

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE UNA PLANTA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA
TRITURACIÓN DE MATERIAL NATURAL PARA OBTENER
AGREGADOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN CIVIL Y OTROS USOS
INDUSTRIALES.**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Alvarez L., Jorge R.
Tata T., Orazio A.
para optar al título
de ingeniero mecánico.

CARACAS, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA PLANTA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA TRITURACIÓN DE MATERIAL NATURAL PARA OBTENER AGREGADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN CIVIL Y OTROS USOS INDUSTRIALES.

TUTOR ACADEMICO: Prof. Fausto Carpentiero
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Gilberto Delgado

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Alvarez L., Jorge R.
Tata T., Orazio A.
para optar al título
de ingeniero mecánico.

CARACAS, 2003

Agradecimiento

A Dios, nuestro eterno agradecimiento por estar siempre con nosotros el cual nos permitió cumplir una meta más en nuestras vidas.

A la Universidad Central de Venezuela, por darnos acceso a una excelente formación académica y permitirnos disfrutar de nuestro mejores años dentro de sus instalaciones.

A nuestros tutores, Ing. Fausto Carpentiero y al Ing. Gilberto Delgado, así como, a nuestros Profesores Ing. Pedro Cadenas y al Ing. Manuel Martínez, que con su ayuda y colaboración prestada fue posible la realización y culminación de este trabajo. Gracias.

Es placentero hacer público el agradecimiento a Canteras Horizonte C.A. y a su Presidente Jerayer Nazarian por ayudarnos y brindarnos su gran apoyo.

Al Ing. Pancrazio Tata por guiarnos pasó a paso y motivarnos en la realización de este trabajo especial de grado.

Dedicatoria

Le dedico este trabajo especial de grado a mi padre que siempre fue mi punto de apoyo, ejemplo a seguir y quien siempre recordare.

A mí querida madre que con su apoyo incondicional y grandes esfuerzos, siempre tuve su ayuda en todo momento para la realización de este trabajo.

A mis queridas hermanas Glenda, Luisana y mi sobrina Beatriz por su estímulo y motivación.

A mí cuñado Ricardo por su motivación y ayuda en todo momento.

A mi amigo Orazio por su comprensión, paciencia y por tener una invaluable amistad.

A la familia Tata Torres que con su colaboración me motivó a concluir este trabajo.

Jorge Alvarez

Dedicatoria

La culminación de este trabajo hace que llegue a su final uno de los periodos y de las labores mas maravillosas de mi vida, trayendo consigo la esperanza de encontrar nuevas oportunidades que me ayuden a mi formación personal y profesional. Muchas personas han facilitado mi paso por este trayecto y solo por la sencilla razón de quererme y aceptarme tal y como soy, les dedico el fruto de mis estudios.

A mi Madre Matilde por apoyarme, cuidarme, guiarme y amarme como si su propia vida dependiera de ello. Te amo muchísimo, gracia infinitas por todo lo que haces.

A mi Padre Pancrazio, por enseñarme el valor del respeto y de la responsabilidad, gracias por creer en mí y por facilitarme mi camino por la vida, te amo.

A mi Hermana Maria Alejandra, por ser símbolo de guía y por compartir conmigo sus anhelos e inquietudes, muchísimas gracias por el apoyo, te amo.

A esa adorable criatura de Dios Franco Alessandro, el mejor y mas indispensable anti-estrés.

A mi queridísima Novia Alexandra, por brindarme su apoyo y creer en mí hacer realidad junto a ella, un trabajo que es mi meta primordial en mi vida, te amo.

A mi compañero de tesis Jorge, por soportar tantos inconvenientes y por no permitir la contaminación de nuestra amistad.

A mis amigos, compañero "Bichitos" que con su apoyo y solidaridad, logramos llevar a cabo nuestro sueño.

Este trabajo esta dedicado especialmente en honor y memoria a mi Hermano Angel A. Tata T., por continuar amándome y guiando desde el cielo.

Orazio A. Tata T.

Alvarez L., Jorge R. Y Tata T., Orazio A.

**DISEÑO DE UNA PLANTA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA
TRITURACIÓN DE MATERIAL NATURAL PARA OBTENER
AGREGADOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN CIVIL Y OTROS USOS
INDUSTRIALES.**

**Tutor Académico: Prof. Fausto Carpentiero. Tutor Industrial: Ing.
Gilberto Delgado. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela
de Ingeniería Mecánica. 2003. 143 pag.**

Trituración, Mandíbula, Cono, Cribas, Pulmón.

En el presente trabajo para la obtención de roca triturada se plantea el diagrama de distribución de la planta por terrazas, describiendo cada etapa de trituración. Primero se establece el calculo de capacidad de producción de la planta ya una ves seleccionado los equipos de trituración, seguidamente se realiza el calculo tipo de una cinta transportadora para la interconexión de los equipos, el cual son u total de nueve cintas en tota la instalación. En el diseño de la cinta se recomienda el ancho de la cinta, velocidad máxima, el tipo de rodillo e incluso el espacio entre los mismos (tanto de carga como de retorno), además se determina la potencia del motor y las tensiones resultantes en el tambor motriz. Despues, se define la estructura del transportador de la cinta tipo, elaborándose una propuesta recomendada que sirva de soporte al transportador. Luego se hace el diseño de la estructura del pulmón donde se selecciona el material a utilizar, el espesor de lámina a usar y se define los tipos de perfiles de viga HEA, para así obtener el estudio de análisis de momentos flectores y deflexiones generadas en la estructura.

Simbología

A: Factor del tipo de Servicio

a: Espacio entre los rodillos de carga

B: Ancho de banda

b: Espacio entre los rodillos de retorno.

B': Características del material.

C: Capacidad volumétrica.

C': Capacidad volumétrica a la velocidad de la cinta.

d_p : Distancia estándar del material al borde de la cinta.

D: Diámetro de la pila.

H: Altura de la pila.

K: Factor de corrección para la capacidad del transportador debido a su inclinación.

L: Longitud.

m_p : Masa de descarga de la pila.

N_e : Potencia efectiva total (HP)

N_v : Potencia requerida para conducir el transportador vacío a una velocidad de $1 \frac{m}{s}$ (HP).

N_1 : Potencia requerida para transportar $100 \frac{t}{h}$ del material a lo largo de la distancia (L), en un plano horizontal (HP).

N_h : Potencia para elevar o bajar $100 \frac{t}{h}$ del material con una altura (H) (HP).

N_g : Potencia para superar la fricción con accesorios guías a la velocidad de $1 \frac{m}{s}$.

Q: Cantidad de material transportado.

V: Velocidad de la cinta.

V_p : Volumen de descarga de la pila.

V_t : Volumen total de la pila,

¥: Peso aproximado.

*: Requiere un motor de 1800 RPM.

α : Angulo de reposo del material en la cinta

ϕ : Angulo de reposo del material en la formación de la pila (caso dinámico).

χ : Angulo de reposo del material en la formación de la pila (caso estático)

β : Angulo de las ternas.

λ : Angulo de inclinación del transportador con respecto a la horizontal.

γ : Densidad de la roca triturada.

INTRODUCCION

En el territorio nacional se tiene una gran variedad de yacimientos de roca caliza explotables para la obtención de agregados con el fin de usarlos en la construcción y otras aplicaciones.

Este trabajo pretende aportar una alternativa para obtener agregados satisfaciendo un mercado necesitado de estos importantes productos e innovar en el diseño y fabricación de plantas de trituración y disfrutar las ventajas que estas ofrecen.

La zona de Cariaco pertenece al municipio Casanay del Estado Sucre cual se encuentra sobre una falla geológica, esto trae como consecuencia que existe material fracturado en forma natural, esto puede ser aprovechado para localizar en esta zona una cantera para obtener agregados para diferentes propósitos y a partir de ese material obtener piedra picada de diferente granulometría por un proceso de trituración pero con la ventaja sobre otras zonas de que no es necesario el proceso de voladura, o en todo caso minimizado este proceso, ya que el material (roca natural) esta fracturado en forma natural, como consecuencia la obtención de agregados disminuiría el costo de producción en un porcentaje muy importante.

Además tomando en cuenta la topografía del terreno del punto específico donde se instalaran los equipos de trituración y transporte del material sacado de los frentes de explotación, podemos aprovechar la fuerza de la gravedad para beneficio del proceso final, debido a que la planta de trituración es fija y todos los accesos se pueden hacer de tal forma que converjan con pendientes favorables, por lo tanto se puede hacer diferentes cortes según la

cota y forma del terreno para ubicar las terrazas en desniveles que permitan instalar los equipos de trituración y transporte para obtener de ellos el mejor provecho.

El material obtenido del frente de saque se lleva a una tolva de selección que permiten excretar el material no deseable y el seleccionado pasa por un proceso primario en el cual se realiza la primera fractura de las rocas, luego se pasa por un proceso secundario para la segunda trituración de allí pasa a un tamizado y el material que aun no tiene el tamaño mínimo deseado se pasara a un proceso de trituración terciario, y una vez alcanzado el tamaño mínimo deseado se almacena de acuerdo a la granulometría obtenida en el proceso.

El proceso de trituración da origen a cuatro tipos de granulometría:

Piedra picada N 2: Pasante 2 pulg (50,8mm); retenido 1 pulg (25,4mm)

Piedra picada N 1: Pasante 1 pulg (25,4mm); retenido ½ pulg (12,7mm)

Arrocillo: Pasante ½ pulg (12,7mm); retenido ¼ pulg (6,35mm)

Polvillo: Pasante ¼ pulg (6,35mm)

Este material procesado por la planta de trituración es almacenado a la intemperie de donde se despacha cargándolo con un equipo mecánico conveniente el cual se determina posteriormente.

Indice General

	Pág.
Capitulo I	
El problema	
1.1.- El planteamiento del problema.....	1
1.2.- Objetivos.....	2
1.2.1.- Objetivos generales.....	2
1.2.2.- Objetivos específicos.....	2
1.3.- Alcances.....	3
1.4.- Ubicación y acceso.....	4
Capitulo II	
Marco teórico	
2.1.- Antecedentes.....	7
2.2.- Descripción de los equipos.....	8
2.2.1.- Etapa primaria.....	8
2.2.2.- Etapa secundaria.....	19
2.3.2.- Etapa terciaria.....	21
2.3.- Sistema de transporte del material.....	34
2.4.- Características de los materiales a transportar.....	38
2.5.- Características propias del material.....	39
2.6.- Tipos de transporte.....	40
2.7.- Transportes continuos.....	41
2.8.- Cintas transportadoras.....	42
2.9.- Descripción y elementos de una cinta.....	43

2.10.- Clasificación de las cintas transportadoras.....	45
2.10.1.-Por su sistema de tensado.....	45
2.10.2.- Por su trazado.....	45
2.10.3.- Por los rodillos y su colocación.....	46
2.10.4.- Por la función que realizan las estaciones.....	48
2.11.- Estructura de soporte del transportador	50

Capitulo III

Marco metodológico

3.1.- Tipo de investigación.....	57
3.2.- Área de investigación.....	58
3.3.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.4.- Método del diseño.....	60
3.5.- Tormenta de ideas.....	62
3.6.- Análisis morfológico.....	64
3.7.-Matriz morfológica.....	66
3.8.- Diseño del pulmón.....	69

Capitulo IV

Cálculos

4.1.- Cálculos de capacidad de producción.....	70
4.2.- Cálculo tipo de cinta transportadora.....	84
4.3.- Diseño de la estructura del pulmón.....	119
4.3.1.- Ubicación de la estructura del pulmón.....	119
4.3.2.- Dimensiones de la estructura del pulmón.....	120
4.3.3.- Cálculos de la estructura del pulmón.....	121
4.3.4.- Selección del tipo de viga	125

4.3.5.- Tipo de laminas a usar.....	133
4.3.6.- Tipo de soldadura.....	133

Capitulo V

La propuesta

5.1.- Diagrama de distribución de la planta.....	141
5.2.- Diagrama de flujo final.....	141
5.3.- Descripción de los equipos de cada etapa.....	143
5.3.1.- Etapa primaria.....	143
5.3.2.- Etapa secundaria.....	148
5.3.3.- Etapa terciaria.....	150
Conclusiones.....	156
Recomendaciones.....	158
Bibliografía.....	161
Anexos.....	162

Índice de Tablas

Tabla	Pág.
II-01 Especificación técnica de tolva con alimentador vibratorio.....	10
II-02 Especificación técnica de criba de limpieza.....	14
II-03 Especificación técnica de triturador de mandíbula primario.....	17
II-04 Capacidad de producción del triturador de mandíbula primario..	18
II-05 Especificación técnica de triturador de mandíbula secundario...	20
II-06 Capacidad de producción del triturador de mandíbula secundario.....	21
II-07 Especificación de la canaleta vibratoria.....	22
II-08 Especificación de la criba de clasificación.....	25
II-09 Capacidad y selección de las cribas Telsmith.....	26
II-10 Capacidad de producción de los trituradores de cono serie T/R e hipercono.....	30
II-10 Continuación de capacidad de producción de los trituradores de Cono serie T/R e hipercono.....	31
II-11 Especificaciones del triturador de cono terciario.....	32
II-12 Capacidad de producción para materiales finos.....	33
II-13 Capacidad de producción de triturador de cono terciario.....	34
II-14 Ángulo de descenso.....	40
II-15 Sistema de transporte.....	41
III-01 Matriz morfológica.....	66
IV-01 Capacidad de producción de triturador primario de mandíbula....	72
IV-02 Capacidad de producción de triturador secundario de mandíbula.....	74

IV-03 Porcentaje de los distintos rangos de piedra triturada.....	76
IV-04 Capacidad de producción del triturador de cono terciario.....	77
IV-05 Capacidad de producción del triturador de cono terciario para Materiales finos.....	79
IV-06 Rango de producción final.....	81
IV-07 Capacidad de producción del triturador de cono terciario.....	82
IV-08 Capacidad de producción del triturador de cono terciario para Materiales finos.....	83
IV-09 Características del material.....	87
IV-10 Ancho de banda vs. tamaño máximo del material.....	88
IV-11 Velocidades máximas recomendadas.....	90
IV-12 Capacidad del transporte en m^3/h a $1 m/s$	92
IV-13 Factor de capacidad.....	93
IV-14 Factor A-Tipo de servicio.....	94
IV-15 Factor B'-Características del material.....	95
IV-16 Selección de los espacios entre los rodillos de carga y los de retorno.....	98
IV-17 Potencia para conducir el transporte vacío a $1 m/s$	100
IV-18 Potencia para mover $100 t/h$ del material en el plano horizontal.....	100
IV-19 Potencia para subir o bajar $100 t/h$ del material.....	101
IV-20 Potencia para superar la fricción con accesorios guías.....	101
IV-21 Eficiencias.....	104
IV-22 Factor K.....	107
IV-23 Selección de espesor y calidad de cubierta	109
IV-24 Tabla de soporte de carga en correas pylon.....	111
IV-25 Diámetro mínimo de la polea recomendada.....	112

IV-26 Conjunto de accionamiento de la estación motriz.....	113
IV-27 Selección de armaduras de 24 pulg.....	115
IV-28 Selección de armadura de 42 pulg.....	116
IV-29 Espacio máximo permisible entre apoyos verticales.....	117
IV-30 Diámetro del electrodo.....	133

Tabla de Resultado

IV-31.....	134
IV-32.....	134
IV-33.....	135
IV-34.....	136
IV-35.....	137
IV-36.....	138
IV-37.....	139
IV-38.....	140
V-01 Especificaciones técnicas del alimentador vibratorio.....	143
V-02 Especificaciones técnicas de criba de limpieza.....	145
V-03 Especificaciones técnicas de triturador de mandíbula primario.....	146
V-04 Capacidad de producción de triturador de mandíbula primario.....	147
V-05 Especificaciones técnicas de triturador de mandíbula secundario.....	148
V-06 Capacidad de producción de triturador de mandíbula secundario.....	148
V-07 Especificaciones técnicas de canaleta vibratoria.....	150
V-08 Especificaciones técnicas de criba de selección.....	150
V-09 Capacidad de las cribas Telsmith.....	151
V-10 Capacidad de producción de triturador de cono (120 RS).....	152

V-11 Modelo estándar de la capacidad de producción (120RS).....	152
V-12 Especificaciones técnicas del triturador de cono	
Terciario (120RF).....	153
V-13 Capacidad de producción de triturador de cono terciario	
Modelo 120RF.....	153
V-14 Valores propuestos.....	155
V-15 Valores propuestos.....	156

Indice de Figuras

Figura	Pág.
I-01 Ubicación nacional de Canteras Horizonte., C.A.....	5
I-02 Ubicación regional de Canteras Horizonte.,C.A.....	6
I-03 Acceso a las instalaciones de Canteras Horizonte., C.A.....	6
I-04 Ubicación de la zona de explotación.....	6
II-01 Gráfico de criba de limpieza.....	13
II-02 Cámara de trituración (Mandíbula).....	16
II-03 Diagrama del triturador de cono.....	29
II-04 Elementos que constituyen una cinta elemental.....	44
II-05 Disposiciones típicas de sistemas de tensado y trazado.....	45
II-06 Disposiciones diversas de estaciones portantes y retorno.....	47
II-07 Distintos tipos de estaciones portantes y de retorno.....	49
II-08 Estructura del transportador.....	52
II-09 Estación motriz.....	54
III-01 Programa de trabajo.....	68
IV-01 Diagrama de flujo Canteras Horizonte.,C.A.....	70
IV-02 Espaciamiento entre rodillos.....	97
IV-03 Accesorios guía.....	102
IV-04 Tipos de ángulo de contacto.....	106
IV-05 Geometría del transportador típico.....	114
IV-06 Estructura definida del apoyo del transportador.....	118
IV-07 Ubicación de la estructura del pulmón.....	119
IV-08 Dimensiones de la estructura del pulmón.....	120
IV-09 Geometría de la ubicación del pulmón.....	121
IV-10 Curvas Elásticas.....	126
IV-11 Diagrama de momento flector.....	127

IV-12 Diagrama de momento flector (superior).....	128
IV-13 Deformación de la sección transversal.....	129
IV-14 Factor de seguridad.....	130
IV-15 Tipo de perfiles.....	131
IV-16 Estructura del pulmón.....	132
V-01 Diagrama de instalación por terrazas.....	141
V-02 Diagrama de flujo final.....	142
V-03 Estructura del pulmón.....	149

Indice de Gráficos

Gráfico	Pág.
IV-01 Curva de análisis de productos-trituradores de mandíbula.....	73
IV-02 Cueva de análisis de productos-trituradores de mandíbula.....	75
IV-03 Curva de análisis de productos-trituradores de cono.....	79
IV-04 Curva de análisis de productos-trituradores de cono.....	80
IV-05 Curva de análisis de productos-trituradores de cono.....	84
IV-06 Selección de tipos de rodillos.....	96
IV-07 Relación entre altura y volumen de pila.....	123
IV-08 Relación entre diámetro y altura de pila.....	124
IV-09 Descarga del material por una salida central.....	125

Indice de Fotos

Foto	Pág.
V-01 Etapa primaria.....	144
V-02 Triturador de mandíbula primario.....	147
V-03 Cribas de clasificación Telsmith.....	151
V-04 Parte interna de la criba.....	151
V-05 Malla de selección.....	151
V-06 Trituradores de cono terciario.....	154

Indice de Anexo:

Anexo 1. Análisis granulométrico y químico de una muestra de caliza.

Anexo 2. Control de calidad de una muestra de material rocoso.

Anexo 3. Soldadura de aceros al carbono.

Anexo 4. Selección de Lámina acerada.

CAPITULO I: El problema

1.1.- Planteamiento del problema

Las plantas trituradoras se encuentran ubicadas en diferentes zonas del país y del mundo, dependiendo de la extracción de las rocas y de los productos finales obtenidos, para distribuirlos adecuadamente a las empresas consumidoras de agregados, obtenidos a partir de rocas naturales.

De allí se toma en cuenta la existencia de rocas en la zona de Cariaco y la necesidad de agregados para la construcción y otras áreas de la industria nacional y mundial se plantea la necesidad de diseñar una planta de trituración de rocas naturales para la instalación de esta.

Cada planta trituradora esta conformada por diferentes áreas en las cuales se desarrollan procesos, entre los cuales se puede mencionar extracción, trituración, transporte, selección, almacenaje y despacho.

El área de extracción es el proceso en donde se toma la roca de la mina y es llevada hasta la planta de trituración.

El área de trituración es la parte más compleja de todo el proceso y generalmente consta de tres subáreas, donde se irá fracturando las rocas desde el tamaño mínimo exigido por el equipo de trituración hasta obtener el tamaño deseado por el consumidor, en todo este proceso se obtiene un producto final de diferente granulometría. El proceso de transporte entrelaza las diferentes áreas del proceso total. El área de almacenaje se refiere a la acumulación del material de roca en las terrazas de almacenamiento.

Por último, el área de despacho es donde la acumulación del material es extraído de la zona de almacenaje para ser llevado a las empresas consumidoras de agregado.

1.2.- Objetivos

1.2.1.- Objetivo General

1.2.1.1.- Diseño y selección de equipos de una planta de trituración de rocas.

1.2.2.- Objetivos específicos

1.2.2.1 - Realizar un diagrama de flujo de la planta de trituración.

1.2.2.2 - Selección de los equipos de trituración dependiendo de la producción deseada y del tipo de material de las rocas.

1.2.2.3 - Diseño de los equipos trasportadores del material rocoso.

1.2.2.4 - Selección de los equipos de tamizado.

1.2.2.5 - Determinación de la forma de almacenaje.

1.2.2.6.- Escogencia de los equipos para el despacho del material.

1.2.2.7.-Realizar el informe correspondiente a la investigación realizada.

1.3.- Alcances

En este proyecto se pretende realizar el diseño y la selección de los equipos de trituración de material natural para obtener agregados para la construcción civil y otros usos industriales.

Canteras Horizontes ha adquirido parte del equipo de trituración a empresas multinacionales y tomando en cuenta la capacidad de dichas máquinas desea instalar una planta productora de agregados para comercializar sus productos finales directa o indirectamente a nivel nacional y mundial.

- En resumen, los alcances deseados para instalar una planta productora de agregados se clasifica en tres etapas:

I Etapa:

- 1- Diseño de la cinta transportadora de material.

- 2- Ubicación de la cinta transportadora para operar con los equipos ya existentes (alimentador vibratorio, criba de escalpe, trituradora de mandíbula primaria).

II Etapa:

- 1- Diseño de la cinta transportadora de material.
- 2- Ubicación de la cinta transportadora para operar con los equipos y estructura existentes (triturador secundario de mandíbula, estructura del pulmón, canaleta vibratoria de alimentación).

III Etapa:

- 1- Diseño de la cinta transportadora del material.
 - 2- Ubicación de la cinta transportadora de flujo de material con equipos existentes (direccionador de flujo, dos cribas de tres pisos, dos trituradores terciarios de conos).
- Seleccionar el triturador secundario de la segunda etapa.
 - Diseño de la estructura metálica del pulmón.

1.4. - Ubicación y acceso

Las instalaciones de *Canteras Horizontes C.A.*, se encuentra ubicada en la carretera nacional de Casanay, sector aguas calientes (camino vecinal vías Las Totumas), en el estado Sucre.

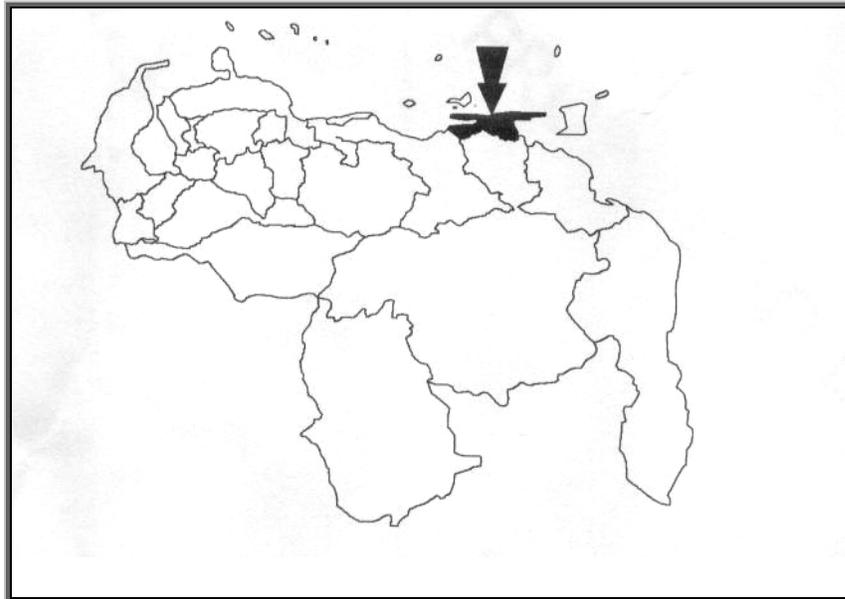


Fig. I-01

Fuente: Elaboración propia



Fig. I-02

Fuente: Elaboración propia.

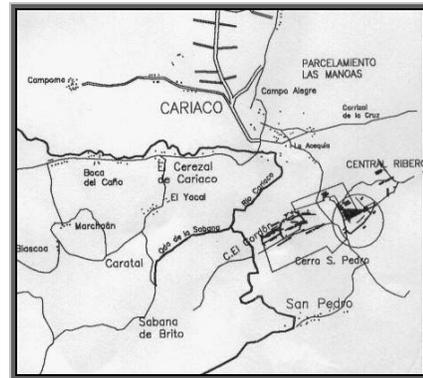


Fig. 1-03

Fuente: Elaboración propia.



Fig. I-04

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO II: Marco Teórico

2.1- Antecedentes

En el mundo se extraen rocas naturales las cuales sometidas a un proceso de trituración dará origen a agregados de diferentes granulometría los cuales son usados posteriormente en la construcción civil y en otras áreas específicas, para obtener estos materiales de uso mundial lleva a la necesidad de realizar procesos de extracción, trituración, selección y almacenaje del material obtenido de las rocas naturales. De allí la necesidad de diseñar plantas de trituración de rocas, que es un proceso que se viene realizando en el mundo desde que el hombre existe sobre la tierra.

Una planta de trituración iría acompañada por procesos de transporte, selección y almacenaje del material. El proceso de trituración podría realizarse de diferentes formas, uno de ellos sería por el método de compresión del material que permite la fractura de las rocas hasta obtenerla granulometría deseada. Tomando en cuenta que la fractura de las rocas para obtener el material final es un proceso que se realiza por parte, generalmente se va realizando desde el tamaño inicial de la roca hasta obtener la granulometría adecuada. Como ya hemos mencionado el proceso de trituración iría acompañado del proceso de transporte, selección y almacenamiento. El proceso de transporte en estos casos generalmente se realiza por medios continuos donde se debe tomar en cuenta:

- 1) El tamaño (Tamaño, fragilidad, peso específico, etc.)
- 2) La capacidad a transportar.
- 3) Disposición general de la instalación.
- 4) Duración prevista para la instalación y condiciones de trabajo.

En cuanto al proceso de selección tomando en cuenta el material, es necesario determinar a priori las condiciones de éste y del ambiente en donde se encuentra.

El proceso de almacenaje se realiza a la intemperie en terrazas especialmente construidas y con áreas suficientes para apilar evitando que exista contaminación entre los diferentes productos finales y otros contaminantes.

2.2.- DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS:

2.2.1-Etapa primaria:

- Tolva con alimentador vibratorio: (Modelo MV-60128)

Los alimentadores vibratorios son las máquinas con mayor uso para la alimentación de las trituradoras primarias debido a su funcionamiento y versatilidad. Elaborados en dos series, MV y AV, están compuesto, básicamente, de un plato vibratorio de acero manganeso, equipado de unas

barras con abertura ajustable tipo parrillera para deshacerse de objetos no deseables o que no poseen el tamaño adecuado, mantener el control de alimentación, y pre-clasificación en una sola operación. La parrillera puede ser reemplazada por un plato con una capa protectora normalizado siempre y cuando el alimentador es utilizado solamente por material a ser procesado.

La serie de alimentadores de vibración MV son los indicados para trabajos de alimentación primaria. La serie AV son de mayor tamaño y robusto siendo recomendado para casos en donde:

- Hay grandes cantidades de material y pesadas condiciones de trabajo.
- Una planta grande requiere una alta tasa de alimentación.
- Hay una necesidad para una mejor separación de material fino (las parrilleras poseen áreas más amplias) o cuando también se requiere una gran separación.

De acuerdo a las exigencias puede ser pedido otros tamaños y tipos.

En la tabla de especificaciones técnicas se describen los parámetros:

Alimentador vibratorio	MV-27070	MV-40090	MV-40120	MV-60128	MV-60148	AV5x20
Peso de la maquina con base y deposito (kg.)	3300	6000	8700	12100	15100	19800
Dimensiones del alimentador con la base (m)	2,97x1,26x0,82	4,3x1,58x0,95	4,5x2,0x1,1	6,5x2,1x1,8	6,5x2,3x1,8	6,2x2,3x1,9
Dimensiones del plato vibratorio(m)	2,7x0,7	4,0x0,9	4,0x1,2	6,0x1,2	6,0x1,4	6,0x1,6
Longitud de la parrillera(mm)	700	900	1200	1200	1200	2200
Aberturas de la barrillera(pulg)	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4	A partir de 8
Volumen de envió(m ³)	12,2	25,2	29,4	53,4	55,2	61
Motor (HP)	7,5	10	20	25	30	40
Motor(polos)	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Motor (HP)	2	3	7,5	12	15	20
Motor(polos)	VI	VI	VI	VI	VI	VI
Peso del deposito (kg.)	1350	2600	3250	4610	6755	6850
Volumen del deposito(m ³)	2,5	3,5	4,0	5,0	6,0	16
Dimensiones del deposito(m)	3,5x2,3x0,70	4,85x2,5x0,75	4,9x2,9x0,8	6,8x2,75x0,9	6,8x2,9x0,9	6,8x3,2x1,5
Capacidad (m ³ /h)	30-150	80-250	120-350	150-400	150-500	180-600
Fuerza dinámica de trabajo (kg.)	150	560	600	1000	1100	2800
Fuerza dinámica de detención (kg.)	1100	4400	4800	8000	9000	19600

Tabla II-01: Especificaciones técnicas del alimentador vibratorio.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook.

