chute de Descarga Zaranda 2
Plano 014	Construcción de Piscinas de Sedimentación
Plano 015	Bases para Transportadores
Plano 016	Render Vista 1
Plano 017	Render Vista 2

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es presentar el “mejoramiento del sistema de clasificación, lavado y escurrido” que utiliza una de las empresas filiales del Grupo La Cemento Nacional, el cual me fue encomendado con el objetivo de reducir a un mínimo las paradas de producción, creando un proceso continuo y más eficiente.

Desde hace algún tiempo se ha tratado este tema y se han propuesto varias alternativas, pero debido a que las mismas no han presentado una solución integral se decidió entrar a un plan de reingeniería para obtener mejores resultados.

Se realizó un estudio completo de la situación para entender mejor el problema y se siguieron los pasos que sugiere la reingeniería, de esta manera se logró implementar el diseño de lo que sería el nuevo sistema.

La parte más interesante del trabajo fue que el resultado logrado no fue de gran complejidad, al contrario, en la solución se empleó elementos que se encontraban dentro de la misma empresa y que habían sido reemplazados

debido al incremento de capacidad en operaciones grandes, lo cual se refleja en el análisis de factibilidad económica mencionado en los últimos capítulos.

Sería válido mencionar que en la actualidad el proyecto se encuentra en stand by, es decir, no se ha ejecutado todavía por razones ajenas al área de proyectos.

Capítulo 1.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

En el inicio de este capítulo se plantean los antecedentes en cuanto a la importancia de la piedra pómez como materia prima para diferentes productos y servicios dentro de la misma empresa y en diferentes campos de la industria como la textil y artesanal. Luego de esto se abordará el problema con más detalle, iniciando con una breve descripción de lo que es la piedra pómez, su composición y sus diferentes aplicaciones; a continuación se trata el tema de su obtención y finalmente se analiza el sistema actual de lavado y

separación que se utiliza en la actualidad, sus ventajas y desventajas, además del tema del escurrido del producto.

1.1. Antecedentes.

En el año 1921 se constituye la Compañía Anónima Industrias y Construcciones con el fin de abastecer de cemento de óptima calidad a la ciudad de Guayaquil, 2 años más tarde empieza a funcionar la primera planta cementera del país, localizada en San Eduardo, produciendo en ese entonces 3000 TM anuales de cemento Pórtland.

A inicios de los años cuarenta el país experimenta un gran crecimiento, teniendo que ampliar la capacidad de la planta en el año 1.942 a 20.000 TM anuales y para el año 1.968 a 375.000 TM anuales.

En el año 1.976 el grupo cementero internacional **HOLDERBANK**, realiza una importante compra de acciones a los inversionistas privados, es en este momento que se logra dar paso a muchos cambios especialmente en el campo tecnológico además de esto se logra asesoría especializada de gran calidad en la industria del cemento y 2 años más tarde se concluye la instalación de la línea 1 en la nueva planta asentada en Cerro

Blanco ubicada en el Km. 18 de la vía Guayaquil – Salinas, con lo cual se logra un aumento de capacidad total de 925.000 TM anuales de cemento., luego de esto, se decide proceder a la instalación de una segunda línea de producción inaugurada en el año 1.981, alcanzando una producción de 1'400.000 TM anuales de cemento.

En la década de los 80's la demanda de cemento fue aumentando y para el año 1.983 se concluye el proyecto de modernización del horno 1 alcanzándose una capacidad de 1'850.000 TM anuales.

Las mejoras continúan y una década más tarde se decide instalar un molino de crudo de última generación; el molino de tipo vertical de rodillos, para ampliaría la producción a 2'300.00TM anuales.

En la tabla I se ve el desarrollo cronológico de lo que es la industria cementera en Guayaquil y la más importante de nuestro país:

AÑO	INCREMENTO DE PRODUCCION Tm	COMPAÑIA
1923	3,000	C. A. INDUSTRIAS Y CONTRUCCIONES
1942	20,000	LA CEMENTO NACIONAL C. A.
1968	375,000	L.C.N
1976		L.C.N. & HOLDERBANK
1978	925,000	
1981	1´400,000	
1993	1´850.000	
1995	2´300,000	L.C.N. EN SOCIEDAD CON HOLDING

Tabla I Cronologia de Creación y Aumento de Capacidad

El uso de materiales similares al cemento tiene más de dos mil años. Algunos testimonios perdurables de antiguas civilizaciones, como las pirámides de Egipto, restos de las construcciones griegas y romanas, atestiguan el uso de aglomerantes muy resistentes.

La historia de la civilización es, en cierta manera, el registro del desarrollo y tecnificación de los aglomerantes, que mantienen unidos materiales sólidos con el pasar de los siglos legándonos importantes testimonios del pasado. En la época moderna el cemento es una de las manifestaciones más elocuentes y, a la

vez, su impulso y desarrollo. Es Joseph Aspdin, inglés, quien da el paso decisivo cuando patenta su producto llamado Cemento Pórtland, el año 1824; este nombre que se utiliza hasta nuestros tiempos se debe a que Aspdin utilizó en sus experimentos una roca extraída de la isla Pórtland, en Gran Bretaña, en la actualidad en nuestro medio y en el exterior se han desarrollado varios tipos de cementos como el Portland tipo IP, Portland tipo II, etc. Uno de los más importantes en nuestro medio es el cemento puzolánico, que como su nombre lo indica utiliza la puzolana obtenida de la mina de piedra pómez como una de sus materias primas.

El cemento es un producto de fraguado hidráulico, es decir, que en contacto con el agua, endurece hasta alcanzar la resistencia de la piedra, además si se le añade agregados, arena y otros materiales, reacciona para convertirse en un material indispensable para la construcción.

Preparación de materia prima.- Las materias primas para la elaboración del crudo son: piedra caliza, arcilla y arenilla ferrosa y puzolana.

La piedra caliza es sometida a una doble trituración primero se reduce de 1 m hasta 250 mm a razón de 1500 ton / h y luego de 250 mm a 100 mm; la piedra una vez triturada es almacenada en la sala de pre homogenización con una capacidad de 60.000 toneladas. La arcilla de igual manera es triturada y almacenada en la sala de pre homogenización. Una vez listos los materiales son mezclados y transportados a las tolvas de alimentación de crudo.

Molienda de crudo.- Los diferentes componentes son dosificados a través de las tolvas de alimentación al molino vertical con una capacidad de 380 ton de crudo por hora. En el molino los materiales son pulverizados por los rodillos sobre la mesa giratoria. El producto es secado simultáneamente por los gases calientes provenientes de los hornos, los cuales además transportan el polvo a través de un separador de alta eficiencia y a los ciclones donde es separado y enviado a los silos de homogenización y almacenamiento de crudo.

Fabricación de clinker.- el crudo una vez homogenizado en los silos es alimentado a los hornos a través de los precalentadores de 4 etapas por los cuales el crudo atraviesa en contracorriente

de los gases de combustión generado en los hornos, aprovechando así el poder calorífico que contienen. Estos gases son movidos por ventiladores de tiro inducido hacia el molino de crudo y/o a los filtros mangas.

Los hornos rotatorios tienen un diámetro de 4.4 m y 64 m de longitud y es aquí donde se realiza el proceso de clinkerización, a una temperatura de 1450 °C, con una capacidad de 2000 toneladas diarias de clinker.

Molienda de cemento.- después que el clinker ha sido molido en la prensa y el yeso triturado y pre homogenizado, ambos son transportados a tolvas de alimentación desde los cuales son dosificados con precisión a molinos tubulares. En esta etapa ya está completado el proceso y el cemento como tal es almacenado en silos para su posterior despacho ya sea al granel o por sacos.

Otro de los servicios que ofrece la empresa es la preparación de hormigón pre-mezclado con una amplia variedad de diseños y tipos, entre los cuales están los hormigones livianos. Este nombre se debe a que utilizan piedra pómez como agregado

para la elaboración de este producto, resultando un hormigón de una resistencia bastante buena, además de que es muy ligero.

Entre los productos que ofrece LCN se encuentran los bloques y adoquines de alta resistencia. En la fabricación de los bloques la piedra pómez o chasqui juega un papel importantísimo para la fabricación de bloques ligeros.

El proceso está completamente automatizado por computadora la cual dosifica los diferentes componentes para luego ser trasladados a un mezclador, la consistencia que tiene dicha mezcla es más bien seca con un porcentaje de humedad de alrededor 20%.

La mezcla una vez lista, esto es homogénea, es colocada en los moldes para formar el bloque por vibro compactación y prensado, luego de esta fase los bloques son transportados por medio de montacargas a los cuartos de curado al vapor lo cual asegura la resistencia deseada.

1.2. Generalidades de la piedra pómez.

La piedra pómez es de origen volcánico; su bajo peso se debe al hecho de ser lavas esponjosas, cuyas celdas se formaron por los

gases que escapaban cuando el material estaba fundido, en una lava silícica tal como la riolita o dacita, de hecho se las conoce como espumas sólidas. La piedra pómez es generalmente de color crema casi blanco y tiene una textura bastante uniforme de pequeñas celdas interconectadas (Fig. 1.1)

Figura 1.1 Piedra Pómez (izquierda) y Desecho (derecha)

La piedra pómez de las minas está a menudo contaminada con polvo volcánico, arcillas y esquistos, de modo que después de triturarse hay la necesidad de lavarlo para remover esas partículas extrañas. La porosidad que presenta este material limita su resistencia en comparación con agregados convencionales, además para la elaboración de hormigón hay que tener en cuenta su alta abrasión; por otro lado una de las propiedades cualitativas de este material radican en la importancia de su peso volumétrico suelto y compactado con valores de **540 Kg/m^3 y de 600 Kg/m^3** respectivamente.

En la actualidad las empresas del grupo La Cemento Nacional en donde se utiliza la piedra pómez, obtienen la misma de canteras propias ubicadas en Latacunga, asegurándose de un abastecimiento de materia prima en forma continua y de óptima calidad.

Cabe recalcar que esta estrategia de tener materia prima de gran calidad y de forma continua es una de las principales y más recomendadas para la pequeña y gran industria, ya que esto asegura un producto de gran calidad y una producción continua, bajando ciertos costos que influyen en el precio del producto.

1.3. Aplicaciones de la piedra pómez.

Existe una gran variedad de productos en donde se utiliza la piedra pómez, uno de ellos es el hormigón liviano, utilizado actualmente en la construcción del malecón 2000, este en un hormigón de bajo peso especifico, su nombre comercial es ROCALIVIANO, en la tabla II se puede ver algunas de sus propiedades:

NOMBRE	AGREGADO TAM. MIN. (mm)	NORM. ASTM C-33 PIEDRA No	RESISTENCIA Kg / cm^2	RESISTENCIA Mpa	ASENT. cm
ROCALIVIANO	25-19	57-67	100-210	9.8-20.6	8-15

Tabla II Propiedades de Hormigón Rocaliviano

Una de las ventajas que presenta este tipo de hormigón es la resistencia al fuego, buen aislamiento térmico y acústico.

Existen varios tipos de hormigón liviano dependiendo del tipo de agregado que use, uno de estos es la piedra pómez la cual es usada en Alemania para losas reforzadas de las azoteas, principalmente para techados industriales, en donde estos componentes deben ajustarse a las normas alemanas de especificaciones DIN 4028.

El hormigón de piedra pómez no es en general apropiado para trabajos colados in situ a causa de la tendencia a flotar hacia la superficie, conduciendo así a la segregación de la mezcla. En su estado natural contiene usualmente impurezas y si se usa como refuerzo debe lavarse antes de mezclarse.

Otra de las aplicaciones que tiene la piedra pómez es la de artículos artesanales decorativos cortados tales como macetas, figuras talladas, etc. esto es posible gracias a las propiedades de la misma ya que puede ser cortada sin mucha dificultad con las herramientas apropiadas (Fig. 1.2)

Figura 1.2 Herramienta de Corte y Mesa de Trabajo

Por último la piedra pómez tratada es utilizada en el desteñido de telas jeans en la etapa de prelavado, es en este proceso en donde la piedra pómez tiene que estar libre de impurezas ya que esto daña las mencionadas telas. Actualmente la piedra pómez tratada es exportada hacia varios países de extranjero como Colombia, EEUU, Honduras, etc. esta piedra es conocida como stone wash o piedra de lavado.

Es a partir de este punto que se genera nuestro problema, el cual se expone de una manera más detallada en próximos capítulos; por ahora conviene recalcar una de las propiedades más interesantes como la de tener una densidad menor que la del

agua lo cual le permite flotar en este medio, por otro lado este material es altamente abrasivo.

1.4. Explotación de la piedra pómez.

La piedra pómez es obtenida de las minas de origen volcánico, en este caso específico de una mina ubicada en Latacunga la cual tiene una reserva minera de 10 millones de toneladas, la explotación que se realiza es de tipo de cielo abierto (Fig. 1.3)

Figura 1.3 Explotación de Cielo Abierto

El proceso que se emplea es relativamente sencillo ya que no se emplean voladuras ni trituración gracias a la naturaleza misma de este elemento. El proceso comienza desgarrando la ladera de la montaña con un tractor, arrancando pedazos de varios tamaños desde 150 mm hasta polvo, dejando las marcas en la ladera (Fig. 1.4).

Figura 1.4 Vista de Corte de Mina de Piedra Pómez

Este material es llevado a la etapa de clasificación en donde es zarandeado y separado de acuerdo a su tamaño, los equipos que se utilizan son básicamente zarandas y bandas transportadoras, no existe un control granulométrico riguroso ya que la fricción de piedra contra piedra genera continuamente finos, (el equipo utilizado en la clasificación se muestra en la Fig. 1.5)

Figura 1.5 Equipos de Clasificación

En una primera separación se clasifica la piedra de más de 150mm, este ya es producto terminado que se utiliza para tallados como se mencionó anteriormente, se saca un producto que se encuentra entre 38 y 23 mm, utilizado para productos especiales lavados, hormigón liviano, etc.; piedra entre 23 y 19 mm utilizada para las mismas aplicaciones de la anterior; piedra entre 19 y 8 mm la cual se utiliza para la construcción de bloques; por último piedra entre 8 y 0 mm utilizada para enlucidos, bloques y hormigón liviano. Otro de los productos que se utiliza es la puzolana que se utiliza ampliamente en la elaboración de cementos especiales llamados cementos puzolánicos.

De los productos mencionados anteriormente, los que se encuentran entre 38 - 23, 23 - 19 y 19 – 8mm son utilizados en el prelavado de telas jeans. Estos productos deben ser sometidos a un tratamiento especial, siendo este el punto de partida del problema presentado.

1.5. Sistema de separación, lavado, escurrido y embalaje actual.

En nuestro país la industria de la extracción de la piedra pómez comenzó de una manera artesanal y poco a poco se ha hecho empleo de sistemas más avanzados para este propósito; el sistema utilizado es básicamente una piscina llena de agua para separar la piedra por gravedad (Fig. 1.6).

Figura 1.6 Sistema Para Limpieza de Piedra Pómez

Cuando se empezó a lavar la piedra pómez en nuestra industria, es decir, separarla de sus desechos, los cuales lucen muy parecidos a la piedra pómez con la gran diferencia de que estos no flotan por ser más pesados, convirtiéndose así en un elemento perjudicial en las aplicaciones que anteriormente se mencionaron; se continuó con el método tradicional el cual consistía en poner una gran cantidad de materia prima (piedra pómez y su desecho) en una piscina para de esta forma separar los 2 productos por gravedad, a medida que se iba separando el material (fondo y superficie de la piscina), el de la superficie es acarreado con unas palas de mango largo (Fig. 1.7) y en el fondo se va depositando el desecho, acumulándose cada vez más, lo cual conduce a la reducción de la capacidad de la piscina y por consiguiente de producción, teniendo que suspender el trabajo cada cierto tiempo para limpiar los desechos del fondo y reanudar así la producción, siendo esta una actividad que demanda mucho tiempo entre paradas, haciendo ineficiente el trabajo.

Figura 1.7 Acarreo de Piedra.

A medida que pasó el tiempo, se fue mejorando en algo este sistema, aplicándose un poco de ingeniería, incluyendo en las piscinas unas compuertas las mismas que se cierran para llenarlas, se coloca una gran cantidad de piedra, se agita un poco el agua para forzar la separación y se abren bruscamente las compuertas, provocando un gran flujo de agua mezclada con la piedra, siendo forzadas a salir por un canal, pasando a una segunda piscina para repetir nuevamente el mismo proceso, sin embargo una vez que el flujo ha bajado quedan rezagos de piedra pómez en la superficie, volviendo a las falencias del sistema original (Fig. 1.8)

Figura 1.8 Rezagos de Piedra luego de Evacuación de Agua

Luego de todo este proceso la piedra debe ser secada, esto se efectúa de una manera natural, es decir, poniendo la piedra en una losa en el piso a la intemperie y utilizando el sol para secarla. (Fig. 1.9)

Figura 1.9 Losa para Secado y Escurrido de Piedra Pómez

El siguiente paso es el ensacado del producto, esto se hace de una forma manual, utilizando dos personas para esta labor de llenado, la una para sostener el saco y otra que la llena con una pala.

Se ve de esta manera que el sistema concebido ha venido arrastrando las falencias de los primeros.

Capítulo 2.

2. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS.

Este capítulo contiene en su inicio una descripción breve de lo que es la reingeniería, la cual fue utilizada en el desarrollo de la solución; se presentan descripciones de funcionamiento de las ideas preliminares que fueron consideradas. Posteriormente, se realiza un análisis de selección de la solución, utilizando el método de matriz de decisión basado en diferentes criterios, comunes en la mayoría de las industrias y en muestro medio.

2.1. Reingeniería: su porque y fases para implementación.

La reingeniería en breves palabras es el **rediseño rápido y radical** de los procesos estratégicos de valor agregado y de los sistemas, las políticas y las estructuras organizacionales que lo sustentan con el fin de optimizar los flujos del trabajo y la productividad de una organización.

Mediante un rediseño rápido y radical se modifica no todos los procesos dentro de una organización sino aquellos que son a la vez estratégicos y de valor agregado.

De esta manera se decidió entrar en un programa de reingeniería ya que un cambio rápido y radical era lo que se necesitaba. La reingeniería de procesos espera alcanzar metas de mejora decisiva en el rendimiento; identificando los procesos estratégicos de valor agregado y aplicando un rediseño rápido y radical.

La reingeniería tiene que hacerse rápidamente porque los altos ejecutivos necesitan resultados en un espacio de tiempo mucho más corto; cualquier programa de reingeniería fracasaría si se tarda en producir resultados.

Los programas de reingeniería tienen que ser radicales, es decir, los resultados deben ser notables e inclusive sorprendentes, puesto que el proceso es difícil y nunca conseguirá el respaldo ejecutivo necesario ni su sanción sin la promesa de resultados más que simplemente incrementales. La reingeniería exige un rediseño del proceso enfocado a identificar y realzar en él las actividades de valor agregado y tratar de eliminar todos los demás.

