

**INFORME FINAL**  
**FORMULACIÓN DE PROYECTO LÍNEA DE CRIBADO Y TRITURACIÓN**

**PRESENTADO POR:**

ALFREDO ANDRÉS GUERRERO PINO

**ASESOR INTERNO:**

JUAN CARLOS ORREGO BARRERA

**ASESOR EXTERNO:**

LUIS BERNARDO GONZÁLEZ MORALES



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**MEDELLÍN**  
**2019**

# FORMULACIÓN DE PROYECTO LÍNEA DE CRIBADO Y TRITURACIÓN

## Resumen

La unidad de negocio Sumicol S.A. de la organización CORONA, que se encarga de la transformación de minerales no metálicos con mezclas de valor agregado cuenta con una planta de trituración y molienda en el parque industrial de Sabaneta, Antioquia, la cual presenta la necesidad de contar con una línea que permita clasificar productos como producto 1, producto 2, producto 3, producto 4 y producto 5.

En la actualidad se clasifica producto 3 en un sistema conformado por una tolva de alimentación, que supe dos procesos realizando un funcionamiento inadecuado, un elevador de cangilones y una zaranda, pero este sistema se encuentra limitado, ya que solo se puede realizar la clasificación de este producto.

Para suplir la necesidad que tiene la empresa, se aplicó la metodología del Project Management Institute (PMI), teniendo como base la guía del PMBOK, el cual es el instrumento desarrollado por el PMI donde se establece el criterio de buenas prácticas relacionadas con la gestión, la administración y la dirección de proyectos, y con la ayuda de este se formuló una línea de cribado y trituración que permitirá obtener los productos, descritos anteriormente, en la planta de trituración y molienda de Sabaneta.

Con la formulación del proyecto se definió acoger el sistema actual, adaptarlo y agregarle todos los equipos necesarios para lograr el objetivo de clasificar los nuevos productos. Lo anterior quedó definido de la siguiente forma: Desplazar el sistema actual, realizar modificaciones en este, incluir dos tolvas de alimentación, darle continuidad al proceso para realizar una trituración terciaria mediante un elevador de cangilones, incluir equipo de trituración VSI, agregar estación de empaque para alimentar materias primas que lleguen en big bag, acoplar tornillos sin fin para el transporte del sistema y contar con un sistema de filtrado para tener un control de material particulado.

Para lograr definir y formular el proyecto, y establecer todo lo anteriormente descrito se elaboró: acta de constitución del proyecto, estructura de desglose del trabajo (EDT), se realizó gestión temprana, se elaboró diagrama de flujo del proceso y lay out, se definieron las actividades y secuencias de realización de este por medio de un cronograma y por último se desarrolló la gestión de costos mediante la elaboración de un presupuesto y la evaluación financiera.

Al realizar la evaluación financiera teniendo en cuenta el presupuesto, los indicadores financieros como el valor presente neto y la tasa interna de retorno dieron a conocer que el proyecto es viable y la inversión retornaría en aproximadamente un año.

## Introducción

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final del proyecto se alcanza cuando se logran los objetivos del mismo. [1]

El proyecto de práctica académica fue desarrollado en el área de ingeniería y proyectos de la división de insumos industriales y energía, que se encarga de administrar el presupuesto de inversión y ejecutar los proyectos de ingeniería en Sumicol, Gamma, Agromil, Minerales Industriales, Nexentia y zonas mineras, los cuales son unidades de negocio de la organización CORONA, la cual es una multinacional colombiana con más de 135 años de historia empresarial dedicada a la manufactura y comercialización de productos para el hogar, la construcción, la industria, la agricultura y el sector de energía. Está compuesta por cuatro Divisiones de Negocios – Baños y Cocinas; Superficies, Materiales y Pinturas; Insumos Industriales y Manejo de Energía; y Mesa Servida – y dos Unidades Comerciales que son Almacenes Corona y Comercial Corona Colombia. Corona cuenta con 20 plantas de manufactura en Colombia, 3 en Estados Unidos, 3 en Centroamérica y 3 en México, así como con una oficina de suministros globales en China.

Sumicol S.A.S. es una unidad de negocio de la Organización CORONA, dedicada a la transformación de minerales no metálicos con mezclas de valor agregado y partes o moldes para la conformación de piezas para las industrias que atiende, el cual fue constituido en 1963 iniciando con tres procesos básicos: Taller de metalmecánica (Adquisición de Crossley Colombiana), centrales de servicio Corona encargada de especialistas técnicos y laboratorios y minería y minerales no metálicos.

En Sabaneta, Antioquia, Sumicol tiene un parque industrial en el cual se encuentra una planta de trituración y molienda donde se procesan distintos minerales traídos desde las minas para su posterior comercialización. Esta planta no cuenta con una línea de cribado o clasificación independiente, que si se tiene en otras plantas de la Organización. Actualmente se ve la necesidad de tener este proceso, ya que cuando se requiere la clasificación de algunos productos se usan otros equipos de esta planta afectando otras producciones y los equipos que trabajan en estos procesos.

Por la necesidad planteada anteriormente, se realizó este proyecto, guiado por la metodología PMI y del TPM, para suplir la necesidad que se tiene, realizando la planeación y formulación de una línea de cribado y trituración, donde se clasificará productos como el producto 1, producto 2, producto 3,

producto 4 y producto 5, que se deben procesar para lograr flexibilizar la planta de trituración y molienda y así traer beneficios para la empresa. El sistema formulado cuenta con equipos de alimentación, transporte, cribado, trituración, estructura soporte y sistema de filtración, que componen un ciclo cerrado.

El proyecto está estructurado teniendo como base la guía del PMBOK que es un instrumento desarrollado por el Project Management Institute (o PMI), que establece un criterio de buenas prácticas relacionadas con la gestión, la administración y la dirección de proyectos mediante la implementación de técnicas y herramientas que permiten identificar un conjunto de 47 procesos, distribuidos a su turno en 5 macroprocesos generales.

## **Objetivos**

### **General:**

Formular proyecto de línea de cribado y trituración para la planta de trituración y molienda en Sumicol, Sabaneta.

### **Específicos:**

- Elaborar acta de inicio del proyecto.
- Definir el alcance del proyecto.
- Gestionar la información durante la gestión temprana del proyecto.
- Realizar DFP y Lay out.
- Establecer un cronograma de actividades.
- Realizar el presupuesto y evaluación financiera del proyecto.