- Criba de Limpieza:
Dimensiones: 3m x 1,20m

Los principios de selección para cualquier aplicación son básicamente los mismos. El material a ser seleccionado es distribuido a la superficie de la criba a una tasa continua. Se deja caer en la superficie o caja de alimentación, ésta pierde su componente vertical de velocidad y es sometida a un cambio de trayectoria. Por vibración, el material tiende a desarrollar un estado de flujo. Una vez que el material está sobre la superficie de selección o tamizado, dos procesos ocurren el cual hace posible la clasificación.

Estratificación: Es el proceso en donde las partículas de mayor tamaño están en la parte superior del conglomerado de material de vibración mientras las partículas pequeñas están en el fondo de la masa de material. Los factores que afectan la estratificación son:

- Flujo de recorrido del material: Una función de las especificaciones del material, seleccionando especificaciones media, profundidad de la masa de material, características de la inclinación de la criba.
- Características del golpe: Amplitud, dirección de rotación, tipo de movimiento y frecuencia.
- Humedad de superficie: Alta humedad de superficie obstaculiza la estratificación.

Probabilidad de separación: Es el proceso de partículas presentes de que si son rechazadas por su mayor tamaño que la abertura o si pasan por su menor tamaño que la abertura. La probabilidad de separación de una partícula es una función del radio entre el tamaño del material y la abertura de la criba.

La medida de partícula (d), $d > 1,5a$ (a = abertura de la criba) tiene poca relevancia para los resultados de selección. La presencia relativa de éstos influye más en la pérdida de energía y el deterioro. Partículas con $d < 0,5a$ son muchos menos importantes como problema, porque pasan a través de la criba.

Las partículas con d entre $0,5a$ y $1,5a$ son llamadas la clase crítica, porque determina tanto la eficiencia como la capacidad, debido a que:

- Las partículas con d entre $0,5a$ y a frecuentemente requieren varios intentos antes de pasar adecuadamente por las aberturas de la criba.
- Las partículas con d entre a y $1,5a$ obstruyen muchas aberturas antes de pasar finalmente por la criba y salen como material retenido.

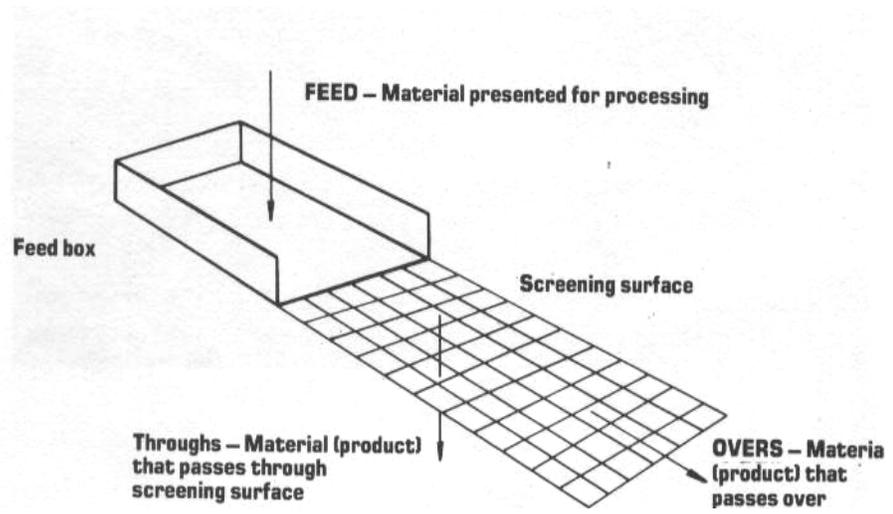


FIG II-01: Grafico de Criba de limpieza.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Especificaciones técnicas

Modelo		GN 2010	GN 2512	GN 3015
N° de pisos		2	2	2
Dimensiones de la parrillera (mm)		2000x1000	2500x1200	3000x1500
Peso (kg)	Sin Base	1750	2300	3900
	Con Base	1900	2700	4600
Volumen de exportación (m^3)		4,5	7,5	13,3
Abertura de la parrillera ajustable (pulg)		2-4	2-6	2-6
Capacidad de alimentación (m^3/h)		50-120	80-180	120-300
Fuerzas Dinámicas (kg)	Operativo	500	400	1000
	Detenido	3700	2700	7000
N° mecanismo de vibración		3-10	3-12	2-15
Frecuencia (RPM)		900	900	800
Motor	HP	12	12	20
	Polos	IV	IV	IV
Cintas en V		3B-63	3B-78	3C-90
ϕ polea del motor (mm)	50 Hz	170	170	190
	60 Hz	145	145	175
Amplitud máxima de vibración (mm)		6,4	4,9	6,2
N° de resortes		4	4	8
Dimensiones N°x ϕ xlongitud (ϕ en pulg)	Base de la parrillera	4x3/4x250	4x3/4x250	4x1x400
	Base del motor	4x3/4x250	4x3/4x250	4x3/4x250

Tabla II-02: Especificaciones técnicas de criba de Limpieza.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Triturador primario de mandíbula: Modelo 11080C

Son las máquinas más empleadas usualmente para la trituración primaria tanto en canteras grandes como en canteras pequeñas, también en minería e incontables plantas de trituración.

Para el suministro de un amplio rango de condiciones de trabajo, FAÇO/ ALLIS – CHALMERS elabora 11 modelos de trituradores primarios de mandíbula (desde el 2015C hasta el modelo 150120C) el cual ofrecen alto funcionamiento y durabilidad debido a su moderno diseño combinando materiales de primera calidad.

Características:

- Alta producción: métodos científicos modernos se usan para determinar factores como el ángulo de trituración, velocidad y tiro, proporcionan alto funcionamiento para cada tamaño de máquina y potencia instalada.
- Producto uniforme: El perfil de plato de mandíbula, escogido de acuerdo al material triturado, se asegura un producto de partícula laminar de porcentaje mínimo el cual además para mejorar la calidad proporciona un alto funcionamiento en la trituración secundaria.
- Ajuste rápido y sencillo: El sistema de cuña permite un rápido y fácil ajustamiento con un amplio rango de montajes.

- Alta resistencia mecánica: Ejes de acero aleado con forja especial, platos de mandíbulas de acero manganeso austenítico y una armadura sólida pesada, dan durabilidad a los trituradores incluso en rudas condiciones de trabajo.

Costo de mantenimiento bajo: Usando cojinetes de rodillos sobredimensionados contenido en una carcasa maquinada precisa, los trituradores FAÇO trabajan sin defectos con un mínimo mantenimiento.

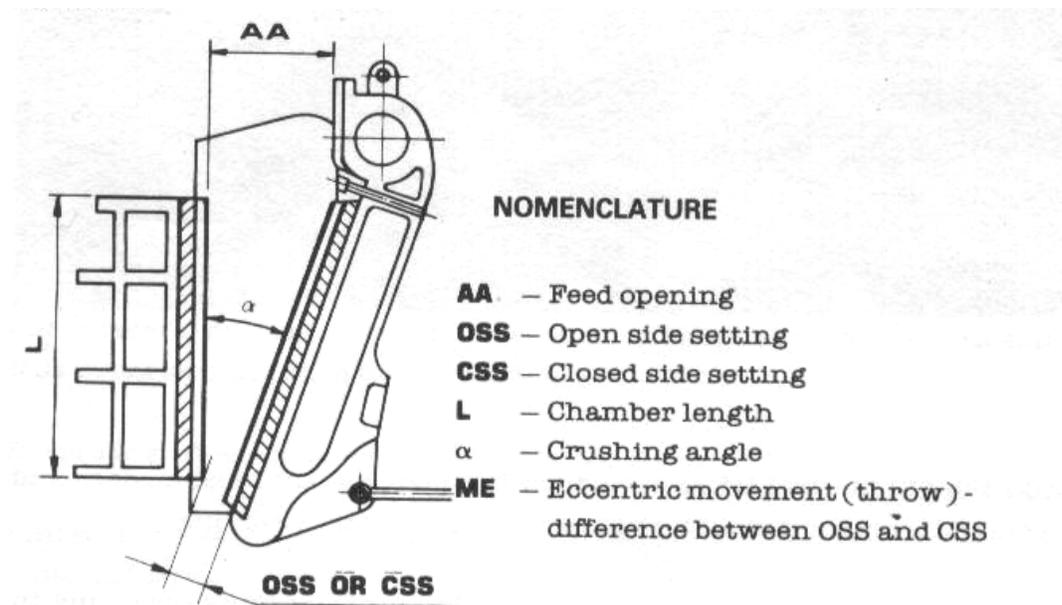


Fig. II-02: Cámara de trituración (Mandíbula).

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Especificaciones técnicas del triturador de mandíbula primario:

Modelo		4230C	4535C	6240C	8050C	10060C	10080C	11080C	12090C
Peso total del triturador		3400	4300	7100	12300	25000	29500	35300	49350
Peso de exportación total	kg.	3600	4500	7350	12900	26000	30500	36300	51500
Volumen de exportación	kg	2,8	3,9	5,6	10	20	21	28	34
Ancho mínimo de banda	m ³	16	20	24	30	36	36	36	42
GD ²	pulg	330	330	850	2340	7000	7000	12300	31000
Motor	kgxm ²	25-30 VI	25-30 VI	40-50 VI	75-100 VI	100- 125 VI	125- 150 VI	125- 150 VI	150- 200 VI
Cintas en V	HP Polos	4 C	4 C	5 C	6 D	8 D	8 D	8 D	10* D
Diámetro externo de la polea.(mm)	Nº. Cubierta	280 345	260 300	265 330	335 400	375 446	355 425	430 510	446 540
Tamaño máximo de la caja	60 Hz 50 Hz	-	-	3/4	3/4	1	1 1/4	1 1/4	1 3/8

* Correas 7 V cuando se utilizan acoplamientos hidráulicos.

Tabla II-03: Especificaciones Técnicas del triturador de mandíbula primario.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Capacidad de producción (m^3/h)

Modelo	RPM	Excent (mm).	Abertura de salida (pulg)							
			4 1/2	5	6	7	8	9	10	12
8050C	280	16	72-95	77-100	88-115					
10060C	250	17	95-130	105-140	120-160	140-160	155-200			
10080C	250	17	90-140	100-155	110-170	140-200	160-230	177-260	200-290	
11080C	240	17	110-170	120-187	155-200	175-253	195-285	220-320		
12090C	230	17	145-205	155-230	185-275	210-310	240-370	265-410	280-450	
150120C	200	19					360-520	390-560	406-600	470-690

Tabla II-04: Capacidad de producción del triturador de mandíbula primario.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

2.2.2-Etapa Secundaria:

- Triturador de mandíbula secundario:(Modelo 12040)

Los trituradores de mandíbula secundarios son los equipos más empleados comúnmente para la primera etapa de la trituración secundaria en plantas medianas y pequeñas debido a su operación simple y mantenimiento.

Poseen grandes aberturas de alimentación permitiendo a los trituradores primarios trabajar con aberturas de descarga mas amplia y con una utilización completa de su capacidad de producción y al mismo tiempo distribuyendo mas material uniforme a las subsecuentes etapas de trituración.

Elaborados en cuatro tamaños, FAÇO/ALLIS-CHAMBERS trituradores de mandíbula secundario permiten la elección del modelo correcto para cada aplicación.

Características:

- Producción alta: Su diseño moderno, cuidadosamente combinado el ángulo de trituración, velocidad y la excentricidad; permite alcanzar producción de piedra de tamaño medio.
- Graduación de material uniforme: Proporciona una graduación de material uniforme permitiendo una alimentación adecuada para los trituradores terciario.

- Ajuste simple y rápido: El sistema mecánico de los trituradores permite un ajustamiento fácil con un amplio rango de abertura.
- Alta robustez mecánica: Ejes de acero aleados forjado especial, platos de mandíbula de acero manganeso-austenítico y una sólida estructura pesada da durabilidad a los trituradores incluso bajo rudas condiciones de trabajo.
- Bajos costos de mantenimiento: Cojinetes de rodillos sobredimensionados son usados en una carcasa elaborada con precisión y a prueba de polvo, estos trituradores proveen una operación libre de problemas, mínimo desgaste y bajo mantenimiento.

Especificaciones técnicas del Triturador de mandíbula secundario

Modelo	Peso total de triturador	Peso total de exportación	Volumen	GD^2	Motor	
	kg	kg	m^3	$kg \times m^2$	HP	Polos
6013	1960	2050	2.1	150	15-20	VI
8013	3350	3550	2.7	200	20-25	VI
9026	5800	6200	4.0	280	40-50	VI
12040	14500	15100	12.0	3800	70-100	VI

Tabla II-05: Especificaciones Técnicas del triturador de mandíbula secundario.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Capacidad de Producción (m^3/h)

Modelo	RPM	Exc. (mm)	Abertura de salida (pulg)											
			¼	½	¾	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5
601 3		10	3-4	5-6.5	7-9	9-12								
801 3	35 0	12.5	4-5	6.5-8.8	9-12	12-16								
902 6	30 0	13			17-22	20-26	29-37	37-48	45-58					
1204 0	28 0	16						55-78	65-85	75-97	83-105	100-130	110-142	120-156

Tabla II-06: Capacidades de producción.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

2.2.3-Etapa terciaria

- Canaleta vibratoria de alimentación:

Esta canaleta vibratoria de alimentación fue diseñada específicamente para recoger material de las pilas de almacenaje, alimentando a las cintas transportadoras u otro equipo, proporcionando un flujo de material constante y una mejor descarga de pila de producto intermedio o final. Estas canaletas son elaboradas en tres tamaños con estrictas especificaciones para asegurar un amplio rango de capacidad y un funcionamiento máximo.

Su construcción es simple y robusta con un sistema interno con gran capacidad de vibración generada por un eje excéntrico y un sistema de suspensión de resortes helicoidales de acero.

La regulación del flujo de material es hecha por la variación de la amplitud de vibración, por inclinación o la abertura de una puerta ajustable. Opcionalmente las canaletas vibratorias pueden ser complementadas con motores de velocidad variable, permitiendo un control de flujo instantáneo durante la operación.

Especificaciones técnicas de la canaleta vibratoria:

Modelo	Peso (kg)	Volumen (m^3)	Motor		Velocidad RPM	Cinta		ϕ Polea (mm)		Capacidad (m^3/h)	Tamaño máximo material (pulg)
			HP	Polos		Tipo	N	60 Hz	50 Hz		
CV-1005	310	0.80	1.5	IV	1100	A	1	75	85	30-80	4
CV-1308	820	2.00	4	IV	1000	B	2	160	190	70-150	8
CV-1510	1100	2.70	5	IV	1000	B	3	160	190	100-200	12

Tabla II-07: Especificaciones Técnicas de la canaleta vibratoria.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Dos Cribas de selección:

Las cribas TelSmith han sido desarrolladas para combinar el poco peso y su costo de inversión bajo para hacerla ideal para operar material de tamaño moderado de todas clases. Esta criba está apoyada sin una base de soporte, y posee un diseño único, así que diferentes tamaños variados

pueden ser ensamblados de sus componentes estándar. La criba es especialmente útil para aplicaciones donde el tamaño máximo de alimentación no debe exceder las 5 pulg y es recomendada para operaciones una tela de cubierta superior de un diámetro de ½ pulg y aberturas de 2-1/2 pulg y pequeñas. Esta criba está disponible en un número selecto de tamaños estándar como el 5 pie por 14 pie en adelante e incluyendo el 8 pie por 20 pie y puede haber modelos sencillos, de dos pisos o tres pisos. Muchos diseños especiales y opciones están disponibles para reunir todas las condiciones de operación. Es esencial para resultados óptimos una combinación aceptable de velocidad, ángulo de inclinación, tamizado medio y aberturas acordes con el tamaño y construcción de la criba.

Las cribas TelSmith son unas cribas con soportes circulares para una clasificación seca o húmeda de arena, piedra triturada y toda clase de mineral, carbón, escoria de metales y otras aplicaciones de separación industrial. Las cribas tienen una unidad de vibración compacta, cojinetes de rodillos esféricos antifricción y autoaliniantes de alta capacidad instalados en la criba para distribuir la vibración equitativamente y mantener el balance de la estructura de la criba.

La exclusión de material extraño de los cojinetes es proporcionado por unos sellos de asbestos. Dichos sellos son diseñados para ser reemplazados en el campo sin tener que remover los cojinetes de la caja o chumaceras. Las chumaceras son acopladas seguramente a los platos laterales pesados y unidos juntos con un tubo cilíndrico el cual encierra y protege el eje de acero aleado pesado que asegura el alinamiento perfecto de los cojinetes bajo todas las condiciones de trabajo. Un protector de goma resistente a la abrasión evita el desgaste del tubo. El protector es fácil de reemplazar.

La vibración es producida por el acoplamiento del eje a las telas desbalanceadas de la criba, grasa lubricada, cojinetes de rodillos esféricos; esto produce un golpe proporcional a la cantidad de peso desbalanceado unido a las telas de la criba. El movimiento de la criba y sus superficies de clasificación imparten un anillo en un plano vertical con cada rotación del eje. La intensa vibración es uniformemente efectiva sobre cada piso de la criba. Esto provee una acción de tamizado constante y vigorosa bajo todas las cargas.

Todos los cojinetes de la unidad de vibración son lubricados con grasa de presión extrema. Los ajustes de grasa ubicados en la línea central de cada cojinete permiten una lubricación fresca dentro de la ranura del diámetro interno de los cojinetes. Adicionalmente los ajustes de grasa fuerzan a la vieja grasa a salir a través del laberinto y sellos engomados de asbestos. Esto asegura una larga vida útil a los cojinetes y simplifica la instalación de los mismos.

La estructura de vibración de la criba es un diseño avanzado, con los bastidores de apoyo de la criba y la unidad de vibración permanentemente unidas a la estructura de vibración con dispositivos de unión de alta resistencia. Este método de construcción elimina la soldadura en la estructura de vibración para formar un ensamblaje integrado completamente y reduce los puntos de posible concentración de fatiga.

Especificaciones técnicas

Dimensión (ancho x largo) $(\frac{pie^2}{m^2})$	Tamaño del vibrador	HP*	Peso \pounds (lb)
4x10/1,22x3,05	22B	7 1/2 – 10	5,450 – 7,620
5x14/1,52x4,27	22B	15	7,120 – 10,250
5x 6/1,52x1,83	22B – 26B	15 – 20	7,400 – 11,760
6x16/1,83x4,88	22B – 26B	15 – 20	8,070 -12,750
6x20/1,83x6,10	26B – 32B	20 -30	9,420 – 15,900
7x20/2,13x6,10	26B – 32B	25 -30	10,870 – 18,220
8x20/2,44/6,10	26B – 32B	25 – 30	12,320 – 20,550

*Requiere un motor eléctrico de 1800 RPM.

\pounds El peso es aproximado.

Tabla II-08: Especificaciones técnicas de la criba TelSmith modelo Specmaker.

Fuente: Technical Manual TelSmith Operation Maintenance Repair

Capacidad y selección de las cribas Telsmith

(alimentación máxima en t/h)

Ancho (pie/m)	Vibro-King	Specmaker	Road-King
4/1,22	-	300	250
5/1,53	500	450	500
6/1,83	650	550	650
7/2,13	800	700	-
8/2,44	950 - 1200	800	-

Tabla II-09: Capacidad y selección de las cribas Telsmith.

Fuente: Technical Manual Telsmith Operation Maintenance Repair

- Triturador terciario de cono:(Modelo 120-RS)

La actual línea FAÇO de trituradores de cono puede ser dividida en dos grupos diferentes:

- Conos T, elaborado en dimensiones 50 cm (20 pulg) y 60 cm (24 pulg).
- Conos R, disponibles en dimensiones 90 cm (36 pulg) y 120 cm (48 pulg).

El cono serie T representa una solución simple de fácil mantenimiento incluso para personal no experimentado ya que su mecanismo consiste en

un eje excéntrico conducido directamente por un motor de eje vertical, exceptuando la transmisión de engrane.

El cono serie R (RS, RF, RG) es un modelo avanzado dentro del cual ha sido incorporado un eje-piñón y transmisión de engrane. Estos trituradores están caracterizados por su construcción robusta y la durabilidad del sistema de cojinete. Están disponibles para trituración grande (RG), media (S) y tipo fino F (cabeza corta). El último lanzamiento dentro del grupo de trituración es el hipercono- RA. Es un triturador tipo R con una abertura ajustable automática y una cubierta superior con diseño especial permitiendo el traslado de material medio y fino sin ninguna alteración en la máquina. Las piezas reemplazables de manganeso son intercambiables con modelos RS, RF y RA.

Triturador de cono Serie R: Para ofrecer un amplio rango de alternativas en equipamiento de trituración secundaria y terciaria, FAÇO / ALLIS-CHALMERS desarrolló la serie R en tres versiones: RG, RS y RF. Gracias a los nuevos conceptos técnicos introducidos, la serie R ofrece una alta eficiencia y una alta resistencia mecánica.

El modelo RG, teniendo una abertura ancha de alimentación, es recomendada para la primera etapa de trituración secundaria. El modelo RS es usado para material de dimensiones medias, y el modelo RF es específico para finos naturales, generalmente opera en circuito cerrado. Un modelo se puede convertir en otro por el simple reemplazo de la cubierta superior para adoptar la mayor cantidad de operaciones variadas de trituración. Ambos modelos RS y RF ofrecen la opción para cámaras grandes, media y fina.

Características:

- Engranaje y piñón de alta durabilidad siguen el diseño tradicional de ALLIS- CHALMERS el cual ha probado su eficiencia a través de varias décadas en operaciones de trituradores de cono.
- Una menor altura que los otros modelos similares que asegura un fácil mantenimiento, aumenta la portabilidad, y reduce costos de instalación.
- Exclusiva transmisión de fuerza horizontal a través del excéntrico apoyado en los cojinetes de rodillos alineados por si mismo normalizado, fácilmente disponible en el mercado. Cojinetes de bronce esféricos (amplia área de apoyo) absorbe la carga vertical ocasionada por la trituración. Lubricación positiva a través de la ranura, en el centro del cojinete, crea una película de aceite el cual lo separa de la pieza movable, independiente de la velocidad y carga, asegurando prácticamente la no-fricción. Alta eficiencia mecánica resulta de la minimización de la fricción, el cual en giro evita el aceite caliente. Un intercambiador de calor bajo las condiciones normales de trabajo es innecesario.
- Gran capacidad de producción, gracias a una combinación especial de traslación y rotación.

- Sistema de amortiguación de apoyo, 50 % más largos que otros modelos similares reduce la fatiga en la máquina bajo paso ocasional de material no triturable.

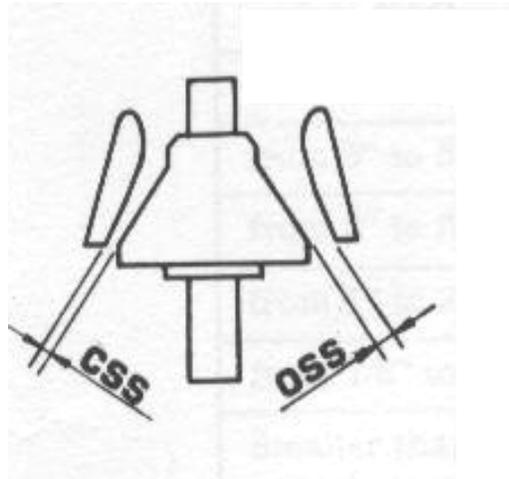


Fig. II-03: Diagrama del triturador de cono

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Capacidad de producción de los trituradores de cono serie T/R e Hipercono:

MODELO	Cámara de Trituración	Abertura de Descarga Mínima (pulg)	Abertura de Alimentación	
			Posición Cerrada (pulg)	Posición Abierta (pulg)
50 TS	FINO	3/16	¾	1 3/8
	MEDIO	¼	1 ¾	2 ¼
	GRUESO	3/8	3	3 ½
60 TS	FINO	¼	1 ¼	2
	MEDIO	3/8	2 ¼	3
	GRUESO	½	3 ¾	4 ½
90 RA 90 RS	FINO	3/8	3 ¼	3 ¾
	MEDIO	½	5	5 ¾
	GRUESO	¾	6	7
120 RA 120 RS	FINO	½	5	5 ¾
	MEDIO	5/8	6	7
	GRUESO	¾	7	8
120 RG	GRUESO	7/8	9	10

Tabla II-10: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Continuación de la tabla II-10

MODELO	Cámara de Trituración	Capacidad de Producción (m ³ /h) Abertura de Salida (pulg)										
		3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1¼	1½	2
50 TS	FINO	4-6	5-7	7-9	8-12	10-14	-	-	-	-	-	-
	MEDIO	-	5-7	7-9	8-12	10-14	12-16	-	-	-	-	-
	GRUESO	-	-	7-9	8-12	10-14	12-16	13-17	14-18	-	-	-
60 TS	FINO	-	9-13	12-17	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
	MEDIO	-	-	12-17	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
	GRUESO	-	-	-	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
90 RA 90 RS	FINO	-	-	20-28	23-32	32-44	40-55	43-59	47-65	-	-	-
	MEDIO	-	-	-	23-32	32-44	40-55	43-59	47-65	50-69	60-82	-
		-	-	-	-	-	40-55	43-59	47-65	50-69	60-82	62-85
120 RA 120 RS	FINO	-	-	-	48-66	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	-
	MEDIO	-	-	-	-	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166
	GRUESO	-	-	-	-	-	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166
120 RG	GRUESO	-	-	-	-	-	-	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166

Tabla II-10: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Triturador terciario de cono: (Modelo 120-RF)

Este triturador terciario de cono de la serie R se utiliza para trabajar en circuito cerrado específicamente con los materiales de roca fina que pasan a ser de una vez producto final a la pila de depósito.

Especificaciones técnicas del triturador Terciario de cono:

MODELO	PESO TOTAL (t)	Peso de exportación (t)	Volumen de exportación (m ³)	Motor HP	Motor Polos	Velocidad RPM
90 RF	9,3	10,0	5,5	75-100	IV	360
90 RS	9,3	10,0	5,5	75-100	IV	360
120 RF	18,5	20,0	10,0	150-200	IV o VI	320
120 RS	18,5	20,0	10,0	150-200	IV o VI	320
120 RG	18,5	20,0	10,0	150-200	IV o VI	320

Tabla II-11: Especificaciones Técnicas del triturador terciario de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Capacidad de producción para materiales fino:

MODELO	CAMARA DE TRITURACION	ABERTURA DE DESCARGA MINIMA (pulg)	ABERTURA DE ALIMENTACION	
			POSICION CERRADA (pulg)	POSICION ABIERTA (pulg)
60TF	FINO	1/8	1/2	1 1/4
	MEDIO	3/16	1 1/8	1 3/4
	GRUESO	1/4	2	2 1/2
90RA 90RF	FINO	5/16	3/4	2 1/4
	MEDIO	1/4	1 1/2	2 1/2
	GRUESO	5/16	2 1/2	3 1/4
120RA 120RF	FINO	1/4	1	2 1/4
	MEDIO	5/16	2	3
	GRUESO	3/8	3	4

Tabla II-12: Capacidad de producción para materiales fino.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

MODELO	Cámara de trituración	CAPACIDAD DE PRODUCCION(m ³ /h) ABERTURA DE SALIDA (pulg)								
		1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
60TF	FINO	5-7	7-9	8-12	9-13	10-14	16-22	19-26	23-32	-
	MEDIO	-	7-9	8-12	9-13	10-14	16-22	19-26	23-32	-
	GRUESO	-	-	-	-	10-14	16-22	19-26	23-32	-
90RA 90RF	FINO	-	13-19	19-26	22-31	27-37	41-56	50-69	-	-
	MEDIO	-	-	19-26	22-31	27-37	41-56	50-69	59-81	-
	GRUESO	-	-	-	22-31	27-37	41-56	50-69	59-81	65-90
120RA 120RF	FINO	-	-	33-46	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	-
	MEDIO	-	-	-	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	125-172
	GRUESO	-	-	-	-	48-66	63-87	81-111	110-150	125-172

Tabla II-13: Capacidad de producción del triturador terciario de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Las capacidades de producción mostradas arriba pueden variar con el material, contenido de humedad, adherencia, y el tamaño de alimentación.

2.3- Sistema de transporte del material

El sistema de transporte que se emplea en la industria para llevar acabo las operaciones de traslado, desapilado, carga y descarga de los materiales o material a granel, a excepción de aquellos movimientos, en general, de corta longitud que están íntimamente ligados a los problemas de laboreo. Son transportes mecanizados cuya selección y proyecto idóneo en

cada caso representa un problema en cuya resolución tiene una importancia formidable la experiencia, pero que, indudablemente, no puede absorberse con probabilidades de éxito si no se conocen las posibilidades que la industria del transporte en general, brinda como consecuencia de la auto selección que el proceso industrial y minero ha ido realizando poco a poco, consagrando una serie de sistemas de transporte.