Pero yendo más allá de lo que significa la reingeniería como un cambio rápido y radical, hay que mencionar lo que es la metodología de Rápida Reingeniería; para comenzar citaré lo que es la página en blanco y luego contrastarla con la mencionada metodología.

2.1.1. La página en blanco.

Iniciando con una pregunta: ¿Cuántas veces no nos hemos sorprendido de las grandes hazañas de Mozart o Miguel Ángel al pensar que cada uno de ellos iniciaba sus obras en una página en blanco, sin realizar correcciones? ,es decir, de corrido visualizando su obra completa en su mente y

simplemente transcribiéndola al papel.

A pesar de no ser artista muchas veces uno es tentado a iniciar sus creaciones de esta manera, cayendo finalmente en el interminable espacio de la creación ilimitada, perdiendo la visión original debido a que: no hay restricción de creatividad, se carece de total ausencia de lo que se llama lastre corporativo y por último, este enfoque produce alegrías en el momento de comenzar un día claro, seguido de muchas noches de tropiezos.

La página en blanco es más aconsejable para el visionario solitario, la reingeniería en cambio es una actividad de equipo.

2.1.2. La metodología Rápida Reingeniería.

La metodología Rápida Reingeniería provoca el pensamiento continuo en vez de constreñir este proceso. En la rápida reingeniería el equipo de reingeniería se ve precisado a entender, pensar y cuestionar asuntos tales como:

- estrategias corporativas y de proceso,
- expectativas y percepciones de la clientela,
- aspectos de valor agregado de los procesos claves, potencial de cambio radical,
- visión de lo que puede ser si se satisfacen las expectativas del cliente,
- oportunidades de combinación e integración del proceso,
- utilización de la tecnología para hacer posible un cambio radical, etc.

Aclarando las definiciones, una metodología es una manera sistemática o claramente definida de alcanzar un fin, debiendo cumplir ciertas especificaciones adicionales para que la reingeniería de procesos tenga éxito, tales como:

1. Desarrollar una clara explicación de las metas y las estrategias corporativas.
2. Considerar la satisfacción del cliente como la fuerza impulsora de las estrategias y metas.
3. Identificar los procesos de valor agregado,

juntamente con los procesos de apoyo que contribuyen a dicho valor.

4. Proporcionar lo necesario para el análisis de las operaciones.

5. Permitir el desarrollo del proyecto completo para dar a los que toman las decisiones información y argumentos convincentes.

6. Desarrollar un plan de implementación factible para especificar las tareas, los recursos y la programación de los hechos después de la aprobación.

Finalmente la metodología de Rápida Reingeniería comprende 5 etapas, las cuales fueron implementadas para llegar a nuestra solución final.

A. Etapa 1 – Preparación: se inicia lógicamente con un consenso del grupo de reingeniería sobre las metas y los objetivos que se buscan y que son la justificación de este proyecto de reingeniería.

B. Etapa 2 – Identificación: desarrolla un modelo del proceso o negocio (en el cual se trabajará) orientado al cliente, identificando los procesos estratégicos de

valor agregado, los puntos críticos, recursos con que se cuenta y los volúmenes, así como las prioridades y se recomienda procesos específicos como objetivos de mayor impacto para la reingeniería.

C. Etapa 3 – Visión: busca oportunidades de avance decisivo en los procesos; los analiza y los estructura como visiones de cambio radical.

D. Etapa 4 – Solución: esta etapa se subdivide en dos de las cuales la primera es menester de este desarrollo. La primera es el diseño técnico, necesario para implementar las visiones y la segunda el diseño social el cual organiza y estructura los recursos humanos que tendrán a su cargo el proceso rediseñado.

E. Etapa 5 – Transformación: realiza las visiones de proceso, lanzando versiones piloto y de plena producción de los nuevos procesos.

Una vez ampliado el panorama de lo que es la reingeniería se puede observar que la reingeniería abarca un campo tan amplio como lo es la ingeniería misma, involucrando prácticamente a todos en la

empresa, de esta manera hay que restringir y delimitar la reingeniería al objeto de este trabajo, el cual es en todo momento la implementación de un nuevo sistema para la separación, lavado y secado de la piedra pómez, por otro lado no se dejará de lado las recomendaciones y sugerencias de este método.

2.2. Propuestas y análisis de ideas para el nuevo sistema.

Antes de entrar a lo que son las propuestas para el nuevo sistema, se hará un breve resumen de los pasos que se han seguidos para llegar hasta este punto, de acuerdo a las etapas que sugiere el método de la Rápida Reingeniería en el capítulo anterior.

En la 1er etapa se expuso el problema y se definió las metas a las que se debía llegar, teniendo en cuenta cada uno de los enfoques recomendados.

La 2da etapa consistió básicamente en conseguir información de sistemas ya probados, es decir, una breve e intensa auto-capacitación para identificar las fortalezas y debilidades en

cuanto a la tecnología a aplicarse, lo cual será mencionado posteriormente.

En la 3er y 4ta etapa se propusieron ya varios bosquejos como parte de la visión alcanzada, involucrando una variedad interesante de opciones, los cuales se analizó en detalle para alcanzar finalmente la selección de la solución. En los siguientes puntos se presentan las ideas más sobresalientes referentes al sistema completo, debido a que esta parte es el corazón del mismo; el resto del sistema es prácticamente el mismo. Se proponen los bosquejos de las opciones, así como el análisis de ventajas y desventajas.

2.2.1. Opción 1.

La idea fue desarrollada por la firma FMC Corp. Tiene la forma de un cono invertido, lleno de agua, la cual es bombeada desde el fondo para provocar un poco de turbulencia y permitir que se separe adecuadamente, el material que se alimenta.

El cono, tiene en la parte superior un canal para la alimentación de la materia prima, además de un canal

para el rebose del agua la cual ira arrastrando la piedra que flota, la piedra que no flota ira al fondo. Esta última es extraída del fondo por un elevador de cangilones y poder contar de esta forma con un proceso continuo. En el bosquejo (Fig. 2.1) se puede apreciar las partes principales de esta idea.

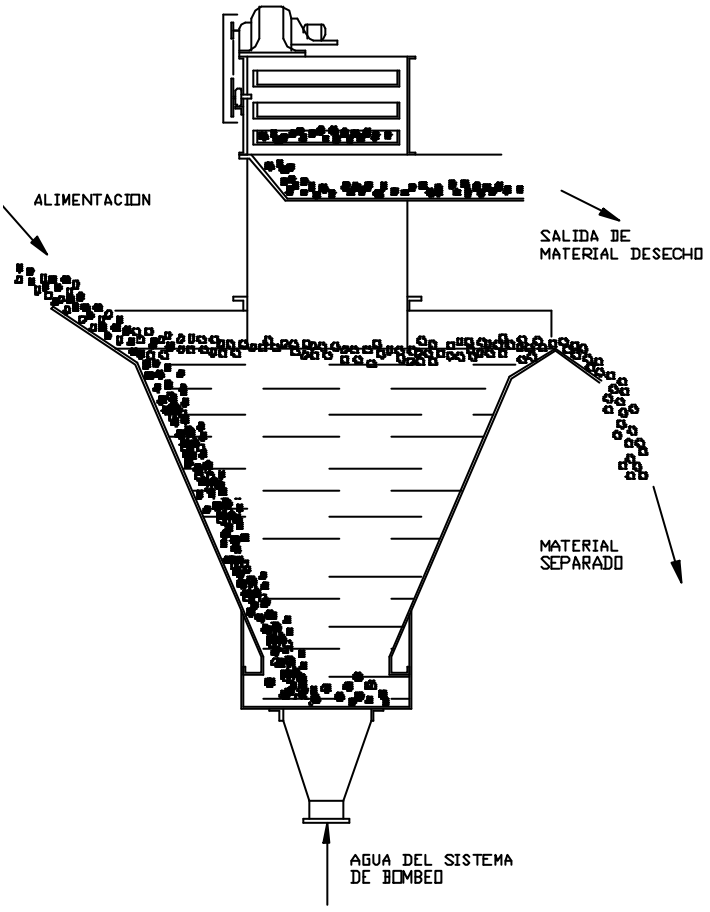


Figura 2.1 Opción 1

2.2.2. Opción 2.

Esta opción desarrollada por el Estado de Minas Alemán y distribuida por la compañía Roberts & Schaefer Co., con una capacidad de 360 Tph aproximadamente, consiste en un gran recipiente de forma irregular dentro del cual hay unas cadenas con paletas para sacar la piedra que se encuentra al fondo del tanque y la piedra que esta flotando, estas cadenas se encuentran una parte sumergida y otra parte fuera del agua.

Como se ve en el bosquejo (Fig.2.2), existe una alimentación del material que va a ser separado; al entrar el material de alimentación, una parte del material cae al fondo del recipiente (la piedra más pesada), esta piedra es sacada del fondo con las paletas que se sumergen en el fondo hasta la descarga; la piedra que flota es llevada hasta una placa en donde se asegura que no regrese al agua nuevamente, para luego ser desalojada y llevada hacia la siguiente etapa.

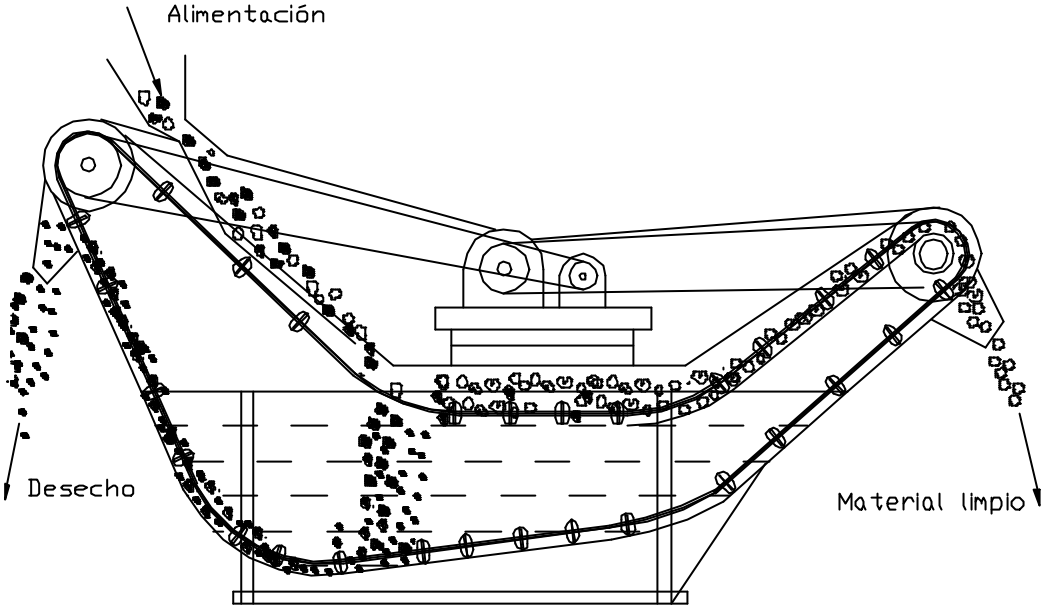


Figura 2.2 Opción 2

2.2.3. Opción 3.

Aquí el elemento principal del equipo es un tornillo de los que se utiliza para el lavado de agregados. El tornillo es inclinado, sellado completamente de manera que no pueda escapar el agua, este se llena de agua, quedando una parte seca y otra parte húmeda. En esta parte húmeda es en donde se lleva a cabo la separación por diferencias de densidades. En el bosquejo presentado (Fig.2.3) se aprecian los elementos principales de este equipo. En primer lugar

tenemos el tornillo, el cual arrastrara la piedra que se encuentra en el fondo, la parte trasera de la carcaza del tornillo es en donde sé ira acumulando la piedra que flota, para salir por medio del flujo de agua en el tornillo y pasar de esta manera a la siguiente fase del proceso. Existen varios distribuidores de este equipo en EEUU como EIW, GreyStone, Koldberg, etc., con capacidades desde 45 tph hasta 250 Tph.

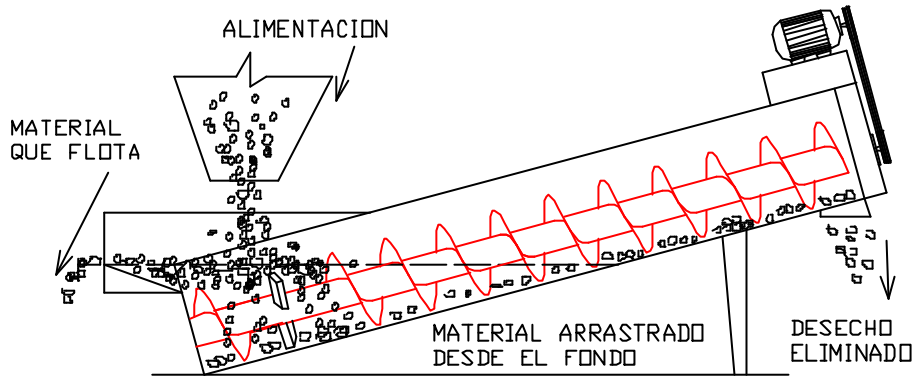


Figura 2.3 Opción 3.

2.2.4. Opción 4.

Distribuido por Wilmot Engineering Co., esta idea es llamada lavador oscilatorio. Aquí el recipiente de lavado consiste en un medio tanque con un doble

fondo, uno seco y un fondo lleno de agua, su elemento principal consiste en unas aletas oscilatorias, las que van arrastrando el material del fondo húmedo hasta el filo del mismo, para caer al fondo seco. Además de esto hay unas barreras que evitan que el material que flota pase a la zona de descarga, las cuales están compuestas de unas aletas con mallas para dejar que pase el agua únicamente. El material que flota es descargado por rebose del nivel de agua arrastrándolo hacia la siguiente etapa, esto se puede ver en la Fig. 2.4

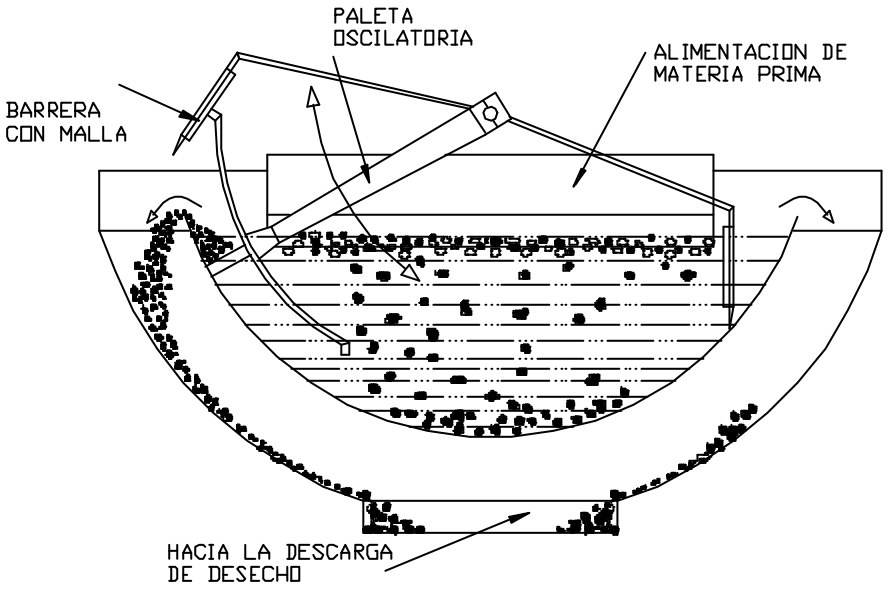


Figura 2.4 Opción 4

2.3. Selección De La Solución Final: Criterios y Matriz De Decisión.

En esta sección presento cada uno de los criterios que se utilizarán para construir la matriz de decisión. Se propone una breve descripción de cada uno de estos criterios, para efectuar su ponderación posteriormente. Luego de tomar una decisión para el inicio del desarrollo de la solución final se detallará el sistema completo, para luego analizar etapa por etapa y finalmente se desarrollará el sistema con cada uno de sus elementos.

2.3.1. Criterio 1: Reducción de costos.

Este es uno de los criterios más importantes desde el punto de vista de la gerencia, debido a que la reducción de costos permite una mejor captación de utilidades y un pronto retorno de la inversión inicial.

El enfoque dado a la reducción de costos es en la inversión inicial, es decir, en la demanda inicial del recurso económico, teniendo en cuenta materiales y equipos en existencia en la empresa los cuales pueden ser rehabilitados para formar parte del nuevo sistema.

2.3.2. Criterio 2: Racionalización de recurso humano.

Esto es parte del primer criterio, planteado a raíz de la gran demanda de personal que requiere el sistema actual (aproximadamente 6 personas), se ha propuesto un máximo de 3 personas que atiendan todas las labores que involucra el proceso.

2.3.3. Criterio 3: Gran Capacidad de Producción.

Debido al la tendencia creciente en la demanda de este producto se plantea una capacidad interesante de producción pensando en el mediano y largo plazo.

2.3.4. Criterio 4: Manejo y Mantenimiento Sencillo.

Esto es parte integral de los diseños planteados en el departamento de proyectos ya que esto permite entre otras cosas tener un sistema confiable, bajar costos de mantenimiento, tiempos muertos, producción continua, etc.

2.3.5. Criterio 5: Apropiado Ecológicamente.

Es conocimiento de todos las nuevas tendencias

ecológicas propuestas a nivel mundial, las cuales no se pueden pasar por alto en estos momentos, debiendo tomar en cuenta las diferentes formas de contaminación como los son: Uso y tratamiento de agua, emisión de ruido, polvo, manejo de desechos, orden y limpieza. Estos elementos se vuelven más importantes cuando se habla de un material como lo es la sílice, peligroso para el ser humano en mediana proporción.

El enfoque dado a este punto se basa en la demanda de recursos naturales como lo son: el agua por un lado y por el otro en la producción de finos durante el proceso, ya que esto conllevaría a la posterior emisión de polvo hacia el medio.

2.3.6. Matriz de Decisión.

Para la construcción de la matriz de decisión se ponderaron los criterios descritos anteriormente, seleccionados a partir de las políticas de la compañía. De aquí tenemos la siguiente matriz:

Criterios de Selección		Redcc. de Costos	Racz. de RRHH	Capc. / Prodcc.	Manejo y Mant. Sencillo	Ecolgc.	Rango
Factor de Peso (Fp)		**0.05**	**0.15**	**0.35**	**0.10**	**0.35**	**1.00**
							Puntaje Final
Opción 1	Calificación 1-10	5	3	4	5	7	**5.05**
	Puntaje = C*Fp	**0.25**	**0.45**	**1.40**	**0.50**	**2.45**	
Opción 2	Calificación 1-10	3	3	5	7	6	**5.15**
	Puntaje = C*Fp	**0.15**	**0.45**	**1.75**	**0.70**	**2.10**	
Opción 3	Calificación 1-10	8	4	5	5	6	**5.35**
	Puntaje = C*Fp	**0.40**	**0.60**	**1.75**	**0.50**	**2.10**	
Opción 4	Calificación 1-10	2	3	3	5	6	**4.20**
	Puntaje = C*Fp	**0.10**	**0.45**	**1.05**	**0.50**	**2.10**	

Tabla III Cuadro de Matriz de Decisión

Se observa en la matriz el puntaje ponderado para cada criterio seleccionado; de las 4 opciones la opción 3 es la que más alto puntaje obtuvo a pesar de tener ciertos puntajes más bajos que el resto, esto se debe a que en la parte de reducción de costos tiene un puntaje alto ya que se ha considerado la rehabilitación de equipos viejos, reduciendo así la inversión inicial. De esta manera la opción 3 será la base para el desarrollo del sistema completo.