## **Marco Teórico**

### **CRIBADO**

#### **Definición**

El cribado es un proceso mecánico de clasificación dimensional de materiales de forma y dimensiones variadas, mediante la presentación de estos materiales sobre unas superficies con aberturas que dejan pasar los granos de dimensiones inferiores a las dimensiones de las aberturas, mientras que los granos de medidas superiores son retenidos y evacuados separadamente. Resumiendo, se puede decir que el arte del cribado se basa en el principio de separación de los materiales en grupos de tamaños predeterminados.

Este proceso se debe a que los materiales procedentes de la trituración o molienda no se ajustan a los tamaños requeridos y por lo tanto hay que hacer una separación por dimensiones en función de su uso final.

El objeto de los procesos de cribado es la separación de los fragmentos más gruesos contenidos en el todo-uno con el fin de eliminarlos o de enviarlos otra vez a los procesos de reducción. Por el contrario, con los procesos de cribado también puede pretenderse la separación de los fragmentos más pequeños para eliminarlos o para clasificarlos en distintas dimensiones comerciales. Esto permite aumentar la capacidad de los aparatos de trituración y evitar retritución.

En función del tamaño de los distintos elementos a clasificar y de los procesos utilizados existe una terminología específica que se emplea con más o menos frecuencia.

- *Descabezado o escalpado:* es la eliminación de los elementos más gruesos de dimensiones más o menos anormales contenidos en una muestra.
- *Precibado:* es la separación previa que se hace a la muestra antes de pasar a la etapa de machaqueo con el objetivo de eliminar la fracción más fina para que no entre en el aparato. En función del tipo final de granulometría que se esté buscando, este material fino se elimina o se conduce mediante una cinta transportadora a la parte del circuito que le corresponda.
- *Calibrado:* se realiza sobre parrillas fijas o con movimiento y se utiliza para la separación de los bloques o grandes guijarros con tamaños superiores a los 100 mm.
- *Cribado:* este término está reservado a la separación de materiales comprendidos entre 1,5 mm y 100 mm. El proceso se realiza mediante cribas planas o inclinadas de sacudidas, cribas de vaivén cribas vibrantes y cribas rotativas, más conocidas como trómeles.
- *Tamizado:* cuando el tamaño de los materiales a separar se encuentra entre 0,04 mm y 1,5 mm se utiliza este término y generalmente se realiza sobre telas muy finas.
- *Recibado:* se realiza esta operación cuando una vez realizado el cribado se quiere mejorar su clasificación mediante otro cribado para la eliminación de finos, bien sea por una clasificación primaria

imperfecta o bien por los residuos creados durante las manipulaciones como ocurre con los carbones.

- *Desempolvado o captación de polvos:* se aplica a toda operación de cribado cuya parte de producto más fino constituye un residuo. [2]

### Proceso de cribado

Una breve descripción del proceso de cribado, su base de operación, y algunos de los problemas básicos que resultan pueden proporcionar una mejor comprensión del proceso y terminología relacionada.

Considerar un simplificado modelo de criba vibrante (Figura 1). El material que requiere separación, la alimentación, se entrega a un extremo de la superficie de cribado. Suponiendo que las aberturas en la superficie son todas del mismo tamaño, el movimiento del material a través de la superficie producirá dos productos. El material rechazado por las aberturas se descarga en el otro extremo, mientras que el material aceptado por las aberturas pasa a través de las aberturas en un conducto de recogida.

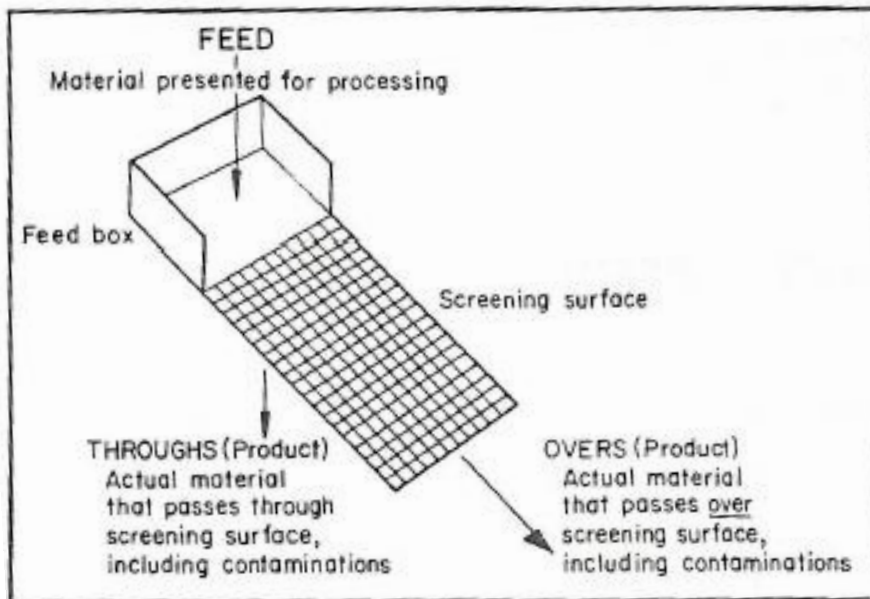


Figura 1: criba simplificada. [3]

A continuación, en la figura 3, se muestra los elementos que componen una criba vibrante, el motor, estructura vibrante, estructura base, caja de alimentación, superficie de cribado, carcasa del eje y vibrador y soporte de la estructura. [3]

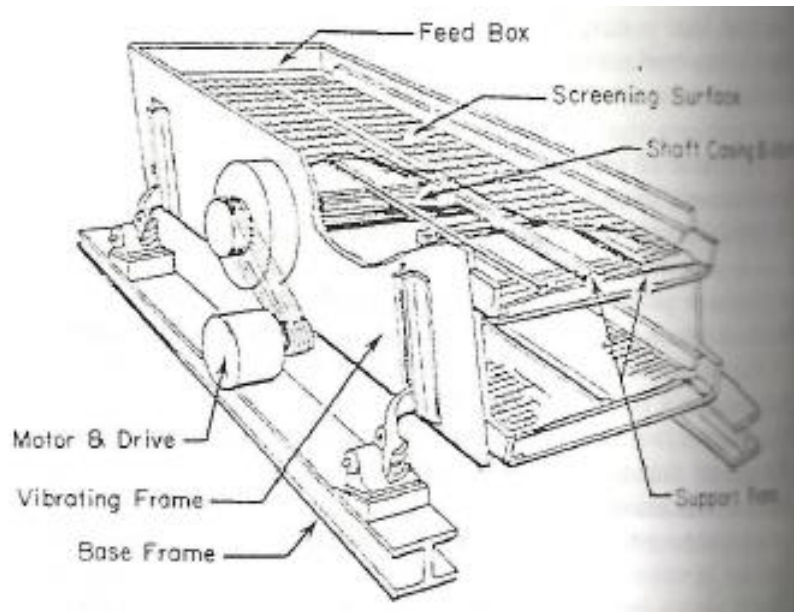


Figura 2: elementos de criba vibrante. [3]

### Tipos de cribas

La mayoría de los equipos de cribados se usan en la industria y trabajan bien por vibración o resonancia para impartir un movimiento a la cama del material.