En los últimos años los países de norte América y la comunidad europea han dado pasos gigantescos al aprovechar e intercambiar las ideas y progresos de los estudios de transporte de material y han logrado unos principios básicos, cuya influencia abaratamiento y eficiencia de un transporte es evidente, y pueden agruparse (según Targueta Arriola) como sigue:

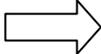
- a.- Planificación o planteamiento grafico y cronométrico del transporte que es necesario realizar.
- b.- Observancia de las normas generales de empleo.
- c.- Selección del equipo.
- d.- Estudio económico y comparativo.

a.- Planificación del transporte. Este debe realizarse tomando en cuenta las siguientes premisas:

- a.1) Todo momento tiene un costo en dinero.
- a.2) Previsión de la capacidad de almacenamiento necesario.
- a.3) La capacidad de almacenaje no es proporcional al área de la planta, si no al volumen que representa esa área.
- a.4) El concepto de almacenamiento no debe ser estético.

a.5) Establecimiento claro del transporte que existe o el que se desea realizar mediante un " Diagrama de circulación". Para ello sean adoptados los siguientes símbolos:

 : Manipulación (actuación del material)

 : Transporte

 : Control

 : Espera

 : Almacenado

b.- Normas generales del empleo. Existen normas perceptivas de carácter general que hay que considerar:

b-1) Seguridad en el transporte. Es una de las mas importante por la repercusión en la eficacia del sistema.

b-2) Aminoración de carga y descarga. Guarda estrecha relación con el volumen de almacenaje suficiente.

b-3) Emplear la fuerza de gravedad al máximo. Es el principio básico de la circulación descendente.

b-4) Revisiones periódicas del sistema de transporte. Se debe llevar un control de la unidades de transporte por toneladas transportadas o por kilómetros recorridos.

c.- Selección del equipo. Se debe regir ciertas normas para la adopción del equipo. Para ello seguiremos los siguientes principios:

c-1) Selección del equipo adecuado al trabajo a realizar. Adoptar el equipo más adecuado, teniendo en cuenta la naturaleza fisicoquímico del material a transportar (densidad, temperatura, humedad, ángulo de talud natural, ángulo de deslizamiento, etc.).

c-2) Estandarización del material al máximo. Que las características del material e mantengan.

c-3) Normas de selección para conseguir una inmovilización de unidades de transporte. Toda o material parado supone un gasto para la empresa.

d.- Estudio de costos. Es necesario llevar a cabo un estudio económico del transporte.

2.4- Características de los materiales a transportar.

El conocimiento de las características de los materiales a transportar es fundamental, tanto para elegir el medio más adecuado, como para estudiar los aspectos prácticos de la acción del material sobre el elemento de transporte. Las características más significativas son las siguientes:

- Peso específico aparente.
- Tamaño.
- Forma.
- Ángulo de reposo.
- Cohesión o flexibilidad del material.
- Temperatura.
- Etc.

Peso específico aparente.

Es el correspondiente al material en su estado natural, sin compactar, se obtiene dividiendo el peso de un trozo de material entre su volumen.

Tamaño.

Son trozos extraídos de la mina, considerándolos grandes, mediano y pequeño. Los trozos grandes definen la anchura de las bandas transportadoras y los alimentadores a emplear.

Ángulo de reposo.

Es el que forma el material libremente apilado con respecto a la superficie horizontal.

Cohesión o flexibilidad.

Está relacionado con los ángulos de reposo y sobrecarga, sirve para definir sección transversal del material en una banda o alimentador, así como el ángulo de inclinación que puede tener la banda.

Temperatura.

Los materiales generalmente se encuentran a la temperatura ambiente, en el caso de rocas naturales la temperatura depende de la zona.

2.5- Características propias del transporte.

Además de las características del material es necesario tomar en cuenta las características propias del transporte y éstos son:

Ángulo de ascenso.

Es el ángulo máximo que puede dársele a una cinta, sin riesgo de que el material se desprenda hacia abajo. Cada material tiene un ángulo de ascenso, pero además este ángulo viene influenciado por el grado de humedad, por el tamaño y forma de los trozos y por la forma en que se efectúe la carga. La continuidad en la carga tiene también su influencia; si una banda va cargada irregularmente, el material tendrá más tendencia a deslizarse que en una carga con uniformidad, pues en esta el propio material se orienta mejor sobre la banda.

Ángulo de descenso y deslizamiento sobre tolvinos de caída.

Depende de los materiales a transportar y de su grado de humedad, así como de la rugosidad de la superficie de deslizamiento aunque

también tiene influencia la sección de las tolvas con respecto al tamaño de los trozos, la longitud de las tolvas, el grado de acabado del mismo. Como orientación general, mencionaremos algunos valores de los ángulos de descenso:

Ángulos de descenso

MATERIAL	ANGULO DE DESCENSO
Carbón	$> 40^{\circ}$ y $< 45^{\circ}$
COK	30°
Cereales	$> 25^{\circ}$ y $< 45^{\circ}$
Superfosfatos	60°

Tabla II-14

Fuente: Elaboración propia.

2.6- Tipos de transporte.

Realizar una clasificación de los transporte es bastante complicado ya que deben considerarse muchos factores y estos deben ser jerarquizados en un orden predeterminado donde no existen criterios uniformes dependiendo de los diferentes autores sobre los tipos de transporte, por lo tanto sugerimos establecerlos por orden cronológico de aparición en el tiempo, y según Targheta Arriola tendremos:

Sistemas de Transporte	Transporte Terrestre	Por carretera
		Ferroviario
		Funiculares
		Continuos
	Transporte Especiales	Hidráulicos
		Neumáticos y gaseosos
	Transporte por Agua	Marítimos
		Fluviales

Tabla II-15

Fuente: Elaboración propia

La selección de un sistema de transporte viene definida básicamente por las características del material a transportar, por la distancia que se desee trasladar el material y por el tipo de proceso que se lleva a cabo. En el caso de minería los más usados son: transporte por carreteras, transporte ferroviarios y transporte continuos.

En el caso particular de las canteras, generalmente se utiliza un transporte mixto, donde entre la boca de mina al centro de consumo se utilizan camiones y en la interconexión de las etapas de trituración y selección del material se utilizan procesos continuos.

2.7.- Transportes continuos

Los traslados en forma continua de material es lo que llamamos transportes continuos. Existen una variedad de elementos con los cuales

podemos realizar este tipo de transporte, los más conocidos son los que se realizan con tornillos sin fin, cadenas continuas, cintas transportadoras; para escoger algunos de estos elementos es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Material (tamaño, paso específico, temperatura, etc.).
- Capacidad a transportar.
- Disposición general de la instalación.
- Duración prevista para la instalación y condiciones de la misma.

Por lo general cuando el tonelaje a transportar es alto el sistema de cinta transportadora es el elemento mas adecuado.

2.8.-Cintas transportadoras

De los transportes continuos conocidos en la industria y la mineria, las cintas transportadoras son las más empleadas por las siguientes razones:

- Pueden utilizarse para distancias largas, medias y cortas, bien sea con una cinta única o con varias.
- Gran facilidad de adaptación al perfil del terreno.
- Gran capacidad de transporte.
- Posibilidad de transportar materiales muy variados en clases, granulometría, temperatura, humedad, etc.
- Marcha suave y silenciosa.

- Posibilidad de desplazamiento.
- Realiza un proceso de auto descarga.

2.9.- Descripción y elementos de una cinta

Una cinta transportadora consta básicamente de los siguientes elementos:

- Grupo o cabeza motriz de accionamiento.
- Estación de retorno y tensado.
- Rodillos superiores.
- Rodillos inferiores.
- Banda.
- Bastidor soporte de los rodillos.
- Zona de descarga.

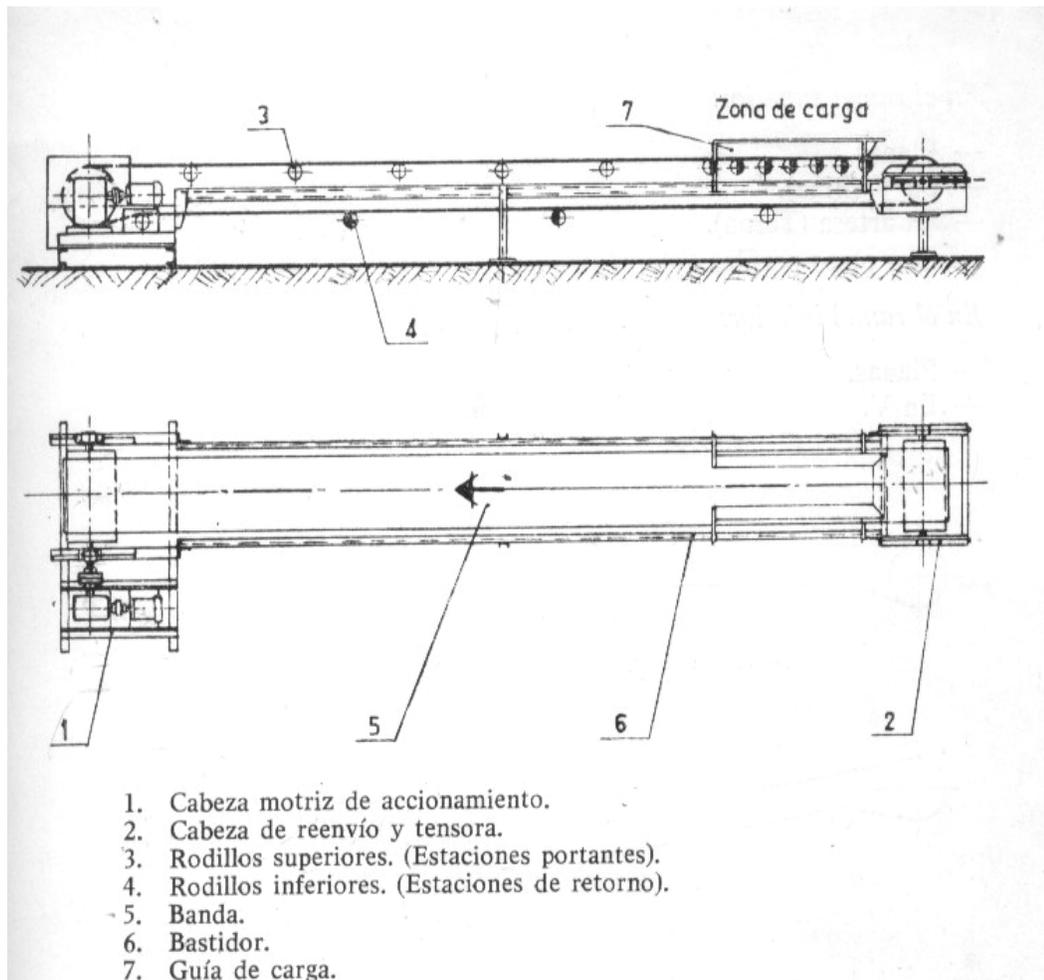


Fig. II-04 .- Constitución de una cinta elemental.

Fuente: Targueta Arriola y López Roa

Los elementos mencionados anteriormente corresponde a una cinta elemental; en la práctica, existen muchos tipos de cinta, pudiendo hacerse una clasificación.

2.10- Clasificación de las cintas transportadoras

2.10.1- Por su sistema de tensado.

2.10.1.1- De tensor de husillo..... De 50 ÷ 75 m

2.10.1.2- De tensor de carro..... Mayor de 50 ÷ 75 m

2.10.1.3- De tensor de contrapeso..... Mayor de 50 ÷ 75 m

2.10.2- Por su trazado.

2.10.2.1- Horizontales.

2.10.2.2- Inclinadas (ascendentes o descendentes).

2.10.2.3- De trazado mixto (horizontales e inclinadas, con zonas curvas de transición).

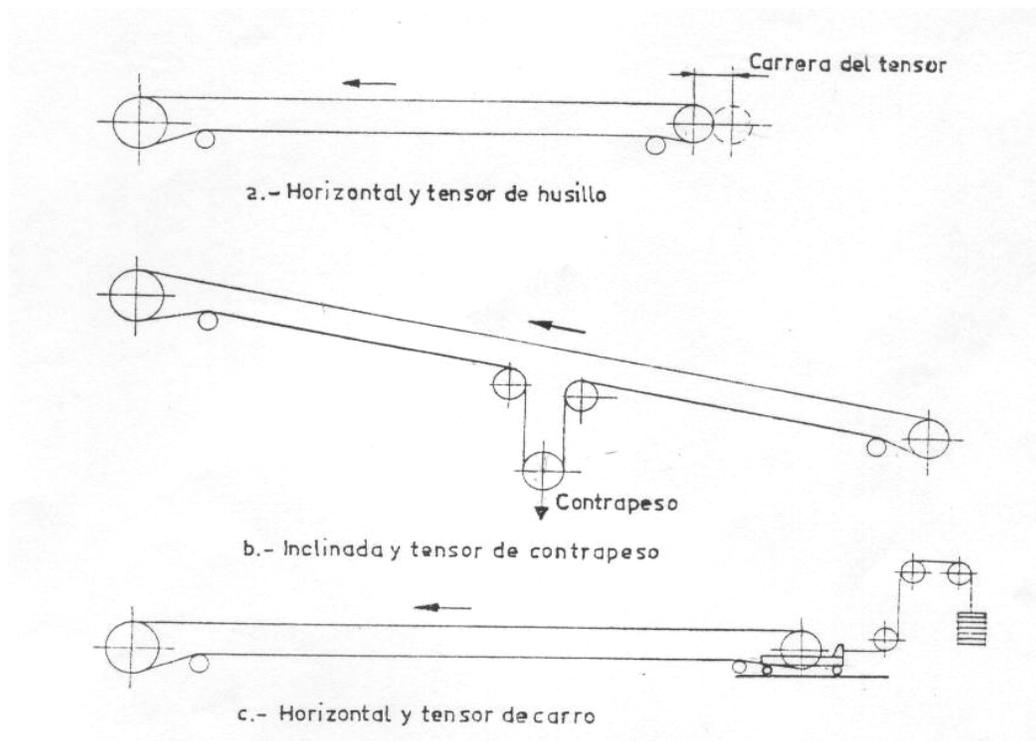


Fig. II-05.-Disposiciones típicas de sistemas de tensado y trazado.

Fuente: Targueta Arriola y López Roa

2.10.3- Por los rodillos y su colocación.

2.10.3.1- En el ramal superior.

2.10.3.1.1- Planas.

2.10.3.1.2- En V (Bina).

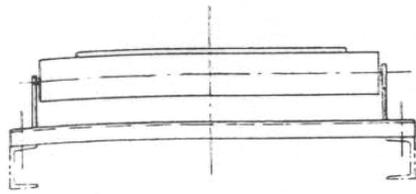
2.10.3.1.3- En artesa (Terna).

2.10.3.1.4- Con otros perfiles.

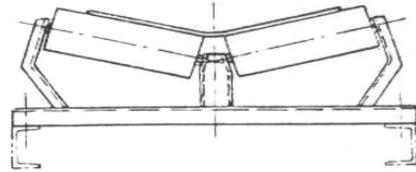
2.10.3.2- En el ramal inferior.

2.10.3.2.1- Planas.

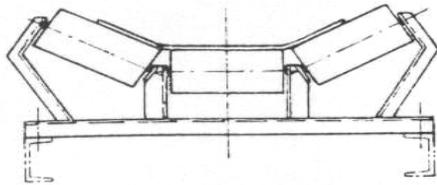
2.10.3.2.2- En V.



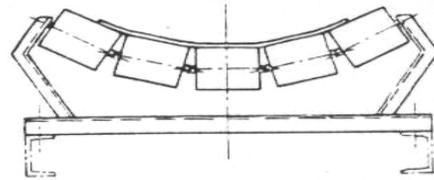
a.- Portante plana



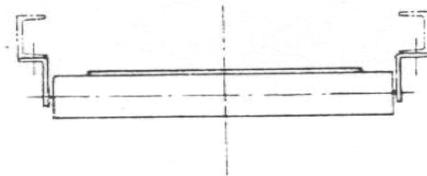
b.- Portante en bina



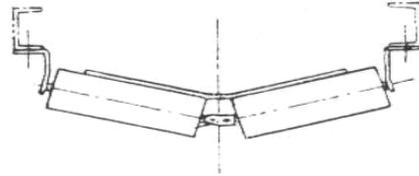
c.- Portante en terna



d.- Portante en catenaria



e.- Retorno plana



f.- Retorno en bina

Fig. II-06.- Disposiciones diversas de estaciones portantes y de retorno.
Fuente: Targueta Arriola y López Roa

2.10.4.- Por la función que realizan las estaciones.

2.10.4.1- Normales lisa.

2.10.4.2- Engomadas contra impacto.

2.10.4.3- Autoalineadoras.

2.10.4.4- De retorno lisas.

2.10.4.5- De retorno con discos de goma.

2.10.4.6- De retorno autolimpiadoras.

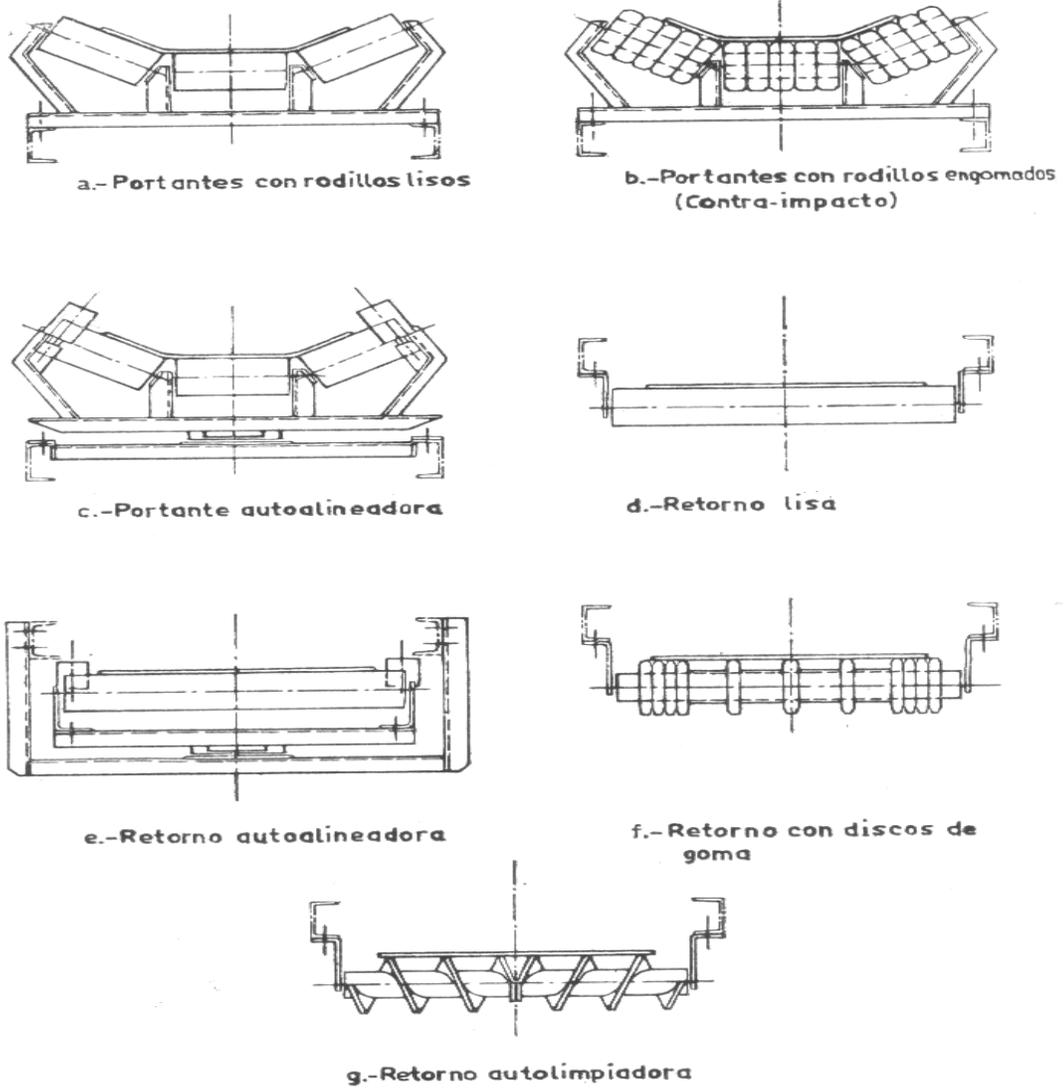


Fig. II-07.- Distintos tipos de estaciones portantes y de retorno.
Fuente: Targueta Arriola y López Roa

2.11.-Estructuras de soporte del transportador de cinta:

Las estructuras de soporte están diseñadas para abarcar un amplio rango de aplicaciones y condiciones de trabajo. Están hechas para anchos de cinta de 18 pulg (457,2 mm), 24 pulg (609,6 mm), 30 pulg (762 mm), 36 pulg (914,4 mm), y 48 pulg(1219,2 mm). El equipo terminal estándar está disponible hasta 40 HP(29,84 kW), basado en factores de diseño propios de la experiencia en el campo del transportador de cinta. Estructuras altamente normalizadas están disponibles en construcción por secciones de celosía o por canales, diseñado por las normas A.I.S.C.(American Institute of Structural and Construction) para una velocidad del viento de 90 MPH (40,23 m /s) y espacios de hasta 50 pies (15,24 m). Los apoyos verticales, tolvinos y otros accesorios están también normalizados.

El mecanismo principal y componentes estructurales, y además de accesorios y otras partes opcionales para la estructura están normalizadas en las siguientes condiciones:

1.- Ancho de cinta:

- 18 pulg (457,2 mm).
- 24 pulg (609,6 mm).
- 30 pulg (762 mm).
- 36 pulg (914,4 mm).
- y 48 pulg (1219,2 mm).

2.-Velocidad de cinta:

- Para 18 pulg (457,2 mm) se tiene hasta un límite de 400 pie/min (2,032 m/s).
- Para 24 pulg (609,6 mm) se tiene hasta un límite de 500 pie/min (2,54 m/s).
- Para 30 pulg (762 mm) se tiene hasta un límite de 600 pie/min (3,04 m/s).
- Para 36 pulg (914,4 mm) se tiene hasta un límite de 650 pie/min (3,30 m/s).

3.- Transmisión de potencia:

Hasta 40 HP (29,84 kW)

4.- Densidad máxima del material:

Hasta $100 \frac{lb}{pie^3}$ ($1601,86 \frac{kg}{m^3}$).

Una descripción general y especificaciones de una mejor normalización de los componentes se dan a continuación:

- Terminal motriz:

Es una unidad ensamblada para adaptarse a estructuras de sección de celosía de 24 pulg (609,6 mm) o de 42 pulg (1066,8 mm) de profundidad o una sección de transición. Su ensamblaje consiste de un eje principal acoplado a la polea motriz y en sus extremos se ajustan cojinetes de rodamientos de bolas, el eje tiene una extensión en uno de sus extremos para montar la correa de transmisión de la estación motriz.

- 1. Chasis roboto matriz
- 2. Tornillo matriz
- 3. Tornillo adicional

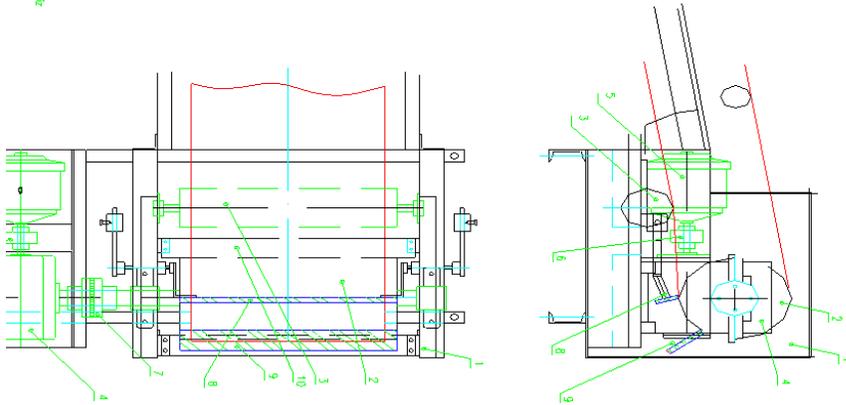


Fig II-09: Estación Motriz.

Fuente: Elaboración Propia.

- Transmisión:

Es el sistema motor-reductor con el motor de jaula de ardilla con carcasa totalmente cerrada, que va montado sobre una base plana y que se coloca la parte superior del soporte de transmisión con apoyos para mantener a cercanía con la terminal motriz. El miembro superior del soporte de transmisión se puede ajustar para tener el motor en posición horizontal en transportadores inclinados.

- Terminal de cola con tensado por tornillo:

Es una unidad ensamblada completa con eje, poleas de acero soldada y tensado de tornillo con cojinetes de bola teniendo ajuste de 12 pulg (304,8 mm), 18 pulg (457,2 mm) o 24 pulg (609,6 mm) para todos los anchos de cinta y también ajuste de 30 pulg (762 mm) para anchos de cinta de 30 pulg (762 mm) y 36 pulg (914,4 mm). Se puede ensamblar a estructuras de celosía de secciones de 24 pulg (609,6 mm) y 42 pulg (1066,8 mm) de profundidad.

- Estructuras de celosía por secciones:

Están completamente normalizadas para cubrir un amplio margen de requerimientos de trabajo y condiciones de trabajo. Las estructuras de celosía de 24 pulg (609,6 mm) de profundidad están disponibles para espacios (span) como se especifica en las tablas de selección, y las estructuras de celosía de 42 pulg (1066,8 mm) de profundidad están disponibles para mayores espacios (span) el cual se requerirá una menor cantidad de apoyos verticales. Una estructura lateral rígida es colocada con

cada sección de celosía para el ensamblaje de campo. Estas estructuras laterales garantizan una mayor resistencia y rigidez de toda la armadura estructural.

- Secciones de celosía de transición:

Están disponibles para las secciones de celosía de sección de 24 pulg (609,6 mm) o 42 pulg (1066,8 mm) de profundidad. Están hechas con una medida normalizada de 7 pies (2,13 m) de longitud.

- Apoyos verticales:

Para soportar estructuras de transportadores de cinta que están disponibles para todos los anchos de cinta. Los apoyos verticales están disponibles en alturas desde 4 pies (1,21 m) hasta 50 pies (15,24 m) en incremento de dos pies (0,61 m)

CAPITULO 3: MARCO METODOLOGICO

3.1- Tipo de Investigación.

La presente investigación se considera dentro de la modalidad de un proyecto factible apoyado en una investigación de campo de carácter descriptivo.

Se dice que es un proyecto factible, debido a que se elabora una propuesta en un modelo operativo funcional factible, para buscar una solución viable a la situación o problemática que se presenta, en este caso el DISEÑO DE UNA PLANTA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA TRITURACIÓN DE MATERIAL NATURAL PARA OBTENER AGREGADOS PARA LA CONSTRUCCION CIVIL Y OTROS USOS INDUSTRIALES.

Se considera una investigación de campo ya que se debe levantar la información de interés en forma directa y llevar a cabo un análisis, para luego estar en disposición de proponer una solución. Además se realiza el diseño de una obra civil para disponer de ellos y colocar allí los equipos seleccionados y diseñados para la presente obra. También se realiza el diseño eléctrico para así generar y distribuir la energía a los puntos necesarios.

Es de carácter descriptiva, ya que se describen las características más resaltantes de los equipos seleccionados y diseñados para la obra.

3.2.- Área de Investigación.

La investigación se lleva a cabo en las instalaciones de *Canteras Horizontes C.A.*, con el fin de satisfacer sus necesidades. Dicha empresa se encuentra ubicada en la carretera nacional de Casanay, sector aguas calientes (camino vecinal vías Las Totumas), en el estado Sucre.

3.3.- Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos, son aquellos que nos permiten obtener los datos de realidad, necesarios para la elaboración de los requerimientos. Es cualquier recurso de que se valen los investigadores para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos los datos, a través de un método para recopilarlos. Los datos según su procedencia pueden subdividirse en dos grandes grupos, los datos primarios recolectados, los cuales son aquellos que los investigadores obtienen directamente de la realidad con sus propios instrumentos y por otra parte, los datos secundarios, son registros escritos que proceden también de un contacto con la práctica, pero que ya han sido escogidos y muchas veces procesados por otros investigadores.

Las técnicas utilizadas para el levantamiento de la información de esta investigación son las que se presentan a continuación:

➤ **Revisión bibliográfica.**

Se consultaron diferentes fuentes bibliográficas referentes a la selección y diseño de equipos para plantas de trituración de roca natural; para así poder determinar las características que están involucradas en el tema.

➤ **Observación directa.**

Con esta técnica se pudo observar de manera directa la zona y el sitio en forma puntual donde se instaló el equipo, tomando en cuenta especialmente la topografía del terreno, la cual permitió escoger el tipo de cantera más conveniente y la disposición final de esta.

➤ **Entrevista.**

Constituye la técnica de recopilación de datos más empleada en el análisis y diseño de obras, éstas se llevaron a cabo de manera informal sin establecer ningún tipo de cuestionario ni formato al respecto, a través de reuniones con un equipo multidisciplinario conformado por un ingeniero civil, un ingeniero electricista, un ingeniero en minas (tutor industrial), y un ingeniero mecánico. Con dichas entrevistas se pudieron obtener los requerimientos y necesidades para el diseño y selección de los equipos, lo cual garantizó el éxito de la propuesta y por ende la solución de la situación problemática. Es importante mencionar que todas las entrevistas fueron grabadas a fin de poder tener un material que verifica la situación expuesta.