Capítulo 3.

3. DESARROLLO Y ANALISIS DETALLADO DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA SOLUCION FINAL.

Luego del análisis interior se presenta la solución en una forma más detallada junto incluyendo los cálculos para la selección de equipos y verificación de capacidades de los equipos que se recuperaran de otras operaciones de mayor capacidad y que se van a emplear en este proyecto.

Cabe indicar que todo esto se realiza utilizando las tablas y manuales de los equipos y las marcas empleados en la práctica en esta industria, debido a que ya han sido probados en la práctica.

El desarrollo detallado de la solución final está compuesto de 5 partes o etapas:

Descripción general del sistema.

Cálculo y selección de equipo de transportación.

Cálculo y selección de equipo de zarandeo.

Cálculo y selección de equipo de separación.

Calculo y selección de equipo de bombeo y recirculación de agua.

Para cada una de estas se presentará la documentación en el caso de selección y verificación de equipos y planos para el caso del diseño del sistema completo.

3.1. Descripción General del Sistema.

En el plano 01 del apéndice podemos ver el diagrama de flujo del sistema, el cual funciona de la siguiente manera:

El primer paso es la alimentación al sistema, el cual se realiza con una cargadora frontal (1), a través de una rampa a la tolva de alimentación (2), el material es llevado al siguiente paso por medio de una banda transportadora (3).

El material que viene de la tolva de alimentación es descargado en la zaranda de pre-clasificación seca (4) la cual consta de 1

piso. Esto se hace con el fin de que los finos (16) no ingresen a la etapa húmeda. El material retenido del primer piso es el que pasará a la siguiente etapa y el pasante es un desecho.

La etapa de lavado o etapa húmeda, consta de un tornillo (5) lavador, alimentado por el retenido del primer piso de la zaranda de pre-clasificación, aquí interviene el agua para la separación del desecho de la materia prima (15).

El paso final consta de una zaranda escurridora (6) que elimina en cierto grado el agua del producto final.

Una sub etapa del sistema es la de alimentación y tratamiento del agua de lavado y recirculación respectivamente. Consta de un sistema de bombeo y varias piscinas de sedimentación (9, 10, 11) de aguas residuales.

Finalmente se propone para el almacenamiento de producto terminado una losa (14) sobre la cual el material terminara de secarse.

3.2. Cálculo y Selección de Equipos de Transportación.

El sistema de transportación consta de 2 bandas transportadoras (7, 8) una que alimenta y una que saca el producto terminado.

La banda transportadora que alimenta, recibe su material de una

tolva de 20 m3 (12 Ton), si se considera que la tolva se vacía en 30 min. entonces el flujo de material es de 40 TPH. Esta tolva es parte del inventario de la chatarra que se encuentra en la planta Huayco; esta tolva debe ser adaptada para el nuevo trabajo, la principal modificación es alargar sus soportes para poder alimentar con una cargadora frontal del tipo CAT 950 y colocar un transportador de banda en la descarga de la misma. Para controlar la cantidad de material que se va a depositar en la banda, se instala una compuerta de guillotina (Fig. 3.1).

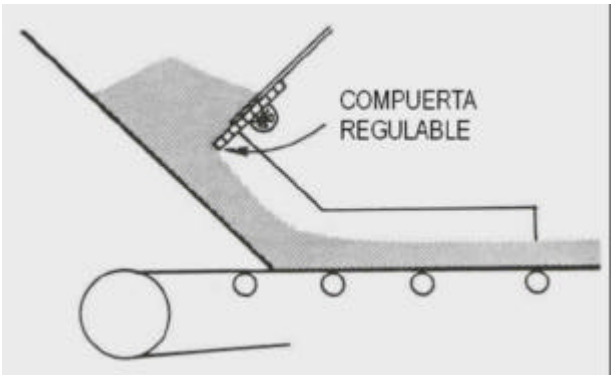


Figura 3.1 Transportador de Banda con compuerta Regulable

Debido a que ambos transportadores son muy similares en cuanto a ángulo de inclinación, longitud, tipo de material que transportan, etc. se realizará un solo cálculo de selección.

En el gráfico adjunto (Fig. 3.2) se muestra un esquema del transportador con los datos generales para el cual se le realizarán los cálculos.

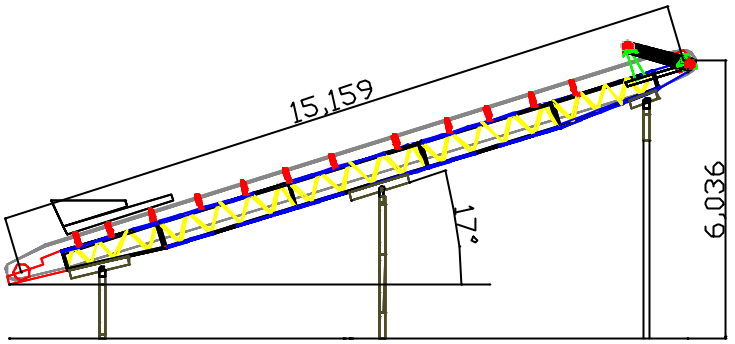


FIGURA 3.2 Transportador

Para estos valores se muestra además un esquema de variables involucradas (Fig. 3.3).

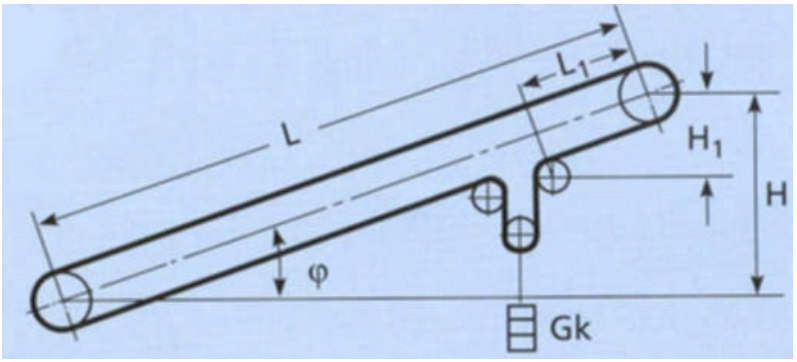


FIGURA 3.3 Variables Involucradas

En el cálculo para transportadores de banda se deben tomar varios factores importantes como:

- Capacidad del transportador.
- Longitud.
- Tipo de material.

Condiciones de carga.

Ancho de Banda (mm)

Se determina tomando en cuenta el tipo de material y tamaño del material, un material grueso va a reducir la capacidad de la banda. Utilizando la tabla IV siguiente del manual CONVEYOR BELTING indica los valores guías para el ancho de banda.

	ANCHO MINIMO DE BANDA (mm)										
Material	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	18/00	2000	2200
uniforme, longitud entre filos (mm)	50	75	125	175	250	350	400	450	550	600	600
no uniforma, longutud entre filos (mm)	100	150	200	300	400	500	600	650	700	750	750

Tabla IV Ancho Mínimo de Banda Recomendada B (mm)

En esta tabla el ancho de banda es seleccionado de acuerdo al tamaño del material que se va a transportar, si se toma en cuenta el siguiente valor de entrada: Tamaño de piedra max. 38mm, factor de seguridad 2, da como resultado 76 mm, de esta manera la banda recomendada es de 500mm.

Velocidad de la Banda (m/s)

La velocidad máxima de la banda se determina tomando en cuenta la densidad del material, tamaño del material, altura de caída y ancho de banda. Estos valores se pueden ver en el gráfico anterior de la banda. En la tabla V se ha considerado que el material es de carácter muy abrasivo pero también muy liviano,

siendo el valor de velocidad propuesto de 1.25 m/s. De aquí se ha considerado un factor de seguridad pequeño y se toma el valor de 1.2 m/s para la velocidad máxima de la banda, lo cual coincide plenamente con lo utilizado en la practica, resultado de la experiencia.

	ANCHO DE BANDA B (mm)										
Material	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Graneado y Ligero	2.50	3.15	3.15	3.55	4.00	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50
Moderado Abrasivo	1.60	2.00	2.50	2.50	3.15	3.15	3.15	3.55	3.55	3.55	3.55
Muy Abrasivo	1.25	1.60	1.80	1.80	2.24	2.24	2.24	2.50	2.50	2.50	2.50

Tabla V Velocidad Máxima de Banda Recomendada v max. (m/s)

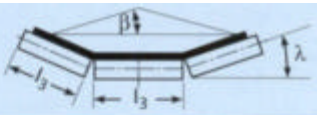
Capacidad de la Banda Qt (m^3/h)

La capacidad teórica Qt (m^3/h) del transportador es calculada de acuerdo a la sección transversal del flujo de carga y la velocidad de la banda V (m/s). El ángulo base es parte de la sección transversal del flujo de carga y la experiencia indica que para la mayoría de los materiales un margen de seguridad satisfactorio es obtenido con β=15°; en el caso de polvo seco se recomienda β=10°

La tabla VI mostrada a continuación indica la capacidad teórica Q't(m3/h) a una velocidad de banda de 1 m/s, 0° de inclinación, y

operación continua con alimentación regular uniforme. Se debe tomar en cuenta una operación intermitente y alimentación no uniforme cuando se quiera obtener capacidad de banda, Con el ancho de banda B(mm) y Q't(m3/h) a 1 m/s como datos, se ingresa a la tabla 4 y se determina la capacidad teórica Qt(m3/s), si tomamos en cuenta que los rodillos son de 20° y que la banda es de 500 mm, entonces de acuerdo a las formulas anteriores: Q't=60 m3/h para un ángulo de reposo de 10°.

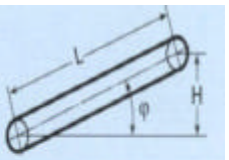
RODILLOS DE CARGA DE 3 SECCIONES



B (mm)	l_3 (mm)	λ°	20		25		30	
		β°	10	15	10	15	10	15
400	160		36	43				
500	200		60	73	67	79		
650	250		110	132	123	145	134	155
800	315		172	207	193	226	211	243
1000	380		281	337	315	369	345	396
1200	465		412	493	461	540	505	581
1400	530		573	685	642	750	703	807
1600	600		758	907	851	993	932	1068
1800	670		970	1160	1088	1270	1196	1365
2000	750		1204	1435	1351	1577	1479	1695
2200	800		1476	1740	1656	1930	1813	2074

Tabla VI Capacidad Teórica Q' t (m3/h) at v = 1 m/s

En la tabla VII se indica el factor de capacidad para transportadores inclinados.



φ (°)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
H/L	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,44	0,47	0,50
k	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56

Tabla VII Factor de Capacidad k (-)

Para el cálculo del factor de corrección, se utiliza el grafico donde se muestra los datos generales de montaje del transportador, siendo el ángulo de inclinación de 18º, obteniendo k=0.85, entonces:

Q't= Q1/V*k; Q1=V*k*Q't

Reemplazando los valores obtenidos:

Q1=1.2 m/s * 60 m3/s* 0.85

Q1 = 61.2 Tph.

Potencia Requerida.

La potencia teórica Nn(Kw) necesaria para el transportador se compone de las siguientes variables:

N1 Potencia requerida para mover la banda vacía.

N2 potencia requerida para transportar el material hasta el nivel deseado.

N3 potencia requerida para elevar o bajar el material.

N4 Potencia adicional requerida para encausadores, rascadores, etc.

G Peso de las partes móviles del transportador: banda, rodillos, rodillos de cola y cabeza (kg/m).

f coeficiente de fricción

De esta manera la formula a emplearse es:

Nn = N1 + N2 + N3 + N4, siendo

N1= G(L+l) f *V / 102

N2= Q(L+l)* f / 367

N3= Q *H / 367

Siendo las variables:

L longitud del transportador 15m

l longitud adicional, de la tabla VIII y de acuerdo a la longitud del transportador, la longitud adicional es l = 50m

L (m)	< 30	< 80	< 100	> 100
l (m)	50	70	80	100

Tabla VIII Longitud adicional (l) y Longitud del Transportador (L)

f coeficiente de fricción de rodillos, mostrado en la tabla IX depende en gran parte de las condiciones de funcionamiento del transportador, para este caso se considera que el transportador

funciona en condiciones estándar, obteniendo un valor de f= 0.02. este valor de 0.02 se incrementa bajo ciertas circunstancias como:

gran fricción interna en el material,

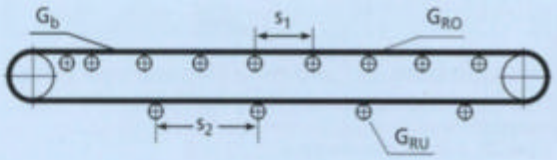
- ángulo de rodillos > 30,
- diámetros de rodillo > 108 mm,
- velocidad de banda > 5 m/s,
- temperatura < 20 C y
- baja tensión de banda.

Transportador en buen estado y fuerza de fricción baja	0.017
Valor Estandar para Transportadores en condiciones normales	0.020
Para condiciones de trabajo desfavorable con polvo	0.023 - 0.030
Transportador descendiendo con freno de motor (40 % de f para la banda)	0.012

Tabla IX Coeficiente de Fricción de Rodillos f (-)

De la tabla X , de acuerdo al espaciamiento entre los rodillos de carga y los de retorno (1.25 y 2.5 m) respectivamente, el valor de G recomendado para una banda de 500 mm y para una densidad del material de 0.55 ton / m3 < 1.5, es igual a 12.

$$G = 2Gb + \frac{G_{RO}}{s_1} + \frac{G_{RU}}{s_2} \text{ (kg/m)}$$



s_1 (m)	s_2 (m)	TIPO DE TRANSPORTADOR		ANCHO DE BANDA (mm) 300	400	500	650	800	1000
1,0	2,0	LIGERO	$\gamma < 1,5$	9	11	13	17	28	37
		PESADO	$\gamma > 1,5$	12	15	20	28	43	57
1,25	2,5	LIGERO	$\gamma < 1,5$	8	10	12	15	25	33
		PESADO	$\gamma > 1,5$	11	14	18	25	39	52
1,5	3,0	LIGERO	$\gamma < 1,5$	8	10	11	14	23	31
		PESADO	$\gamma > 1,5$	10	13	17	23	36	48
FORMA DE RODILLOS									
DIAMETROS RECOMEND. PARA RODILL. CARGA Y RET.		LIGERO	∅ (mm)	51	51	51	63	89	89
			$G_{RO} = G_{RU}$ (kg)	2,5	3	3,5	5,5	11	13
		PESADO	∅ (mm)	63	63	63	89	108	108
			$G_{RO} = G_{RU}$ (kg)	3,5	4	5,5	10	14	18

Tabla X Espaciamiento entre los Rodillos de Carga y los de Retorno

De esta manera, reuniendo todos los valores obtenidos, se procede con el cálculo:

N1 = 14 (15+50)0.023*1.2/102

N1 = 0.18 Kw

N2 = 60 (15+50) 0.020 / 367

N2 = 0.21 Kw

N3 = 60 * 6.7 / 367

N3 = 1.1 Kw.

Para el cálculo de N4, que es la potencia adicional requerida, se considera que no hay rascador y una longitud de encausadores de 5m, de la tabla XI :

Adición por	at v = 1 m/s	N_4 (kw)
Descarga por tripper o scraper	0.8 kw 1.5 kw 2.2 kw	0.8 x v 1.5 x v 2.2 x v
Encausadores de caucho en contacto con la banda	0.08 kw	0.08 x v x longitud de encausadores

Tabla XI Potencia Adicional Requerida

N4 = 0.08 * V *longitud de encausadores

N4 = 0.08 * 1.2 * 5

N4 = 0.48 Kw

Nn = 1.97 Kw = 2.64 Hp, que es la potencia requerida para mover este sistema.

Para la potencia del Motor, se considera una eficiencia del 80 al 95%. De acuerdo a la siguiente formula se puede obtener el motor empleado en este transportador:

Nm = Nn / η η= 0.80 - 0.95

Con η= 0.80

Nm = 1.97 Kw / 0.8 = 2.5 Kw = 3.5 Hp.

Por lo tanto el motor deberá ser de 10 Hp.

Tensión de trabajo.

Cuando se conoce la potencia teórica necesaria Nn (Kw), se puede calcular: tensión efectiva P(N), max. tensión de banda T1(N) y la tensión de trabajo p(N/mm) de la banda. Considerando una cuerda o banda como la de la figura 3.4, colgando de una polea, que resiste rotación. Las tensiones Ta y Tb son causadas por fuerzas pequeñas y grandes, respectivamente. La experiencia común indica que, si el coeficiente de fricción entre la banda y la polea es suficientemente grande, una considerable diferencia de la tensión es posible en este sistema.

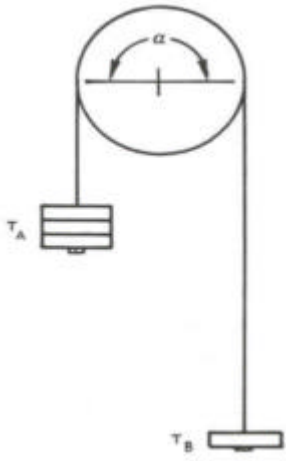


FIGURA 3.4 Tensiones Ta y Tb

La experiencia también indica que cuando el arco de contacto se reduce como el de la figura 3.5 (con una polea giratoria libre), la tensión Tb debe ser mayor para mantener la banda en equilibrio.

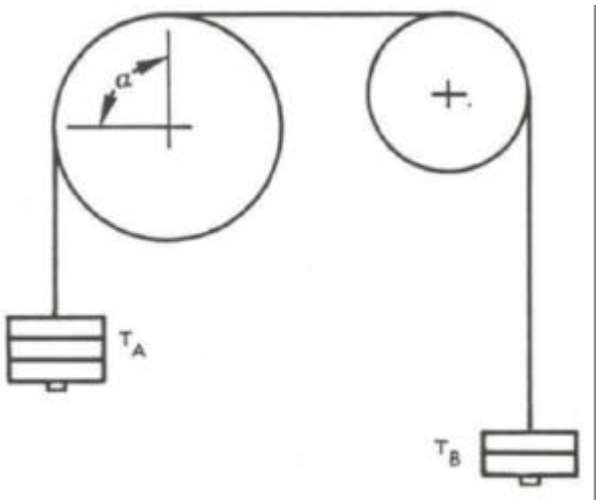


FIGURA 3.5 Arco de Contacto Reducido

En ambos casos los factores esenciales son las tensiones, el coeficiente de fricción y el ángulo de contacto. De igual manera en ambos casos el desbalance de tensión es suficiente para vencer la resistencia, entonces la polea girará, pero la acción esta limitada a la longitud de la banda. En el gráfico 3.6, se muestra una banda unida con 2 poleas.