Para el proyecto se usarán los siguientes tipos de cribas:

- Criba de probabilidades:**  
 Están formadas por varias bandejas superpuestas con inclinaciones crecientes de la superior a la inferior (la inferior tiene una inclinación próxima a 45%) y con luces de malla decrecientes también de la bandeja superior a la inferior.

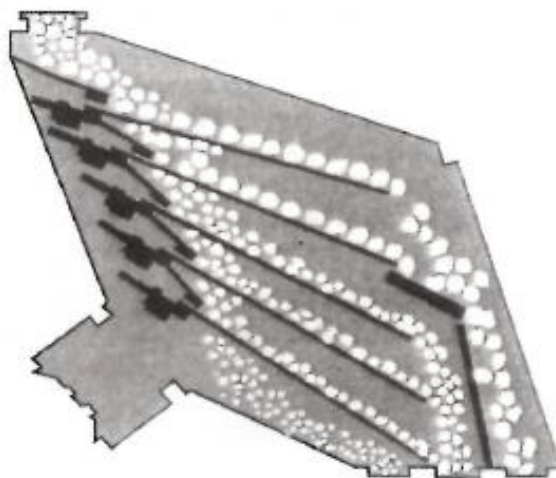
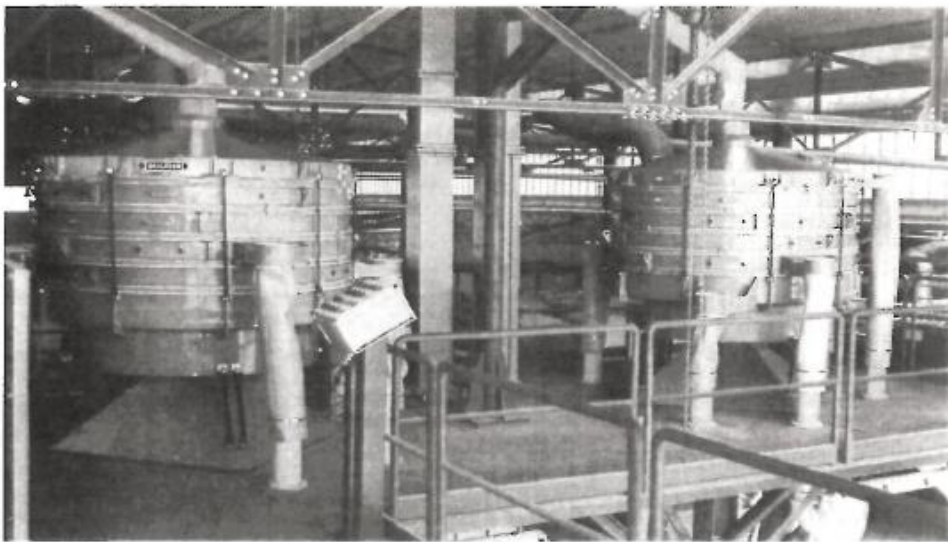


Figura 3: Criba de probabilidades. [2]

- **Criba vibrante circular:**

Está especialmente diseñada para el cribado de materiales finos y extrafinos con tamaños comprendidos entre los 20 mm y las 30 micras. Su característica más importante es que cuenta con tres efectos diferentes: hay un movimiento circular horizontal excéntrico; movimiento de inclinación sobre la horizontal y un tercer movimiento que provoca subidas y bajadas sobre el plano horizontal. [2]



*Figura 4: criba vibrante circular. [2]*

## **TRITURACIÓN**

En la construcción de carreteras, edificios, presas y demás obras de ingeniería, así como escolleras y vías de ferrocarril, e incluso en la industria de vidrio y la cerámica, se emplean áridos que con unas granulometrías adecuadas intervienen en la fabricación de productos resistentes mediante su mezcla con aglomerantes. Sin embargo, los áridos salen de las canteras con unos tamaños muy diferentes a los deseados para cada situación, lo que hace necesario, o no, su reducción de tamaño.

Para solventar este problema se utilizan los procesos de trituración y molienda. En ellos se dan los fenómenos de reducción de tamaño y en muchos casos también se le da una cierta forma a la roca (cubicidad).

En las plantas de reducción de tamaño se tienen varios puestos de trituración y/o molienda y entre ellos se encuentran procesos de clasificación.

La trituración no es únicamente un proceso mecánico; es también un proceso cinético en el cual los efectos moleculares ordinarios y químicos influyen de forma importante: Con esto se pone de manifiesto la variedad de procesos que intervienen en la fragmentación.



Es imposible obtener, a través de los procesos de trituración, granos que en su totalidad sean de volumen igual y uniforme. La trituración, realizada de forma que ninguno de los fragmentos obtenidos sobrepase una dimensión previamente definida, conduce a la obtención de toda una gama de tamaños comprendidos entre dicha dimensión y la infinitamente pequeños. [2]

## **CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRITURACIÓN**

La gran diversidad de máquinas de trituración que hay disponibles actualmente en el mercado permiten hacer clasificaciones muy diversas de las mismas. En primer lugar, se puede hacer una clasificación en función de la gama de reducciones volumétrica, pudiendo ser machacadoras primarias, secundarias, terciarias, gravilladores, areneros, etc. En función del tipo de material que trituran se pueden clasificar en machacadoras para materiales duros, abrasivos húmedos, heterogéneos, friables, etc. Sin embargo, una de las clasificaciones más utilizada es la basada en los tipos de fuerzas que emplean los equipos. Estas fuerzas son la compresión, la abrasión o atrición, el impacto, el cizallamiento, los que permite clasificar los aparatos en aquellos que actúan por compresión, por impacto y por abrasión. Estos últimos son más bien utilizados en las etapas de molienda con los molinos de bolas, barras, autógenos y semiautógenos, mientras que los dos primeros tipos son los habitualmente usados en trituración.