3.4.- Método del Diseño.

Por lo general existe un numero infinito de soluciones a los problemas característicos de la ingeniería y pocas veces es posible presentar un porcentaje apreciable de las muchas y diversas soluciones posibles. Por lo común, son muchas las variables que intervienen y poco el tiempo disponible para evaluar las soluciones, de tal manera que la mayoría de las veces solamente se considera los factores mas importantes.

Los problemas casi nunca se nos presentan en bandeja de plata, casi siempre deben definirse, es decir, el procedimiento usual es el de enfrentarse a una situación y platear las diferentes alternativas sobre el problema. Los medios para resolver problemas y las soluciones obtenidas, están muy lejos de la perfección. En virtud de que deben obtenerse respuestas y resultados, tomarse decisiones y procedimientos disponibles, independientemente de sus imperfecciones. No debemos olvidar que la selección de soluciones a los problemas cotidianos, consiste siempre en seleccionar un conjunto de posibilidades, todas ellas imperfectas.

Con frecuencia algunas personas tienen la impresión de que las empresas contratan ingenieros para que diseñen maquinarias, productos, etc.; y con esto creen que los problemas están resueltos, por que los ingenieros hacen la distribución de la planta, el mantenimiento de las instalaciones, el flujo de producto, etc. Esto constituye un error grave ya que cualquier empresa tiene un sin fin de problemas dignos de atención y de mejoramiento.

La ingeniería se refiere principalmente a la aplicación de métodos analíticos de los principios de las ciencias físicas y sociales y del proceso creativo, el problema de convertir nuestras materias primas y otros recursos en formas que satisfagan las necesidades de la humanidad. El proceso relacionado con la solución de este proceso de conversión es conocido comúnmente con el nombre de diseño.

El problema fundamental del diseño reside en construir un equipo que responda lo más enteramente a las necesidades de la economía nacional, que de el mejor efecto económico y que disponga de los índices más altos técnicos-económicos y de explotación.

Los índices principales son: Alta productividad; rendimiento económico; resistencia mecánica; fiabilidad; peso mínimo; volumen metálico; dimensiones exteriores; capacidad energética; gastos de mano de obra; sencillez y seguridad de servicio; comodidad de manejo; montaje y desmontaje.

Naturalmente que el peso específico de cada uno de los factores enumerados dependen de la designación de la máquina.

Antes de diseñar se obtendrá una secuencia lógica para conseguir el mejor resultado al problema planteado, se desarrollara las posibles soluciones a través de un razonamiento lógico y creativo explicando someramente las características de cada idea.

Después a la definición de las soluciones, se realizará una evaluación y comparación de cada una bajo ciertos parámetros, para discriminar las ideas menos potenciales y así seleccionar la mejor a ser desarrollada, esta será especificada y descrita.

3.5-TORMENTA DE IDEAS:

Este método consiste en crear una serie de ideas propias del problema planteado, realizando una serie de esquemas con el fin de obtener una planta de trituración con una distribución óptima de los equipos seleccionados y aprovechar al máximo la ganancia de la inversión realizada.

Es importante señalar que para la aplicación de este punto se tendrá presente la consigna de ninguna propuesta es mala, para así no tener obstáculos de ninguna índole y poder evaluar una mayor cantidad de sugerencias, con el objeto de seleccionar la que mejor se amolde al propósito. Cada idea tendrá una breve descripción del funcionamiento y de los componentes en términos generales para así mostrar una mejor visión.

PROPUESTAS:

Propuesta N° 1: Planta distribuida en un solo nivel

Es una planta en donde todos sus equipos de trituración y selección están ubicados en un solo nivel. En donde su materia prima es transportada desde el punto de explotación hasta dicha planta.

Propuesta N° 2: Planta distribuida en dos niveles

Es una planta en donde todos sus equipos de trituración y selección se encuentran distribuidos en dos niveles. Este tipo de planta generalmente la etapa primaria se encuentra en un nivel, y la etapa secundaria y terciaria en otro nivel.

Propuesta N° 3: Planta distribuida por terrazas.

Es una planta en donde todos sus equipos de trituración y selección se encuentran distribuidos en diferentes niveles, es decir, cada etapa de trituración esta ubicada por niveles.

3.6.- ANALISIS MORFOLIGICO:

A continuación se escogerán los parámetros más importantes del problema, para evaluar las diferentes alternativas consideradas en la tormenta de ideas.

3.6.1.-Aprovechamiento del espacio.

3.6.2.-Flexibilidad a cambios en la tasa de producción.

3.6.3.-Aprovechamiento de la gravedad.

3.6.4.-Mantenimiento requerido.

3.6.5.-Monotonía.

3.6.6.-Seguridad.

3.6.7.-Innovación.

3.6.8.-Tiempo de producción requerido.

3.6.9.-Energía requerida.

3.6.1.- Aprovechamiento del espacio: Este parámetro de refiere esencialmente en emplear útilmente el espacio destinado a la instalación de dicha planta.

3.6.2.-Flexibilidad en cambios en la tasa de producción: Es la facilidad de modificar o alterar la capacidad de producción de la planta una vez ya instalada.

3.6.3.-Aprovechamiento de la gravedad: Es el empleamiento útil de la instalación de la planta el cual favorece en el traslado del material.

3.6.4.-Mantenimiento requerido: Dicho parámetro se refiere, con respecto a la disposición o bien sea facilidad a la hora de hacer cualquier tipo de mantenimiento en los equipos instalados.

3.6.5.-Seguridad: Confianza, tranquilidad que tiene el personal que opera en las instalaciones de la planta.

3.6.6.-Innovación: Se refiere esencialmente a la novedad o introducción de un tipo de instalación nueva en el país.

3.6.7.-Tiempo de producción: Es la duración o el tiempo que tarda la materia prima desde la zona de explotación, seguidamente trituración y finalizar como producto final.

3.6.8.-Energía requerida: Este parámetro es con respecto a la energía necesaria o seguridad bien sea en los equipos de trituración o en los equipos de traslado.

3.6.9.-Motivación: Se refiere esencialmente a la acción y efecto de motivar a los empleados de dicha planta.

3.7.-MATRIZ MORFOLOGICA:

PARAMETROS	Planta de un nivel	Planta de dos niveles	Planta distribuida por terrazas
1)Aprovechamiento del espacio	2	3	4
2)Flexibilidad en cambios en la tasa de producción	4	3	2
3)Aprovechamiento de la gravedad	1	3	5
4)Mantenimiento requerido	3	3	3
5) Seguridad	3	3	3
6) Innovación	2	2	5
7)Tiempo de producción	3	4	5
8)Energía requerida	3	4	5
9) Motivación	3	3	5
	24	28	35

Tabla III-01

Fuente: Elaboración propia.

Escala: 5	Excelente
4	Muy Bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Deficiente

La escala utilizada, fue tipo Likert, con respuestas: Excelente, Muy bueno, Bueno, Regular, Deficiente. El instrumento utilizado para la selección fue elaborado por Da costa M. Karina y Vellorí S, Néstor I, en su tesis de grado elaborado en el año 2001, en dicho cuestionario a los encuestados (los expertos), se les leyó las alternativas de respuestas a cada sujeto y se anotaron lo que respondieron según su percepción en una escala de 5 puntos, donde excelente corresponde a 5 puntos, muy bueno a 4 puntos, bueno a 3 puntos, regular a 2 puntos y deficiente a 1 punto. La escala final se califica sumando las puntuaciones obtenidas en cada renglón.

SELECCION DE LOS EQUIPOS:

La selección de los equipos de trituración se realizo mediante las tablas de especificaciones técnicas y las curvas de capacidad de producción de los manuales FACO.

Tomando en cuenta el volumen de producción que requieren los propietarios y los equipos ya adquiridos, en la entrevista con el grupo de expertos y los investigadores se dividió el programa de trabajo en tres etapas.



Fig. III-01

Fuente: Elaboración propia.

ETAPA PRIMARIA:

Donde se toma la roca natural (tamaño máximo entrada del triturador primario de mandíbula) y por compresión se fractura hasta 8 pulg (apertura del triturador primario)

ETAPA SECUNDARIA:

Se recibe el material del triturador primario donde las rocas tienen un tamaño máximo a 8 pulg y por compresión se fracturan hasta 5 pulg (apertura del triturador secundario).

ETAPA TERCIARIA:

El material pasa por las cribas de selección donde todo el material de 2 pulg o menos se envía a las pilas de almacenaje y el material mayor de 2 pulg es enviado a los conos de trituración terciarios, los cuales tienen una apertura de 2 pulg y 1/2 pulg.

SELECCION DEL MATERIAL:

La selección del material se hizo según la granulometría deseada mediante una criba de tres pisos, se utilizó una criba marca TELSMITH, ya adquirida por la empresa. La selección de las mallas en cada piso se hizo dependiendo de la granulometría que se desea en el material.

TRANSPORTE DEL MATERIAL ENTRE LAS ETAPAS:

El material se transporta entre las etapas por medios continuos (transportadores de cintas continuas) estas se calcularon por el método FACO y clasificación GOODYEAR según sus manuales, dependiendo de las capacidades necesarias y las longitudes requeridas en cada etapa.

3.8.- Diseño del pulmón:

La estructura del pulmón fue diseñada por el método L.R.F.D. (Load and Resistance Factor Design), utilizando el programa para diseño estructural SAP 2000 versión 8.0, el cual se utiliza una combinación de diseño que consiste en colocar 1,20 veces el peso de la estructura y se agregó una carga adicional, que en este caso representa el cono del material sobre la estructura.

CAPITULO IV: Cálculos

4.1.- Cálculos de capacidad de producción.

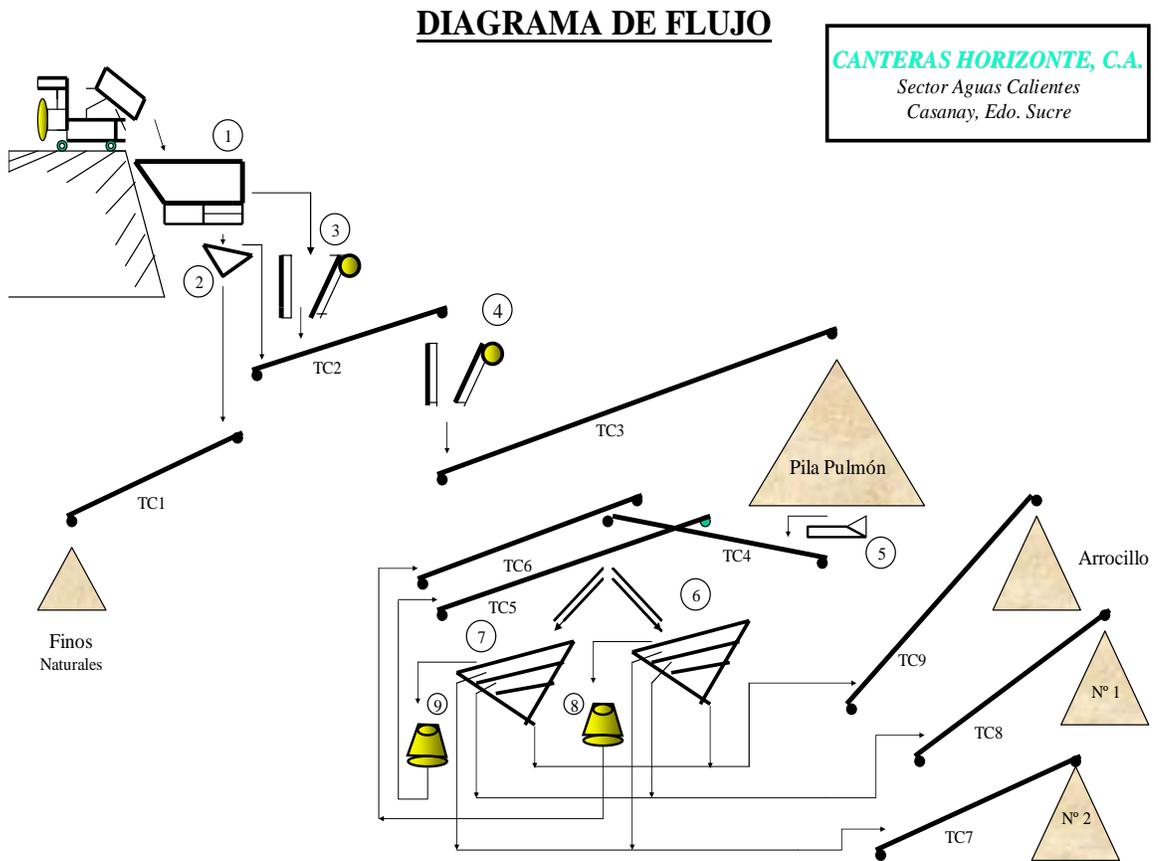


Fig. IV-01.
Fuente: Elaboración propia.

Equipos Utilizados:

- 1.- Tolva con alimentador vibratorio.
- 2.- Criba de Limpieza.
- 3.- Triturador primario de mandíbula.
- 4.- Triturador secundario de mandíbula.
- 5.- Canaleta vibratoria de alimentación.
- 6.- Criba de Selección, 5'x 16'/ 3 pisos.
- 7.- Criba de Selección, 5'x 16'/ 3 pisos.
- 8.- Triturador terciario de cono.
- 9.- Triturador terciario de cono.

Se desea la capacidad de producción de la planta para los siguientes productos deseados:

- Piedra picada N 2. Pasante 2 pulg (50,8 mm); retenido 1 pulg (25,4 mm)
- Piedra picada N 1. Pasante 1 pulg (25,4 mm) ; retenido ½ pulg (12,7 mm)
- Arrocillo. Pasante ½ pulg (12,7 mm) ; retenido ¼ pulg (6,35 mm)
- Polvillo. Pasante ¼ pulg (6,35 mm)

Trituración primaria: El triturador primario se ajusta a 8 pulg (203,2mm), (abertura en posición abierta), tiene una capacidad de producción de $240 \frac{m^3}{h}$, como se muestra en la siguiente tabla de producción:

Capacidades de producción (m^3/h)

Modelo	RPM	Excent (mm).	Abertura de salida (pulg)							
			4 1/2	5	6	7	8	9	10	12
8050C	280	16	72-95	77-100	88-115					
10060C	250	17	95-130	105-140	120-160	140-160	155-200			
10080C	250	17	90-140	100-155	110-170	140-200	160-230	177-260	200-290	
11080C	240	17	110-170	120-187	155-200	175-253	195-285	220-320		
12090C	230	17	145-205	155-230	185-275	210-310	240-370	265-410	280-450	
150120C	200	19					360-520	390-560	406-600	470-690

Tabla IV-01: Capacidades de producción.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

De acuerdo al circuito abierto en la primera etapa, con la siguiente grafica y la curva de 8 pulg, se calculan los porcentajes pasantes correspondientes para cada producto:

$$\begin{aligned}
 2 \text{ pulg: } 27\% & & 27 - 15 &= 12 \\
 1 \text{ pulg: } 15\% & & 15 - 9 &= 6 \\
 \frac{1}{2} \text{ pulg: } 9\% & & 9 - 6 &= 3 \\
 \frac{1}{4} \text{ pulg: } 6\% & & 3 &= \frac{3}{27\%}
 \end{aligned}$$

Curva de análisis del producto-Trituradores de mandíbulas

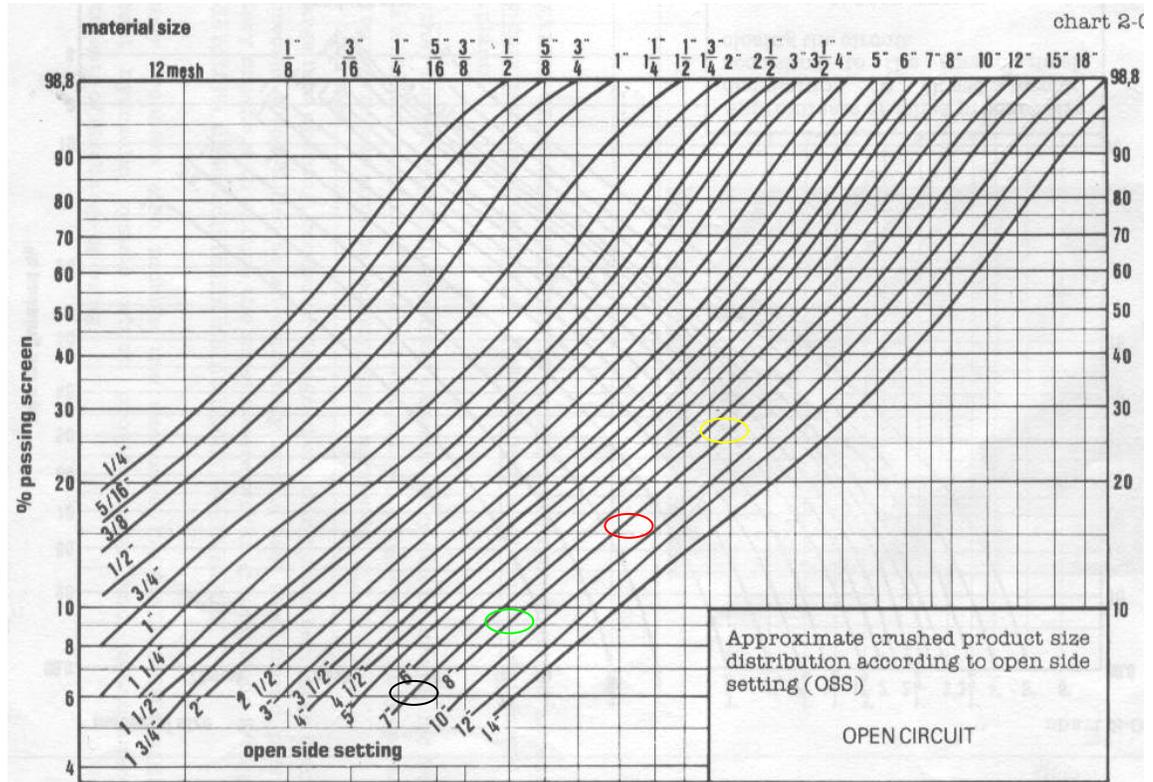


Grafico IV-01: Curva de análisis de productos-trituradores de mandíbula

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook.

Triturador secundario: Como todo el material tiene que ser más pequeño de 2 pulg, es necesario una nueva etapa de trituración. El triturador secundario a utilizar, es un triturador de mandíbula 12040 y se ajusta a una abertura de 5 pulg.

Con la abertura de 5 pulg de dicho equipo y la grafica Curva de análisis del producto-Trituradores de mandíbulas, se obtiene el porcentaje de material que pasa por la criba, el cual es 55% del total de material.

De aquí $(100 - 55) \% = 45\%$, ó $0,45 \times 240 \frac{m^3}{h} = 108 \frac{m^3}{h}$ será la alimentación para el triturador 12040 el cual debe estar ajustado a 5 pulg en posición abierta, en la siguiente tabla se muestra la capacidad de producción del triturador secundario.

Capacidad de Producción ($\frac{m^3}{h}$)

Modelo	RPM	Exc. (mm)	Abertura de salida (pulg)											
			1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5
6013		10	3-4	5-6.5	7-9	9-12								
8013	350	12.5	4-5	6.5-8.8	9-12	12-16								
9026	300	13			17-22	20-26	29-37	37-48	45-58					
12040	280	16						55-78	65-85	75-97	83-105	100-130	110-142	120-156

Tabla IV-02: Capacidades de producción.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Con la gráfica de circuito abierto para la segunda etapa y la curva de 5 pulg, los porcentajes pasantes son:

2 pulg: 38%	$38 - 22 = 16$	$16 \times 0,45 = 7,2$
1 pulg: 22%	$22 - 10 = 12$	$12 \times 0,45 = 5,4$
½ pulg: 14%	$10 - 7 = 3$	$3 \times 0,45 = 1,35$
¼ pulg: 7%	$7 = \frac{7}{38\%}$	$7 \times 0,45 = 3,15$

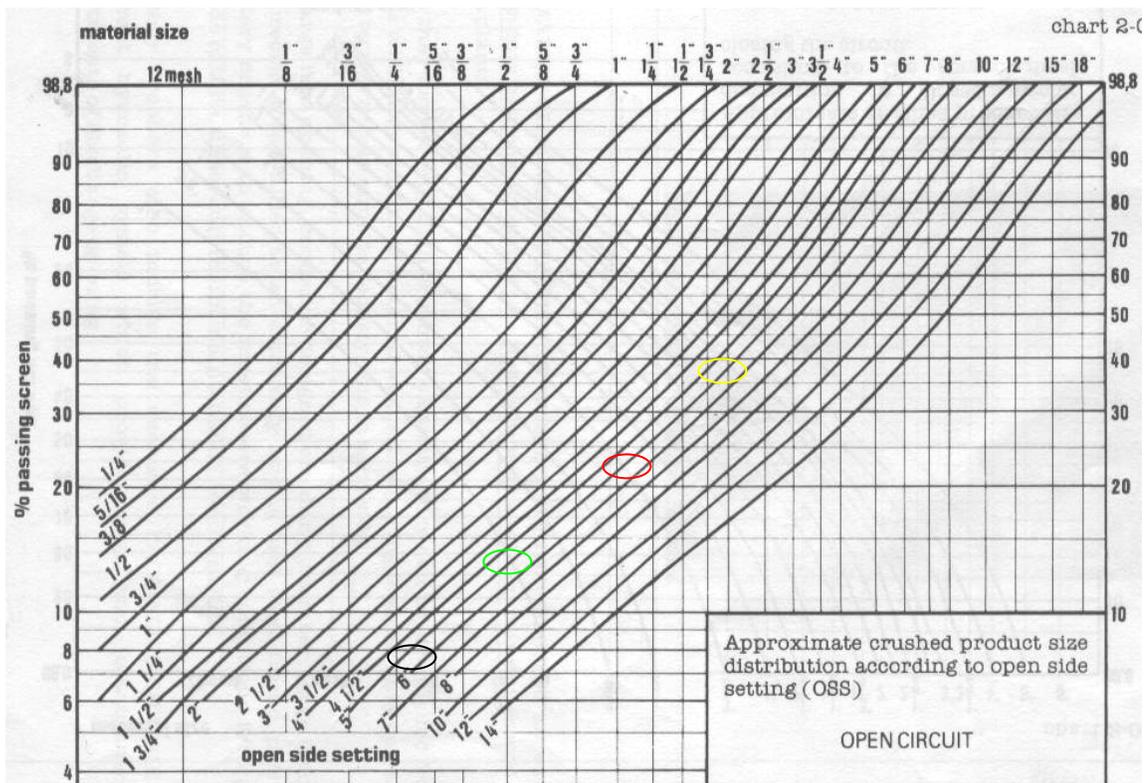


Grafico IV-02: Curva de análisis de productos-trituradores de mandíbula.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Rango (pulg)	Primario (%)	Secundario (%)	Total (%)
2	12	7,2	19,2
1	6	5,4	11,4
½	3	1,35	4,35
¼	6	3,15	9,15
			44,1

Tabla IV-03

Fuente: Elaboración propia.

$(100 - 44,1)\% = 55,9 \%$, el material es mas grande de 2 pulg.

Trituradores Terciarios: Dos trituradores terciarios de cono 120 RS y 120 RF.

- Trabajando en conjunto: Los trituradores terciarios van a trabajar en conjunto con una capacidad de $120 \frac{m^3}{h}$, trabajando cada uno con una capacidad de $60 \frac{m^3}{h}$.

120 RS:

En la siguiente tabla se muestra la capacidad de producción del triturador de cono, modelo 120 RS, la cual cumple con la capacidad requerida.

Capacidad de Producción (m^3/h)

MODELO	Cámara de Trituración	Capacidad de Producción (m^3/h) Abertura de Salida (pulg)										
		3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2
50 TS	FINO	4-6	5-7	7-9	8-12	10-14	-	-	-	-	-	-
	MEDIO	-	5-7	7-9	8-12	10-14	12-16	-	-	-	-	-
	GRUESO	-	-	7-9	8-12	10-14	12-16	13-17	14-18	-	-	-
60 TS	FINO	-	9-13	12-17	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
	MEDIO	-	-	12-17	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
	GRUESO	-	-	-	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
90 RA 90 RS	FINO	-	-	20-28	23-32	32-44	40-55	43-59	47-65	-	-	-
	MEDIO	-	-	-	23-32	32-44	40-55	43-59	47-65	50-69	60-82	-
		-	-	-	-	-	40-55	43-59	47-65	50-69	60-82	62-85
120 RA 120 RS	FINO	-	-	-	48-66	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	-
	MEDIO	-	-	-	-	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166
	GRUESO	-	-	-	-	-	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166
120 RG	GRUESO	-	-	-	-	-	-	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166

Tabla IV-04: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

2 pulg: 100%	$100 - 38 = 62$	$62 \times 0,60 = 37,2$
1 pulg: 38%	$38 - 15 = 23$	$23 \times 0,60 = 13,8$
$\frac{1}{2}$ pulg: 15%	$15 - 9 = 6$	$6 \times 0,60 = 3,6$
$\frac{1}{4}$ pulg: 9%	$9 = \frac{9}{100\%}$	$9 \times 0,60 = \frac{5,4}{60m^3/h}$

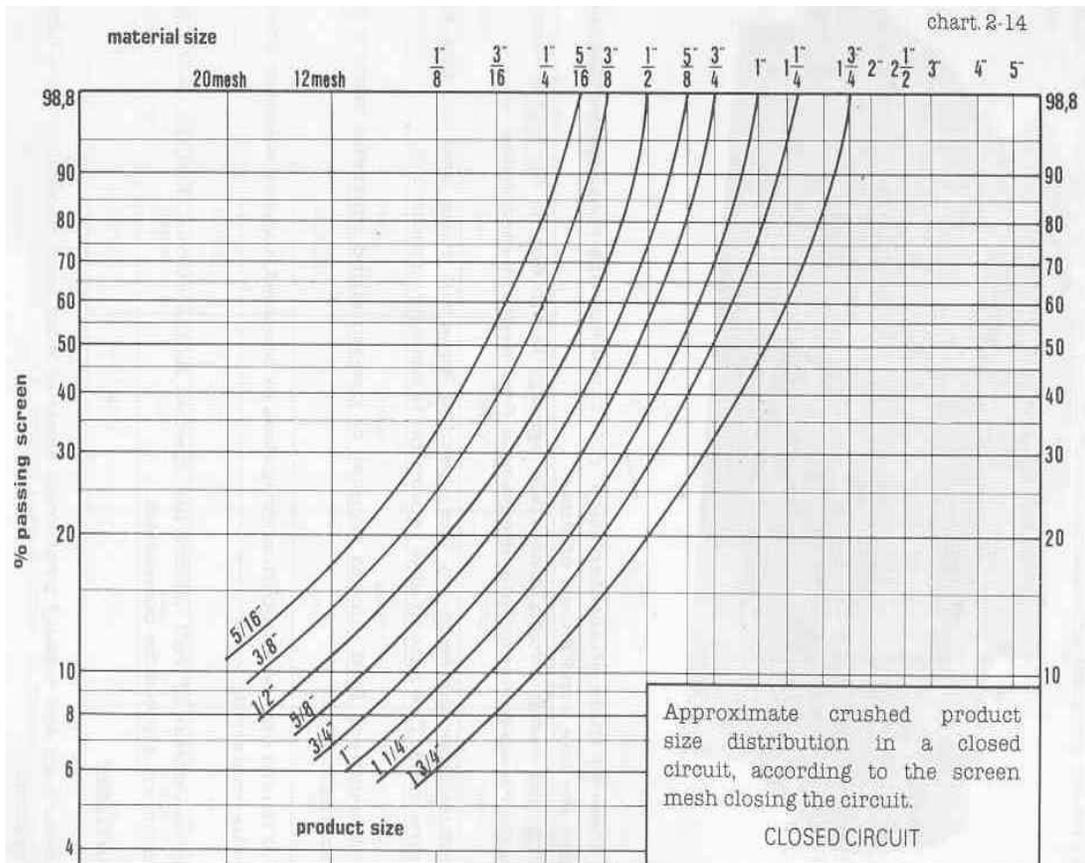


Grafico IV-03: Curva de análisis de productos-trituradores de cono
Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

120 RF:

En la siguiente tabla se muestra la capacidad de producción del triturador de cono, modelo 120 RF, la cual cumple con la capacidad requerida.