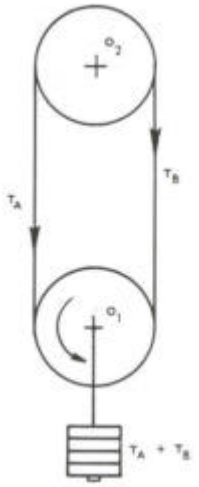


FIGURA 3.6 Banda Unida con 2 Poleas

Un momento o troqué es aplicado al eje O1 causando un momento en el eje O2. De esta manera la acción descrita en el gráfico 3.4 se puede aplicar continuamente a una situación como la de la figura 3.6 de las 2 poleas, mostrando de esta manera las relaciones fundamentales del movimiento de la banda.

La tensión de trabajo es p(N/mm) es usada para determinar el tipo de banda y se debe tomar en consideración los siguientes puntos:

Si el torque de arranque esta limitado a un máximo de 1.4 por el torque normal, la potencia Nn (Kw) se puede usar para calcular la tensión de trabajo.

Bajo condiciones normales la tensión de trabajo p (N/mm) tiene una gran influencia sobre la banda:

Tensión efectiva: P(N) = Nn * 1000 / V

P(N) = 2.5 Kw * 1000 / 1.2 m/s = 2083 N.

Tensión máxima de banda: T1 = P x m

El valor de m se lo obtiene de la tabla XII del manual:

$$m = 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

POLEA MOTRIZ		μ	α 120	α 150	α 180
REVESTIDO	SECO	0,40	1,76	1,54	1,40
	HUMEDO	0,35	1,92	1,67	1,50
DESNUDO	SECO	0,35	1,92	1,67	1,50
	HUMEDO	0,20	2,92	2,45	2,14

Tabla XII Factor m (-)

el ángulo de contacto es de 150°, el material esta seco así, m=1.67, entonces:

T1 = 2083 * 1.67

T1= 3479

Para la tensión máxima de trabajo:

p = T1 / B

p = 3479 / 500

p = 7 N/mm, esta es la tensión máxima a la que trabajará la banda.

Para seleccionar el tipo de banda, se utiliza la tensión de trabajo calculada anteriormente p(N/mm), en este caso 7 N/mm y las dimensiones de carcaza de banda recomendados, en la tabla XIII se dan varias opciones de acuerdo a la tensión de trabajo. En cuanto a la selección de la banda dada la tensión de trabajo máxima se decide seleccionar una banda de 20 N/mm, con junta mecánica y con un factor de seguridad de 2.8.

TENSION MAXINA DE TRABAJO (N/mm)		RO-PLY TIPO	ESPESOR approx. (mm)	PESO approx. (kg/m²)	ANCHO DE BANDA (mm)			
JUNTA VULCAN.	JUNTA MECANICA				300	400	450	500
20	16	200/2, 2 + 1	5,2	6,8	×	×	×	×
25	20	250/2, 3 + 1	6,6	8,4	×	×	×	×
31,5	25	315/2, 3 + 1	6,8	8,6	×	×	×	×
40	31,5	400/2, 3 + 1	7,3	9,1		×	×	×
40	31,5	400/2, 5 + 1,5	9,8	11,7		×		×
63	50	630/2, 5 + 1,5	10,5	13,4				

Tabla XIII Opciones de Acuerdo a la Tensión Máxima de Trabajo

En cuanto a los espesores de capas de carga de la banda ya sea del lado de la carga, es decir, el lado que va en contacto con el material o del lado que está en contacto con los rodillos también se dan recomendaciones, en las tablas XIV y XV se muestran opciones para estos 2 casos, de acuerdo al tipo de material. Para el valor de la capa del lado de la carga, se considera un material bastante abrasivo, la longitud del transportador es de 15m y el valor de (30 x v)/L es igual a 2.4, por lo tanto el valor recomendado teniendo en cuenta que el tamaño de la piedra es de 50mm es de 3mm. Para el lado de rodadura, se considera de igual manera que el anterior un material bastante abrasivo, y el valor recomendado es de 1.5 a 2mm.

30 x v / L v = m/s L= distancia entre centros	TIPO DE CUBIERTA	POCO ABRASIVO tamaño (mm)		MODERADO ABRASIVO tamaño (mm)				MUY ABRASIVO tamaño (mm)				EXTRA ABRASIVO tamaño (mm)			
		to 10	10 to 50	to 10	10 to 50	50 to 200	200 and over	to 10	10 to 50	50 to 200	200 and over	to 10	10 to 50	50 to 200	200 and over
0.25	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	6.5
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	5.5	1.5	3.0	5.0	6.5
0.33	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	6.5
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	5.5	1.5	3.0	5.0	6.5
0.50	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	6.5
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	5.5	1.5	3.5	5.0	8.0
0.67	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	5.5	1.5	3.0	5.0	7.0
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	6.5	1.5	3.5	6.5	8.0
1.00	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.0	6.5	1.5	3.0	6.5	8.0
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	6.5	8.0	2.5	5.0	8.0	
1.25	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	4.0	5.0	1.5	3.0	5.5	8.0	2.5	4.0	7.0	8.0
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	5.0	7.0	1.5	4.0	8.0		3.0	5.5	8.0	
1.67	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	5.0	6.5	2.5	4.0	6.5	8.0	3.0	5.5	8.0	8.0
	BW	1.5	2.5	1.5	3.0	6.5		3.0	5.5	8.0		5.0	8.0		
2.50	A, B	1.5	2.5	1.5	3.0	6.5	8.0	3.0	6.5	8.0	8.0	4.0	8.0	8.0	8.0
	BW	1.5	2.5	2.5	5.0	8.0		5.0	8.0			5.5			
5.00	A, B	1.5	3.0	3.0	6.5	8.0	8.0	5.5	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	BW	2.5	5.0	5.0				8.0				8.0			

Tabla XIV Espesor de Banda del lado de Carga

Propiedad del material	Espesor de cubierta, lado de carga (mm)
Poco Abrasivo	1
Moderado a muy abrasivo	1 - 1.5
Bastante abrasivo y grueso	1, 5 -2

Tabla XV Espesor de Banda del Lado de

De acuerdo a la nomenclatura del fabricante mostrada en el ejemplo siguiente, la banda para los transportadores sería **30m x 500 mm x 250/2, 3+2**

Ejemplo:

Banda para transportador tipo RO - PLY

300 m x 800 mm x 400/2,5 + 1,5

El primer valor es la longitud total de la banda (m), el segundo numero es el ancho de la banda (mm), la tensión que resiste la banda (N/mm), el número de capas, grueso de cubierta de carga (mm) y finalmente el grueso de la capa de rodadura (mm).

Para el 2do transportador, los cálculos son los mismos, variando ciertos parámetros como longitud y cantidad de rodillos.

Luego de esto, se plantea la selección del reductor, los reductores utilizados en este tipo de aplicación son de brazo como el que se muestra en la figura 3.7, aquí se aprecia demás el interior del reductor.

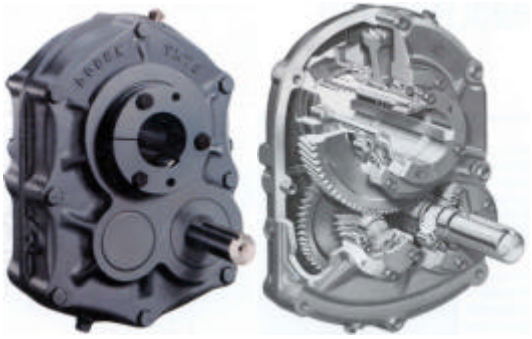


FIGURA 3.7 Interior del Reductor

En la selección realizada es válido decir que la marca con que se hizo este trabajo es DODGE, por lo tanto se muestra a continuación (Fig. 3.8) la nomenclatura que utiliza esta marca.

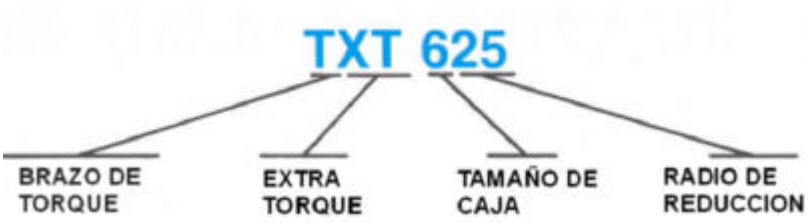


FIGURA 3.8 Nomenclatura de DODGE

En primer lugar (de izquierda a derecha) se describe que tipo de reductor es, en este caso es de brazo de troqué, en segundo lugar se muestra la principal característica de la serie (tiene extra troqué), en tercer lugar se muestra el tamaño de la caja y finalmente el radio de reducción nominal. Para entender mejor la disposición del reductor, se muestra un esquema con sus partes principales (Fig. 3.9)

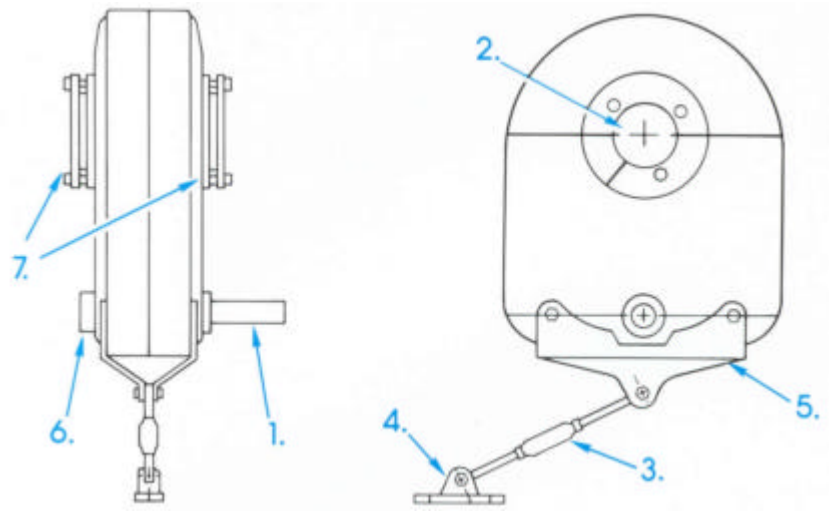


FIGURA 3.9 Reductor: Esquema con sus Partes Principales

El numero 1 es el eje de entrada o eje rápido, es aquí a donde se va amontar una polea con chaveta para recibir el troqué del motor mediante polea o cadena. El número 2 es el eje de salida, este va unido al tambor de cabeza que es el tambor motriz para el caso del transportador. El numero 3 es el brazo de troqué o regulador para templar la banda del motor. El número 4 es el

montaje fijo por lo general va empernado a la estructura del transportador. El número 5 son los adaptadores de platos para sujetar el brazo de torque. El 6 es la cubierta de back stop o freno de retroceso, finalmente el número 7 son los bujes de acople gemelos. En la figura 3.10 se muestra un montaje típico para este tipo de arreglos.

FIGURA 3.10 Montaje

Luego de esto, sobre la base de los datos conocidos del motor y a la velocidad de la banda deseada, la cual es de 1.2 m/s, se procede al cálculo del reductor. Teniendo en cuenta que el motor gira a 1750 r.p.m. y que el rodillo motriz del transportador es de 8" (0.2032 m), utilizando las formulas de velocidad angular (ω):

$V = \omega * r;\ \omega = V / r$

ω = 1.2 / 0.2032 = 5.91 rad/s

ω = 56.38 r.p.m. (velocidad angular del rodillo), la cual resulta ser la velocidad del reductor a la salida, esto se puede ver en el esquema siguiente (Fig. 3.11):

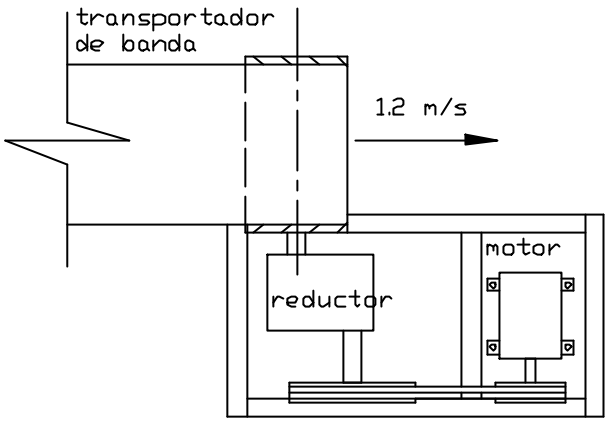


Figura 3.11 Esquema de Arreglo Motor, Reductor y Transportador

Si se utiliza la tabla XVI de selección se puede ver un reductor TXT415 (Dodge), el cual ofrece una reducción de 15:1, entonces la velocidad de entrada del reductor es:

ωe = 15 * 56.39 = 845.9 r.p.m.

Para sacar la relación de velocidades y de los diámetros de las poleas, usamos la relación:

$\omega o / \omega e$ = 1750 / 845.85 = 2.07 = +-2

Si se utiliza una polea de 4” en el motor, la polea del reductor será 8”.

AGMA CASE SIZE	RATIO										
	5:1			9:1	15:1				25:1		
—	#10	#10	—	—	—	TD015	—	—	TD025	—	—
107	#11	T11	TXT105	TXT109	#1	TD115	TDT115	TXT115	TD125	TDT125	TXT125
115	#12	T12	TXT205	TXT209	#2	TD215	TDT215	TXT215	TD225	TDT225	TXT225
203	#13	T13	TXT305	TXT309	#3	TD315	TDT315	TXT315	TD325	TDT325	TXT325
207	#14	T14	TXT405	TXT409	#4	TD415	TDT415	TXT415	TD425	TDT425	TXT425
215	#15	T15	TXT505	TXT509	#5	TD515	TDT515	TXT515	TD525	TDT525	TXT525
307	#16	T16	TXT605	TXT609	#6	TD615	TDT615	TXT615	TD625	TDT625	TXT625
315	#17	T17	TXT705	TXT709	#7	TD715	TDT715	TXT715	TD725	TDT725	TXT725
407	#18	T18	TXT805	—	#8	TD815	TDT815	TXT815	TD825	TDT825	TXT825
415	#19	T19	TXT905	—	#9	TD915	TDT915	TXT915	TD926	TDT926	TXT926
507	—	—	—	—	—	TD1015	TDT1015	TXT1015	TD1024	TDT1024	TXT1024
—	—	—	—	—	—	—	TDT1115	—	TD1125	—	—
608	—	—	—	—	—	—	TDT1215	TXT1215	TD1225	TDT1225	TXT1225
700	—	—	—	—	—	—	—	—	TD1325	TDT1325	TDT1325
800	—	—	—	—	—	—	—	—	TD1425	TDT1425	TDT1425
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TDT1530	TDT1530

Tabla XVI Tabla de Selección de Reductor

Otro de los elementos importantes en el transportador son los rodillos; existen varios tipos de ellos y una forma de instalación de acuerdo al puesto dentro del transportador, en la figura 3.12 se muestra una disposición típica de estos elementos.

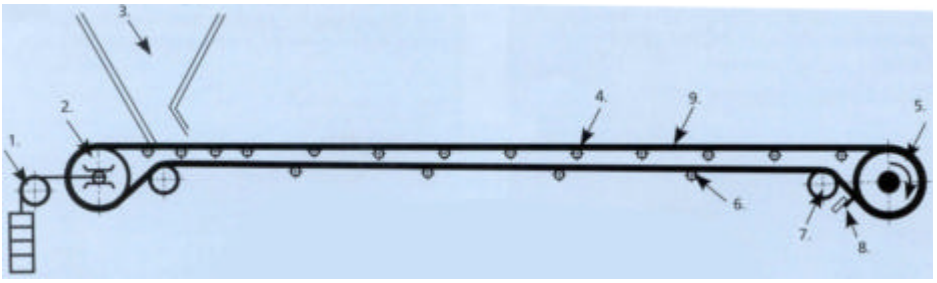


Figura 3.12 Rodillos.- Disposición Típica

Empezando por el primer elemento esta el contrapeso, el cual sirve para templar la banda, el segundo es el rodillo de cola, el tercero es el chute de alimentación a la banda, el cuarto es un rodillo de carga, el rodillo motriz es el quinto elemento, el sexto es un rodillo de retorno, el séptimo es un rodillo de contacto, como su nombre lo indica sirve para aumentar el ángulo de contacto y evitar deslizamiento, el octavo elemento es un rascador, sirve para limpiar la banda y finalmente esta la banda. Los rodillos que se encuentran a la altura de la descarga se llaman rodillos de impacto ya que reciben directamente el peso del material transportado, por lo general son de discos de caucho para amortiguar la caída del material. Entre los rodillos de carga existen de 20, 35, 45 grados de inclinación. Su utilización depende del ancho de la banda y de que posición ocupa. Por lo general se pasa de rodillos de poco ángulo hacia rodillos de mayor inclinación.

La selección de los rodillos depende también del tipo de trabajo que realizan, siendo la norma que rige CEMA (Conveyor Equipment Manufactures Association). Debido a la aplicación un tanto ligera para este proyecto, se ha decidido usar rodillos

CEMA B, los cuales son para trabajo ligero. En el grafico (Fig. 3.13) se muestran varios tipos de rodillos.

Figura 3.13 Varios Tipos de Rodillos

Los rodillos independientes están compuestos básicamente de un tambor o tubo con rodamientos en sus ejes. De acuerdo al tipo de rodamiento se puede seleccionar rodillos sellados o engrasables. Los rodillos sellados como su nombre lo indica son una sola vida y libres de mantenimiento (Maintenance Free), los rodillos engrasables necesitan mantenimiento periódico. En la figura 3.14 se muestra un corte de un rodillo típico.

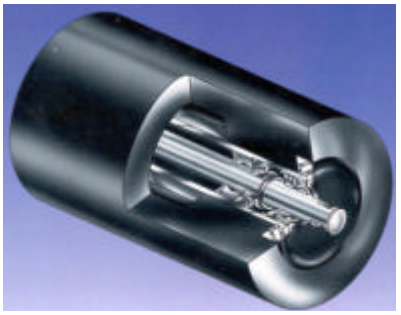


Figura 3.14 Corte de un Rodillo Típico

En cuanto a los cuidados y errores que se cometen en el diseño de transportadores es necesario saber que la banda y los rodillos trabajan en conjunto y que el costo de la banda en comparación al conjunto (todo el transportador) representa un valor muy significativo, por lo tanto hay que tratar de cuidar de que la banda se dañe. Por lo general estos daños de dan en función al estado y aplicación de los rodillos, ya sean los rodillos de cola y cabeza o los rodillos de carga. Si se seleccionan rodillos de cola o cabeza muy pequeños y una banda muy gruesa, esta se ira agrietando y se partirá finalmente.