Como se ha comentado anteriormente, la trituración puede ser primaria, secundaria, terciaria, etcétera., En función de las veces que necesite ser el mineral reducido de tamaño. Han sido varios expertos los que han intentado determinar los límites entre los distintos tipos, pero actualmente no existe ninguna norma para delimitar los límites por tamaños. Téngase en cuenta que en una instalación determinada un molino terciario puede estar trabajando con materiales de mayor tamaño que un molino secundario de otra instalación.

En la trituración primaria se utilizan únicamente las machacadoras de mandíbulas, los molinos de impactos o impactores y los trituradores giratorios. En la trituración secundaria se utilizan machacadoras de mandíbulas, muy frecuentes en fábrica de cal, gravilladores e impactores, mientras que en la trituración terciaria son los impactores, centrífugos, molinos de martillos, molinos de eje vertical y conos los más utilizados habitualmente. Finalmente, en la trituración cuaternaria se montan prácticamente siempre ya equipos de molienda; por lo tanto, reciben el nombre de molienda primaria.

Las machacadoras de mandíbulas actúan por compresión de los materiales entre las paredes, una fija y otro móvil, con un ángulo de trituración aproximado de 27°.

Los impactores o molinos de impacto reducen los materiales por impacto gracias a los martillos o impactores fijos o móviles sujetos a un rotor central. La energía cinética es impartida de partícula a partícula del material y se utiliza para destruir la estructura interna de las propias partículas por los planos más débiles. [2]

## MACHACADORAS DE MANDÍBULAS

### Definición

Es también conocidas como trituradoras de mandíbulas y quebrantadoras de mandíbulas, están formadas por dos mandíbulas dispuestas una enfrente de la otra en forma de V, una de las cuales es fija y la otra está animado por un movimiento de oscilación alrededor de un eje horizontal y generado por medio de un sistema de biela excéntrica y de placas de articulación. El material, introducido por la parte superior, es fragmentado debido al acercamiento de la mandíbula móvil y va descendiendo por la cámara de trituración con el alejamiento de dicha mandíbula. Este retroceso de la mandíbula móvil permite a los fragmentos generados descender hacia la parte más estrecha, donde se someterán a una nueva compresión al avanzar la mandíbula. Finalmente, los materiales machacados salen de la machacadora por la abertura inferior.

Estos movimientos de acercamiento-alejamiento de la mandíbula móvil son los responsables de la trituración por compresión y del avance de los materiales en la cámara de trituración.

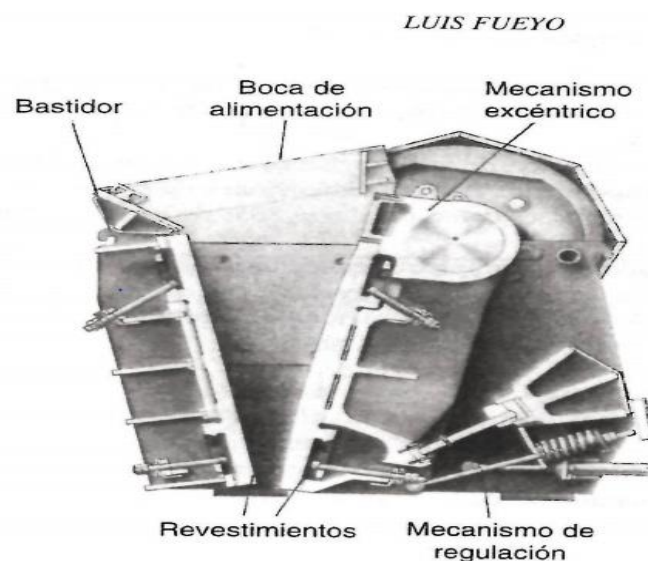


Figura 5: trituradora de mandíbulas. [2]

## TRTURADORES GIRATORIOS Y DE CONO

### Definición

En este tipo de equipos los materiales a machacar se reducen por compresión, al igual que en una machacadora de mandíbulas, con la diferencia de que aquí se realiza entre una pieza troncocónica que tiene un movimiento excéntrico en el interior de un espacio limitado por una pared también troncocónica invertida.

De esta manera, la superficie con forma de tronco de cono se acerca sucesivamente a cada una de las generatrices de la pared cóncava fija para alejarse posteriormente. Así, a la vez que se realiza el acercamiento a un punto, en el lado diametralmente opuesto se produce el máximo alejamiento entre el tronco de cono y la pared circular. Esto significa que en estos equipos siempre hay material de alimentación bajo presión, a la vez que se produce la caída de los materiales con tamaños más pequeños hacia zonas inferiores, donde tendrá lugar una nueva fragmentación para posteriormente darse la evacuación por gravedad de los materiales fragmentados.

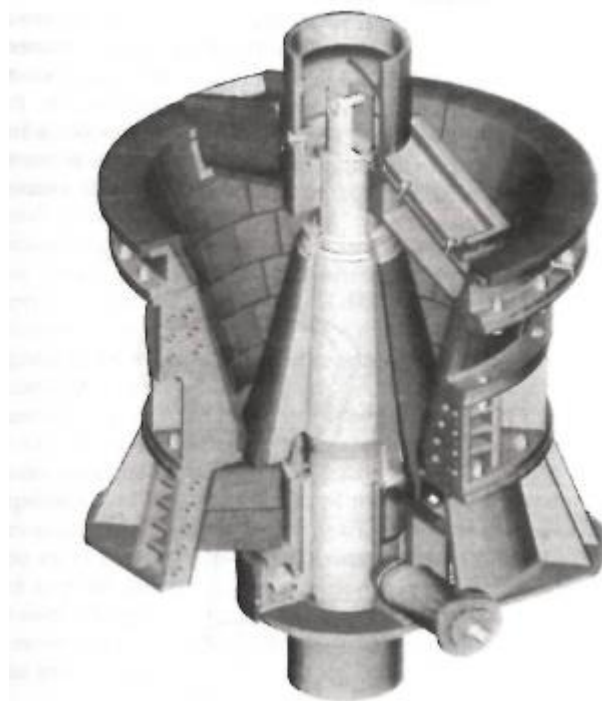


Figura 6: trituradora giratoria. [2]

## MOLINOS DE CILINDROS

### Definición

Los molinos de cilindros realizan la fragmentación de los materiales entre dos cilindros que giran uno hacia el otro alrededor de unos ejes dispuestos horizontalmente en paralelo. Los cilindros van provistos de unas camisas (es la parte de desgaste), que están fabricadas en acero al manganeso y se montan ajustadas por encajamiento sobre dos núcleos cónicos que, a su vez, se mantienen solidarios con los ejes por medio de manguitos cónicos abiertos, o bien están formados por sectores fijados al cilindro mediante tornillos. Estas camisas pueden ser lisas, acanaladas o dentadas para permitir un mejor machaqueo de los materiales.