Capacidad de Producción (m^3/h)

MODELO	Cámara de trituración	CAPACIDAD DE PRODUCCION(m^3/h) ABERTURA DE SALIDA (pulg)								
		1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
60TF	FINO	5-7	7-9	8-12	9-13	10-14	16-22	19-26	23-32	-
	MEDIO	-	7-9	8-12	9-13	10-14	16-22	19-26	23-32	-
	GRUESO	-	-	-	-	10-14	16-22	19-26	23-32	-
90RA 90RF	FINO	-	13-19	19-26	22-31	27-37	41-56	50-69	-	-
	MEDIO	-	-	19-26	22-31	27-37	41-56	50-69	59-81	-
	GRUESO	-	-	-	22-31	27-37	41-56	50-69	59-81	65-90
120RA 120RF	FINO	-	-	33-46	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	-
	MEDIO	-	-	-	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	125-172
	GRUESO	-	-	-	-	48-66	63-87	81-111	110-150	125-172

Tabla IV-05: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

½ pulg: 100%

$$100 - 40 = 60$$

$$60 \times 0,60 = 36$$

¼ pulg: 40%

$$40 = \frac{40}{100\%}$$

$$40 \times 0,60 = \frac{24}{60m^3/h}$$

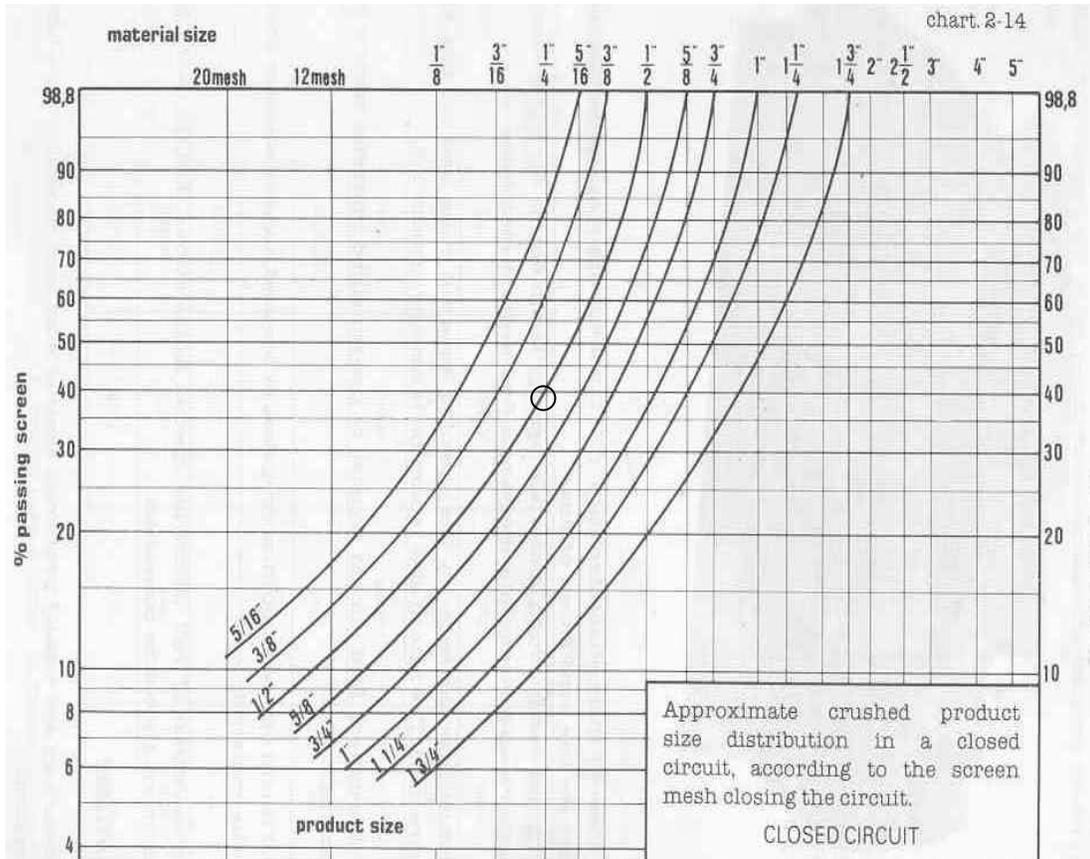


Grafico IV-04: Curva de análisis de productos-trituradores de cono.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Finalmente

Tamaño de la piedra (pulg/mm)	120 RS (m^3/h)	120 RF (m^3/h)	Total (m^3/h)
2/50,8	37,2	-	37,2
1/25,4	13,8	-	13,8
1/2/12,7	3,6	36	39,6
1/4/6,35	5,4	24	29,4
			120 m^3/h

Tabla IV-06

Fuente: Elaboración propia.

- Trabajando únicamente 120 RS:

En la siguiente tabla se muestra la capacidad de producción del triturador de cono, modelo 120 RS, la cual cumple con la capacidad requerida.

Capacidad de Producción (m^3/h)

MODELO	Cámara de Trituración	Capacidad de Producción (m^3/h) Abertura de Salida (pulg)										
		3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2
50 TS	FINO	4-6	5-7	7-9	8-12	10-14	-	-	-	-	-	-
	MEDIO	-	5-7	7-9	8-12	10-14	12-16	-	-	-	-	-
	GRUESO	-	-	7-9	8-12	10-14	12-16	13-17	14-18	-	-	-
60 TS	FINO	-	9-13	12-17	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
	MEDIO	-	-	12-17	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
	GRUESO	-	-	-	15-21	18-25	20-28	23-32	26-36	30-41	-	-
90 RA 90 RS	FINO	-	-	20-28	23-32	32-44	40-55	43-59	47-65	-	-	-
	MEDIO	-	-	-	23-32	32-44	40-55	43-59	47-65	50-69	60-82	-
	GRUESO	-	-	-	-	-	40-55	43-59	47-65	50-69	60-82	62-85
120 RA 120 RS	FINO	-	-	-	48-66	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	-
	MEDIO	-	-	-	-	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166
	GRUESO	-	-	-	-	-	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166
120 RG	GRUESO	-	-	-	-	-	-	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166

Tabla IV-07: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

2 pulg: 100%	100 – 38 = 62	62 x 1,20 = 74,4
1 pulg: 38%	38 – 15 = 23	23 x 1,20 = 27,6
½ pulg: 15%	15 – 9 = 6	6 x 1,20 = 7,2
¼ pulg: 9%	$9 = \frac{9}{100\%}$	$9 \times 1,20 = \frac{10,8}{120m^3/h}$

- Trabajando únicamente 120 RF:

En la siguiente tabla se muestra la capacidad de producción del triturador de cono, modelo 120 RF, la cual cumple con la capacidad requerida.

Capacidad de Producción (m^3/h)

MODELO	Cámara de trituración	CAPACIDAD DE PRODUCCION(m^3/h) ABERTURA DE SALIDA (pulg)								
		1/8	3/16	¼	5/16	3/8	½	5/8	¾	7/8
60TF	FINO	5-7	7-9	8-12	9-13	10-14	16-22	19-26	23-32	-
	MEDIO	-	7-9	8-12	9-13	10-14	16-22	19-26	23-32	-
	GRUESO	-	-	-	-	10-14	16-22	19-26	23-32	-
90RA 90RF	FINO	-	13-19	19-26	22-31	27-37	41-56	50-69	-	-
	MEDIO	-	-	19-26	22-31	27-37	41-56	50-69	59-81	-
	GRUESO	-	-	-	22-31	27-37	41-56	50-69	59-81	65-90
120RA 120RF	FINO	-	-	33-46	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	-
	MEDIO	-	-	-	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	125-172
	GRUESO	-	-	-	-	48-66	63-87	81-111	110-150	125-172

Tabla IV-08: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \text{ pulg: } & 100\% & 100 - 40 = 60 & 60 \times 1,20 = 72 \\ \frac{1}{4} \text{ pulg: } & 40\% & 40 = \frac{40}{100\%} & 40 \times 1,20 = \frac{48}{120m^3/h} \end{aligned}$$

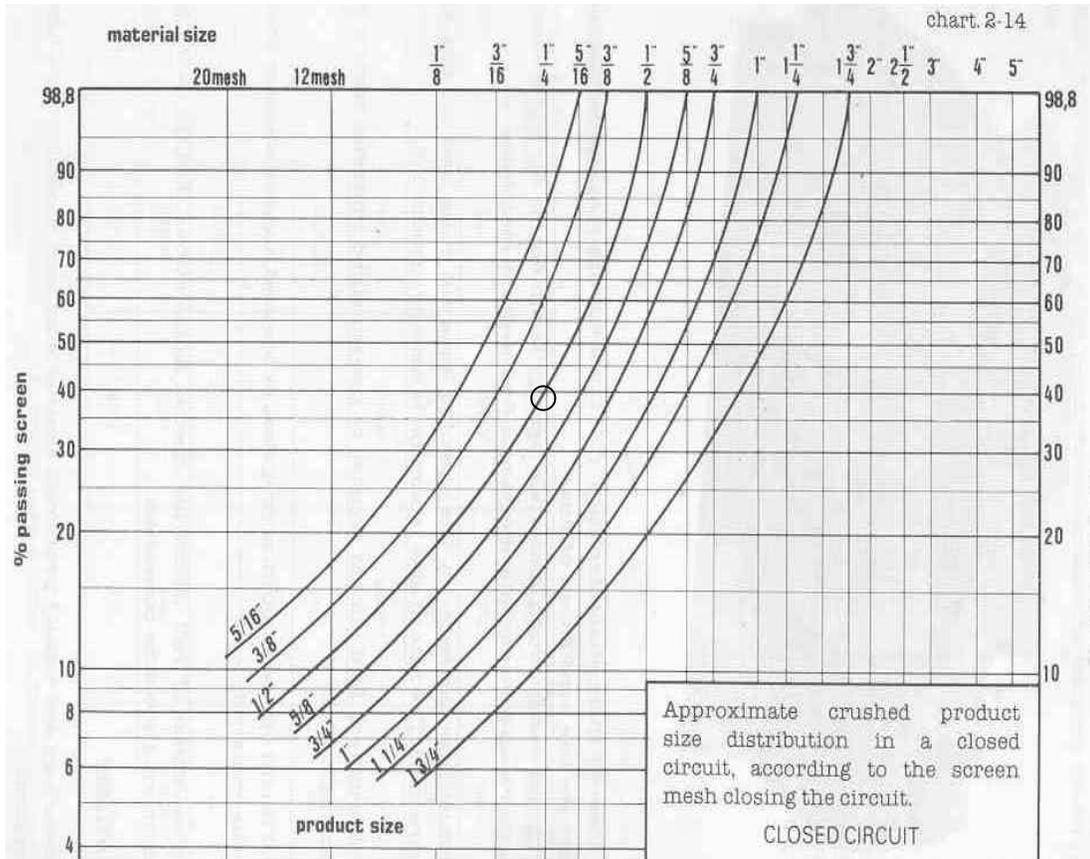


Grafico IV-05: Curva de análisis de productos-trituradores de cono.
Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

4.2.- Cálculo tipo de cinta transportadora (TC3).

Cálculo tipo:

α : Ángulo de reposo del material en la cinta

ϕ : Ángulo de reposo del material en la formación de la pila (caso dinámico).

χ : Ángulo de reposo del material en la formación de la pila (caso estático)

β : Ángulo de las ternas.

λ : Ángulo de inclinación del transportador con respecto a la horizontal.

γ : Densidad de la roca triturada.

TC3

Datos:

$$C = 240 \frac{m^3}{h} \quad (0,067 \frac{m}{s})$$

$$L = 24 \text{ m}$$

Tamaño máximo a transportar = 5 pulg (127 mm)

$$\gamma = 1,4 \frac{t}{m^3} \quad (1400 \frac{kg}{m^3})$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$\lambda = 15^\circ$$

$$\phi = 45^\circ$$

La capacidad del material transportado (Q) es una función de la sección transversal del transportador, velocidad de la cinta (V), y la densidad del material (γ).

El área de la sección transversal es la suma del área trapezoidal con la sección circular, siendo una función con el ancho de la banda (B), la cantidad de rodillos y su inclinación (β), y el ángulo de reposo del material sobre la cinta (α).

El ángulo de reposo del material (α) sobre la cinta es una característica de cada material siendo aproximadamente de 10° a 15° menor que su ángulo de reposo debido a la tendencia del levantamiento causada por la vibración de la cinta en las estaciones.

$$\alpha = \phi - 15^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ - 15^\circ$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Características de los materiales

Material	Forma de las partículas	Tamaño (pulg)	γ (t/m^3)	ϕ ($^\circ$)	χ ($^\circ$)
Arena natural	Redonda	0 – 1/8	1,6	35	40
Arena artificial	Cúbica	0 – 1/8	1,6	35	40
Piedra picada	Cúbica	0 – 2 ½	1,5	40	45
Piedra picada	Laminar	0 – 2 ½	1,4	40	45
Piedra picada	Cúbica	0 – 10	1,4	45	55
Piedra picada	Laminar	0 – 10	1,5	30	35
Piedrecita	Redonda	0 – 2 ½	1,5	30	35
Tierra seca	-	-	1,4	40	35
Mineral de hierro	Laminar	0 – 2 ½	2,7	40	45
Carbón	-	0 – 4	0,9	30	35

Tabla IV-09: Características de los materiales.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Selección del ancho de banda:

Con el ángulo de reposo del material en la cinta ($\alpha = 30^\circ$), tamaño máximo del material (5 pulg) y considerando el material 90% grueso y 10% fino. Se obtiene de la siguiente tabla el valor del ancho de la cinta (B):

$$B = 30 \text{ pulg (762 mm)}$$

Ancho de la banda vs. Tamaño máximo del material

Ancho de cinta (pulg)	Tamaño máximo del material					
	$\alpha = 10^\circ$		$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 30^\circ$	
	90% grueso 10% Fino (pulg)	100% grueso (pulg)	90% grueso 10% Fino (pulg)	100% grueso (pulg)	90% grueso 10% Fino (pulg)	100% grueso (pulg)
16	8	5 5/16	5 5/16	3 3/16	2 5/8	1 9/16
20	10	6 5/16	6 5/16	4	3 5/16	2
24	12	8	8	4 3/4	4	2 3/8
30	15	10	10	6	5	3
36	18	12	12	7 3/16	6	3 5/8
42	21	14	14	8 3/8	7	4 3/16
48	24	16	16	9 9/16	8	4 3/4
54	27	18	18	10 3/4	9	5 3/8
60	30	20	20	12	10	6
66	33	22	22	13 3/16	11	6 5/8
72	36	24	24	14 3/8	12	7 3/16

Tabla IV-10: Ancho de la banda vs. Tamaño máximo del material.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook .

- Selección de la velocidad de la cinta transportadora:

La velocidad de la cinta (V) es una función de las características del material a ser transportado, y del ancho de la cinta (B). Cuando hay limitaciones de espacio o capacidad, las velocidades mostradas en la tabla pueden ser incrementadas hasta un 25% o más en algunos casos. Sin embargo, bajo condiciones normales, es recomendable tener anchos de cintas compatibles con las velocidades indicadas. Para materiales finos y secos una alta velocidad puede resultar una nube de polvo. Para materiales pesados o alta granulometría una alta velocidad puede causar un desgaste acentuado en la descarga del material.

$$V = 2,8 \text{ m/s}$$

Velocidades máximas recomendadas (m/s)

Ancho de cinta "B" (pulg)	Materiales no abrasivos de libre flujo	Carbón, tierra, mineral triturado, roca fina triturada, ligeramente abrasivo.	Mineral y roca triturada altamente abrasiva
16	2,5	1,6	1,6
20	3,0	2,0	1,8
24	3,0	2,5	2,3
30	3,6	3,0	2,8
36	4,1	3,3	3,0
42	4,1	3,6	3,0
48	4,6	3,6	3,3
54	5,1	3,6	3,3
60	5,1	3,6	3,3
66	-	4,1	3,8
72	-	4,1	3,8

Tabla IV-11: Velocidades máximas recomendadas para distintos materiales

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook.

- Cálculo de la capacidad volumétrica (C') y la distancia estándar del material al borde de la cinta (d_p):

Distancia estándar del material al borde de la cinta:

$$d_p = 0,055B + 0,9$$

$$d_p = 0,055 \times 30 \text{ pulg} + 0,9$$

$$d_p = 2,55 \text{ pulg} (64,77 \text{ mm})$$

Capacidad volumétrica (C´):

$$C' = C_{\text{tabla}} \cdot V \cdot K;$$

C_{tabla} : Capacidad volumétrica (m^3/h) de un transportador a la

velocidad de $V = 1$ m/s.

K: Factor de corrección para la capacidad del transportador debido a su inclinación (λ).

Se obtiene el valor de C_{tabla} , con el ancho de banda (B), ángulo de reposo del material y el ángulo de inclinación de los rodillos en la siguiente tabla:

$$C_{\text{tabla}} = 244,33 \text{ } m^3/h \text{ (} 0,06787 \text{ } m^3/s \text{)}$$

Capacidad del transportador en m^3/h a $1m/s$

Estaciones	Angulo de reposo del material (°)	Ancho de banda (pulg)					
		24	30	36	42	48	54
$\beta = 20^0$	0	58	95	141	197	261	335
	5	69	114	169	236	313	401
	10	82	134	199	277	367	470
	15	94	154	228	318	424	539
	20	107	174	258	359	476	609
	25	120	196	290	402	533	682
	30	133	217	321	445	590	755
$\beta = 35^0$	0	93	152	226	314	417	535
	5	103	169	250	348	462	592
	10	114	186	276	384	509	652
	15	125	204	302	419	556	711
	20	135	221	328	455	603	772
	25	147	240	355	492	652	835
	30	158	258	382	530	702	898
$\beta = 45^0$	0	109	179	265	369	490	627
	5	118	194	287	399	529	678
	10	128	209	309	430	570	729
	15	137	224	331	460	610	780
	20	147	239	354	492	651	833
	25	157	255	378	524	694	888
	30	166	271	401	556	737	942

Tabla IV-12: Capacidad del transportador en m^3/h a $1m/s$.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

El factor de corrección (K), se obtiene con el ángulo de inclinación del transportador con respecto a la horizontal (λ) en la siguiente tabla:

Factor de corrección de capacidad

λ (°)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21
K	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81	0,78

Tabla IV-13: Factor de corrección de capacidad.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

$$K = 0,9$$

$$C' = 244,33 \times 2,8 \times 0,9$$

$$C' = 615,71 \frac{m^3}{h} \quad (0,1710 \frac{m^3}{s})$$

- Selección de la serie de rodillos

Para seleccionar la mejor serie de rodillos para cumplir su labor, se utiliza el factor de aplicación como sigue:

$$R = A \cdot B'$$

Factor A-Tipo de Servicio

Periodo de Trabajo h/dia	Tipo de Instalación	Densidad del Material (t/m^3)	Factor A
Hasta 6	Operación intermitente	<1,6	6
De 6 a 9	Instalación temporánea	<1,6	6
De 6 a 9	Todas	De 1,6 hasta 1,8	12
De 6 a 9	Todas	>1,8	15
De 10 a 16	Todas	<1,6	9
De 10 a 16	Todas	De 1,6 a 1,8	12
De 10 a 16	Todas	>1,8	15
De 16 a 24	Todas	-	15

Tabla IV-14: Factor A-Tipo de Servicio.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Factor B' - Características del material

Tamaño Máximo (pulg)	Densidad del material ($\frac{t}{m^3}$)						
	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2
4	24	36	48	60	72	84	96
6	32	48	64	80	96	112	128
8	40	60	80	100	120	140	160
10	48	72	96	120	144	168	192
12	56	84	112	140	168	196	224
14	64	96	128	160	192	224	256
16	72	108	144	180	216	252	288
18	80	120	160	200	240	280	320

Tabla IV-15: Factor B-Características del material.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Se obtiene lo siguiente:

$$R = 9 \cdot 49 = 441$$

$$R = 441$$

Con el valor de R y la velocidad de la cinta (V) se va la siguiente gráfica:

Selección de tipos de rodillos

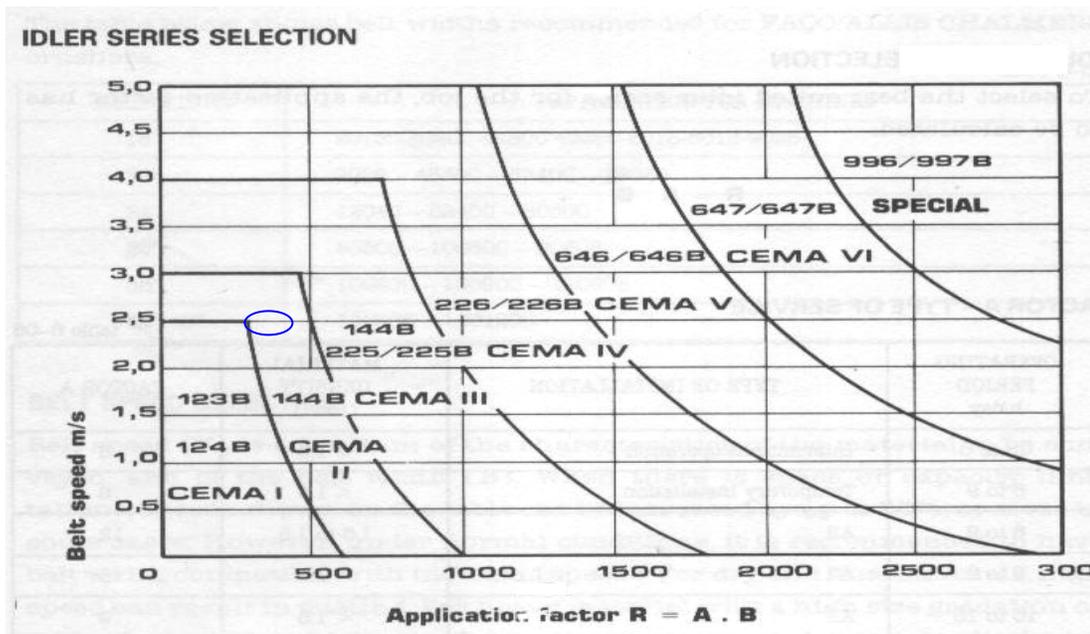


Grafico IV-06: Selección de tipos de rodillos.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Se obtiene un punto ubicado en la zona CEMA III modelo 144B.

- Determinación del espacio entre rodillos

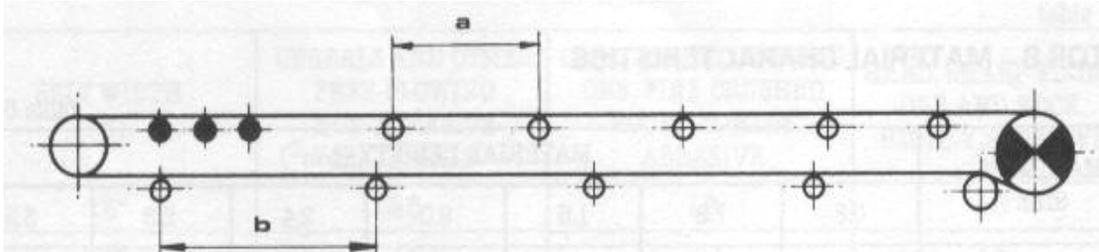


Fig. IV-02: Espaciamiento entre rodillos.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

a = espacio entre los rodillos de carga

b = espacio entre los rodillos de retorno

Los espacios entre los rodillos de carga y retorno dependen del ancho de la cinta. La distancia entre los rodillos de carga es también una función de la densidad del material a ser transportado. El propósito es evitar una deflexión de la cinta acentuada entre los rodillos.

Selección de los espacios entre los rodillos de carga y los de retorno

Ancho de la cinta "B" (pulg)	Espacio a entre los rodillos de carga			Espacio b Entre los rodillos de retorno
	Densidad del material (t/m^3)			
	0,8	1,6	2,4	
16	1,50m	1,50m	1,35m	3,0m
20	1,50m	1,20m	1,20m	
24	1,35m	1,20m	1,20m	
30	1,35m	1,20m	1,20m	
36	1,35m	1,20m	1,05m	
42	1,35m	1,00m	0,90m	
54	1,20m	1,00m	0,90m	
60	1,20m	1,00m	0,90m	
72	1,20m	0,90m	0,90m	2,5m

Tabla IV-16: Selección de los espacios entre los rodillos de carga y los de retorno.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

De la tabla con el ancho de cinta (B) se obtiene:

$$a = 1,2375m$$

$$b = 3m$$

- Cálculo de la potencia efectiva:

Este método se aplica para transportadores de pequeña capacidad con una longitud de hasta 100m. Para aplicaciones de mayor envergadura se utiliza el metodo CEMA.

La potencia efectiva requerida para transportar el material es obtenido por la formula:

$$N_e = V \cdot (N_v + N_g) + \frac{Q \cdot (N_1 \pm N_h)}{100}$$

Donde cada término significa lo siguiente:

N_e : Potencia efectiva total (HP)

N_v : Potencia requerida para conducir el transportador vacío a una velocidad de $1 \frac{m}{s}$ (HP).

N_1 :Potencia requerida para transportar $100 \frac{t}{h}$ del material a lo largo de la distancia (L), en un plano horizontal (HP).

N_h :Potencia para elevar o bajar $100 \frac{t}{h}$ del material con una altura (H) (HP).

N_g :Potencia para superar la fricción con accesorios guías a la velocidad de $1 \frac{m}{s}$.

V: velocidad de la cinta ($\frac{m}{s}$).

Q: Cantidad del material transportado ($\frac{t}{h}$)

Potencia para conducir el transportador vacío a $1,0 \frac{m}{s}$

$$N_v = 1,074 \text{ HP (0,8012 kW)}$$

Ancho de la cinta "B" (pulg)	N_v (HP)												
	Longitud del transportador (m)												
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110
16	0,37	0,47	0,54	0,61	0,70	0,80	0,90	1,01	1,10	1,20	1,31	1,42	1,53
20	0,45	0,55	0,64	0,72	0,81	0,95	1,09	1,20	1,32	1,43	1,54	1,67	1,80
24	0,57	0,70	0,83	0,91	1,01	1,20	1,33	1,52	1,67	1,80	1,92	2,06	2,19
30	0,69	0,81	0,97	1,10	1,22	1,44	1,66	1,83	2,04	2,19	2,39	2,55	2,71
36	0,75	0,94	1,08	1,23	1,35	1,58	1,80	2,03	2,24	2,45	2,64	2,84	3,03
42	0,85	1,01	1,22	1,39	1,54	1,80	2,04	2,28	2,52	2,76	2,95	3,17	3,38
48	1,02	1,20	1,32	1,64	1,80	2,13	2,40	2,71	2,98	3,23	3,48	3,74	4,00

Tabla IV-17: Potencia para conducir el transportador vacío a $1,0 \frac{m}{s}$.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Potencia para mover $100 \frac{t}{h}$ del material en el plano horizontal

$$N_1 = 0,7845 \text{ HP (0,5852 kW)}$$

L(m)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
N_1 (HP)	0,50	0,63	0,74	0,81	0,95	1,11	1,25	1,42	1,50	1,64	1,75

Nota: L = Longitud del transportador proyectada en la horizontal

Tabla IV-18: Potencia para mover $100 \frac{t}{h}$ del material en el plano horizontal.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Potencia para subir o bajar $100 \frac{t}{h}$ de material

$$N_h = 2,336 \text{ HP (1,742 kW)}$$

Altura "H" (m)	2	3	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5
N_h (HP)	0,8	1,2	1,9	2,8	3,7	4,7	5,6	6,5	7,4	8,4	9,3	10,2

Tabla IV-19: Potencia para subir o bajar $100 \frac{t}{h}$ de material.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

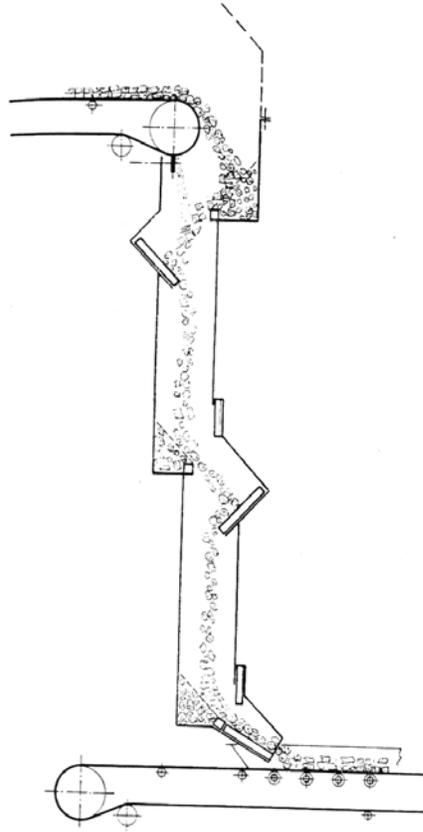
Potencia para superar la fricción con accesorios guías a $1,0 \frac{m}{s}$

Longitud de accesorios guías (m)	5	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60
N_g (HP)	0,60	1,26	2,52	3,18	3,84	4,56	5,28	6,00	6,72	7,38	8,10

Nota: En nuestro caso estos valores se desprecian porque no se requiere el uso de accesorios guías.

Tabla IV-20: Potencia para superar la fricción con accesorios guías a $1,0 \frac{m}{s}$.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook



Accesorios guía.
Fig. IV-03
Fuente: Targheta-Arriola

$$N_e = V \cdot (N_v + N_g) + \frac{Q \cdot (N_1 + N_h)}{100}$$

$$N_e = 2,8 \cdot (1,074) + \frac{240 \cdot 1,4 \cdot (0,7845 + 2,336)}{100}$$

$$N_e = 13,492HP (10,065 kW)$$

- Cálculo de la potencia del motor.