En cuanto a la banda misma hay que tener cuidado con su selección, una banda muy rígida daría como consecuencia que la parte central de la misma no esté en contacto con el rodillo central, cargando más a los rodillos laterales y dañándolos. En la figura 3.15 se ve el efecto que tiene la carga sobre la banda en el lado de contacto con los rodillos, si la banda esta mal seleccionada, se desgastará más en el punto donde se unen los rodillos.

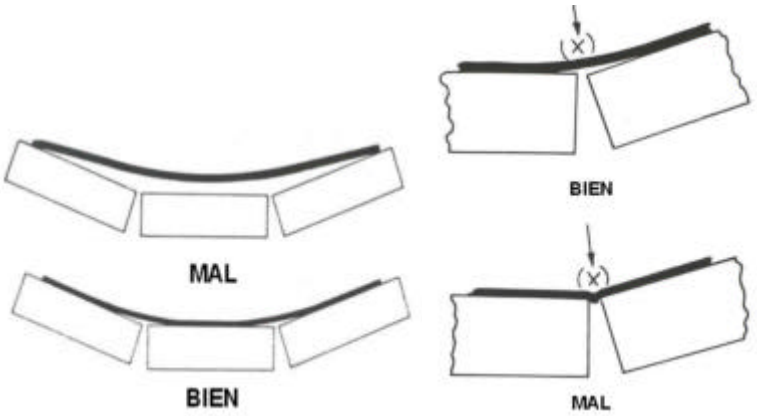


Figura 3.15 Efecto de Carga Sobre Banda

Por último la selección de la banda y la aplicación del ángulo de carga en los rodillos deben conjugarse. En el gráfico (Fig. 3.16) se ve el efecto que tiene el ángulo de carga de los rodillos con la banda, si la banda es muy rígida con un ángulo de carga alto (ej 45°) deformará irreversiblemente la banda.

Figura 3.16 Efecto Angulo de Carga de los Rodillos con la Banda

3.3. Cálculo y Selección de Equipos de Zarandeo.

Los equipos de zarandeo constan de 2 zarandas de similares características, ambas son parte de lo que se tiene como inventario de maquinaria que se ha reemplazado en la planta Huayco y que se puede utilizar en operaciones más pequeñas, una de ellas es mostrada en la foto (Fig. 3.17). Este equipo será reparado y puesto operativo para este proyecto, las mallas que se utilizan van de acuerdo a la granulometría del material que se desee. En el primer piso se recogerá el retenido para alimentar al tornillo lavador y en el fondo se recoge los finos para sacarlos del sistema antes de que entren en la etapa húmeda.

Figura 10 Equipo que será Reparado

El sistema de escurrido es una zaranda escurridora, la cual recepta el material que sale del tornillo, así como el agua que sale por el rebose. Esta zaranda es de alta frecuencia y de un solo piso, con este equipo se puede remover hasta un 50% del agua que viene en el material, el pasante del primer piso será entonces agua y los finos generados en este proceso, para de ahí pasar a las piscinas de sedimentación (Fig. 3.18)

Figura 3.18 Zaranda de un Sólo Piso

Para estos equipos es importante destacar su función principal, así como sus partes; la función de este tipo de equipos es de separar por tamaños un material dado, en este caso piedra pómez, para separar por tamaños este equipo utiliza mallas de acero con una medida de agujero dado de acuerdo a los requerimientos. En la figura 3.19 se muestra una foto en el momento en que se realiza la labor de zarandeo.

Figura 3.19 Realizando Labor de Zarandeo

La zaranda cuenta por lo general con un sistema de contrapesos, al estar acoplada con un motor por medio de bandas y al girar este (sin reducción), produce vibración con una tendencia de desplazamiento, moviendo el material hacia delante y hacia atrás, pero con esa tendencia.

En la foto (Fig. 3.20) se aprecia la malla (tipo diamante) la cual es un elemento importantísimo para el rendimiento del equipo. Se dice por lo general que el ancho de la zaranda da la capacidad de la misma y el alargo la eficiencia. Las mallas se seleccionan de acuerdo al corte granulométrico, diámetro de

alambre (área efectiva de cribado), estado de material, entre otros parámetros.

En el gráfico (Fig. 3.20) se muestran 3 tipos de mallas, de alta eficiencia. Estas mallas trabajan por lo general con material seco y son autolimpiantes.

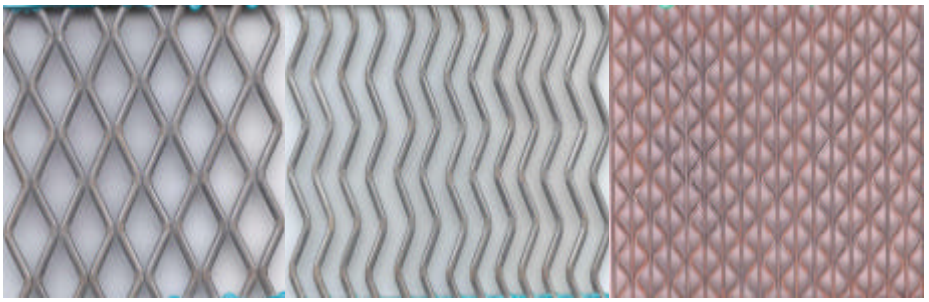


Figura 3.20 Mallas: Z - Diamante (izq.), Z - Slot H (centro), Z - Slot Z

El agujero de la malla se mide interiormente, como se muestra en la figura 3.21.

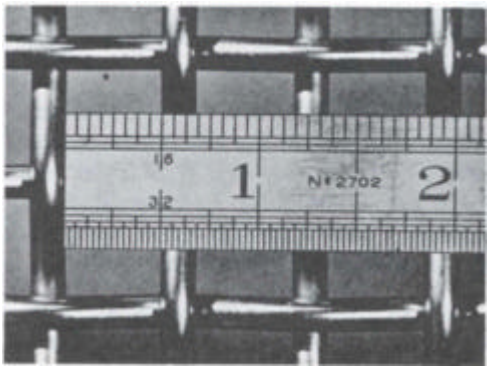


Figura 3.21 Medición de Malla (Interior)

El diámetro del alambre es un parámetro importante ya que de este depende si se va a tener mayor o menor área de zarandeo efectiva, teniendo que llegar a un compromiso entre la eficiencia de zarandeo (área efectiva) y el desgaste de la malla, puesto que un alambre más delgado se desgastará más rápido que uno más grueso. En la figura 3.22 se muestran diámetros típicos de alambre para mallas, con su calibre dado en decimos de pulgadas.

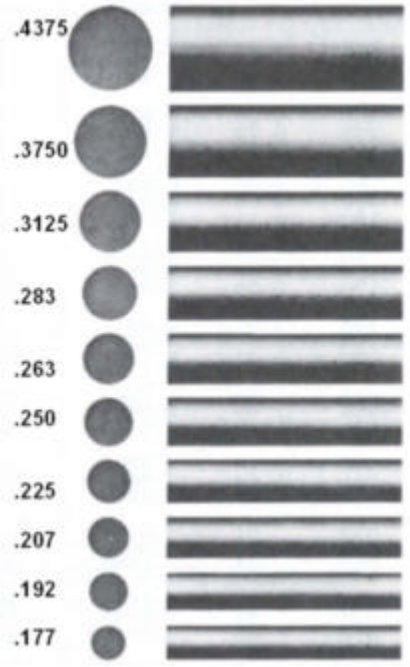


Figura 3.22 Calibres de Alambre en décimas de pulgadas

La malla está sujetada a la zaranda por medio de ganchos. Estos ganchos son platinas que agarran a la malla propiamente dicho, como se ve en la figura 3.23.

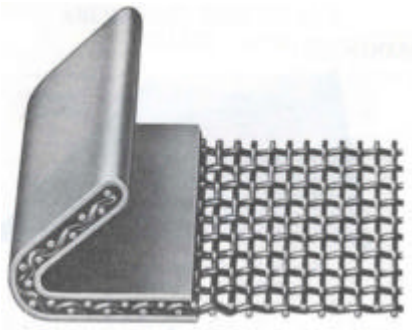


Figura 3.23 Gancho Tipo 2 con Platina Metálica.

La malla debe estar bien templada para que la vibración no la rompa y por consiguiente haya que cambiarla. Por lo general las zarandas utilizan 4 paños de mallas, pudiendo hacer combinaciones de mallas en un piso para obtener una granulometría deseada. En el gráfico (Fig. 3.24) se observa una zaranda con sus mallas instalada adecuadamente.

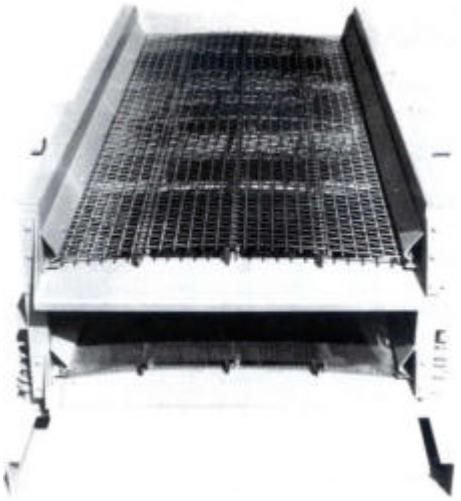


Figura 3.24 Zaranda de 2 Pisos con Mallas Instaladas.

Para la zaranda de pre clasificación se puede hacer una verificación de la capacidad que puede manejar. Se presenta el cálculo de su capacidad, utilizando el método Cedarapids, obtenido de la 5ta edición del manual de referencia de bolsillo.

Antes de estimar la capacidad de cualquier zaranda es necesario conocer varios factores y condiciones que regulan la producción de la zaranda; de acuerdo a la formula:

A=BxSxDxVxHxTxKxPxWxO, donde:

A.- capacidad real de un piso de zaranda, el cual puede determinarse con varios factores de eficiencia.

B.- capacidad base (tabla)

S.- factor de inclinación (tabla)

D.- factor de piso (tabla)

V.- factor de sobre tamaño (tabla)

H.- factor de tamaño medio (tabla)

T.- factor tipo de malla (tabla)

K.- factor de condición (tabla)

P.- factor de forma (tabla)

W.- factor de peso (tabla)

O.- factor de agujero (tabla)

B.- capacidad base.

Capacidad Base - Bc* TPH por pie cuadrado Estos valores son basados en TPH (alimentados en el piso) por ft2 de abertura de malla (tipo cuadrada) (con 25% extra grande, 40% medio, 50% area abierta y 90% eficiencia)											
Abertura de Malla	Bc	Abertura de Malla	Bc	Abertura de Malla	Bc	Abertura de Malla	Bc	Abertura de Malla	Bc	Abertura de Malla	Bc
100M	0.23	7/32"	2.20	11/16"	4.70	1-5/8"	6.80	2-5/8"	8.60	3-5/8"	10.50
20M	0.65	1/4"	2.50	3/4"	4.80	1-3/4"	7.00	2-3/4"	8.80	3-3/4"	10.70
10M	0.99	5/16"	2.75	7/8"	5.10	1-7/8"	7.25	2-7/8"	9.00	3-7/8"	10.90
8M	1.11	3/8"	3.20	1"	5.50	2"	7.50	3"	9.25	4"	11.20
7M	1.24	7/16"	3.50	1-1/8"	5.80	2-1/8"	7.70	3-1/8"	9.50	4-1/8"	11.40
6M	1.39	1/2"	3.80	1-1/4"	6.10	2-1/4"	7.90	3-1/4"	9.75	4-1/8"	11.60
5M	1.57	9/16"	4.20	1-3/8"	6.30	2-3/8"	8.20	3-3/8"	10.00	4-3/8"	11.80
4M	1.80	5/8"	4.50	1-1/2"	6.50	2-1/8"	8.40	3-1/2"	10.25	4-1/2"	12.10

Tabla XVII Tabla de Capacidad Base B

Esta tabla XVII toma como base un material de 100 lb/ft3, el material zarandeado tiene una densidad de ρ=33.7 lb/ft3, este cambio grande de densidades está considerado más adelante en el factor de peso. En base al tamaño de la piedra máximo (40mm – 1 5/8”), se ve en la tabla XVII que la capacidad base es

de 6.8 Tph/ft2, con un porcentaje de área efectiva abierta de 81% con un alambre #7(0.177”).

S.- factor de inclinación.

Factor de Inclinación S		
Factor	**Grado de inclinación**	**Velocidad Aproximada de Transportador**
1.00	20º	100 FPM
1.04	15º	70 FPM
1.07	10º	40 FPM
1.15	5º	10 FPM
1.20	CR Horizontal - Amplitud normal	60 FPM
1.40	CR Horizontal - Amplitud baja	
1.60	CR Horizontal - Alta velocidad	

Tabla XVIII Tabla de Factor Inclinación S

El factor de inclinación S=1.2 para una zaranda horizontal, con amplitud normal.

D.- factor de piso.

Factor de Piso D	
Plataforma	**Factor**
Tope	**1.00**
Segundo	**0.90**
Tercero	**0.80**
Cuarto	**0.70**

Tabla XIX Tabla de Factor de Piso D

Como la zaranda es de un piso calculamos para este que sería además el piso tope. De la tabla XIX para el 1er piso D=1.

V.- factor de sobre tamaño.

Factores Extra grande y Mediano. (Factor V y Fcator H)					
Porcentaje*	Extra grande Factor V	Mediano Factor H	Porcentaje*	Extra grande Factor V	Mediano Factor H
0	0.98	0.4	50	1.18	1.2
5	0.92	0.45	55	1.25	1.30
10	0.93	0.50	60	1.33	1.40
15	0.95	0.55	65	1.42	1.50
20	0.97	0.60	70	1.55	1.60
25	1.00	0.70	75	1.75	1.70
30	1.03	0.80	80	2.00	1.80
35	1.06	0.90	85	2.60	1.90
40	1.09	1.00	90	3.40	2.00
45	1.13	1.10	95	4.30	2.10
* Para factor V porcentajes de alimentacion transcurso de abertura * Para factor H porcentaje of feed than half the screen opening size					

Tabla XX Factor de Sobre Tamaño V

El material viene prácticamente clasificado, siendo considerado 90% de sobre tamaño. V=3.4.

Para el factor de tamaño medio H se hace una consideración parecida a la anterior con un 3% de tamaño medio. H=0.5.

T.- factor tipo de agujero de malla.

Proporción de Agujero Factor T	
Longitud agujero 6 o mas veces anchura	1.60
Longitud agujero 3-6 veces anchura	1.40
Longitud agujero 2-3 veces anchura	1.10
Agujero Cuadrado	1.00
Agujero Redondo	0.80

Tabla XXI Factor Tipo de Agujero de Malla T

La malla que se utiliza para esta aplicación es tipo cuadrada, por lo tanto de la tabla T=1.

K.- factor de condición de material.

Factor de Condición K	
Factor	**Condiciones de Material**
0.75	**Piedra Húmeda o sucia**
0.85	**Mineral húmedo bajo tierra, carbón**
1.00	**Material de cantera seco, 4% de humedad o menos, triturado o grava.**
1.25	**Material seco no triturado 6% de humedad o menos, material caliente y seco, zarandeo humedo con duchas, material 1".**
1.75	**Zarandeo húmedo con duchas, material 1/4" o menor.**

Tabla XXII Factor de Condición de Material K

Para el factor de condición se considera que el material tiene una humedad del 4%, por lo tanto, de la tabla XXII K=1.

P.- factor de forma.

Factor de Forma P			
Percent	Forma Factor P	Percent	Forma Factor P
5	1.00	40	0.75
10	0.95	50	0.70
15	0.90	60	0.65
20	0.85	70	0.60
30	0.80	80	0.55

Tabla XXIII Factor de Forma P

Es el porcentaje de partículas en el piso de alimentación, en este caso el primer (único piso), entre ½ y 1 ½ veces el tamaño del agujero de la malla, el cual tiene una longitud de no más de 3 veces el ancho mayor.

Se considera que el material es bastante uniforme, con un 50% de regularidad, entonces el factor de forma P=0.7.

W.- factor de peso.

Este factor se da de acuerdo a la densidad del material. Se realizan las siguientes recomendaciones: para densidades de 75lb/ft3 usar u factor de peso de 0.75; para densidades de 125lb/ft3 usar un factor de 1.25, es decir, proporcional.

En este caso es de ρ=33.7 lb/ft3, entonces de la recomendación se obtiene W=0.33.

O.- factor de agujero

Factor de Area Abierta, 'O'	
Porcentaje Abierto*	**Factor 'O'**
40	0.80
45	0.90
50	1.00
55	1.10
60	1.20
65	1.30
70	1.40
75	1.50

Tabla XXIV Factor de Area Abierta O

El factor de agujero es de acuerdo al área efectiva de zarandeo, es decir, el área total de los agujeros. Alambre # 7, área efectiva de agujeros de 81%, interpolando este valor se obtiene O=1.6.

Multiplicando todos estos valores se obtiene:

A= 5.13 Tph / ft2, redondeando sería 5 toneladas por pie cuadrado.

La zaranda tiene un área de 3.5m x 1.4m= 4.9m2=52.7ft2.

Así la producción sería de 260 Tph, para una capa de material, aproximadamente 1". Si considero una cama de material de 3", tengo entonces que la producción será de Pt= 520 Tph / 3"; Pt=87 Tph, con una eficiencia de 85%.

Para estos equipos (tolva, transportador y zaranda) se presentan los planos de medidas generales en el apéndice.

3.4. Cálculo y Selección de Equipo de Separación.

El sistema de lavado y separación consta básicamente de un tornillo como el que se muestra en la figura 3.25, seleccionado por sus características de separador de desecho por diferencia de gravedad específica. Este equipo es fabricado por varias compañías entre ellas: GreyStone, Koldberg y EIW. EIW fue considerada para el diseño del sistema, puesto que ya se tiene una experiencia con esta marca, y por lo tanto familiarizados con el equipo, además es parte de la política de estandarización de equipos de la compañía el funcionamiento de este equipo se describe a continuación:

Figura 3.25 Tornillo Lavador.

Primero se introduce agua en la parte final inferior del equipo en donde se encuentra la descarga de material lavado, debido a la turbulencia de las paletas se logra separar el desecho y el material que flota es desalojado por el sobre flujo de agua.

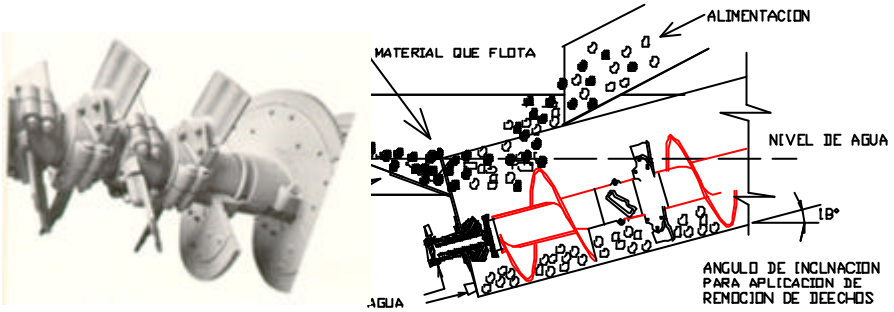


Figura 3.26 Tornillo y Paletas para Turbulencia (izq) Esquema de Funcionamiento

El eje del tornillo y sus componentes rotatorios están lubricados con agua, en el gráfico (Fig. 3.27) se muestra un sistema típico de eje lubricado con agua y un esquema de corte del mismo.