Existe una variante de estos molinos que son los denominados de triple rodillo, que como su propio nombre indica utiliza tres rodillos, permitiendo dos cámaras de trituración e incrementando con ellos la relación de reducción de la máquina.

El molino de cilindros lisos, en los cuales estos se mueven a la misma velocidad, las fuerzas actúan por compresión pura. En el caso de haber una variación en las velocidades de los cilindros, a las fuerzas de compresión se sumarán las de fricción-frotamiento para los cilindros lisos y las de fricción-corte para los cilindros con estrías finas.

En los molinos de cilindros dentados las acciones principales se derivan del cizallamiento, de la percusión y, de manera mucho más destacadas, de la compresión.

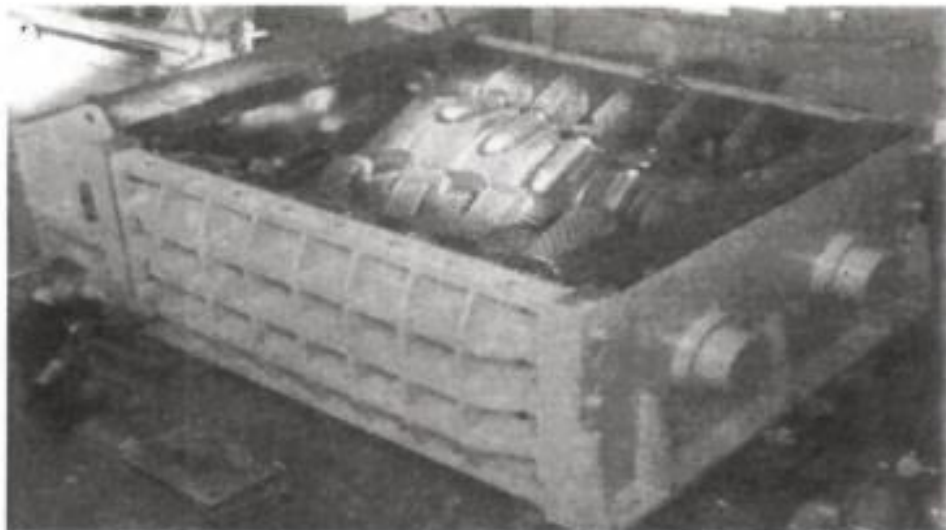


Figura 7: Molino de rodillos. [2]

## **MOLINOS DE IMPACTOS**

### **Definición**

Los molinos de impactos, también llamados impactores, se definen como equipos compuestos de un rotor provisto de 2 a 6 batidores cuya misión es la de proyectar contra un blindaje los productos que alimentan el aparato. La rotura se produce por un impacto brusco o choque generado entre la roca a triturar y un elemento triturador o, lo que es lo mismo, utilizan el hecho de que la energía cinética de un cuerpo en movimiento es totalmente transformada, a partir de un choque, en energía de deformación afectando a los minerales y a las piezas de blindaje.

La fragmentación puede ser directa mediante los elementos trituradores que se mueven a altas velocidades sobre los materiales a tratar que se desplazan a baja velocidad, o indirecta, en cuyo caso los materiales son proyectados a gran velocidad contra los yunques o placas de impacto. Habitualmente en los aparatos de fragmentación por impacto, la fragmentación directa e indirecta se dan a la vez.

El campo de aplicación de dichos equipos va desde la trituración primaria de grandes bloques de todo-uno hasta la pulverización de distintos productos estando formados, y en todos los casos, por rotores que tienen útiles choques fijos o móviles girando a gran velocidad alrededor de un eje vertical u horizontal, en el interior de una cámara blindada cuya parte inferior puede uno estar cerrada por una parrilla. El material producido por estos equipos se caracteriza por su alta cubricidad, siendo incluso mayor que la que tienen los productos generados en los trituradores giratorios y, por supuesto, que los producidos en las machacadoras de mandíbulas.

Los elementos de choque pueden fijarse de forma rígida sobre el rotor, que en cuyo caso actúan como una masa total, o bien pueden estar unidos al rotor alrededor de uno eje de giro y por lo tanto tener cada uno de ellos un movimiento independiente y actuar aisladamente.

### **MOLINOS IMPACTORES DE EJE VERTICAL**

Pese a tener sus primeros orígenes antes de la primera guerra mundial, no ha sido hasta bastante más tarde cuando varios fabricantes desarrollaron, a partir de los impactores de eje horizontal, unos equipos con una concepción similar, pero con la disposición de eje vertical. De esta manera fabricantes como Magotteaux, Canica, Metso, etc, hoy en día disponen de unos equipos muy desarrollados con claras ventajas e inconvenientes sobre los impactores de eje horizontal.

Los impactores de que vertical tanto "roca contra roca" como "roca contra metal" se basan en la reducción del material por la acción de la fuerza centrífuga y el tamaño máximo de admisión ronda los 50-60 mm.



Figura 8: Molino impactor. [2]

- **Molino impactor de eje vertical “roca contra roca”**

Es el modelo de molino de eje vertical más conocido hoy en día. Se basa en la reducción del material por la acción de la fuerza centrífuga y el tamaño máximo de admisión ronda los 50-60 mm. Consiste en un rotor que gira a velocidades entre los 55 m/s y 70 m/s alrededor de un eje vertical sobre el que se introducen los materiales por un orificio central de la parte superior. Los materiales caen al rotor, que se encuentra girando a altas velocidades, y son proyectados por tres salidas de dicho rotor hacia la cámara de trituración.