Una vez encontrada la potencia efectiva N_e (HP), el motor a ser utilizado puede ser seleccionado, considerando las pérdidas de transmisión:

$$N_{motor} = \frac{N_e}{\eta_t} \quad \text{Donde } \eta_t = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \dots \eta_n$$

Eficiencias

Transmisión	Eficiencia (η)
Cintas en V y poleas.	0,94
Cadenas de rodillo, sin lubricación.	0,93
Cadenas de rodillo, con aceite para lubricación.	0,95
Motor de engranaje o moto reductor de velocidad de reducción helicoidal simple.	0,95
Motor de engranaje o moto reductor de velocidad de reducción helicoidal doble.	0,94
Motor de engranaje o moto reductor de velocidad de reducción helicoidal triple.	0,93
Engranajes helicoidales de reducción doble, reductores de velocidad del eje instalado.	0,94
Radio pequeño (hasta un rango de 20:1) para reductores de velocidad de engranajes.	0,90
Radio medio (desde un rango de 20:1 hasta 60:1) para reductores de velocidad de engranajes.	0,70
Radio grande (desde un rango de 60:1 hasta 100:1) para reductores de velocidad de engranaje	0,50
Acoplamiento hidráulico	0,96-0,98
Caída de voltaje	0,90-0,95

Tabla IV-21: Eficiencias.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Se obtiene la eficiencia total η_t :

$$\eta_t = 0,94 \cdot 0,94 \cdot 0,70 \cdot 0,90 = 0,5567$$

$$\eta_t = 0,5567 \cdot 100\% = 55,67\%$$

$$\eta_t = 55,67\%$$

Entonces se obtiene la potencia del motor N_{motor} :

$$N_{motor} = \frac{N_e}{\eta_t} = \frac{13,492HP}{0,5567}$$

$$N_{motor} = 24,235HP \text{ (18,079 kW)}$$

$$N_{motor} \approx 25HP$$

- Cálculo de la tensión en la cinta transportadora.

Obteniendo la potencia efectiva (N_e), es posible calcular la tensión efectiva de la cinta (T_e), el cual es la fuerza tangencial que conduce la cinta, por la siguiente formula:

$$T_e = \frac{75 \cdot N_e}{V}$$

Donde T_e : Tensión efectiva (kg)

N_e : Potencia efectiva (HP)

V : Velocidad de la cinta (m/s)

$$T_e = \frac{75 \cdot 13,492}{2,8}$$

$$T_e = 361,392 \text{Kgf} \quad (3540,61 \text{ N})$$

La tensión máxima es mucho mayor que T_e , como también la pretensión necesitada para conducir la cinta desde la polea debe ser incluida. En este caso se obtiene las tensiones T_1 y T_2 :

$$T_1 = T_e \cdot (1 + K) \quad T_2 = K \cdot T_e$$

El factor K depende del ángulo de contacto entre la cinta y la polea, como también del coeficiente de fricción entre estos dos elementos.

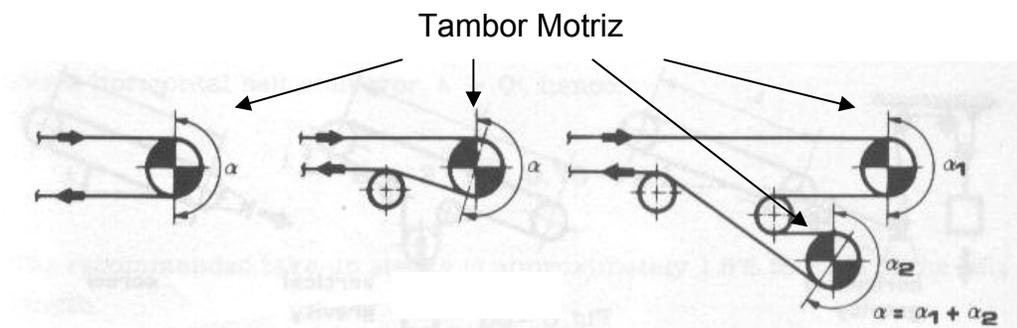


Fig. IV-04: Tipos de ángulos de contacto.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Factor K

Tipo de transmisión	Angulo de contacto (°)	Tensado por gravedad		Tensado por tornillo	
		Polea de superficie lisa	Polea de superficie recubierta	Polea de superficie lisa	Polea de superficie Recubierta
Simple	180	0,84	0,50	1,20	0,80
Simple, con poleas de tensión	200	0,72	0,42	1,00	0,70
	210	0,66	0,38	1,00	0,70
	220	0,62	0,35	0,90	0,60
Doble	240	0,54	0,30	0,80	0,60
	380	0,23	0,11	-	-
	420	0,18	0,08	-	-

Nota: Los valores de la tabla fueron obtenidos usando 0,25 como coeficiente de fricción para superficie lisa y 0,35 para superficie rustica.

Tabla IV-22: Factor K.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

De la tabla se obtiene $K = 0,80$, y se calcula T_1 y T_2 :

$$T_1 = (1 + 0,8) \cdot 361,392 \text{Kgf}$$

$$T_1 = 650,5056 \text{Kgf} \quad (6373,11 \text{ N})$$

$$T_2 = 0,8 \cdot 361,392 \text{Kgf}$$

$$T_2 = 289,1136 \text{Kgf} \quad (2832,49 \text{ N})$$

- Selección de espesor y calidad de cubierta:

Las cubiertas son elementos de protección de la carcasa de la cinta y una selección correcta será fundamental para garantizar una larga vida útil de las cintas.

El tipo y espesor son seleccionados de acuerdo a las características del material y las condiciones de trabajo como se muestra en la siguiente tabla.

Como la longitud $L = 24m$ y $V = 2,8m/s$ se obtiene los ciclos por minuto:

$$Ciclor\ min = \frac{2 \cdot L}{V} = \frac{2 \cdot 24m}{2,8m/s \cdot 60\ s/1min}$$

$$Ciclor\ min = 0,2857 \ (0,030\ rad/s)$$

El material de la cubierta en la parte superior de la cinta transportadora es un compuesto denominado estilo BHM.

Con los ciclos por minuto y el tamaño del material igual a 5 pulg se obtiene el siguiente rango de valores:

$$\frac{1}{8}\ pulg(3,18mm) - \frac{11}{32}\ pulg(8,73mm)$$

Tabla iv-23 Selección del espesor y calidad de cubierta.

Fuente: Manual Goodyear.

- Selección del diámetro de la polea motriz y de cola.

Con la densidad del material (γ), el ángulo de inclinación de los rodillos (β) y el ancho de la cinta (B) se obtiene de la siguiente tabla la correa recomendada por Goodyear:

Correa Pylon 180

Tabla de soporte de carga en correas Pylon
(Ancho máximo de correa en pulg)

Material ($\frac{kg}{m^3}$)	0-720			720-1680			1680-2640			2640-3200		
	20°	35°	45°	20°	35°	45°	20°	35°	45°	20°	35°	45°
Pylon 180	42	36	30	36	30	24	30	24	NR	NR	NR	NR
Pylon 2500	48	42	36	42	36	30	36	30	NR	30	24	NR
Pylon 360 (2 capas)	54	54	48	54	48	36	48	40	NR	40	36	NR
Pylon 270	54	48	42	48	42	36	42	36	NR	36	NR	NR
Pylon 3750	60	54	48	54	48	42	48	48	36	48	36	NR
Pylon 540			60		60	48	60	54	48	54	48	42
Pylon 360 (4 capas)			54		60	48	54	48	NR	54	NR	NR
Pylon 500			60		60	48	60	54	48	54	48	42
Pylon 720								60	54	60	54	48
Pylon 900									60		60	54
Pylon 1080												60

Tabla IV-24: Tabla de soporte de carga en correas Pylon.

Fuente: Correas Transportadoras selección, usos y aplicaciones, Goodyear

Con la selección del tipo de correa elegido se obtiene de la siguiente

Numero de capas = 2

Diámetro mínimo para polea motriz = 16 pulg (406,4 mm)

Diámetro mínimo para polea de cola y contacto = 10 pulg (254 mm)

Diámetro mínimo de polea recomendados en pulg
(Poleas de alta tensión)

	Pylon 180	Pylon 2500	Pylon 360*	Pylon 270	Pylon 3750	Pylon 540	Pylon 360	Pylon 500
N° de capas	2	2	2	3	3	3	4	4
Mas de 80% de tensión	16	16	24	18	18	24	24	24
60% a 80%	14	14	20	16	16	20	20	20
40% a 60%	12	12	18	14	14	18	18	18
Hasta 40%	10	10	16	12	12	16	16	16
Diámetro mínimo para poleas de cola	10	10	16	12	12	16	16	16

* Aplicada en forma preferente para aplicaciones dentro de minas.

Tabla IV-25

Fuente: Correas Transportadoras selección, usos y aplicaciones, Goodyear

- Selección del tipo de reductor a utilizar.

Con el ancho de la banda (B) y la potencia del motor (N_{motor}) se obtiene el tipo de reductor que va acoplado al motor especificando su peso y el tipo de correa de accionamiento.

Conjunto de Accionamiento de la Estación Motriz

Ancho de banda (pulg)	Peso (kgf)	Motor (HP)	Reductor	Correa de accionamiento
16	208	IV polos	R-60 1:14	A-60
20	218	2		
24	233	3		
30	243	4		
16	274	IV polos	R-60 1:14	A-68
20	284	5		
24	294	6		
30	313	7,5		
36	328			
16	406	IV polos	R-90 1:14	B-71
20	419	10		
24	431	12,5		
30	451	15		
36	470			
24	935	IV polos	R-120	B-90
30	974	20		
36	1010	25		
48	1010	30		
		40		
		50		

Tabla IV-26: Conjunto de Accionamiento de la Estación Motriz.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Selección de la estructura típica de la cinta transportadora.

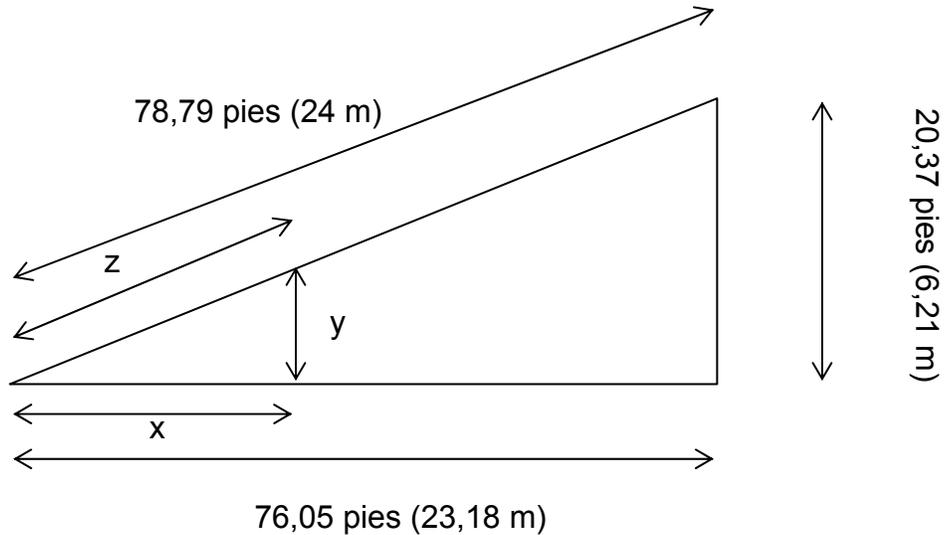


FIG.- IV-05

Fuente: Elaboración propia

Con la geometría definida del transportador en la cinta TC3 se procede a obtener una altura “y”, donde $y \leq 12 \text{ pies}$ para armaduras de profundidad de 24 pulg. Para la selección de estructuras se escogió la combinación más económica entre estructuras de 24 pulg y 42 pulg de profundidad.

Se tiene que el ángulo de inclinación de la cinta es $\lambda = 15^\circ$:

$$\tan(15^\circ) = \frac{y}{x}$$

$$x = \frac{y}{\tan(15^\circ)} = \frac{12 \text{ pies}}{0,2679}$$

$$x = 44,79 \text{ pies} (13,65 \text{ m})$$

y se obtiene z:

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$z = \sqrt{(44,79)^2 + (12)^2} \text{ pies}$$

$$z = 46,37 \text{ pies} \approx 47 \text{ pies} (14,33\text{m})$$

Ahora con la longitud z se entra a la siguiente tabla y se selecciona la cantidad de secciones de celosía de 24 pulg (609,06 mm) que estarán soportadas por apoyos verticales de hasta 12 pies (3,66m) de altura.

Selección de secciones de estructura de celosía de 24 pulg

Longitud total de armadura (pie/m)	Cantidad de secciones de armadura			
	Longitud de secciones (pie/m)			
	6/1,82	15/4,57	18/5,48	21/6,40
21/6,4	-	-	-	1
24/7,31	1	-	1	-
27/8,23	1	-	-	1
30/9,14	-	2	-	-
33/10,06	-	1	1	-
36/10,97	-	1	-	1
39/11,88	-	-	1	1
42/10,80	-	-	-	2
45/13,71	1	-	1	1
48/14,63	1	-	-	2
51/15,54	-	2	-	1

Tabla IV- 27: Selección de armaduras de 24 pulg (609,06mm)

Fuente: Link Belt materials handling and processing equipment

Se selecciona una sección de 6 pies (1,82m) de longitud y dos secciones de 21 pies (6,40m) de longitud.

Con una distancia O que es:

$$O = 78,74 \text{ pies} - (z + 7 \text{ pies})$$

$$O = 78,74 \text{ pies} - (48 + 7) \text{ pies}$$

$$O = 23,74 \text{ pies} \approx 24 \text{ pies} (7,32 \text{ m})$$

La distancia O es la longitud faltante de la distancia total de centro a centro de la cinta para colocar las armaduras de 42 pulg (1066,8 mm) de profundidad. Es importante destacar que la medida de 7 pies es la longitud estándar de la sección de transición entre las armaduras de 24 pulg (609,6mm) y de 42 pulg (1066,8mm.)

También con la distancia O se entra a la siguiente tabla para seleccionar la cantidad de las secciones faltantes pero ahora de 42 pulg (1066,8mm) para completar la estructura de la armadura.

Selección de secciones de estructura de celosía de 42 pulg

Longitud total de armadura (pie/m)	Cantidad de secciones de armadura		
	Longitud de secciones (pie/m)		
	16/4,88	20/6,10	24/7,32
16/4,88	1	-	-
20/6,10	-	1	-
24/7,32	-	-	1
32/9,75	2	-	-

Tabla IV-28: Selección de armaduras de 42 pulg (1066,8mm)

Fuente: Link Belt materials handling and processing equipment

Se selecciona una sección de 24 pies de longitud (7,32m).

Luego se establece la distancia y el número de apoyos verticales a lo largo de la estructura de la cinta transportadora TC3.

Con el ancho de la cinta B = 30pulg (762mm) y la profundidad de la armadura se entra a la siguiente tabla para definir los espacios máximos permisible entre apoyos verticales.

Espacio máximo permisible entre apoyos verticales

Profundidad de la armadura (pulg/mm)	Ancho de la cinta B (pulg/mm)	Espacio permitido (pies/m)
24/609,06	18/457,2	33/10,05
	24/609,6	31/9,45
	30/762	29/8,84
	36/914,4	27/8,23
42/1066,8	18/457,2	46/14,02
	24/609,6	43/13,11
	30/762	40/12,19
	36/914,4	37/11,28

Tabla IV-29: Espacio máximo permisible entre apoyos verticales

Fuente: Link Belt materials handling and processing equipment

Para determinar el espacio entre apoyos verticales se hace la siguiente relación:

Para las secciones de armaduras de 24 pulg (609,06mm).

$$r = \frac{x}{s} = \frac{44,79 \text{ pies}}{29 \text{ pies}}$$

$$r = 1,54 \approx 2 \text{ espacios}$$

Para las secciones de armaduras de 42 pulg (1066,8mm).

Cabe destacar que la distancia p es la resta de la distancia horizontal total con la distancia horizontal hasta donde llega la sección de transición.

$$p = 76,05 \text{ pies} - 53,13 \text{ pies}$$

$$p = 22,92 \text{ pies}$$

$$r = \frac{p}{s} = \frac{22,92 \text{ pies}}{40 \text{ pies}} = 0,6$$

$$r = 0,6 \approx 1 \text{ espacio}$$

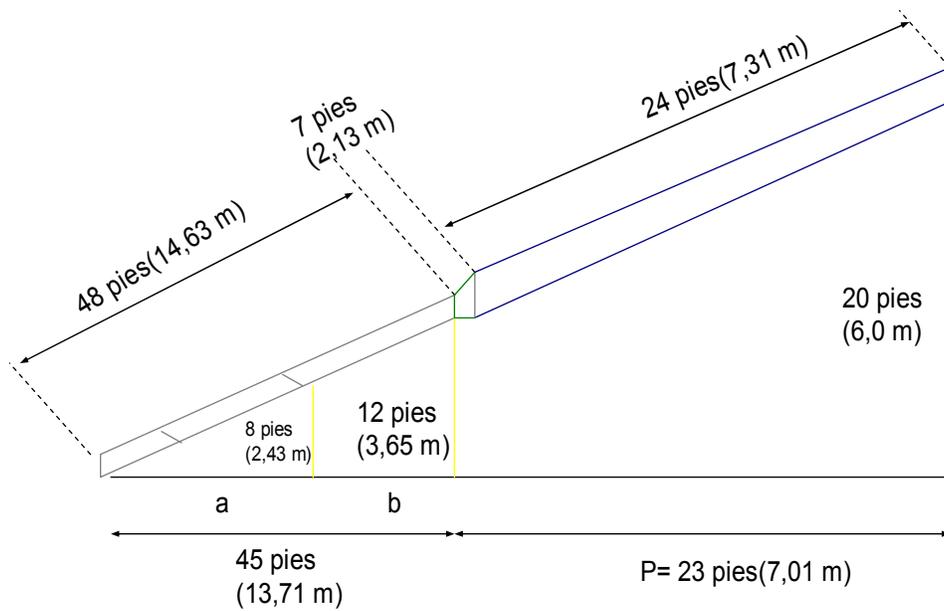


FIG.- IV-06

Fuente: Elaboración propia

●	Armadura de 42 pulg(1066,8 mm).
●	Armadura de 24 pulg(609,06 mm).
●	Armadura de transición.
●	Apoyos verticales.

4.3.-Diseño de la Estructura del Pulmón.

4.3.1.- Ubicación de la Estructura del Pulmón.

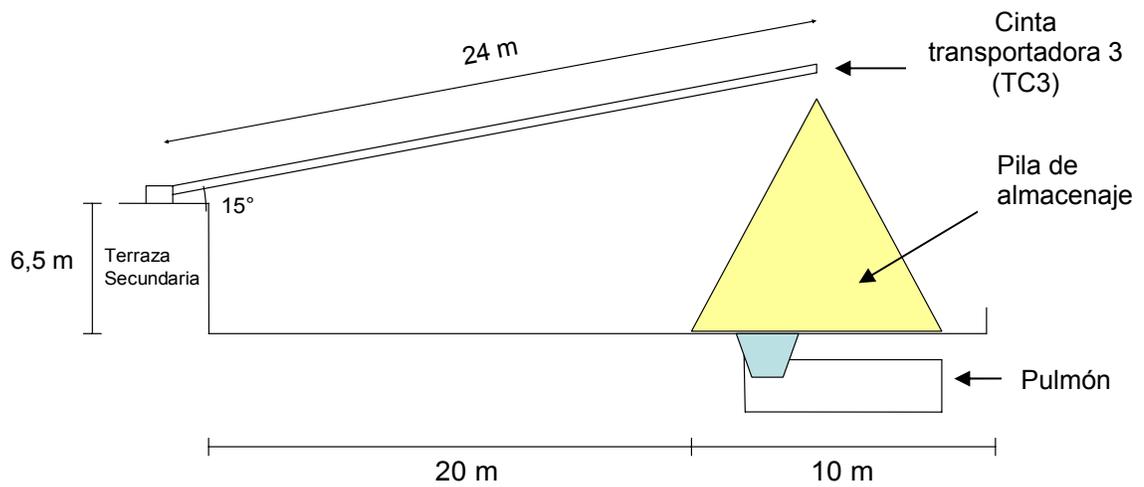
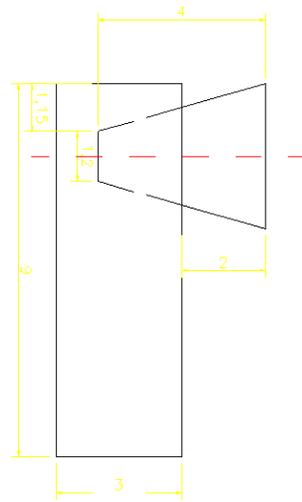


Fig. IV-07: Ubicación de la estructura del pulmón.

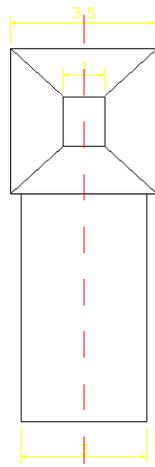
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.- Dimensiones de la Estructura del Pulmón.

ESTRUCTURA DEL
PULMÓN



VISTA
LATERAL



VISTA
SUPERIOR

Medidas en mts.

4.3.3.-Cálculos de la Estructura del Pulmón.

Datos:

Piedra Caliza: Cúbica

Tamaño: 0 – 5 pulg (127 mm).

Densidad del Material (γ): $1,4 \frac{t}{m^3}$

Angulo de reposo del material en la pila (θ): 45°

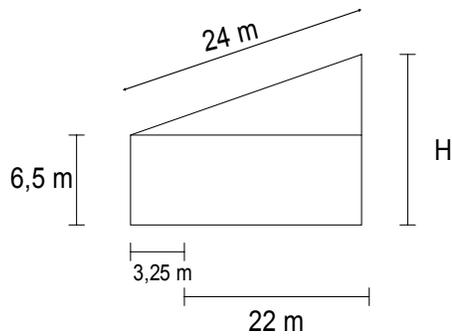


Fig. IV-09: Geometría de la ubicación del pulmón.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene H con la siguiente relación:

$$\text{sen}(15^\circ) = \frac{h}{24m}$$

$$h = \text{sen}(15^\circ) \cdot 24m$$

$$h = 6,2m$$

$$H = h + 6,5m$$

$$H = 6,2m + 6,5m$$

$$H = 12,7 m$$

$$\cos(\theta) = \frac{h}{x}$$

$$x = \frac{12,7m}{\cos(45)}$$

$$x = 17,96m$$

$$\text{sen}(\theta) = \frac{r}{x}$$

$$r = x \cdot \text{sen}(\theta) = 17,96m \cdot \text{sen}(45)$$

$$r = 12,7m$$

Entonces el diámetro D de la pila total es:

$$D = 2 \cdot r$$

$$D = 2 \cdot 12,7m$$

$$D = 25,4m$$

Volumen total de la pila:

$$V_T = \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_T = \frac{1}{3} \pi * (12,7m)^2 * (12,7m)$$

$$V_T = 2145,06m^3$$

Masa total del material:

$$m_T = V_T \cdot \gamma$$

$$m_T = 2145,06m^3 * 1,4 \frac{t}{m^3}$$

$$m_T = 3003,09t(3003090kg)$$

Con la siguiente gráfica se obtiene la relación entre la altura de la pila $H = 12,7m$ y el volumen total de la pila $V_T = 2145,06m^3$, para verificar el método analítico empleado.

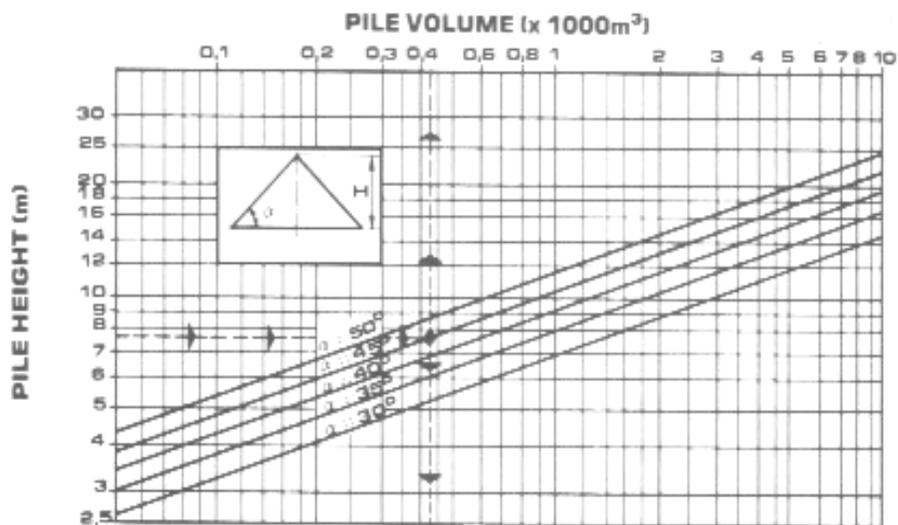


Grafico IV-07: Relación entre altura y volumen de la pila.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook.

Se establece con la siguiente gráfica la relación directa entre la altura $H = 12,7\text{m}$ y el diámetro de la pila $D = 25,4\text{m}$ que de esta manera se verifica la geometría de la pila obtenida analíticamente dependiendo del ángulo de reposo de la pila en caso estático $\alpha = 45^\circ$

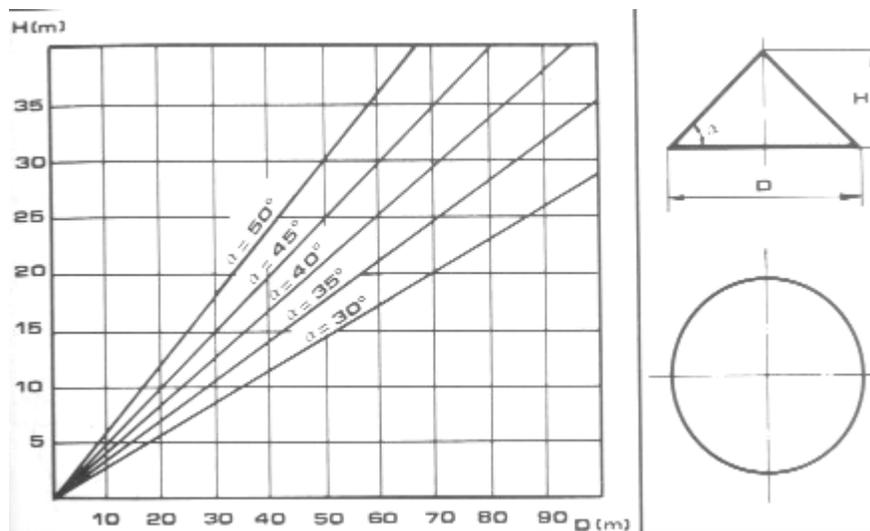


Gráfico IV-08: Relación entre el diámetro y la altura de la pila.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook.

Con los ángulos de reposo de la pila tanto en caso estático como en caso dinámico, $\alpha = 45^\circ$ y $\beta = 55^\circ$ respectivamente se obtiene con el siguiente gráfico un $\%P = 18\%$ de descarga por la salida central de la pila total.