Figura 3.27 Tuberías de Lubricación de Eje con Agua

El motor viene montado en la parte superior del tornillo y va conectado con banda al reductor, como se muestra en la figura 3.28.

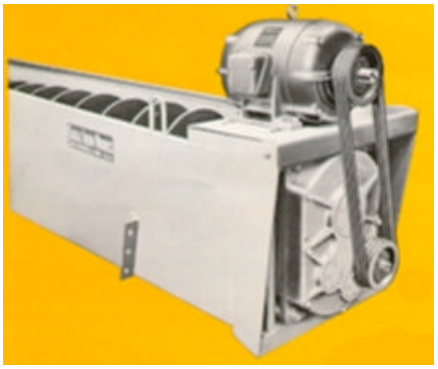


Figura 3.28 Arreglo de Motor y Reductor

De esta manera la selección del tornillo depende de varios parámetros como tamaño de piedra a manejar, requerimiento de agua, etc. El parámetro de capacidad de alimentación de agua es muy importante ya que esto determina el diseño del sistema de bombeo de agua.

En este caso el material de alimentación que entrará al tornillo esta limitado a 1 5/8". Por último el parámetro de capacidad de producción se lo obtuvo partiendo de unas 5000 toneladas al año, es decir un promedio de 420 Toneladas mensuales, si hablamos de 24 días laborales y un turno de 8 horas diarias, el requerimiento de producción sería de unas 3.5 Tph.

De esta manera se usa como base unas 4 Tph teniendo en cuenta que el mercado está creciendo. De acuerdo al manual de especificaciones un tornillo de 22" sería suficiente, con un consumo de agua de 250 - 350 Gpm y manejo de material de 2", para una producción de 45 -55 Tph, motor de 10 HP y una velocidad del tornillo de 40 r.p.m.

Este tipo de equipos se usa para diferentes tareas en la industria de producción de agregados, en la figura 3.29 se muestra un

tornillo similar al empleado para la separación de la piedra pómez, pero en este caso es utilizado para lavar arena utilizada en la elaboración de mortero seco.

Figura 3.29 Tornillo para Lavado de Arena

3.5. Cálculo y Selección de Equipo de Bombeo y Recirculación de Agua.

En el esquema siguiente (Fig. 3.30) se muestra este sistema. Se extrae agua desde un pozo de 14” x 80m por medio de una bomba vertical, el agua es llevada hasta la primera piscina (de agua clara), se bombea agua desde la primera piscina hasta el tornillo.

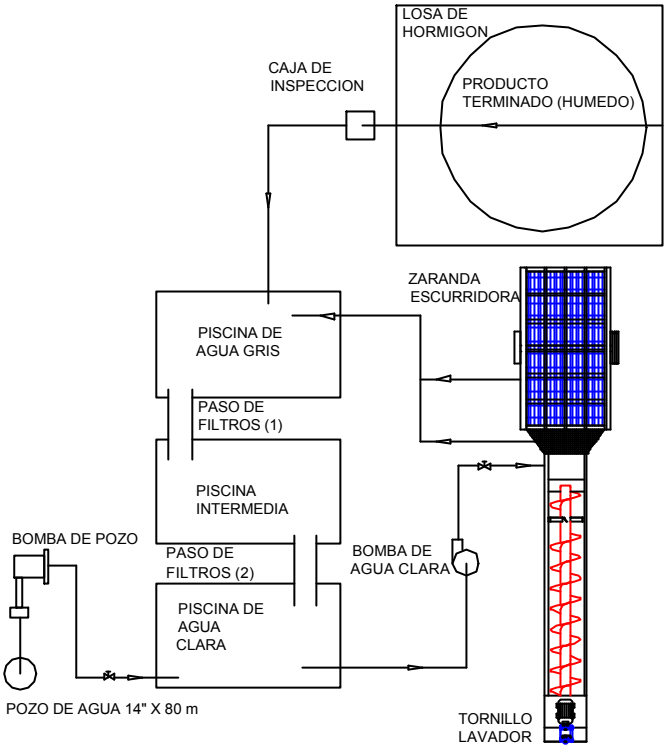


Figura 3.30 Sistema de Bombeo y Tratamiento de Agua

El agua de rebose del tornillo lavador y el agua del fondo del piso escurridor de la zaranda descargan por gravedad a través de un canal metálico en la tercera piscina de agua gris, en donde se inicia el proceso de sedimentación y por rebose pasará por unos canales con filtros de geotextil a una segunda piscina intermedia donde continúa el proceso de sedimentación para pasar nuevamente por un canal con filtros y descargar finalmente en la primer piscina de agua clara, además de estos puntos de

descarga de agua existe una tubería que pasa por el centro de la losa de producto terminado que recoge toda el agua que se escurre de la piedra y es llevada a una caja de inspección para descargar finalmente en la piscina de agua gris. Análogamente en la figura 3.31 se muestra una aplicación similar con la diferencia de que la losa es para arena y que la pila es para un transportador tipo stacker (pila de riñón).

Figura 3.31 Transportador Stacker (arriba) Losa con canal (abajo)

Los diseños de estas piscinas se muestran en el plano 14, se realizaron tomando en consideración que se necesita bombear 350 Gpm, se trabaja en circuito cerrado, existe una disminución de capacidad de volumen de las piscinas, especialmente en la de agua gris de aproximadamente 5% diario, el turno de trabajo es de 10 horas continuas, además se considera que las piscinas serán limpiadas con una cargadora frontal CAT 950, siendo la capacidad de las piscinas de .90 m3 la piscina más grande y de 60 m3 las piscinas más pequeñas, cabe mencionar que la piscina de agua gris se diseño más grande que las otras 2 piscinas ya que su capacidad disminuirá a medida que se sedimenten los lodos.

Para la selección de la bomba de alimentación del tornillo, se presenta el gráfico (Fig. 3.32) en donde se dan los datos geométricos generales para el sistema de bombeo y se asume un diámetro de tubería de 3", a lo largo de todo el recorrido, adicionalmente del subtema anterior se sabe que el recubrimiento del caudal es de 350 GPM; la tubería mostrada en este gráfico presenta 3 codos y se considera una brida con filos cuadrados a la salida de la bomba.

El fluido que maneja este equipo es agua clara, es decir, maneja una cantidad despreciable de sólidos y la altura a la que va a bombear el equipo es de 3.7 m (12 ft).

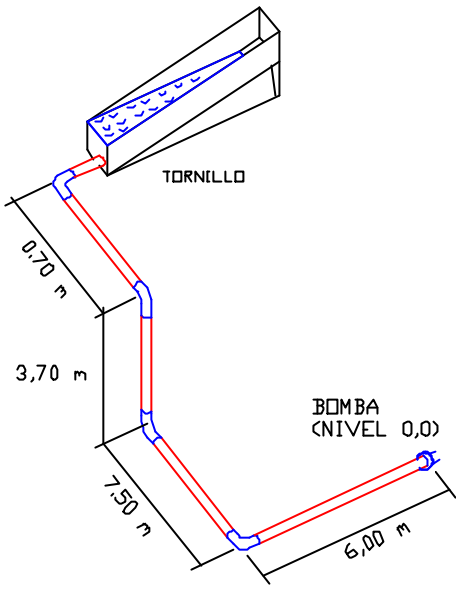


Figura 3.32 Datos Geométricos de Tubería

Con todos estos datos planteados, se usa la ecuación de Bernoulli para poder obtener la potencia necesaria para bombear el agua a esa altura.

$(P_2/\rho + \alpha_2 V_2^2/2 + g Z_2) - (P_1/\rho + \alpha_1 V_1^2/2 + g Z_1) = h_{lt}$

donde

$h_{lt} = h_{lm} + h_l$ (pérdidas menores + pérdidas mayores)

Hay que calcular la velocidad promedio V.

$Q = 350\ GPM = 0.02\ m^3/s$

$V=Q/A \qquad V=0.02\ (m^3/s)\ /\ 4.6x10^{-3}\ m^2 \Rightarrow V = 5\ m/s$

Con esto se calcula Reynolds R_e.

$R_e = \rho\ V\ D\ /\ \mu$;

$R_e = 1000\ (Kg/m^3)\ x\ 5\ (m/s)\ x\ 0.0762\ m \quad /\quad 1\ x\ 10^{-3}$

$R_e = 4\ x\ 10^5$,

Se considera además que la tubería es lisa, con estos datos se busca en el diagrama de Moody el valor de f el cual es igual a 0.022, con estos valores se calcula las pérdidas menores:

Para los 4 codos.

$h_{lm1} = 4f\ L_e/D\ *\ V^2/2 \qquad ;\quad L_e/D = 30$ (codo estándar)

$h_{lm1} = 33$

Para la válvula. $L_e/D = 8$; $h_{lm1} = f\ L_e/D\ *\ V^2/2$

$h_{lm1} = 2.2$

Para la brida.de filo cuadrado, k = 0.5

$h_{lm1} = k\ *\ V^2/2$;

$h_{lm1} = 6.5$

Entonces la suma de estas pérdidas:

$h_{lm\ total} = 41.45$

Para las pérdidas mayores **h_l** :

$h_l = f\ L/D\ *\ V^2/2 \quad ;\quad h_l = 64.96$

sumando las pérdidas mayores y menores:

h_{lt}= 106.41

Reemplazando en la ecuación de Bernoulli

$(P_2/\rho + g\ Z_2) - (P_1/\rho + g\ Z_1) = 106.41$

simplificando:

$p_2 – p_1 + \rho gh = 106.41\ \rho$

$\Delta p = 106.41\ \rho - \rho gh$

$\Delta p = 70150\ P_a = 10.17$ psi

Aplicando la primera ley de la termodinámica :

$$\overset{\circ}{Q} - \overset{\circ}{W}_s = \frac{\partial}{\partial t}\int_{vc} e\rho dv + \int_{sc}\left(u + \frac{v^2}{2} + gz + \frac{p}{\rho}\right)\rho\vec{V} * d\vec{A}$$

se asume:

1. El flujo es estable; o sea que la integral del volumen de control es igual a 0.
2. $\dot{Q} = 0$
3. Flujo uniforme en cada sección.
4. $U_2 = U_1$
5. $V_2 = V_1$

Entonces la ecuación simplificada queda:

$$-\overset{\circ}{W}_s = \dot{m}\left[\left(V^2{}_2 + gz_2 + \frac{p_2}{\rho}\right) - \left(V^2{}_1 + gz_1 + \frac{p_1}{\rho}\right)\right]$$

$$-\dot{W}_s = \dot{m}\frac{\Delta P}{\rho} = \rho Q \frac{\Delta P}{\rho}$$

$$-\dot{W}_s = \rho \Delta P$$

reemplazando los valores obtenidos anteriormente W:

$-\dot{W}_s =$ 350 gal/min x 1pie^3/7.48gal x 1min/60s x 10.17lbf/pulg^2

x 144pulg^2/1pie^2 x (hp x s) / (550 pie x lbf)

$-\dot{W}_s =$ 2.08 Hp y $-\dot{W}_s = \dot{W}_{en}$

la potencia para el motor:

$P_{en} = W_{en} / \eta_p$; se asume una eficiencia del motor del 75%, entonces la potencia del motor necesaria es:

P_{en} = 2.06 Hp / 0.75

P_{en} = 2.77 Hp

Se puede ver que de acuerdo a los requerimientos obtenidos y buscando en el manual se trata de una bomba de caudal más que de una bomba de presión, de las curvas de capacidad del manual de bombas GOULDS se ve que una bomba modelo 3x4-8 MT, podría servir.

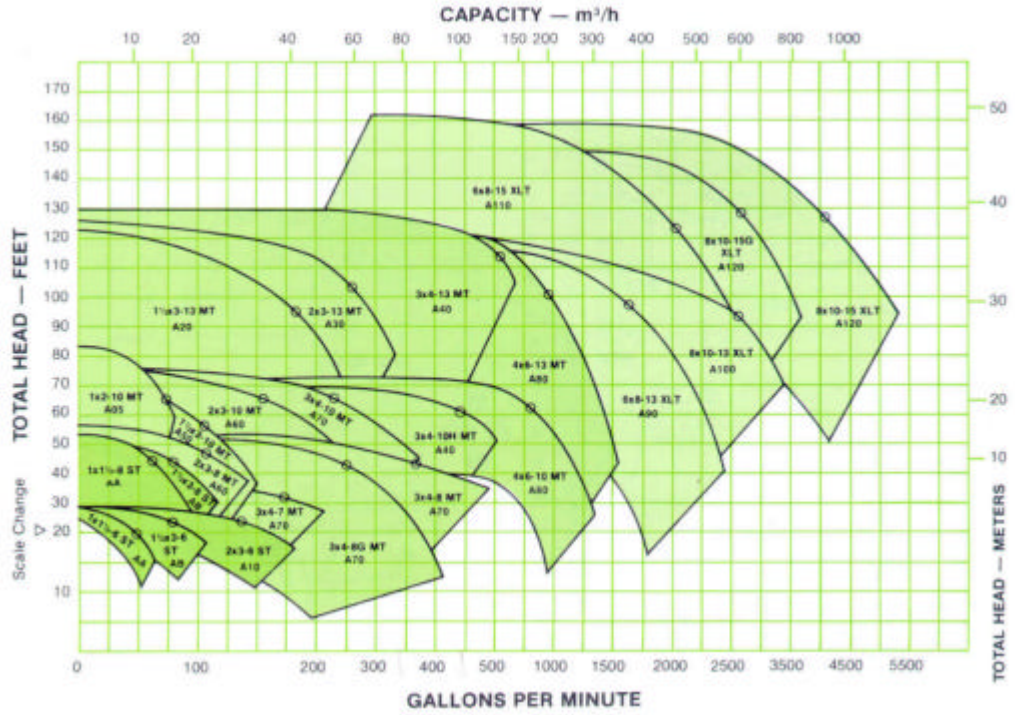


Figura 3.33 Curvas de Capacidades

A continuación se procede a verificar en las curvas de rendimiento, a diferentes revoluciones con los diferentes motores, finalmente se ve que la selección necesaria es una bomba **3196 STD MT 3x4-8 A70**, trabajando a 1150 r.p.m. con un motor de 3 hp, en la nomenclatura de la bomba se ve que el diámetro de entrada es de 4” y el diámetro de salida 3”. Como vemos estos valores coinciden muy aproximadamente con los antes calculados.

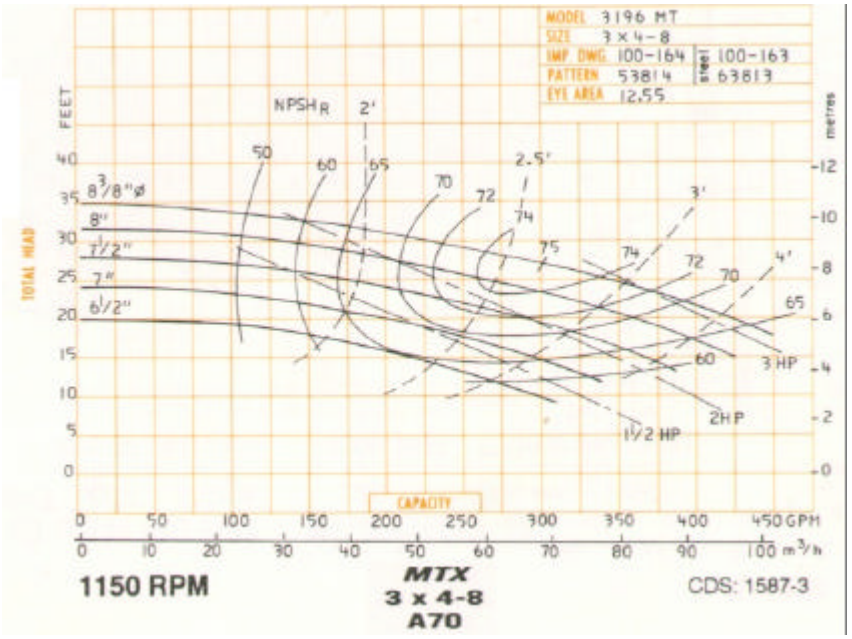


Figura 3.34 Curvas de Rendimiento

Para el tendido de tuberías se utilizó tubería plástica de PVC, con unión mecánica, en el mercado existen varios diámetros de tubería, de acuerdo a los requerimientos (3” y 4” 76mm y 100 mm), en la tabla XXV se muestran las especificaciones técnicas para tuberías de PVC rígido con unión con sellado elastomérico o unión por cementado solvente.

CODIGO		DESIGNACION	SERIE	ESPESOR NOMINAL	DIAMETRO INTERIOR NOMINAL	PRESION DE TRABAJO		
UNION POR CEMENTADO SOLVENTE	UNION POR SELLADO ELASTOMERICO	m.m.	S	m.m.	m.m.	Lb/pulg2	Kgf/cm2	MPa
11-02000-001		20	6,3	1,5	17,0	290	20,40	2,00
*			5,0	1,8	16,4	363	25,50	2,50
*			4,0	2,2	15,6	457	32,13	3,15
*			3,1	2,8	14,4	580	40,80	4,00
11-02000-002		25	8,0	1,5	22,0	232	16,32	1,60
*			6,3	1,9	21,2	290	20,40	2,00
*			5,0	2,3	20,4	363	25,50	2,50
11-02000-003		32	10,0	1,5	29,0	181	12,75	1,25
*			8,0	1,9	28,2	232	16,32	1,60
*			6,3	2,4	27,2	290	20,40	2,00
11-02000-030		40	12,5	1,5	37,0	145	10,20	1,00
11-02000-004			10,0	1,9	36,2	181	12,75	1,25
*			8,0	2,4	35,2	232	16,32	1,60
11-02000-031		50	16,0	1,5	47,0	116	8,16	0,80
11-02000-005			12,5	1,9	46,2	145	10,20	1,00
11-02000-006			10,0	2,4	45,2	181	12,75	1,25
*	*	63	20,0	1,5	60,0	91	6,43	0,63
11-02000-007	11-01000-001		16,0	2,0	59,0	116	8,16	0,80
11-02000-008	11-01000-002		12,5	2,4	58,2	145	10,20	1,00
11-02000-009	11-01000-003		10,0	3,0	57,0	181	12,75	1,25
11-02000-033		75	20,0	1,8	71,4	91	6,43	0,63
*			16,0	2,3	70,4	116	8,16	0,80
*			12,5	2,9	69,2	145	10,20	1,00
*			10,0	3,6	67,8	181	12,75	1,25
11-02000-010	11-01000-004	90	20,0	2,2	85,6	91	6,43	0,63
11-02000-011	11-01000-005		16,0	2,8	84,4	116	8,16	0,80
11-02000-012	11-01000-006		12,5	3,5	83,0	145	10,20	1,00
11-02000-013	11-01000-007		10,0	4,3	81,4	181	12,75	1,25
*	*		8,0	5,4	79,2	232	16,32	1,60
11-02000-015	11-01000-009	110	20,0	2,7	104,6	91	6,43	0,63
11-02000-016	11-01000-010		16,0	3,4	103,2	116	8,16	0,80
11-02000-017	11-01000-011		12,5	4,2	101,6	145	10,20	1,00
11-02000-018	11-01000-012		10,0	5,2	99,6	181	12,75	1,25
*	*		8,0	6,6	96,8	232	16,32	1,60
11-02000-020	11-01000-014	160	20,0	3,9	152,2	91	6,43	0,63
11-02000-021	11-01000-015		16,0	5,0	150,0	116	8,16	0,80
11-02000-022	11-01000-016		12,5	6,2	147,6	145	10,20	1,00
11-02000-023	11-01000-017		10,0	7,6	144,8	181	12,75	1,25
*	*		8,0	9,6	140,8	232	16,32	1,60

Tabla XXV Tuberias de PVC Disponibles

El tipo de unión de los diferentes tramos de tubería será de tipo mecánica, en la siguiente secuencia (Fig. 3.35) se muestran los pasos a seguir al momento de realizar las uniones. El primer paso es la limpieza de ambos lados de las uniones, seguido de esto se procede a colocar el sello de caucho, el tercer paso es la unión manual de ambos extremos, se coloca el rache para la

unión por fuerza y finalmente queda la tubería unida seguramente.