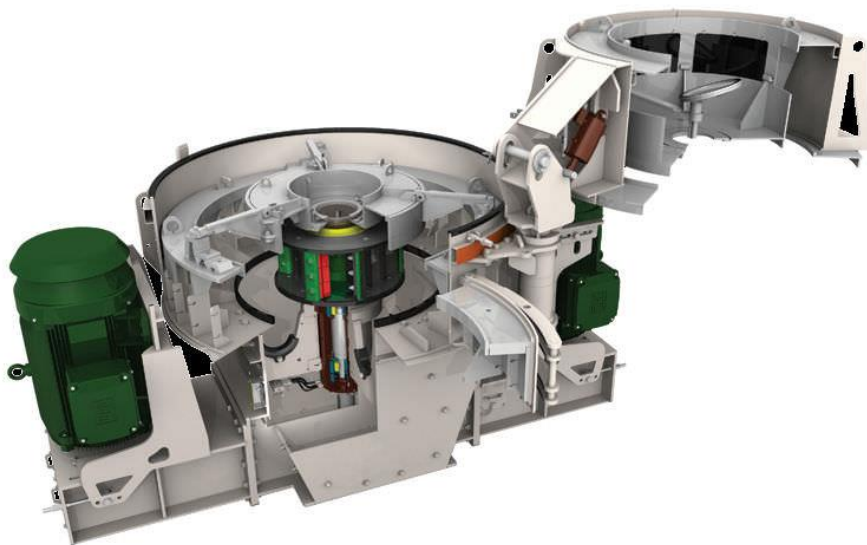


Figura 9: Molino impactor de eje vertical (VSI) Barmac. [2]

A los pocos minutos de ponerse en funcionamiento dicho molino parte de los materiales propulsados por el rotor se quedan recubriendo la cámara de trituración, de tal manera que forman un lecho que proteja los elementos del desgaste. Así, los elementos que son propulsados desde el rotor, a velocidades de hasta 85 metros por segundo, una vez formado este lecho, chocan contra materiales de la misma composición. Este tipo de molino recibe el nombre de molinos de eje vertical tipo "roca contra roca".

Una variante de este molino consiste en una segunda corriente de material de cantidad controlada vertida dentro de la turbulencia de la cámara trituradora, causando un mayor número de partículas dentro de la cámara, y produciendo un aumento de la eficiencia energética y una reducción del desgaste. Así, en la cámara de trituración la nube de partículas impulsada por el material procedente del rotor se arremolina de manera turbulenta produciendo una reducción por impacto de unas partículas contra otras y antes de perder la velocidad suficiente que les permita desprenderse de la nube de partículas y salir de la cámara de trituración.

El tiempo de permanencia habitual de las partículas en la cámara de trituración varía entre los 5 segundos y los 20 segundos en función del peso y la velocidad de las mismas, así como de la trayectoria seguida durante las colisiones. Esto demuestra que el proceso de reducción de tamaño depende de las colisiones aleatorias entre particulares y se mejoran la eficacia de la trituración incrementando la densidad de la nube de partículas en la cámara de trituración, lo que produce un incremento al mismo tiempo de la probabilidad y frecuencia de las colisiones.

Dependiendo del tipo de material final a obtener, estos molinos pueden suministrarse con anillos de cavitación gruesos o finos. Los anillos finos incrementan el tiempo de retención de las partículas dentro de la cámara de trituración aumentando la reducción conseguida. Por otra parte, el cambio a un diámetro mayor aumenta la velocidad periférica y el efecto, es similar al conseguido cuando incrementa la velocidad del rotor. Además del hecho de que un brazo molidor más largo en el rotor produce más finos que un rotor de diámetro menor con la misma velocidad periférica.

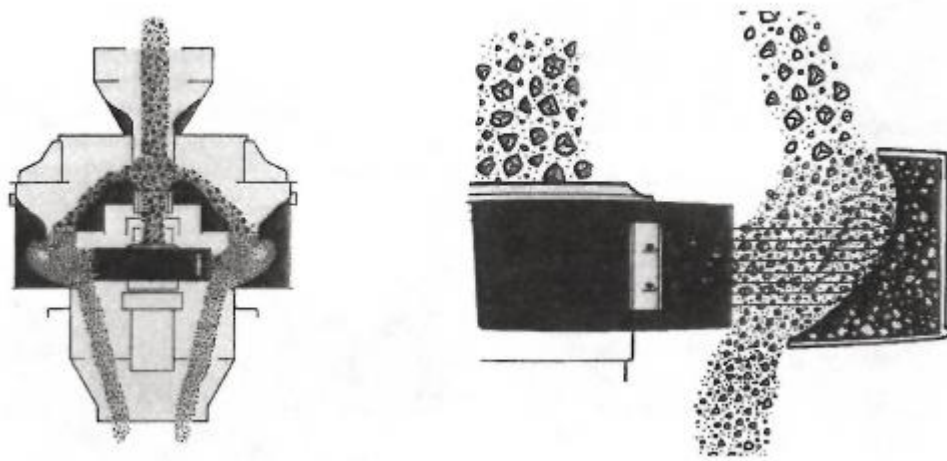


Figura 10: Esquema de molino impactador de eje vertical. [2]

De la reducción del tamaño de los materiales se debe al impacto, al rozamiento, y a la abrasión, siendo regular a dicha reducción con las velocidades del rotor, el tamaño de la malla, el tamaño del rotor, la proporción de los materiales en suspensión y con la granulometría con la cual se alimenta al molino.

En estos equipos el factor principal determinante es la potencia instalada. Para una velocidad de rotor determinada, el rendimiento del rotor es directamente proporcional a la potencia instalada. De esta manera, las variaciones de potencia de estos molinos se encuentran entre 1,0 kW/h/t y 2,5 kW/h/t del rendimiento del rotor, lo que es sensiblemente superior al consumo de otros equipos de trituración.

Como contrapartida hay que destacar el relativo bajo costo inicial de estos equipos frente a los "roca contra metal" y otros equipos de reducción, la mínima estructura necesaria sobre la que su montados y, principalmente, el bajo consumo de revestimientos; por lo tanto, para elementos abrasivos es una solución bastante utilizada.

Estos molinos se utilizan en etapas terciarias e incluso cuaternarias, pudiendo operar tanto en circuito cerrado como el circuito abierto. Cuando se requiere la producción de materiales de tamaños específicos, se utiliza en circuito cerrado, especialmente si se quiere una la máxima producción de finos. En el caso de querer obtener forma o querer incrementar la finura del producto triturado inferior al máximo tamaño de particular deseado, se utiliza en circuito abierto.

Son equipos muy utilizados como correctores de forma de los materiales procedentes de los trituradores de cono, ya que rompen las lajas producidas por estos y dan una excelente cubricidad de las partículas.



- **Impactores de eje vertical “roca-metal”**

El otro modelo de Impactores de eje vertical es el conocido como “roca-metal”. Está formado por una gran Cuba de tamaños comprendidos entre los 1800 mm y los 2400 mm de diámetro en cuya zona central se encuentra un rotor equipado con un mecanismo sobre rodamientos y movido por un sistema de ataque directo desde la parte inferior del equipo.