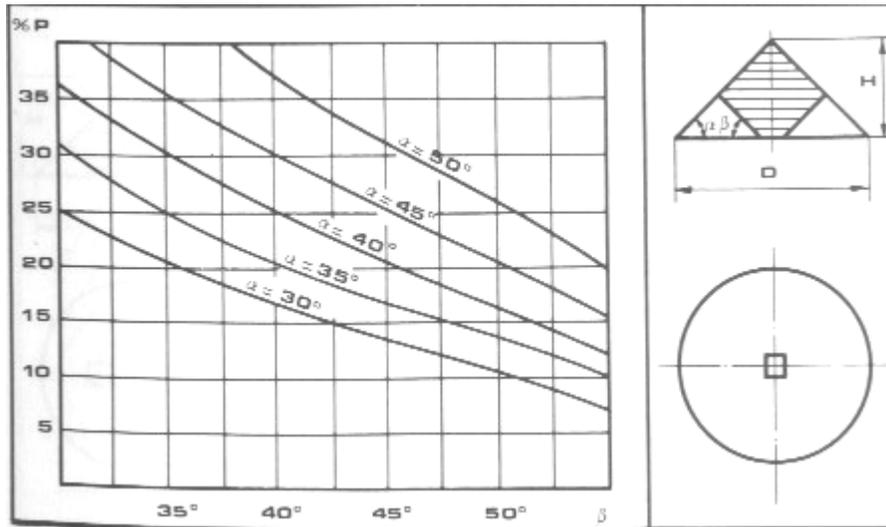


Gráfico IV-09: Descarga del material por una salida central.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Volumen de descarga:

$$V_T = 2145,06m^3$$

$$V_p = \frac{18\% \cdot V_T}{100\%}$$

$$V_p = 386,11m^3$$

Masa de descarga:

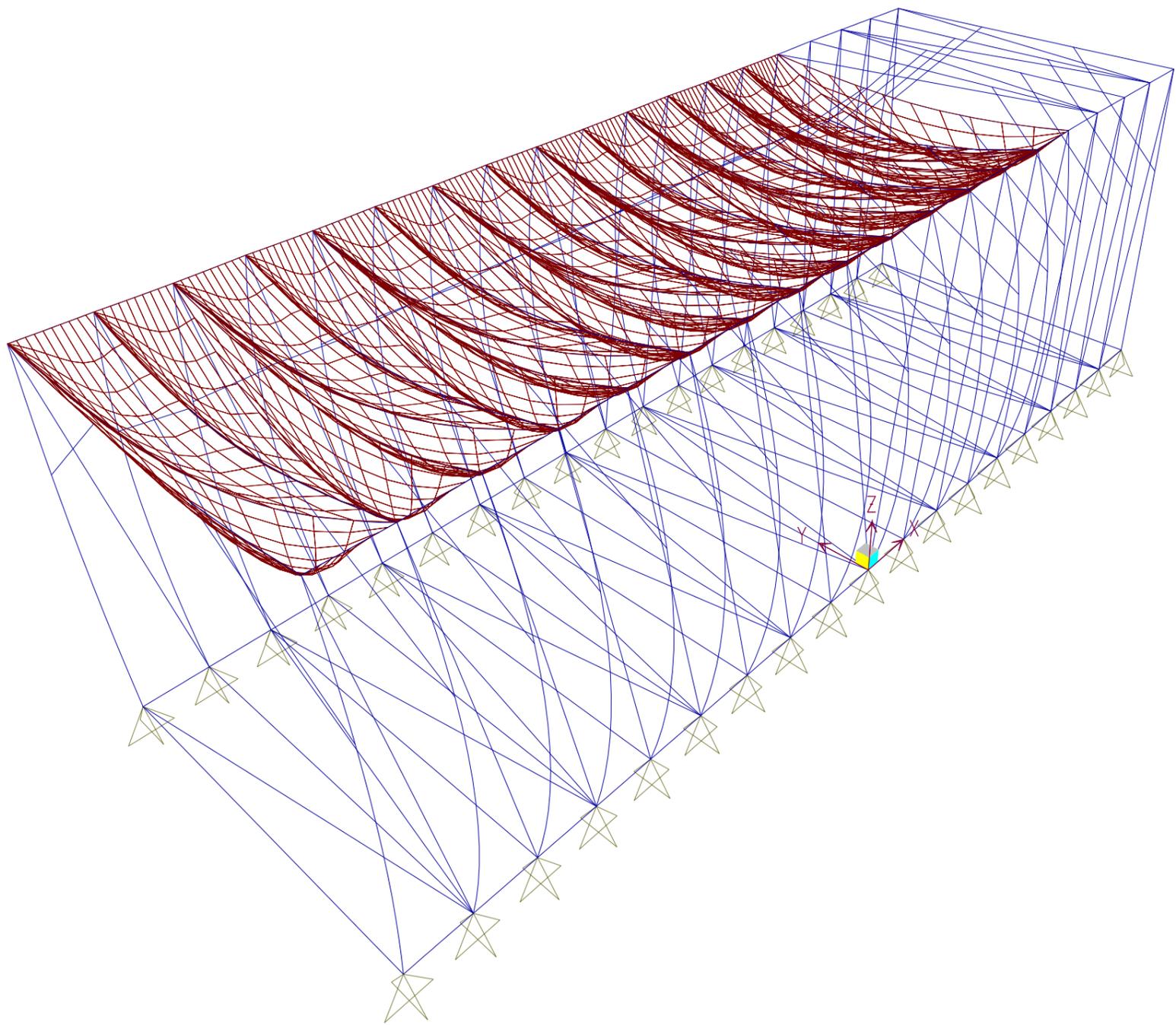
$$m_p = V_p \cdot \gamma$$

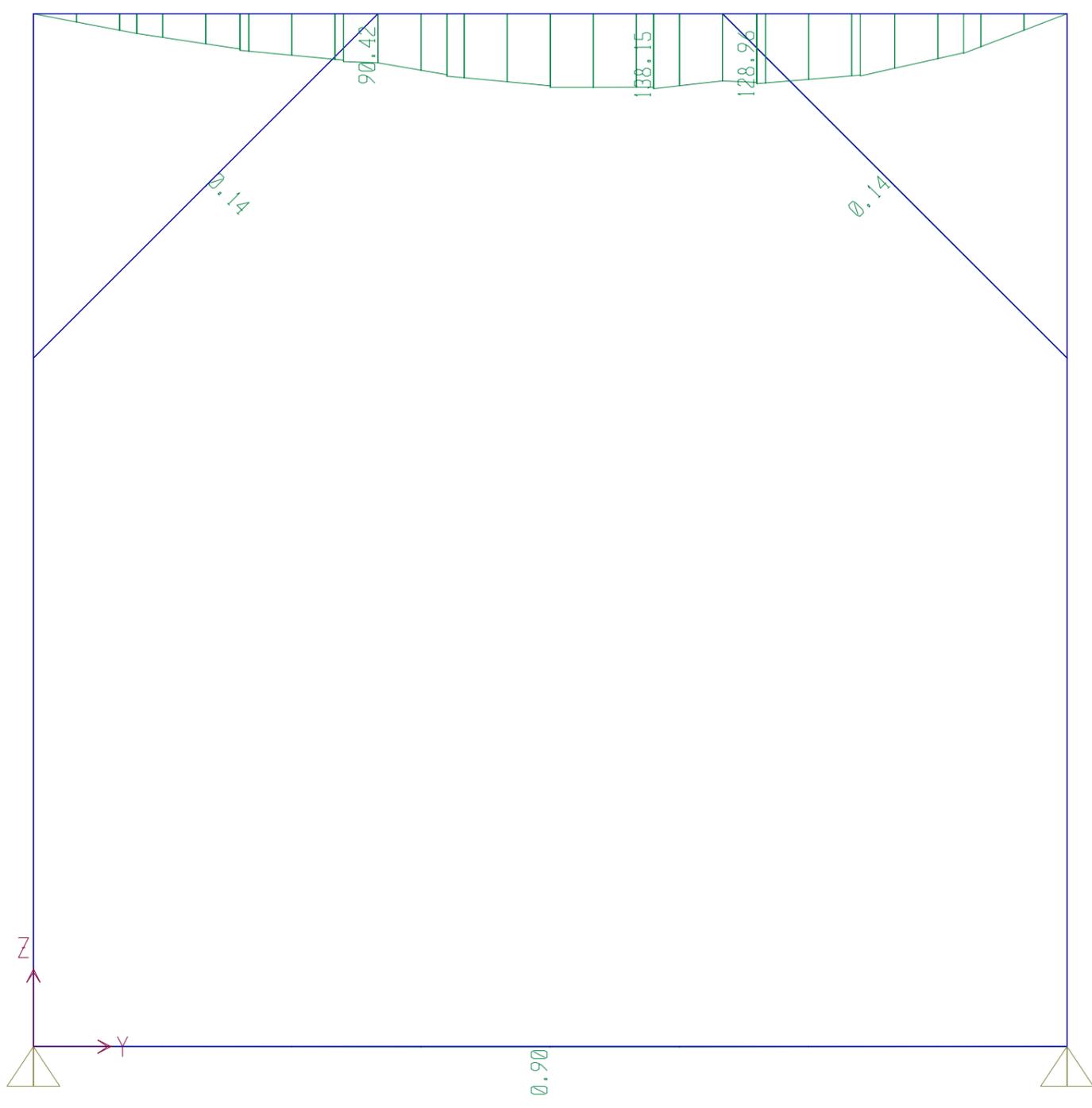
$$m_p = 386,11m^3 \cdot 1,4 \frac{t}{m^3}$$

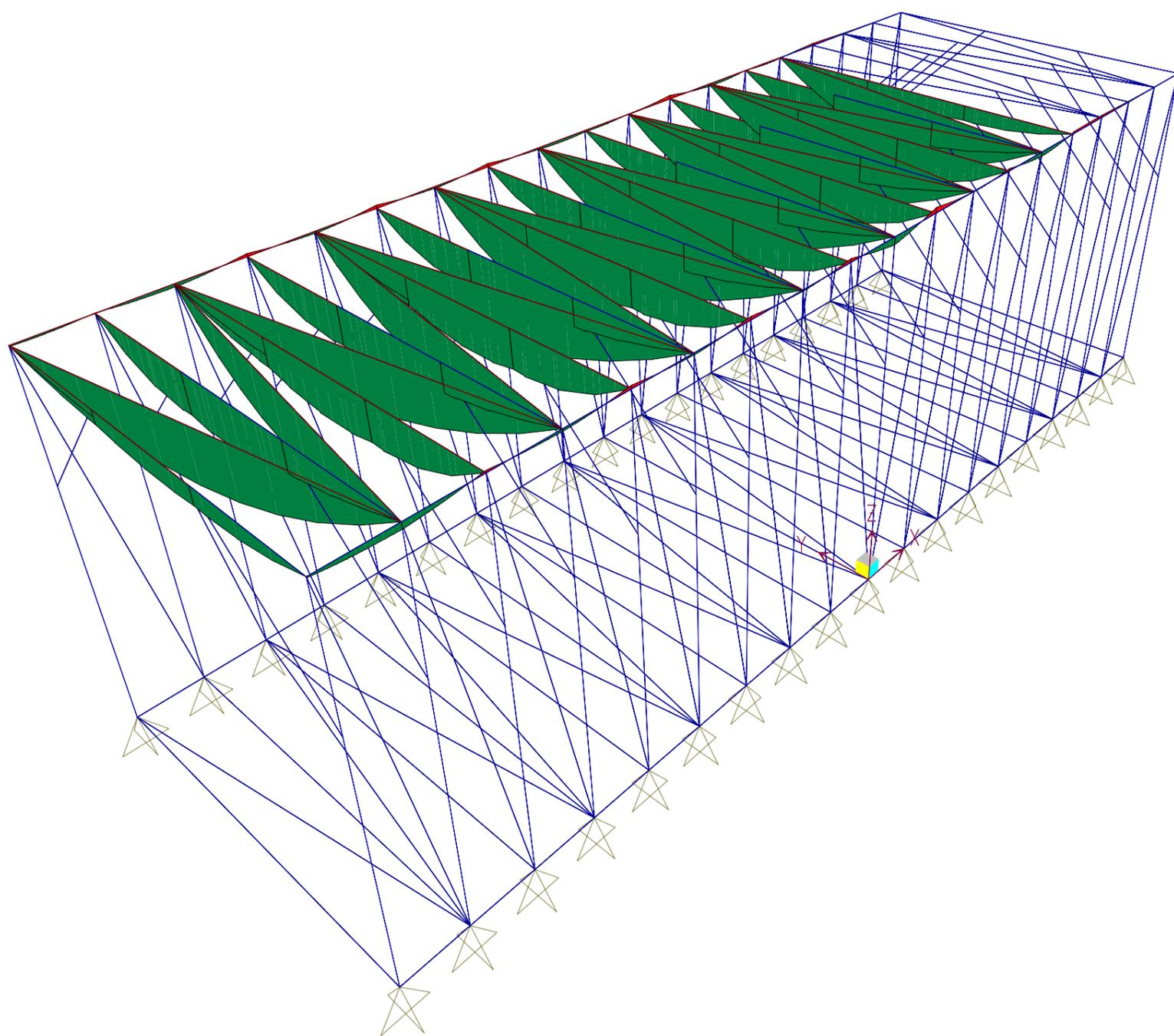
$$m_p = 540,55t(540550kg)$$

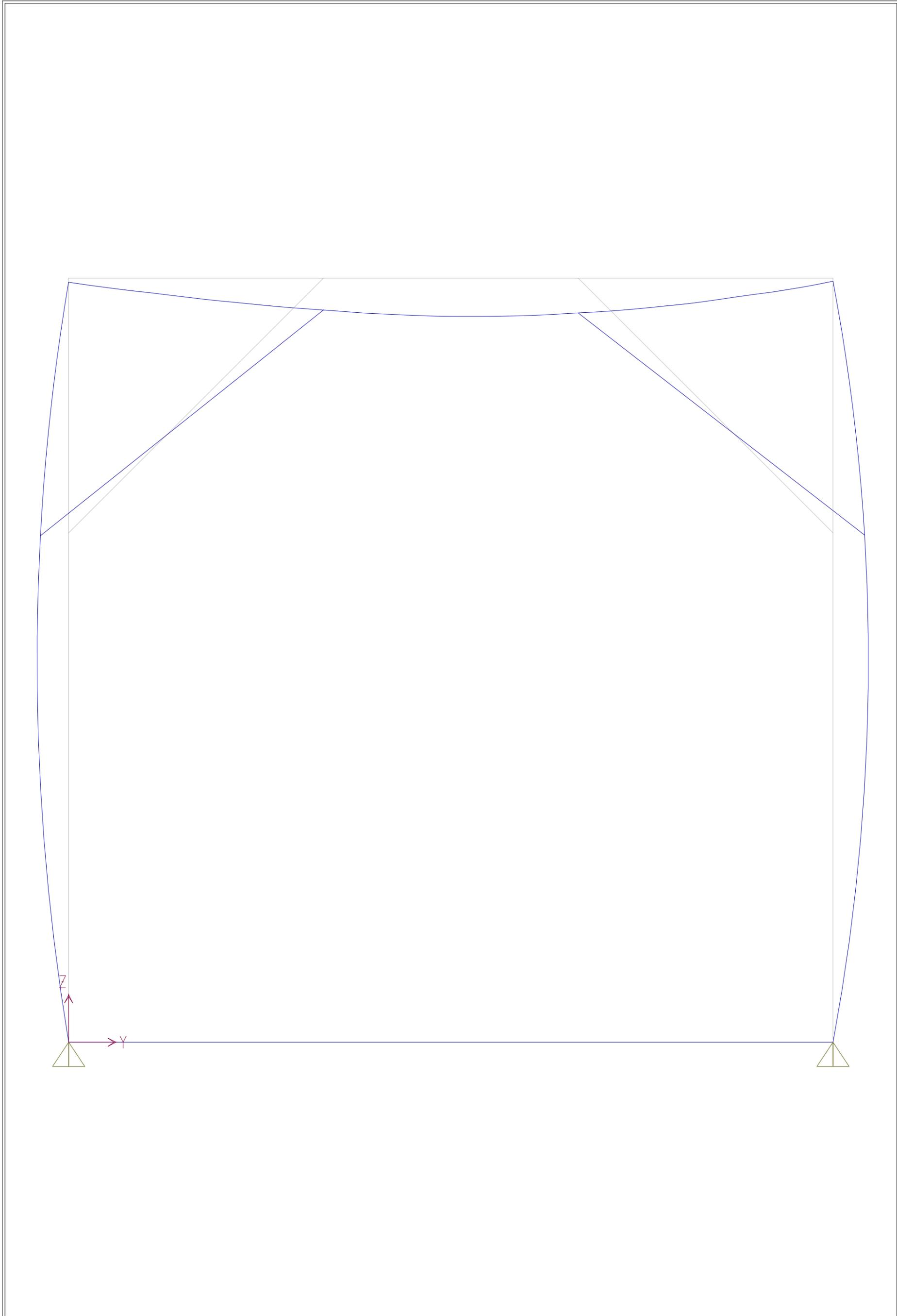
4.3.4.- Selección del tipo de viga en la estructura del pulmón:

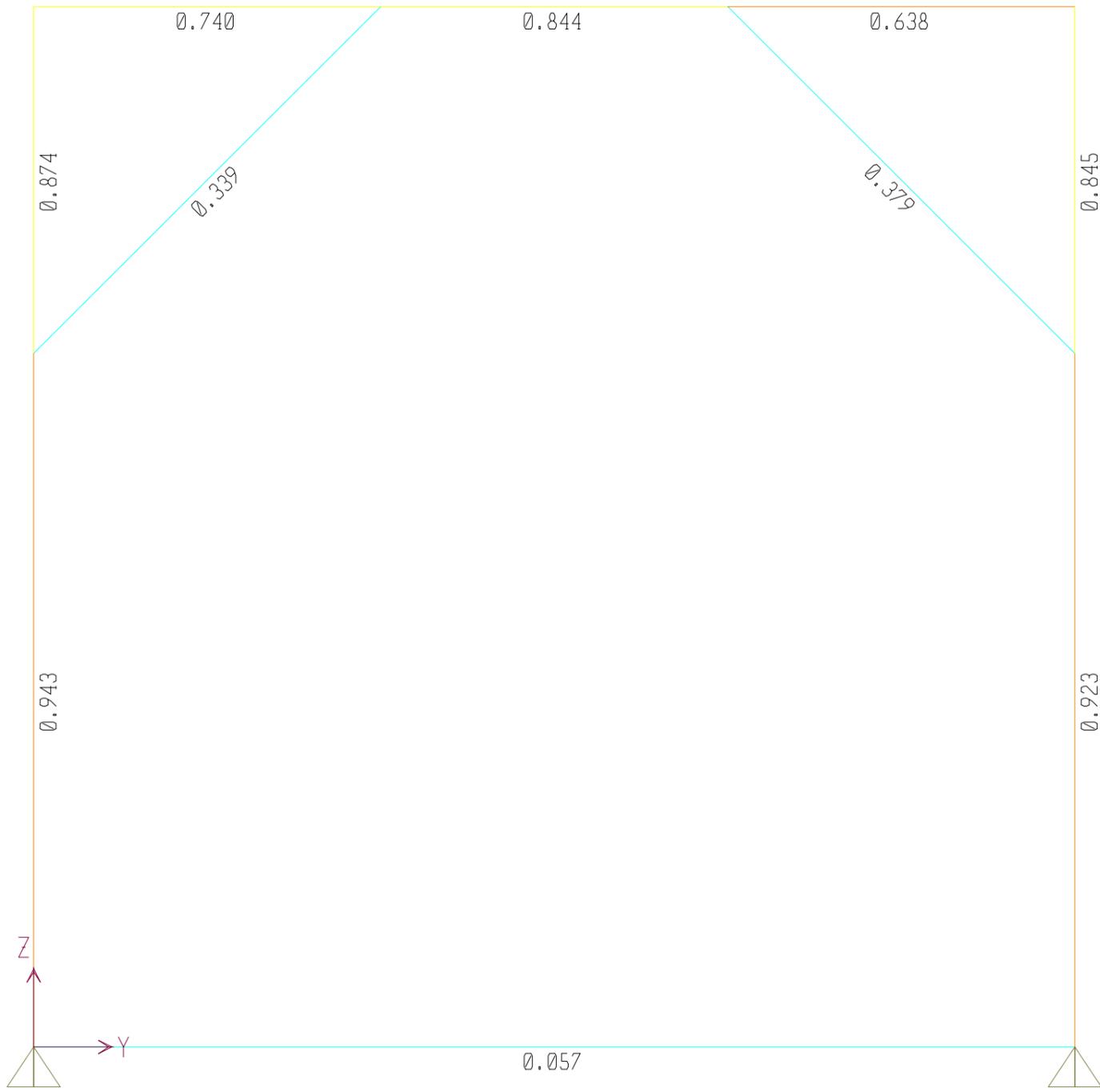
Utilizando el programa SAP 2000, se escogió la viga que se utilizó en la estructura del pulmón



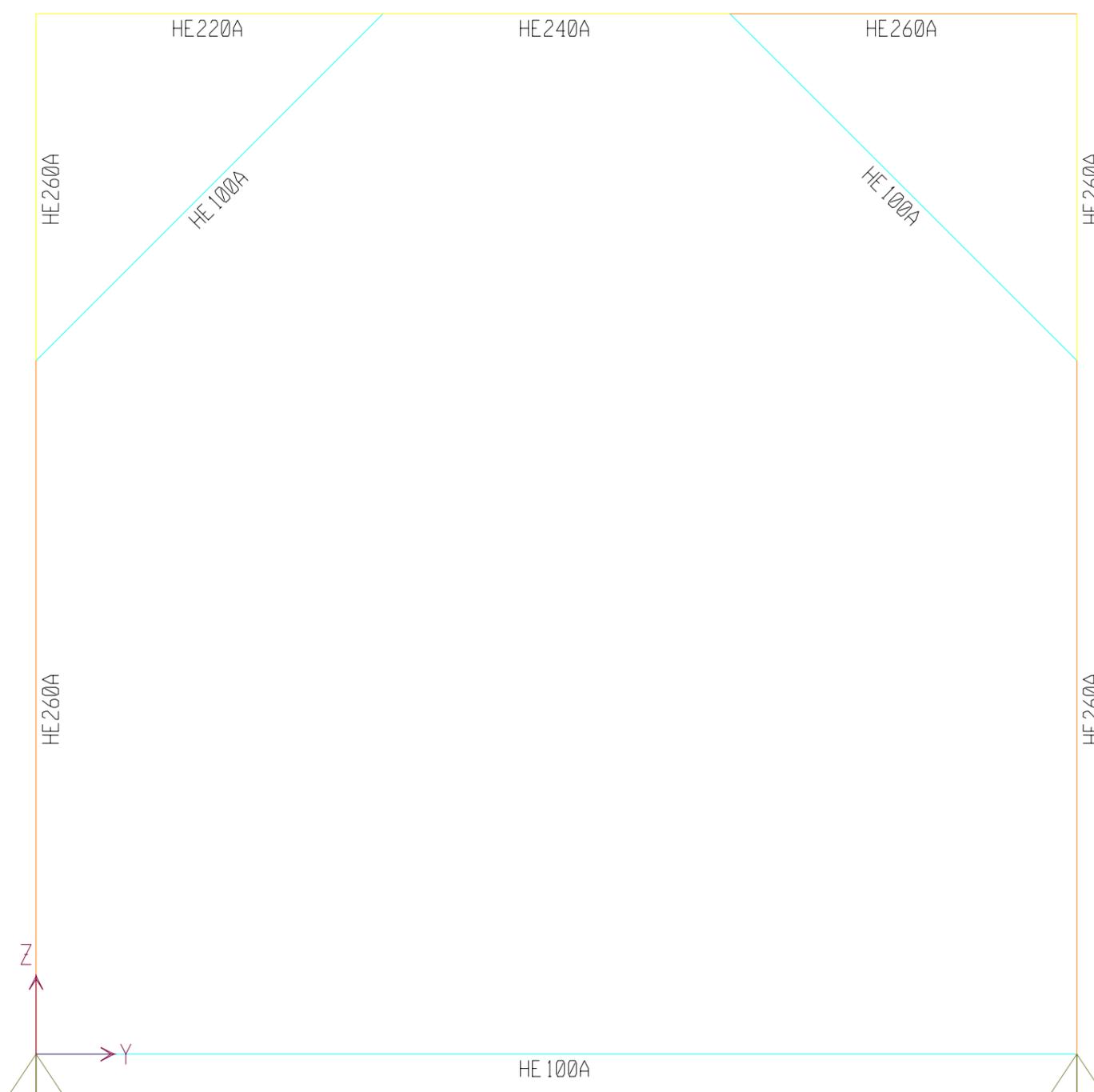




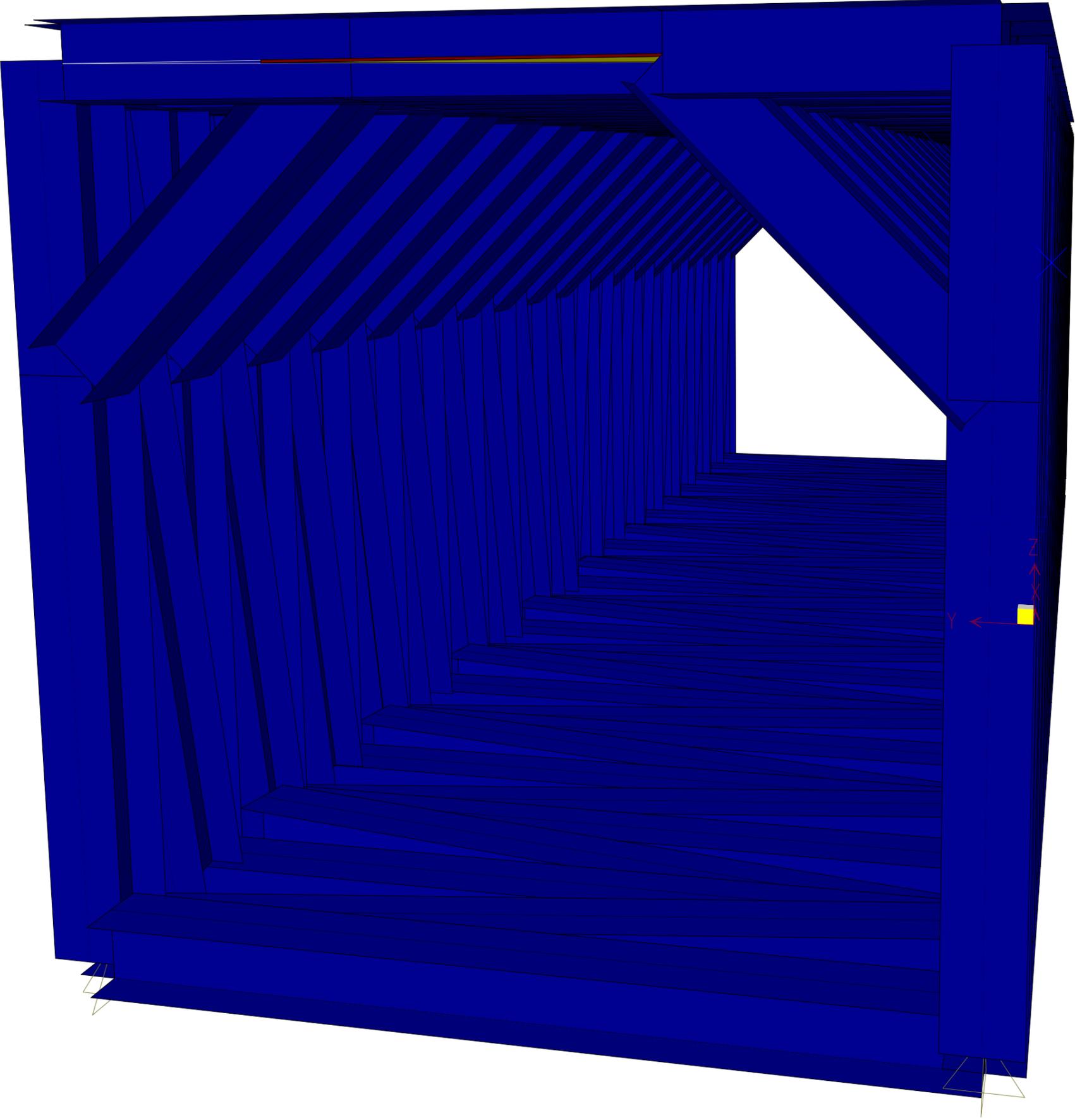




0.00 50000000000000.00 70000000000000.00 90000000000000.00 100000000000000.00 E-15



0.00 50000000000000.00 70000000000000.00 90000000000000.00 100000000000000.00 E-15



4.3.5.-Tipo de Láminas a usar:

Para la escogencias de las láminas a utilizar, según las normas ASTM (1979), indican que las láminas deben ser de acero A-36 para la construcción de estructuras soldadas y cuyo espesor recomendado para este tipo de utilidad es de ½ pulg (12,7 mm).

4.3.6.-Tipo de Soldadura:

El procedimiento a utilizar se denomina SMAW (Soldadura por arco sumergido manual), según la Norma AWS-A.5.1 el tipo de electrodo a utilizar para aceros al carbono es E 7018.

De acuerdo al espesor de la lámina 1/2 pulg (12,7mm), se selecciona el diámetro del electrodo en la siguiente tabla:

Diámetro del Electrodo: 1/8 pulg (3,175 mm)

Diámetro del electrodo		Espesor de Chapa		Espesor de Respaldo		Capa	Cordones por Capa	N° de Capas
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	N°		N°
3/32	2,4	½	12,7	¼	6,4	B	B	B
1/8	3,2	½	12,7	¼	6,4	3 a ult.	2	5 a 7
7/32	5,6	3/4	19	1/2	12,7	3 a ult.	2	6 a 8

Nota: B es registrar número de chapas y cordones

Tabla IV-30: Diámetro de electrodos a nivel comercial.

Fuente: Soldadura para Ingenieros, Centro Venezolano de Soldadura.

4.4.- Tablas de Resultados

Cintas transportadoras	L (m)	λ (°)	ϕ (°)	α (°)	β (°)	Tamaño máx. del material (mm)	γ (kg/m^3)
TC1	60	15	45	30	30	76,2	1400
TC2	12	15	45	30	30	203,2	1400
TC3	24	15	45	30	30	127	1400
TC4	50	15	45	30	30	127	1400
TC5	18	15	40	25	30	12,7	1500
TC6	18	15	40	25	30	50,8	1500
TC7	60	15	40	25	30	50,8	1500
TC8	60	15	40	25	30	25,4	1500
TC9	50	15	40	25	30	12,7	1500

Tabla IV-31

Fuente: Elaboración propia.

Cintas transportadoras	Ancho de la cinta "B" (mm)	Velocidad de la cinta. "V" (m/s)	Capacidad volumétrica. "C" (m^3/s)	Distancia normalizada del material al borde de la cinta "d _p " (mm)
TC1	609,6	2,3	0,086	56,39
TC2	1219,2	3,3	0,55	89,92
TC3	762	2,8	0,17	64,77
TC4	1219,2	3,3	0,55	89,92
TC5	609,6	2,3	0,086	56,39
TC6	609,6	2,3	0,086	56,39
TC7	609,6	2,3	0,079	56,39
TC8	609,6	2,3	0,079	56,39
TC9	609,6	2,3	0,079	56,39

Tabla IV-32

Fuente: Elaboración propia.

Cintas transportadoras	Tipo de rodillo	Distancia entre rodillos superiores "a" (m)	Distancia entre rodillos inferiores "b" (m)
TC1	CEMA II 144B	1,2375	3
TC2	CEMAIII 144B – 225/225B	1,0687	3
TC3	CEMAII 144B	1,2375	3
TC4	CEMA III 144B–225/225B	1,0687	3
TC5	CEMA II 144B	1,2375	3
TC6	CEMA II 144B	1,2375	3
TC7	CEMAIII 144B – 225/225B	1,218	3
TC8	CEMAIII 144B – 225/225B	1,218	3
TC9	CEMAIII 144B – 225/225B	1,218	3

Tabla IV-33

Fuente: Elaboración propia.