Figura 3.35 Secuencia de Unión Mecánica

Capítulo 4.

4. PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

En este capítulo se define varios puntos importantes para la ejecución del proyecto como lo son: transporte de máquinas, materiales y repuestos necesarios para la Implementación de las instalaciones, tiempos empleados, personal y mano de obra requerida, etc.

Esto se hace con el fin de anticipar la mayor parte de los imprevistos a lo largo de la etapa de ejecución, hay que tener en cuenta que en proyectos medianos y grandes es casi imposible prever lo que sucederá a lo largo del proyecto, ya que las variables manejadas son

de una gran diversidad, muchas veces sujetas a factores externos como lo pueden ser la economía del país, disponibilidad de materiales y equipos en el tiempo planeado, etc.

Además de esto en la parte final del capítulo se describe lo que será el arranque y puesta en marcha del sistema, se plantea esto como un breve manual de usuario, dirigido al jefe de planta y al operario.

4.1. Plan general de trabajo.

En el plan general de trabajo se comprende:

Resumen de materiales y equipos a comprar, plan de construcción, instalación y montaje.

El plan general de trabajo, es la partida del proyecto, ya que este da el tiempo base para las diferentes etapas. Aquí se muestra de una manera general la ejecución y fin de todo el proyecto.

Se propone esta forma de trabajo ya que muchas veces la duración de los proyectos es dada por la gerencia, en base a algún requerimiento urgente, al cual hay que acomodarse para poder cumplir, ya sea trabajando 2 turnos u omitiendo ciertos detalles en el diseño para poder arrancar lo más pronto posible.

En el apéndice A se muestra un diagrama de Gantt en donde se ve la propuesta de ejecución del proyecto; debido a que este se encuentra en stand by se propone una fecha tentativa de arranque del proyecto que no es necesariamente la fecha real del arranque; además, un tiempo máximo de ejecución de cuatro semanas, incluidos los trabajos de mantenimiento de los equipos que se utilizarán, el tiempo es bastante razonable para un proyecto similar a este. Esto se hace para simular lo que puede ser el proyecto usando como base a la experiencia que se tiene.

4.1.1. Resumen de Materiales y Equipos a Comprar.

El resumen de materiales y equipos a comprar se lo hace para anticipar los requerimientos y para la elaboración del presupuesto del proyecto; la metodología seguida es usando el plano general tridimensional, para la determinación de las cantidades de los materiales como: vigas, planchas, tuberías, hormigón, gaviones, etc. ya que este plano da con mucha exactitud estos valores.

La adquisición de los equipos necesarios es el resultado mismo del diseño del sistema, como los son la bomba de agua, motores, reductores, banda para transportador, etc., los cuales están plenamente seleccionados.

Cabe mencionar que todas las compras realizadas son de tipo local, es decir, el tiempo de entrega es relativamente corto, casi inmediato.

En la tabla XXVI se muestra los materiales requeridos, además de sus descripciones y los datos técnicos para poder pedirlos al proveedor sin ninguna confusión y pérdida de tiempo.

Cod.	Descripción	Datos Técnicos	Empleado en
1	Gaviones	2 x 1 x 1 m	Rampa
2	Vigas IP	200 x 6	Estructuras
3	Angulos	A36 100 x 6 x6	Estructuras
4	Planchas acero naval	¼"	Estructuras
5	Tubería plástica	5 pulgadas	Estructuras
6	Hormigón	210 Kg / cm2	Bases
7	Banda para transportador EP 630	3 + 1.5 x 600	Transportadores
8	Electrodos	6011	Estructuras
9	Electrodos	7018	Estructuras
10	Plancha corrugada	¼"	Estructuras
11	Malla de acero expandido	¼" # 20 S	Estructuras
12	Tubo cuadrado	2" x 2" x 6 m	Estructuras
13	Bomba de agua	MTX 3 x 4 - 8	Sist. Bombeo
14	Cauchos encausadores	6" x ¼"	Transportadores
15	Platinas	2" x 3/8"	Transportadores
16	Pernos	2" x ½"	Transportadores
17	Pintura	Anticorrosiva	Todo
18	Piedra Bola	5"	Rampa
19	Oxigeno y Gas		
20	Hierro, cuartones, clavos, etc.		Encofrado
Materiales Varios			
Lija, Diluyente, Mascarilla, Brochas, Arena, Cascajo			

Tabla XXVI Materiales Requeridos Aproximados

Entre los equipos nuevos que se comprarán se encuentran unos pocos, como se dijo anteriormente la mayor parte de los equipos que se emplearán en el proyecto son usados

4.1.2. Plan de Construcción, Instalación y Montaje.

En esta parte se muestra de manera general los trabajos que serán realizados por las diferentes cuadrillas, además de su tiempo aproximado de duración; se presenta el desarrollo de la instalación, es decir, el movimiento de equipos y su montaje en sitio.

Para la planeación de los trabajos se utiliza nuevamente los diagramas de GANTT (Apéndice A) para detallar y asignar las diferentes tareas del proyecto.

De la tabla XXVII puede sacarse como conclusión que se necesita aproximadamente 4 cuadrillas de las cuales 3 son de soldadores con sus respectivos ayudantes y una cuadrilla de albañiles, además de operadores de equipo pesado para la construcción de la rampa.

#	ITEMS	TIEMPO DE DURACION (hr)	PERSONAL EMPLEADO (#)
1.-	**Construcción:** grilla de tolva de alimentación.	36	4
2.-	**Extensión:** patas de grilla de alimentación.	5	4
3.-	**Construcción:** estructura de soporte de equipos.	48	8
4.-	**Construcción:** estructuras soporte de transportadores.	48	8
5.-	**Excavación:** piscinas de sedimentación.	48	1
6.-	**Construcción de chuterías:**		
	- Compuerta de descarga tolva de alimentación.	10	2
	- Chute BT1 Z1	8	2
	- Chute Z1 T1	8	2
	- Chute T1 Z2	8	2
	- Chute descarga T1	8	4
	- Chute descarga Z1 BT3	8	4
	- Chute descarga Z2 Piscina # 3	8	4
	- Chute Z2 BT02	8	4
7.-	**Obra Civil:** Bases de hormigón para todas estructuras	24	4
8.-	**Construcción:** rampa para tolva de alimentación	24	1
9.-	**Construcción:** losa para material de producto terminado	48	4
10.-	**Mantenimiento:** zarandas de pre-clasificación y escurridora.	72	8
11.-	**Instalación:** sistema de bombeo	48	4
TOTAL HORAS			467

Tabla XXVII Tareas Globales

En cuanto a la instalación y montaje se presenta un cuadro (tabla XXVIII) de los equipos y materiales a transportar así como los pesos de cada uno:

EQUIPO	PESOS (Ton)	
Tolva de Recepción	4.0	
Transportador BT1	3.5	
Zaranda Z1	6.0	
Tornillo T1	5.0	
Zaranda z2	6.0	
Transportador BT2	3.5	
Bomba	0.5	
Motor de bomba	0.3	
Materiales Varios	2.5	
Chulería y Otros	3.0	
Total	34.3	Ton

Tabla XXVIII Pesos Instalados

4.2. Arranque y Puesta en Marcha.

Aquí se describe como es el arranque del nuevo sistema, los ajustes que se realizan en general en este tipo de industria, los pasos que hay que seguir para el inicio de un día normal de trabajo, las precauciones que hay que tomar, etc. es decir, lo que sería la puesta en marcha del nuevo sistema.

El arranque del sistema se da prácticamente al final de la etapa de instalación y montaje; pero hay casos en que puede probarse ciertos equipos a medida que se van terminando de montar o instalar, si es que no va a afectar al resto del sistema en proceso.

Debido a que el proyecto no ha sido ejecutado, se menciona en la tabla XXIX un listado de los ajustes y trabajos adicionales frecuentes que suelen darse en este tipo de industria, se incluye además una columna de secuencia para una ruta de inspección.

Descripción de trabajos	Secuencia
Verificación de trabajos de soldadura	1
Alineación de banda transportadora	2
Templado de banda transportadora	3
Verificación de rodillos de banda transportadora	4
Sentido de giro de los motores	5
Verificación de niveles de aceite de reductores	6
Verificación de Temp. de trabajo de reductores y motores	7
Control de amperaje de motores	8
Ajuste de cauchos encausadores	9
Funcionamiento de chutes de transferencia	10
Verificación de templado de malla	11
Verificación de alimentación y recirculación de agua	12
Verificación de juntas de tubería.	13
Otros trabajos	14

Tabla XXIX Ajustes y Trabajos Adicionales Frecuentes

Una vez que se han realizado los trabajos de verificación y ajuste adicionales, además del montaje e instalación completos, es recomendable redactar de manera sencilla lo puede llamarse el manual del operador, que no es más que el manual del usuario, en donde se describe la secuencia de encendido de las máquinas y también la secuencia de apagado de las mismas.

Otras de las cosas que debe incluir este manual son las tareas diarias, mensuales, etc. que debe realizar el operador y posiblemente un ayudante, como parte de su plan de mantenimiento básico.

4.2.1. Manual de Manejo del Nuevo Sistema.

El manual explicativo que se redacta a continuación fue realizado usando la lógica de encendido considerando como primer criterio que las máquinas deben arrancar vacías y deben ser apagadas de igual manera.

La lógica para el encendido debe ser de atrás para adelante, debido a que tienen que estar listos todos los equipos que se encuentran después de la banda alimentadora ya que esto ocasionaría derrames, llenando de material los equipos, si es que no están funcionando.

Una de las recomendaciones más importantes es la de ir controlando la demanda de amperaje a medida que se van encendiendo las máquinas, otra de las recomendaciones es la de dar al menos 15 segundos para equipos grandes y 10 segundos para los equipos

pequeños.

El primer encendido es el de la banda de producto terminado (BT02) a continuación se debe encender la zaranda de escurrido (Z2); luego de encender la zaranda de escurrido se procede a encender el sistema de bombeo, si es el caso hay que encender la bomba del pozo (B1) y luego la bomba del tornillo, lo cual hará circular el agua por el tornillo hacia las piscinas; se enciende el tornillo (T1), la zaranda de separación seca (Z1) y por último la banda transportadora de alimentación (BT01). En la tabla XXX se puede ver el orden de encendido, además de la potencia de cada uno de los equipos, el tiempo total de encendido y la demanda de amperaje del sistema completo.

Orden de Encendido	Equipo	Potencia del motor (HP)	Amperaje (Amp)	Tiempo (seg.)
1	Banda de Producto Terminado (BT02)	15	21	10
2	Zaranda de Escurrido (Z2)	20	27	15
3	Bomba de Pozo (B1)	5	7.6	10
4	Bomba de Tornillo (B2)	5	7.6	10
5	Tornillo Separador (T1)	15	21	15
6	Zaranda de Separación seca (Z1)	15	21	10
7	Banda de Alimentación (BT01)	15	21	10
TOTAL		90	126.2	85

Tabla XXX Cuadro de Secuencia de Encendido de Planta

El procedimiento de apagado del sistema se lo realiza de forma inversa, es decir, desde la banda de alimentación (BT01), esto tiene una razón fundamental y es la de dejar vacías las bandas transportadoras y los equipos. A continuación se apaga la zaranda de separación seca (Z1), luego el tornillo lavador (T1), el sistema de bombeo, la zaranda escurridora (Z2) y finalmente la banda de producto terminado (BT02), cabe indicar que posiblemente el apagado del sistema tome un poco más de tiempo que el arranque de este, ya que hay que verificar que las bandas y los equipos queden completamente vaciados.

CAPITULO 5.

5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD.

Este capítulo está dedicado al análisis de la parte económica financiera del proyecto. Aquí se trata de emular la realidad en cuanto a la secuencia de los análisis, es decir, en la práctica la persona encargada de la ejecución del proyecto debe hacer en primer lugar un análisis comparativo de los costos de ambos sistemas (actual y propuesto), hacer una propuesta de capital a invertir y finalmente exponer un análisis de rentabilidad del proyecto. Todos estos análisis y propuestas son importantes desde cualquier

punto de vista para la compañía o persona que va a invertir su dinero y que espera una rentabilidad (ganancia) de lo que se va a hacer.

5.1. Análisis Comparativo de Costos de Operación.

En el análisis comparativo de costos hay que tomar en cuenta que la comparación aquí efectuada es unitaria, es decir, dólares por toneladas producidas ($/Ton). Estos valores utilizados son de tipo relativo, con esto uno consigue comparar ambos sistemas en función de su producción.

El análisis comparativo de costos consta de 2 partes: el planteamiento e identificación de los costos del sistema actual, lo cual resulta sencillo de hacer ya que esto, por lo general, es procesado mensualmente por el departamento de contabilidad; la segunda parte es un tanto subjetiva puesto que se la realiza en base a un sistema que no se ha implementado aún, sin embargo si se toman en cuenta todos los factores involucrados, se puede llegar a un valor bastante cercano a lo que sería la realidad.

Para la obtención de los costos de operación del nuevo sistema consta de 3 partes:

Costos fijos.

Costos variables.

Costos de distribución.

En este caso los costos de distribución son cero ya que el producto terminado es retirado de la planta misma.

Para efectos de comparación se tienen que tomar en cuenta las capacidades de producción de ambos sistemas, es decir, el sistema actual tiene una capacidad 0.5 Tph de producción de producto terminado, el nuevo sistema pretende obtener 4 Tph de producto terminado. Se tomará en cuenta que se trabajan 8 horas diarias efectivas de producción. Para el sistema antiguo se toma el valor promedio mensual del año anterior a la ejecución del proyecto; para el sistema nuevo se ha considerado que el volumen de producción es igual a las ventas y además que los valores para comparar son los del 1er año con el nuevo sistema.

Los costos fijos como su nombre lo indica son los valores que siempre están presentes se produzca o no; los costos variables son bs valores de las cosas que dependen de la producción. Estos costos son presentados en la tabla XXXI, junto con sus valores respectivos aproximados:

	Sistema Actual 0.8Tph	Unitario UDS / Ton	Nuevo Sistema 4Tph	Unitario UDS / Ton
Producción (Ton)				
Stone Wash	153.6	1	768	1
Costos Variables (USD)				
Materia Prima	307.20	2.00	1536	2.00
Consumo de Agua	250.00	1.63	150	0.20
Energía Eléctrica	500.00	3.26	2000	2.60
Uso de Cargadora	100.00	0.65	100	0.13
Grasas y Lubricantes	50.00	0.33	300	0.39
Mat.Mant.	100.00	0.65	250	0.33
Total Costos Variables	$ 1,307.20	8.51	$ 4,336.00	5.65
Costos Fijos (USD)				
Materiales de Consumo	10.00	0.07	40	0.05
Servicios Contratados	10.00	0.07	30	0.04
Personal	1200.00	7.00	600	0.78
Otros gastos	500.00	3.26	700	0.91
Departamento Técnico	250.00	1.63	250	0.33
Total Costos Fijos	$ 1270.00	12.03	$ 1,620.00	2.10
Costos de Ventas	**$ 2,577.20**	**16.77**	**$ 5,806.00**	**7.60**
Nota:	Se considera (I mes :24 días laborables: 8 horas diarias)			

Tabla XXXI Cuadro Comparativo de Costos en Base a Capacidad

Se ve esta tabla que el costo por tonelada producida es menor debido al aumento de la capacidad de los diferentes sistemas, esto da como resultado un sistema más productivo, más rentable, es decir, se percibirán mas ingresos reflejados en utilidades, una de las ventajas que se obtiene es la de reducción de personal de 8 personas a 4, es decir una reducción del 50%.

5.2. Propuesta de Capital a Invertir.

Cabe indicar que en todo negocio existe siempre un riesgo, más aún en estos momentos donde se viven momentos de tensiones bélicas por los atentados a EEUU lo cual da como resultado una gran incertidumbre para la inversión de capital; añadido a esto existe la inestabilidad político - económica propia de nuestro territorio donde el riesgo país es uno de los más altos de Latinoamérica, dicho riesgo puede ser reducido en cierta medida, si es que se tienen en cuenta la mayor parte de las variables en juego.

5.2.1. Desglose de Gastos de Capital. (CAPEX).

Las siglas CAPEX vienen del inglés CApital EXpenditures que significa desembolsos de capital; por lo tanto, para el análisis de los gastos de capital se incluyen todos los rubros generados por el proyecto como por ejemplo gastos de mano de obra, movimiento de equipos, compra de equipos, etc.