El rotor, que puede tener entre 4 y 6 eyectores reversibles, es el encargado de lanzar los materiales que le llegan desde la parte superior del molino. Con una velocidad de rotación del rotor de hasta 70 metros por segundo los materiales son despedidos hasta un estator receptor, concéntrico al rotor, protegido por 18 ó 20 yunques que presentan varias caras de impacto y es ahí donde se produce la colisión y fragmentación.

La dinámica de estos Impactores es la siguiente: los materiales a triturar, con tamaños hasta los 170 mm, son introducidos por la parte superior y caen sobre un cono distribuidor situado en el centro del rotor. Una vez allí son propulsados por los lanzadores-percutores, recibiendo una aceleración progresiva hasta ser proyectados violentamente contra las caras de los yunques, y de esa manera sufren primeramente una fragmentación previa con rebote posterior y a continuación un choque contra los productos lanzados, o bien son golpeados de nuevo por los percutores que los impulsa nuevamente. Así, cada material está dispuesto a múltiples impactos procedentes de varias direcciones, antes de experimentar su disgregación final y caer por gravedad en la canaleta inferior de evacuación.

El acceso al interior del molino se realiza de forma muy sencilla por medio de un sistema o óleo-hidráulico que facilita la elevación y la rotación de 360° de la tapa para permitir los trabajos de mantenimiento y vigilancia.

Estos molinos impactores, con producciones de hasta 550 t/h, fabrican unos materiales altamente cúbicos, ligeramente superiores a los producidos por los impactores “roca contra roca”. Sin embargo, la verdadera diferencia radica en la angulosidad de los cantos que producen. Estos cantos al chocar contra los yunques a 90° grados se fracturan dando lugar a partículas inferiores con importantes ángulos y aristas vivas que son un componente muy apreciado para los aglomerados. La producción de finos es también mayor que los modelos “roca contra roca”.

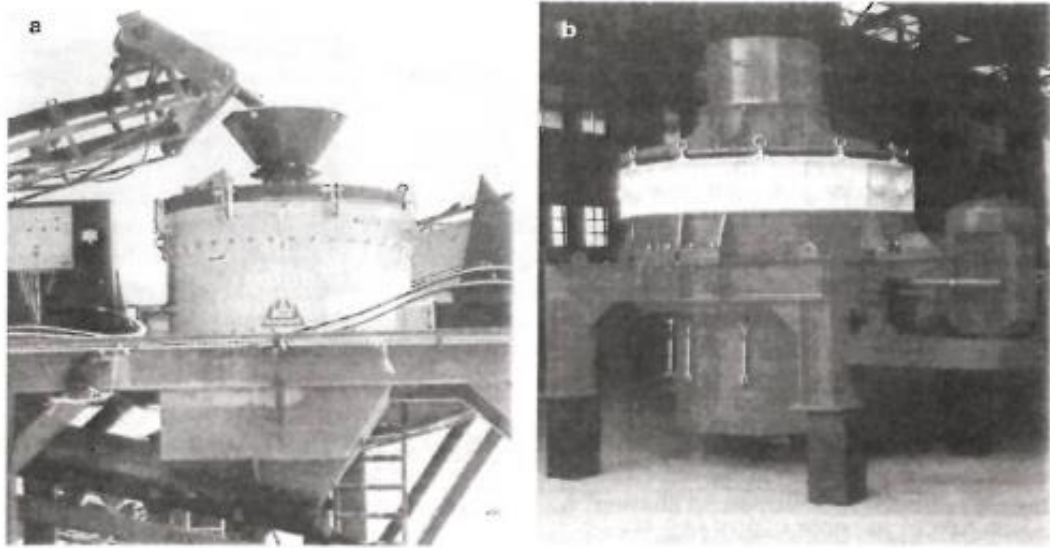


Figura 11: Molino impactor de eje vertical "Roca contra metal". [2]

### **MOLINOS DE MARTILLOS ARTICULADOS**

Al igual que los inspectores ya descritos, los molinos de martillos articulados utilizan un rotor de eje horizontal girando a una gran velocidad en el interior de una cámara revestida por unos blindajes. El rotor está formado por una serie de discos que montan en su periferia ejes sobre los cuales se articulan masas de choque autónomas. Bajo la acción de la fuerza centrífuga, originada por velocidades del rotor de entre 20 m/s y 60 m/s para la trituración normal y superiores para molienda más fina, las masas o martillos toman una posición radial y, siempre que la velocidad de rotación sea suficiente, actúan en percusión sobre los materiales que entran en el molino, de la misma manera que si estuviesen unidos de formar rígida.

En caso excesiva resistencia, atascamiento o encuentro con un cuerpo no triturable, los martillos articulados se inclinan hacia atrás de forma que disminuye su resalte e incluso llegan, si es necesario, a desaparecer entre los discos. [2]

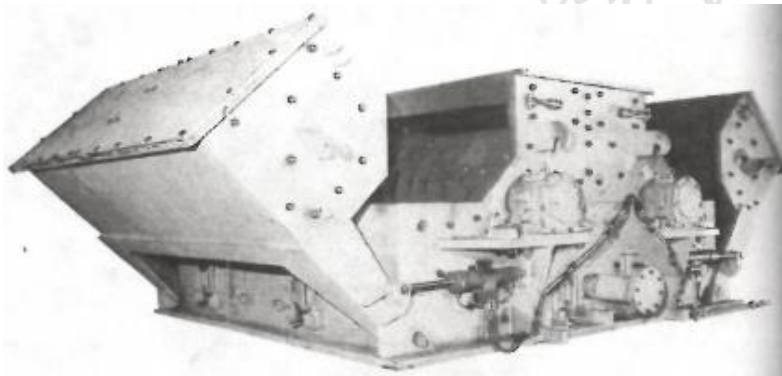


Figura 11: Trituradora de martillos. [2]

## TRANSPORTE MECÁNICO DE SÓLIDOS

Los principales tipos de equipos para el transporte son: cintas transportadoras, elevadores, grúas, camiones, y transporte neumático. El movimiento de los sólidos puede ocurrir por gravedad, llevarse a cabo manualmente o aplicando una dada potencia. Los sólidos pueden transportarse empacados o a granel. En relación con la industria de alimentos los equipos de manejo de sólidos, exceptuando los de transporte neumático, camiones y grúas, pueden clasificarse en:

- cintas transportadoras.
- transportadores de cadena: raspadores y de baldes o cangilones o capachos.
- transportadores de tornillos. [4]