Cintas transportadoras	cantidad de material Transportado "Q" (kg/s)	Potencia efectiva " N_e " (kW)	Tensión efectiva de la cinta " T_e " (N)	Tensión zona de carga " T_1 " (N)	Tensión zona de reenvío " T_2 " (N)	Potencia mínima del motor " N_{motor} " (HP/kW)
TC1	15,56	5,602	2400,70	4321,14	1920,54	13,5/10,07
TC2	93,33	7,146	2133,14	3839,61	1706,47	17,22/12,85
TC3	93,33	10,065	3540,62	6373,06	2832,46	24,23/18,08
TC4	81,67	19,25	5746,62	10344,43	4597,52	46,36/34,58
TC5	15,42	2,36	1009,50	1817,08	807,58	5,68/4,24
TC6	21,67	2,78	1188,40	2795,62	1711,37	6,68/4,98
TC7	31,25	8,63	3695,98	6652,76	2956,78	20,78/15,50
TC8	12,5	5,02	1168,80	3867,33	1718,81	12,08/9,01
TC9	50	11,72	5017,52	9031,52	4014,02	28,21/21,04

Tabla IV-34
Fuente: Elaboración propia.

Cinta Transportadora	Espesor y calidad de la cubierta de la cinta (mm)	Velocidad Angular (rad/s)	Tipo de cubierta
TC1	3,18 - 6,35	0,090	Estilo BHM
TC2	6,35 – 11,11	0,013	Estilo BHM
TC3	3,18 – 8,73	0,030	Estilo BHM
TC4	4,76 – 9,53	0,053	Estilo BHM
TC5	3,18 – 7,14	0,027	Estilo BHM
TC6	3,18 – 8,73	0,027	Estilo BHM
TC7	3,18 – 6,35	0,091	Estilo BHM
TC8	2,38 – 5,56	0,091	Estilo BHM
TC9	2,38 – 5,56	0,075	Estilo BHM

Tabla IV-35
Fuente: Elaboración propia.

Cinta transportadora	Ancho de la banda "B" (mm.)	Diámetro de la polea motriz (mm)	Diámetro de la polea de cola (mm)	Modelo	Numero de capas
TC1	609,6	406,4	254	Pylon 180	2
TC2	1219,2	609,6	406,4	Pylon 360	2
TC3	762	406,4	254	Pylon 180	2
TC4	1219,2	609,4	406,4	Pylon 360	2
TC5	609,6	406,4	254	Pylon 180	2
TC6	609,6	406,4	254	Pylon 180	2
TC7	609,6	406,4	254	Pylon 180	2
TC8	609,6	406,4	254	Pylon 180	2
TC9	609,6	406,4	254	Pylon 180	2

Tabla IV-36

Fuente: Elaboración propia.

Cinta transportadora	Potencia calculada del Motor (HP/kW)	Potencia normalizada del motor (HP/kW)
TC1	13,5/10,07	15/11,19
TC2	17,22/12,85	20/14,92
TC3	24,23/18,08	25/29,84
TC4	46,36/34,58	50/37,3
TC5	5,68/4,24	7,5/5,6
TC6	6,68/4,98	7,5/5,6
TC7	20,78/15,50	25/18,65
TC8	12,08/9,01	15/11,19
TC9	28,21/21,04	30/22,38

Tabla IV-37

Fuente: Elaboración propia.

Cinta transportadora	Reductor	Peso (kN)	Correa de transmisión
TC1	R-90 1:14	4,22	B-71
TC2	R-120	9,91	B-90
TC3	R-120	9,55	B-90
TC4	R-120	9,91	B-90
TC5	R-60 1:14	2,88	A-68
TC6	R-60 1:14	2,88	A-68
TC7	R-120	9,16	B-90
TC8	R-90 1:14	4,22	B-71
TC9	R-120	9,54	B-90

Nota: Los motores que van acoplados a los reductores son de IV polos que a 60 Hz tienen una velocidad angular de 1800 RPM.

Tabla IV-38

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

CAPITULO V: La Propuesta

5.1.- Diagrama de distribución de la planta: Tomando en cuenta los datos de la matriz morfológica se escogió la planta distribuida por terrazas.

Diagrama de Instalación por Terrazas

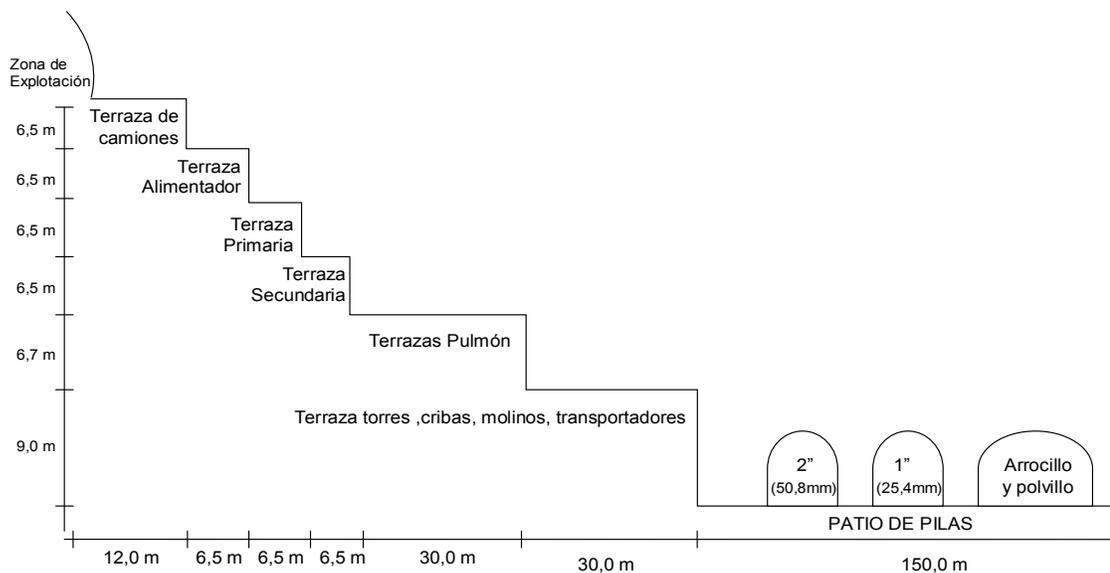


Fig. V-01

Fuente: Elaboración propia

5.2.- Diagrama de flujo final: Una vez escogida la distribución de la planta por terrazas se procedió a colocar los equipos y medios continuos que trituran y transportan la roca caliza de acuerdo a la etapa a la cual pertenecen y tomando en cuenta las características de la planta.

Diagrama de Flujo Final

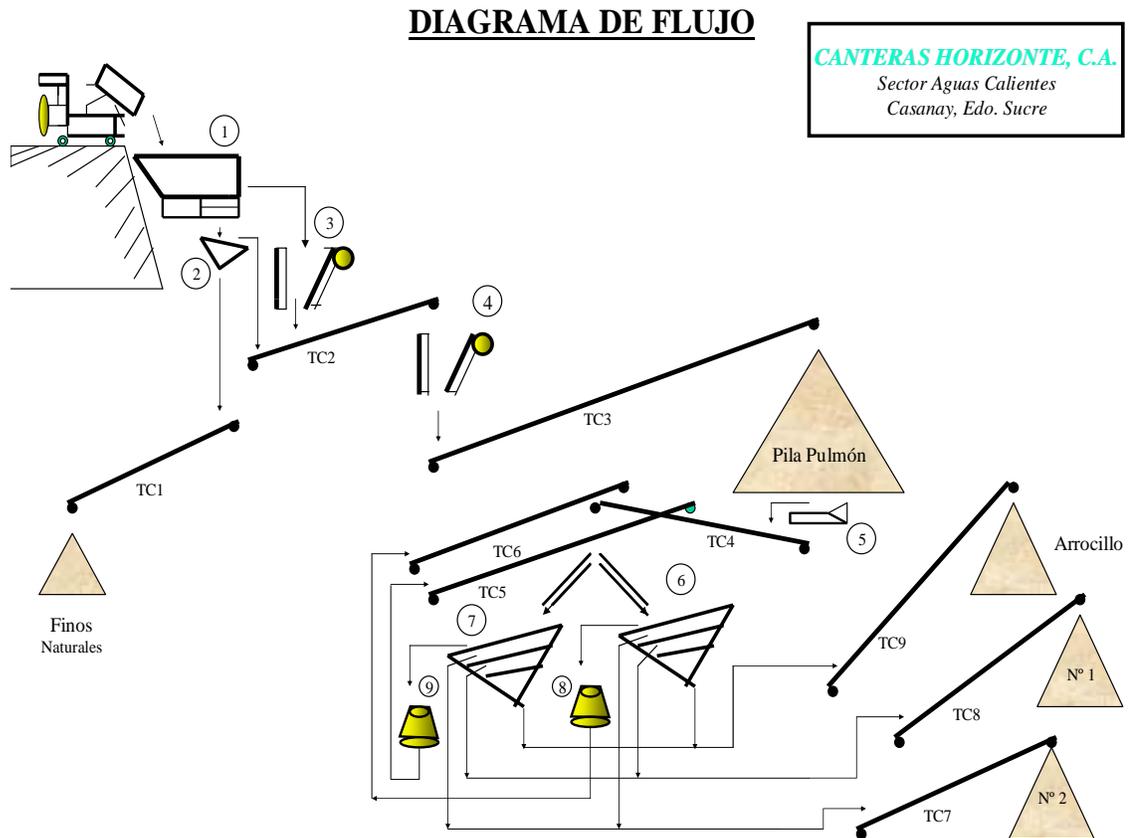


Fig. V-02

Fuente: Elaboración propia

Equipos Utilizados:

- 1.- Tolva con alimentador vibratorio.
- 2.- Criba de Limpieza.
- 3.- Triturador primario de mandíbula.
- 4.- Triturador secundario de mandíbula.
- 5.- Canaleta vibratoria de alimentación.
- 6.- Criba de Selección.
- 7.- Criba de Selección.
- 8.- Triturador terciario de cono.
- 9.- Triturador terciario de cono.

5.3- Descripción de los equipos de cada etapa: Se escogió una planta trituradora con tres etapas bien diferenciadas.

5.3.1- Etapa primaria:

- Tolva con alimentador vibratorio:
 Marca FAÇO.
 Modelo MV-60128.

Especificaciones técnicas

Alimentador vibratorio	MV-60128
Peso de la maquina con base y deposito(Kg.)	12100
Dimensiones del alimentador con la base (m)	6,5x2,1x1,8
Dimensiones del plato vibratorio(m)	6,0x1,2
Longitud de la parrillera(mm)	1200
Aberturas de la parrillera(pulg)	2-4
Volumen de envió(m ³)	53,4
Motor (HP)	25
Motor(polos)	IV
Motor (HP)	12
Motor(polos)	VI
Peso del deposito (Kg.)	4610
Volumen del deposito(m ³)	5,0
Dimensiones del deposito(m)	6,8x2,75x0,9
Capacidad (m ³ /h)	150-400
Fuerza dinámica de trabajo(Kg.)	1000
Fuerza dinámica de detención(Kg.)	8000

Tabla V-01: Especificaciones técnicas del alimentador vibratorio.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook



Foto V-01: Etapa primaria

- Criba de limpieza:
 Marca FAÇO.
 Modelo GN 2010.

Especificaciones técnicas

Modelo		GN 2010
N° de pisos		2
Dimensiones de la parrillera (mm)		2000x1000
Peso (kg)	Sin Base	1750
	Con Base	1900
Volumen de exportación (m^3)		4,5
Abertura de la parrillera (pulg)		2-4
Capacidad de alimentación		50-120
Fuerzas Dinámicas (kg)	Operativo	500
	Detenido	3700
N° mecanismo de vibración		3-10
Frecuencia (RPM)		900
Motor	HP	12
	Polos	IV
Cintas en V		3B-63
ϕ polea del motor (mm)	50 Hz	170
	60 Hz	145
Amplitud máxima de vibración (mm)		6,4
N° de resortes		4
Dimensiones N°x ϕ (pulg)xlongitud	Base de la parrillera	4x3/4x250
	Base del motor	4x3/4x250

Tabla V-02: Especificaciones técnicas de criba de limpieza.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Triturador de mandíbula primario:
 Marca FAÇO.
 Modelo 11080C.

Especificaciones técnicas

Modelo		11080C
Peso total del triturador	Kg.	35300
Peso de exportación total	Kg	36300
Volumen de exportación	m ³	28
Ancho mínimo de banda	pulg	36
GD ²	Kgxm ²	12300
Motor	HP Polos	125-150 VI
Cintas en V	N°. de cubierta	8 D
Diámetro externo de la pulea.(mm)	Frecuencia: 60 Hz Frecuencia:50 Hz	430 510
Tamaño máximo de la caja	<i>pu lg³/m³</i>	6,94/0,94

Tabla V-03: Especificaciones Tecnicas del triturador de mandíbula primario

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Capacidad de producción (m^3/h)

Modelo	RPM	Excent (mm).	Abertura de salida
			8 pulg(203,4mm)
11080C	240	17	195-285

Tabla V-04: Capacidad de producción del triturador de mandíbula primario.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook



Foto V-02: Triturador de mandíbula primario

5.3.2- Etapa secundaria:

- Triturador de mandíbula secundario:
 Marca FAÇO.
 Modelo 12040.

Especificaciones técnicas

Modelo	Peso total de triturador	Peso total de exportación	Volumen	GD^2	Motor	
	kg	kg	m^3	$kg \times m^2$	HP	Polos
12040	14500	15100	12.0	3800	70-100	VI

Tabla V-05: Especificaciones Técnicas del triturador de mandíbula secundario.

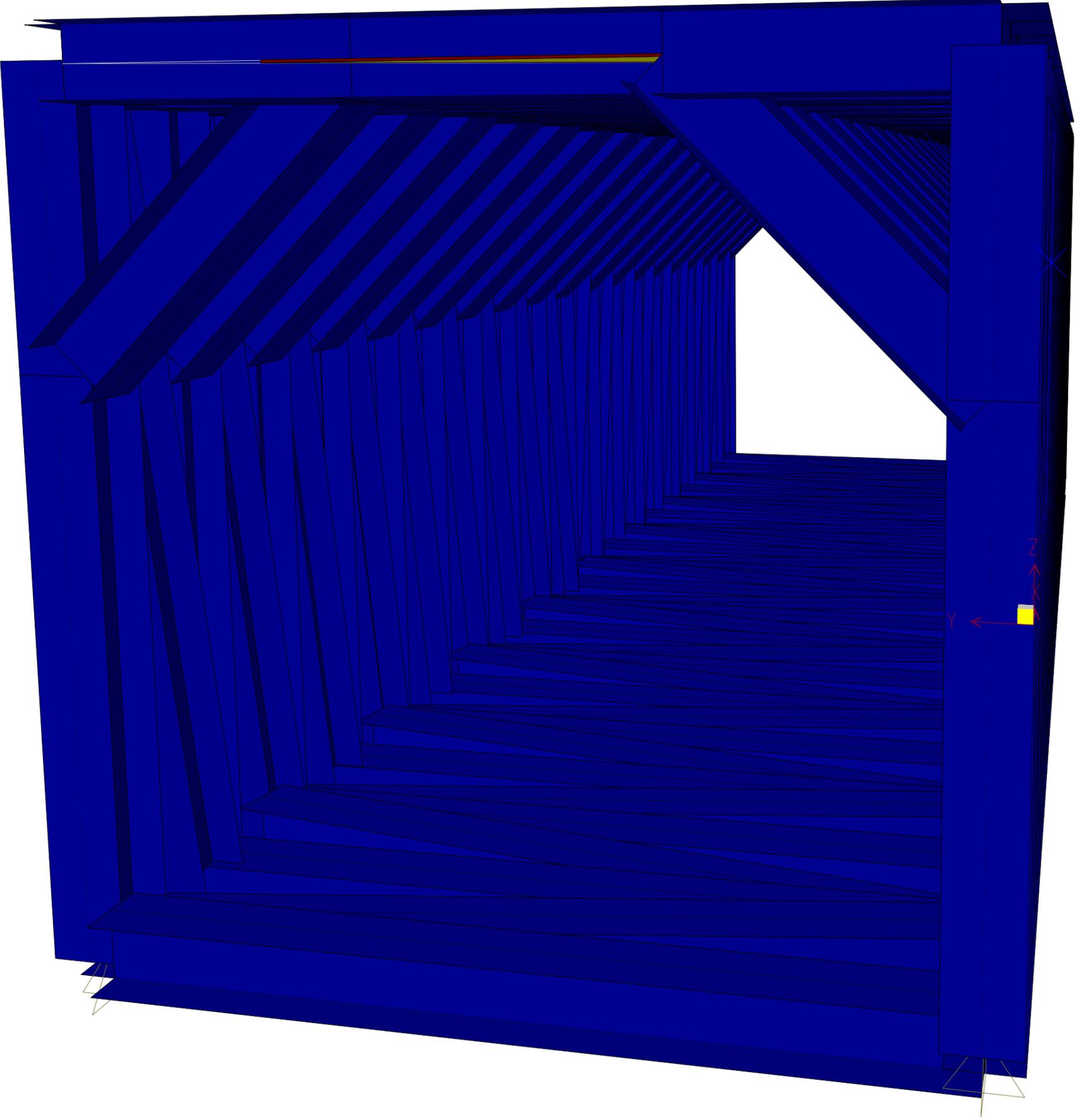
Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

Capacidad de producción (m^3/h)

Modelo	RPM	Excent. (mm)	Abertura de salida
			5 pulg(127mm)
12040	280	16	120-156

Tabla V-06: Capacidades de producción.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook



5.3.3- Etapa terciaria:

- Canaleta vibratoria:
 Marca FAÇO.
 Modelo CV-1308.

Especificaciones técnicas de la canaleta vibratoria:

Modelo	Peso (kg)	Volumen (m^3)	Motor		Velocidad RPM	Cinta		Capacidad (m^3/h)	Tamaño máximo Material (pulg/mm)
			HP	Polos		Tipo	Nº		
CV-1308	820	2.00	4	IV	1000	B	2	70-150	8/203,4

Tabla V-07: Especificaciones Técnicas de la canaleta vibratoria.

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Dos Cribas de clasificación 5 pie x16 pie de tres pisos:
 Marca Telsmith.
 Modelo Specmaker.

Especificaciones técnicas

Dimensión [W x L] (pie^2 / m^2)	Tamaño del vibrador	HP*	Peso ¥ (lbf/N)
5x16/1,52x4,88	22B – 26B	15 – 20	7,40/33,92 – 11,76/52,31

*Requiere un motor eléctrico de 1800 RPM.

¥ El peso es aproximado.

Tabla V-08: Especificaciones técnicas de la criba Telsmith modelo Specmaker

Fuente: Technical Manual Telsmith Operation Maintenance Repair

Capacidad y selección de las cribas TelSmith

(alimentación máxima en t/h)

Ancho (pie/m)	Specmaker (t/h)
5/1,52	450

Tabla V-09: Capacidad y selección de las cribas TelSmith

Fuente: Technical Manual TelSmith Operation Maintenance Repair



Foto V-03: Cribas de clasificación TelSmith



Foto V-04: Parte interna de la criba



Foto V-05: Malla de selección

- Triturador de cono terciario:
 Marca FAÇO.
 Modelo 120RS.

Capacidad de producción de los trituradores de cono serie T/R e Hipercono:

MODELO	Cámara de Trituración	Abertura de Descarga Mínima (pulg-mm)	Abertura de Alimentación (pulg/mm)	
			Posición Cerrada	Posición Abierta
120 RS	MEDIO	5/8-15,88	6/152,4	7/177,8

Tabla V-10: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

MODELO	Cámara de Trituración	Capacidad de Producción (m ³ /h) Abertura de Salida (pulg)										
		3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4	1 1/2	2
120 RS	MEDIO	-	-	-	-	62-85	75-105	88-120	95-130	105-145	110-155	121-166

Tabla V-11: Modelo estándar de la capacidad de producción de los trituradores de cono

Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

- Triturador de cono terciario:
 Marca FAÇO.
 Modelo 120RF.

Especificaciones técnicas del triturador Terciario de cono:

MODELO	PESO TOTAL (t)	Peso de exportación (t)	Volumen de exportación (m ³)	Motor HP	Motor Polos	Velocidad RPM
120 RF	18,5	20,0	10,0	150-200	IV o VI	320

Tabla V-12: Especificaciones Técnicas del triturador terciario de cono
 Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook

MODELO	Cámara de trituración	CAPACIDAD DE PRODUCCION(m ³ /h) ABERTURA DE SALIDA(pulg)								
		1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
120RF	FINO	-	-	33-46	39-54	48-66	63-87	81-111	110-150	-

Tabla V-13: Especificaciones Técnicas del triturador terciario de cono
 Fuente: Fabrica de AÇO Paulista S.A., Crushing Handbook



Foto V-06: Trituradores de cono terciario

Valores propuestos de cinta transportadora

Cintas transportadoras	L (m)	Velocidad de la cinta. "V" (m/s)	Capacidad volumétrica. "C" (m^3/s)	Potencia normalizada del motor (HP/kW)	Reductores
TC1	60	2,3	0,086	15/11,19	R-90 1:14
TC2	12	3,3	0,55	20/14,92	R-120
TC3	24	2,8	0,17	40/29,84	R-120
TC4	50	3,3	0,55	50/37,3	R-120
TC5	18	2,3	0,086	7,5/5,6	R-60 1:14
TC6	18	2,3	0,086	7,5/5,6	R-60 1:14
TC7	60	2,3	0,079	25/18,65	R-120
TC8	60	2,3	0,079	15/11,19	R-90 1:14
TC9	50	2,3	0,079	30/22,38	R-120

Tabla V-14: Valores propuestos de cinta transportadora

Fuente: Elaboración propia.

Valores propuestos de cinta transportadora

Cinta transportadora	Ancho de la banda "B" (mm.)	Diámetro de la polea motriz (mm)	Diámetro de la polea de cola (mm)	Numero de capas
TC1	609,6	406,4	254	2
TC2	1219,2	609,6	406,4	2
TC3	762	406,4	254	2
TC4	1219,2	609,4	406,4	2
TC5	609,6	406,4	254	2
TC6	609,6	406,4	254	2
TC7	609,6	406,4	254	2
TC8	609,6	406,4	254	2
TC9	609,6	406,4	254	2

Tabla V-15: Valores propuestos de cinta transportadora

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

- El diseño de cantera por terrazas se seleccionó por su innovación y porque tiene la ventaja de aprovechar la topografía de la zona, disminuyendo considerablemente los gastos del transporte interno del material.
- Los equipos seleccionados como triturador primario y secundario es el de mandíbula con movimiento pendular, modelos 11080C y 12040 respectivamente, que cumplen con la capacidad volumétrica establecida por la empresa.
- Las cribas de clasificación se seleccionaron de acuerdo con el flujo de material transportado y la granulometría del material cumpliendo con los parámetros requeridos por la empresa.
- Se estandarizó el ángulo de inclinación de la cinta y el ángulo de las ternas para facilitar el diseño de la cinta transportadora.
- El ángulo máximo de inclinación de la cinta es de 15° porque evita que el material se devuelva y contribuye a una adecuada distribución uniforme de la roca triturada a lo largo de la cinta.
- La posición de accionamiento que se adoptó es el de retorno donde el tambor motriz se ubica en la parte inferior del transportador para su fácil acceso al operario cuando se necesite realizar una operación de mantenimiento.

➤ Los rascadores en V se colocan en las estaciones de reenvío para evitar que el material obstaculice el movimiento de la cinta en el ramal de retorno, además contribuye al buen funcionamiento de la cinta transportadora.

➤ La estructura del pulmón se ubicó después del triturador secundario porque permite operar continuamente las 24 horas del día la etapa terciaria y además de tener una mayor capacidad para incrementar la tasa de producción cuando sea necesario.

➤ El acero estructural A36 es el material seleccionado para el diseño del pulmón porque según las normas ASTM A36- 77a es un acero al carbono ideal para estructuras elaboradas en base a soldaduras, y por tener excelentes propiedades mecánicas como su alta resistencia mecánica y cumple con los requerimientos de tensión para láminas con espesor de 1/2 pulgada.

➤ El proceso de soldadura utilizado en el diseño del pulmón es el SMAW (soldadura por arco sumergido manual) porque en comparación con los otros métodos es el más económico y el más utilizado a nivel nacional.

➤ En la estructura del pulmón se unificaron las vigas laterales con el perfil HE 260A, las vigas superiores y de pie de amigo con el perfil HE 240A, porque se asegura la rigidez de la estructura en los casos mas críticos.

Recomendaciones

- Al tomar las rocas trituradas del frente de explotación (los cuales se encuentran fracturadas en forma natural) se debe hacer una selección del tamaño de las rocas, que no superen el tamaño de la entrada del triturador primario.
- Para un correcto funcionamiento del sistema mecánico diseñado, se recomienda mantener lubricados los sistemas de engranajes empleados.(Se recomienda utilizar el programa de lubricación FACO).
- La etapa terciaria puede funcionar las 24 horas del día ya que necesita solamente dos operarios y el circuito es pequeño.
- Las etapas primarias y secundarias se recomienda que funcionen solo en horas diurnas, ya que con esto se tendría suficiente producto para alimentar la etapa terciaria para un funcionamiento continuo.
- El sistema de arranque de la planta siempre se debe comenzar por el sistema terciario, luego el secundario y por último el primario.
- El sistema de apagado de la planta será partiendo del sistema primario, luego el secundario y por último el terciario, esto con la idea que el sistema quede en vacío una vez apagado.

➤ En las estaciones de los rodillos, en cuanto a su geometría es preferible tener el mismo ángulo de inclinación (β) y utilizar el mismo modelo de rodillo para mantener uniformidad y estandarizar las estaciones y aligerar los costos en cuanto a obtener diferentes modelos de rodillos.

➤ Para el sistema de tensado en las cintas transportadoras es recomendable usar tensado de husillo porque cumple con las especificaciones de cada cinta y prolonga la vida útil de la cinta minimizando las tensiones en las poleas tanto motriz como de cola.

➤ Es recomendable sugerir la normalización de la distancia entre los rodillos de carga engomados contra impacto en la zona de carga.

➤ Es importante utilizar rascadores en V en las estaciones de reenvío para evitar que el material caiga accidentalmente en el ramal de retorno de la cinta y penetre. Ayuda al buen funcionamiento de la cinta transportadora.

➤ En la zona de impacto o descarga de la cinta, la colocación de un tolvín de descarga con rejilla permite amortiguar el impacto de rocas trituradas sobre la cinta y permite el paso de los finos formando un lecho sobre la cinta y coadyuda también amortiguar el golpe de los trozos gruesos.

BIBLIOGRAFÍA

- Targhetta A.- López R. (1970). "Transporte y Almacenamiento de Materias Primas en la industria básica", Tomo II. Ed. Blume.
- Fábrica de Aço Paulista S.A. (1986)."Crushing Handbook", Segunda edición en inglés, Editorial Allis-Chalmers.
- Hernández Sampieri R. y Otros (2000)."Metodología de la Investigación", Segunda edición, Editorial Mc Graw -Hill. México,
- Fábrica de Aço Paulista S.A. (1994). "Manual de Britagem FAÇO", Quinta edición, Editorial Allis-Chalmers.
- Fernández C. Carlos. (1994) "Metodología de la Investigación", Primera edición, Editorial MacGraw-Hill, México.
- Krick E. V. (1975) "Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería", Segunda edición, Editorial Limusa, México.
- Mario Tamayo y Tamayo. "El proceso de la investigación científica", Tercera edición, Editorial Limusa-Noriega.
- Orlov P. (1985) "Ingeniería de Diseño", Tomo I, Segunda edición, Editorial Mir-Mosú

- Da Costa M. Karina y Vellorí S. Nestor L. (2001), "Diseño de un Sistema Procesador de Tamarindo Descascarado", Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Caracas, Venezuela.
- Rodríguez Daniel y Vasallo Mike (2001), "Diseño concurrente y construcción de un sistema de plataforma elevadora para aparcar vehículos", Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Caracas, Venezuela.
- Ahuja H. y Walsh M. (1989), "Ingeniería de costos y administración de proyectos", Editorial Alfaomega, México.
- Mott Robert (1995), "Diseño de Elementos de Maquinas", Segunda Edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, México.
- Shigley Joseph (1990), "Diseño en Ingeniería Mecánica", Cuarta Edición, Editorial Mc-Graw Hill, México.
- Milani Rodolfo, "Diseño para Nuestra Realidad", Editorial Equinoccio, Venezuela.
- Juvinal Robert (1991), "Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, Primera Edición, Editorial Limusa, México.
- GOOD YEAR PLYLON: Catalogo de correas transportadoras, Seria EP (S.P.I.)

- Popov Edgar P. (1983), "Introducción a la Mecánica de Sólido", Quinta Edición, Editorial Limusa, México.
- Timoshenko Stephen (1959), "Theory of Plates and Shells", Segunda Edición, Editorial McGraw-Hill, Mexico.
- Ignoto Vicente (2003), "Soldadura para Ingenieros", Centro Venezolano de Soldadura, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Caracas, Venezuela.
- Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III (1999), "Marks Manual del Ingeniero Mecánico", Tomo I y II, Tercera Edición en Español (Novena Edición en Ingles), Editorial McGraw-Hill, México.
- 1979 Anual Book of ASTM Standard, "Steel- Structural, Reinforcing, Pressure, Vessel, Railway, Fasteners", Part 4.