Este gran rubro (CAPEX) servirá para el cálculo del

análisis de rentabilidad del proyecto y su desglose se presenta en la tabla XXXII, cabe indicar que el CAPEX puede variar con el tiempo debido a los ajustes económicos mundiales que se dan constantemente.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	C. TOTAL	%
1.0	**1 TRANSPORTADOR DE 500 x 15m**					
1.1	CANAL UPN 20	U	5	76.0	380.0	3.6%
1.2	RODILLOS DE CARGA 35°	U	15	62.1	932.0	8.7%
1.3	RODILLO DE IMPACTO 20°	U	3	166.1	498.3	4.7%
1.4	RODILLO DE RETORNO	U	5	58.5	292.5	2.7%
1.5	MOTOR 10HP	U	1	554.9	554.9	5.2%
1.6	CHUMACERAS MOTRIZ Ø2-15/16"	U	2	363.6	727.2	6.8%
1.7	CHUMACERAS COLA Ø2-7/16	U	2	245.9	491.8	4.6%
1.8	PULLEY MOTRIZ Ø 16"	U	1	656.7	656.7	6.1%
1.9	PULLEY DE COLA Ø 14"	U	1	743.4	743.4	7.0%
1.10	REDUCTOR TXT325	U	1	1,635.0	1,635.0	15.3%
1.11	BANDA TRANSP. 500 mm	Ft.	100	15.2	1,517.0	14.2%
1.12	POLEA 4B50 BUSHING SD Ø1-15/16	U	1	63.2	63.2	0.6%
1.13	POLEA 4B50 BUSHING SD Ø 1-5/8	U	1	63.2	63.2	0.6%
1.14	BANDAS V TIPO B90	U	3	13.5	40.5	0.4%
1.15	TEMPLADORES	U	2	490.0	980.0	9.2%
1.16	SOLDADURA Y GAS	Kg.	76	1.9	144.4	1.4%
1.17	PINTURA	gal.	3	20.0	60.0	0.6%
1.18	MANO DE OBRA	Glb.	1	900.0	900.0	8.4%
	SUBTOTAL				10,680.0	100.0%

2.0	**TRANSPORTADOR STACKER 500 x 15m**					
2.1	ANGULO DE 3" X 3" X 1/4" X 6M	U	3	27.3	82.0	0.7%
2.2	CANAL UPN 20	U	5	76.0	380.0	3.4%
2.3	RODILLOS DE CARGA 35°	U	15	62.1	932.0	8.4%
2.4	RODILLO DE IMPACTO 20°	U	3	166.1	498.3	4.5%
2.5	RODILLO DE RETORNO	U	5	58.5	292.5	2.6%
2.6	MOTOR 10 HP	U	1	554.9	554.9	5.0%
2.7	CHUMACERAS MOTRIZ Ø2-15/16"	U	2	363.6	727.2	6.6%
2.8	CHUMACERAS COLA Ø2-7/16	U	2	245.9	491.8	4.5%
2.9	PULLEY MOTRIZ Ø 18"	U	1	656.7	656.7	5.9%
2.10	PULLEY DE COLA Ø 16"	U	1	743.4	743.4	6.7%
2.11	REDUCTOR TXT325	U	1	1,635.0	1,635.0	14.8%
2.12	BANDA TRANSP. 500 mm	Ft.	100	19.0	1,896.0	17.2%
2.13	POLEA 5B60 BUSHING SK Ø2-3/16	U	1	90.8	90.8	0.8%
2.14	POLEA 5B60 BUSHING SK Ø1-7/8	U	1		0.0	0.0%
2.15	BANDAS V TIPO B90	U	4	13.5	54.0	0.5%
2.16	LLANTAS	U	2	300.0	600.0	5.4%
2.17	SOLDADURA	Kg.	76	1.9	144.4	1.3%
2.18	PINTURA	gal.	3	20.0	60.0	0.5%
2.19	MANO DE OBRA	Glb	1	1,200.0	1,200.0	10.9%
	SUBTOTAL				11,038.9	100.0%

3.0	ZARANDA 3.5 m X 1.4 m					
3.1	PLANCHA 1/4"	U	4	68.6	274.3	2.9%
3.2	TUBO 20 X40	m	18	7.6	137.0	1.4%
3.3	TUBO 40 X 80	m	21	14.5	304.5	3.2%
3.4	EJE DE TRANSMISIÓN	Kg.	260	1.0	260.0	2.7%
3.5	CAJERA	Kg.	220	1.0	220.0	2.3%
3.6	RODAMINETOS	U	4	600.0	2,400.0	25.2%
3.7	SELLOS	U	4	80.0	320.0	3.4%
3.8	POLEAS	U	4	200.0	800.0	8.4%
3.9	MOTOR 15 HP	U	2	700.0	1,400.0	14.7%
3.10	BASE DE MOTOR	U	2	190.0	380.0	4.0%
3.11	RESORTES	U	8	150.0	1,200.0	12.6%
3.12	PERNOS, ANILLOS Y TUERCA 1/2"X2"	U	300	0.2	60.0	0.6%
3.13	BANDAS V TIPO B90	U	6	7.6	45.7	0.5%
3.14	MALLA	U	4	114.3	457.2	4.8%
3.15	PINTURA	gal.	4	15.0	60.0	0.6%
3.16	MANO DE OBRA	Glb	1	1,200.0	1,200.0	12.6%
	SUBTOTAL				9,518.6	100.0%

4.0	TOLVA DE RECEPCIÓN					
4.1	REPARACIONES	Glb	1	250.0	250.0	35.5%
4.2	PINTURA	gal.	3	15.0	45.0	6.4%
4.3	PLANCHA 1/2"	U	1	114.3	114.3	16.2%
4.4	SOLDADURA Y GASES	Kg.	50	1.9	95.0	13.5%
4.5	MANO DE OBRA	Glb	1	200.0	200.0	28.4%
	SUBTOTAL				704.3	100.0%

5.0	TORNILLO LAVADOR					
5.1	PLANCHA 1/4"	U	4	68.6	274.3	6.7%
5.2	ANGULO DE 3" X 3" X 1/4" X 6M	U	6	16.6	99.6	2.4%
5.3	MOTOR 10 HP	U	1	554.9	554.9	13.5%
5.4	REDUCTOR	U	1	2,000.0	2,000.0	48.6%
5.5	SELLO DESCARGA	U	2	400.0	800.0	19.5%
5.7	BANDAS V TIPO B90	U	2	7.6	15.2	0.4%
5.8	PINTURA	gal.	1	15.0	15.0	0.4%
	SOLDADURA Y GASES	Kg.	80	1.9	152.0	3.7%
5.9	MANO DE OBRA	Glb	1	200.0	200.0	4.9%
	SUBTOTAL				4,111.0	100.0%

6.0	CHUTERIA					
6.1	PLANCHA 1/4"	U	20	68.6	1,371.4	61.3%
6.2	SOLDADURA GASES	Kg.	380	1.9	722.0	32.3%
6.3	PINTURA	gal.	3	15.0	45.0	2.0%
6.4	MANO DE OBRA	Glb	1	100.0	100.0	4.5%
	SUBTOTAL				2,238.4	100.0%

7.0	CIMENTACIONES					
7.1	HORMIGON 280 KG/ cm2	m3	12	66.1	793.1	29.9%
7.2	HIERRO	Kg	150	0.4	60.0	2.3%
7.3	TABLAS	U	15	1.6	24.0	0.9%
7.4	CUARTONES	U	5	1.4	7.0	0.3%
7.5	CLAVOS	Kg	10	0.8	8.2	0.3%
7.6	GASOLINA	gal	5	1.3	6.7	0.3%
7.7	ALAMBRE # 12	Kg	5	2.0	9.8	0.4%
7.9	MANO DE OBRA	Glb	1	300.0	300.0	11.3%
7.1	BLOQUES HORMIGON	U	36	40.0	1,440.0	54.4%
	SUBTOTAL				2,648.7	100.0%

8.0	INSTALACION ELECTRICA					
8.1	ARRANCADORES 15 HP	U	2	300.0	600.0	10.0%
8.2	ARRANCADORES 10 HP	U	3	250.0	750.0	12.5%
8.3	CONSOLA	ml	1	350.0	350.0	5.8%
8.4	PANEL	ml	1	900.0	900.0	15.0%
8.5	MANO DE OBRA	ml	1	500.0	500.0	8.3%
8.6	DUCTOS Y CAJAS	ml	1	500.0	500.0	8.3%
8.7	CABLES	U	1	400.0	400.0	6.7%
8.8	ACOMETIDA PRINCIPAL 480 Voltios.	Glb	1	2,000.0	2,000.0	33.3%
	SUBTOTAL				6,000.0	100.0%

9.0	MONTAJE Y TRANSPORTE					
9.1	GRUA 20 TON	Glb	1	1,500.0	1,500.0	14.3%
9.2	TRANSPORTE	Glb	1	2,000.0	2,000.0	19.0%
9.3	IMPREVISTOS	Glb	1	7,000.0	7,000.0	66.7%
	SUBTOTAL				10,500.0	100.0%
	TOTAL DOLARES DE CADA AREA				**$ 68,120.0**	

Tabla XXXII Lista de Equipos y Costos Aproximados (CAPEX)

El total de capital calculado para la inversión es de 68,120 USD, este valor se lo redondea a $ 70,000.00, de acuerdo a las políticas de la compañía este valor puede tener un margen de error de 15%, pero para efectos de análisis de factibilidad, se consideraran solo $70,000.

5.3. Análisis de Rentabilidad del Proyecto.

Esta es la parte final del proyecto ya que el resultado obtenido aquí, dice si es que el proyecto es factible económicamente o no; sería bueno mencionar o distinguir entre los 2 tipos de factibilidades: la técnica y la económica; la primera ya fue desarrollada en el capítulo 3.

Para el análisis de factibilidad se emplean los resultados obtenidos en los 2 sub-temas anteriores (análisis de costos y el capital a invertir). Los parámetros utilizados aquí son una combinación de políticas internas y recomendaciones generales para este tipo de análisis. Entre las políticas internas está por ejemplo la recuperación del capital en 4 años, una tasa de retorno igual a la tasa de 0 riesgo más el 50%.; para las recomendaciones generales tenemos por ejemplo una proyección para el análisis de 10 años en este tipo de inversiones, etc.

5.3.1. Detalle del Proceso de Análisis de Factibilidad.

El proceso de análisis de factibilidad involucra varios ensayos, variando ciertos parámetros como volumen de ventas, precios, entre otros. Esto se hace con el fin de inferir de una manera subjetiva el posible comportamiento del mercado y de la economía.

Los ensayos realizados son de 3 tipos: un ensayo optimista, un ensayo intermedio y un ensayo pesimista. Así puede observarse el comportamiento económico del proyecto bajo ciertas tendencias.

Se parten de ciertos valores de volumen de ventas y precios principalmente. El crecimiento del volumen de ventas puede obtenerse usando la estadística de las ventas anuales de años anteriores. En este caso se partirá desde un valor inicial de 4% y de ahí se harán proyecciones hacia arriba y hacia bajo de este valor. El precio tiene también un valor de partida, obtenido de manera similar por medio de la estadística, el valor referencial promedio para el 1er año es de $16; este

valor un poco alto del precio de este producto se debe a que la mayor parte del consumo de este material se realiza en el exterior, siendo los principales mercados de Stone Wash República Dominicana, Colombia, Venezuela y Estados Unidos. De ahí se asume un incremento anual en el precio de 1.5%, este valor puede ser variado, para buscar la mejor opción en los diferentes ensayos

.

El CAPEX (Capital Expenditures) en este caso es de 70,000 USD. El valor residual de los equipos se ha considerado de 30% del valor inicial en el año 10. Los costos de distribución del producto en este caso son 0 como se mencionó anteriormente, existe una subsidiaria, encargada de la distribución.

Los gastos administrativos son considerados 1.5% del valor de ventas. Además de todos estos detalles tenemos los costos fijos y variables. En cuanto a los costos variables, se consideran los siguientes: materia prima, proceso de lavado y separación, utilización de la cargadora y regalías.

Con todos estos parámetros se puede iniciar el análisis, en primer lugar se presentan las proyecciones de ventas en los 10 años, se obtiene el producto neto de ventas multiplicando el volumen de ventas por el precio unitario por tonelada. A estos valores se les va restando los costos fijos y variables, obteniendo de esta manera la utilidad bruta, a esta utilidad bruta se le resta los valores de depreciación y los gastos administrativos, y se obtiene un valor conocido como EBIT (Earn Before Intereses & Taxes) en otras palabras las ganancias antes de intereses e impuestos. A este valor obtenido se le suma algebraicamente el valor de reemplazo de equipos y la depreciación anual; se obtiene el retorno de la inversión.

Con los valores de retorno de inversión, ya puede verificarse por medio de 3 criterios muy importantes si el proyecto va a ser rentable o no. El primero de ellos es el VAN (Valor Actual Neto) el cual trae a tiempo presente los valores de años posteriores, el segundo

es el TIR (Tasa Interna de Retorno) la cual sirve para compararla por lo general con la tasa bancaria y el tercer criterio es el Payback, (Recuperación de Inversión) este análisis del Payback dice en que tiempo se va a recuperar la inversión realizada. Ciertos textos dan más validez a un criterio que a otro pero en este análisis se presentan los 3 criterios.

Por otro lado se puede ver en el análisis de factibilidad que si bien es cierto que se habla de volúmenes pequeños de ventas, el precio por tonelada es bastante bueno en los actuales momentos, en comparación con los precios del agregado para concreto que fluctúan entre 5 y 7 dólares, a pesar de la recesión que hubo en el año 1999 en donde los precios para este producto eran bastante más altos que en los actuales momentos.

CAPITULO 6.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Esta parte final del presente trabajo expone puntos diversos en cuanto a las conclusiones y recomendaciones enfocados a los puntos más relevantes desde el punto de vista del expositor como lo son: medio ambiente, mejoras continuas y costos.

De una forma resumida los 2 primeros puntos están enfocados a la parte operativa, pero existen además puntos relacionados con la parte de productividad, que es en donde se combina la parte de indicativos técnicos con la parte de costos los cuales serán solamente mencionados en el último punto de este trabajo.

6.1. Enfoque al Medio Ambiente.

El tema de medio ambiente desde unos años hasta esta fecha se ha convertido en un tema un tanto controversial debido al compromiso a que hay que llegar entre el mismo medio ambiente y los costos que implica el cuidado de este. Sin embargo en la actualidad la nueva tendencia mundial exige en ciertos países y ciudades cumplir con las regulaciones ambientales, estas políticas han sido adoptadas por la mayor parte de las compañías transnacionales en este caso HOLCIM.

El sistema mejorado desarrollado, fue diseñado pensando en este tema y entre las recomendaciones para el manejo ambiental se propone:

Control de emisión de polvo: por medio de duchas nebulizadoras, chutes de transferencia con doble sello para el polvo, encapsulado de zaranda de material seco. Existen en la actualidad diferentes opciones bastante económicas para disminuir la emisión de polvo generada en las zarandas, una de ellas es colocando una tapa encima de la zaranda como la que se muestra en la figura 6.1.

Figura 6.1 Encapsulado de Zaranda

En la descarga de la tolva se recomienda el uso de camas de impacto, las cuales sellan mejor los encausadores con la banda, evitando la emisión de polvo, este sistema además de ayudar con el polvo, resulta económico porque evita el cambio de rodillos gracias a que la carga se distribuye mejor.

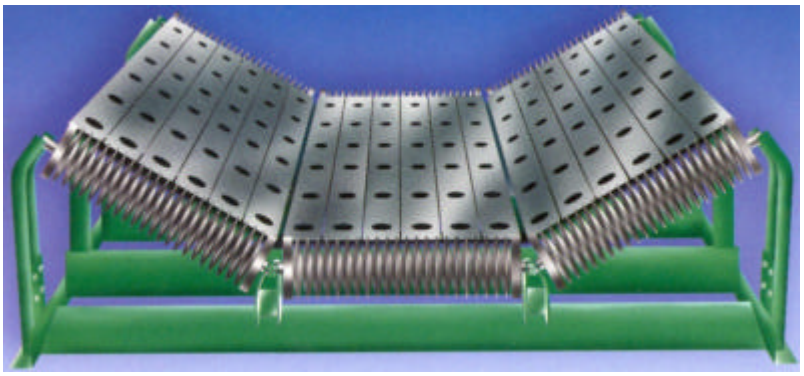


Figura 6.2 Cama de Impacto

Para los transportadores que llevan material fino y además, existen vientos cruzados en el área, se recomienda colocar barreras contra el viento; estas consisten en una cubierta en la parte superior y lateral de la banda es necesario cuando se realiza el diseño de estas cubiertas, dejar tapas de inspección para controlar el material. En la figura 6.3 se muestra un ejemplo de esta aplicación.

Figura 6.3 Cubierta para Banda

Estos sistemas, además de disminuir el polvo, disminuyen también el ruido. Se recomienda encapsular las máquinas que excedan los 65 db.

Impacto visual: en este aspecto se propone mantener la limpieza en la planta, mantenimiento de pintura, plantar árboles en zonas aledañas a la planta, mejoramiento de jardines, etc.

Seguridad de personal: este punto es en ocasiones considerada como algo aparte, sin embargo en este trabajo será incluido como parte del medio ambiente. Aquí se propone el uso obligatorio del casco, mascarilla y orejeras o tapones para los oídos, además de un chequeo médico anual.

Cabe concluir que en general esta industria es dada a emitir una gran cantidad de contaminación especialmente en 3 primeros puntos, independiente del sistema que se haya seleccionado, pero con un control constante de estos parámetros y una inversión moderada puede reducirse a un mínimo los efectos de la contaminación.

6.2. Enfoque a Mejoramiento Continuo.

De una forma similar al punto anterior el mejoramiento continuo del sistema es independiente del sistema seleccionado, sin embargo el tope para el mejoramiento continuo podría darse en un tiempo mas corto o más largo dependiendo del equipo de trabajo.

El mejoramiento continuo de los sistemas tiene sus herramientas basadas en reuniones periódicas con las personas de los mandos medios involucradas en las tareas de producción, llamadas círculos de productividad, en estas reuniones se expone todas las opiniones y criterios de este grupo y se toman los más sobresalientes para una futura implementación. Es recomendable realizar estas reuniones trimestralmente e ir cuantificando los avances realizados.

El mejoramiento continuo es siempre una acción positiva tanto desde el punto de vista laboral como desde el punto de vista operacional y por lo tanto desde el punto de vista de productividad, ya que involucra a la mayor parte del personal de

planta para realizar estas tareas, haciendo los problemas de planta parte de su trabajo y de su interés.

6.3. Enfoque a los Costos.

Los costos es siempre la parte final e inicial de todo proyecto, en este trabajo presentado se le ha dado su respectiva importancia a este punto, desde la selección misma del equipo principal. Posiblemente el equipo seleccionado tenga un costo de inversión bastante menor en comparación con los otros sistemas propuestos, pero por el otro lado tal vez el sistema seleccionado sea menos eficiente que las otras opciones consideradas, teniendo que llegar a un compromiso entre estos 2 puntos.

Este compromiso mencionado puede mejorar si es que se ejerce un mejor control en la parte operativa y de los costos. Para el control de la parte operativa existen los llamados indicadores técnicos como por ejemplo:

Toneladas / horas de trabajo.

Consumo de materiales como grasas aceites, etc.

Eficiencia de equipos.

Horas hombre / toneladas producidas.

Rendimientos de materia prima.

Horas de mantenimiento / toneladas producidas.

Kw/h / toneladas producidas.

En resumen se puede decir que, independientes del sistema seleccionado y del tipo de industria estas son acciones que hay que tomar si es que se quiere llegar a niveles competitivos altos.

Automáticamente estas mediciones (mensuales) sirven además para el control de costos. Es aquí en donde se llega al punto conocido como productividad, que no es mas que la medición conjunta de la parte operativa con la de costos.

En este punto y para concluir es válido mencionar la frase siguiente:

“ Las personas se preocupan más por lo que se está controlando que por lo que no se controla.”