### Cintas transportadoras

Las cintas transportadoras pueden trasladar material sólido desde unos pocos metros hasta kilómetros. En el Sahara existe la cinta transportadora más larga del mundo de 100 km de longitud, destinada al transporte de la producción de una mina de fosfatos. Las cintas transportadoras suelen operarse de manera horizontal, sin embargo, puede asignárseles algún grado de inclinación generalmente limitado por ángulos de 15 a 20 grados. El límite del ángulo de inclinación se define para evitar movimiento del material durante el transporte. Si se requieren cambios de pendiente de mayor magnitud, el diseño debe incluir laterales corrugados que eviten la pérdida de material o bultos. Si las cintas son diseñadas y mantenidas adecuadamente tienen un alto tiempo de servicio. [4]

- **Componentes**

**Cinta:** debe ser flexible para adaptarse a la forma del transporte, lo suficientemente ancha como para transportar la cantidad de material deseado, poseer una resistencia adecuada para sostener la carga y la tensión que se le aplica a la misma. Pueden ser de goma o de tela (éstas últimas suelen ser impregnadas con un material a prueba de agua). Existen transportadoras que no poseen cintas sino directamente rodillos, o canaletas de transporte.

**Rodillos:** Cuando se realiza transporte de material sólido a granel se requiere configurar el sistema con rodillos que conformen una canaleta de transporte. En la Figura 12.5 se muestran los rodillos utilizados. Cuando la cinta avanza hacia el punto de descarga del

material se utiliza la disposición a), cuando regresa la cinta vacía se utiliza 1 sólo rodillo.

**Motor:** En general se ubica al final de la línea de transporte (en el punto de descarga), el cual mueve un rodillo en particular. Si las líneas son muy largas, un número mayor de motores será necesario.

**Dispositivos de carga y descarga de material:** Al inicio y al final de la línea comúnmente se encuentran dispositivos de carga y descarga.

**Rodillos de tensión:** Para que las cintas permanezcan estiradas, existen rodillos de tensión. [4]

## **Transportadores de cadena**

Si los transportadores de cadena se comparan con los de cinta, tienen características que los distinguen; barata construcción, operación ruidosa e ineficiencia mecánica. Sin embargo, en ciertas situaciones se adaptan correctamente al proceso. Los principales componentes de estos transportes son: las cadenas, los elementos de movimiento y los motores. Dentro del grupo de los transportes por cadena, se estudiarán los rascadores y de baldes, los cuales difieren en los elementos de movimiento del material. Los elementos de movimiento se enganchan en las cadenas. [4]

### **Rascadores**

Estos sistemas se utilizan para sólidos granulares que no son abrasivos, son baratos y pueden operar en planos inclinados. A la cadena se le adicionan elementos de movimiento como aletas que arrastran el material. [4]

### **Transportes de baldes o cangilones**

Este tipo de equipos es muy usado para elevar verticalmente materiales que fluyen libremente. Son equipos más eficientes que los rascadores ya que no existe una fuerte fricción entre el material y el elemento de movimiento. La descarga puede realizarse de tres diferentes modos. Una de ellas consiste en el uso de baldes con cierto espaciamiento entre ellos. La segunda opción es similar a la primera, con la salvedad que se logra la inversión total del balde al momento de la descarga, esta opción es más apropiada cuando la fluidez del material no es excelente. La tercera alternativa es el uso de baldes sin espaciamiento (continuos), se logra igual capacidad con menor velocidad de movimiento de la cadena. [4]



Figura 12: Transporte de baldes. [4]

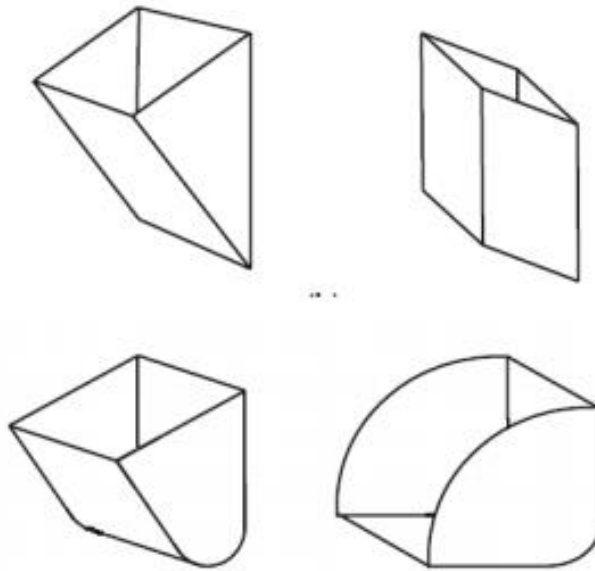


Figura 13: Diferentes tipos de baldes. [4]

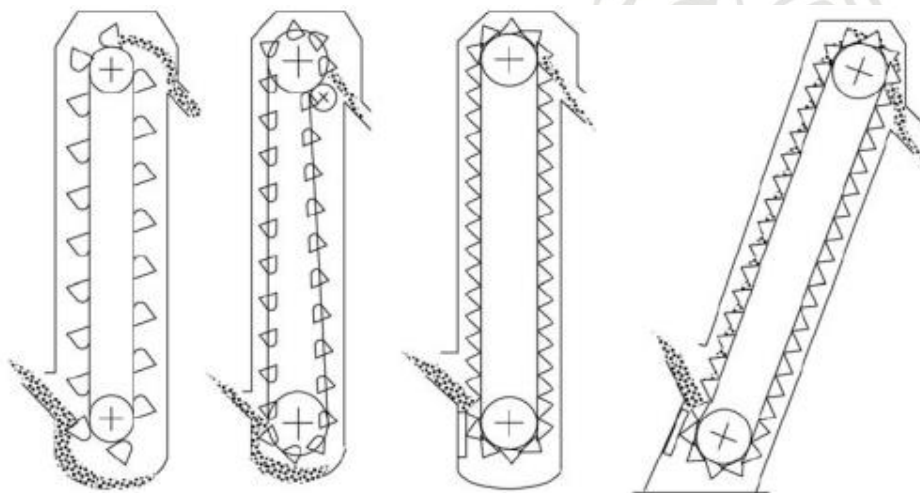


Figura 14: Líneas de transporte de baldes. [4]

## Transportes de tornillos

El transporte por tornillos se utiliza para manejar material muy fino, materiales muy calientes, químicamente muy activos. Consisten en un tornillo que gira dentro de una carcasa. En la Figura 15 se muestran los principales componentes de este tipo de transporte. [4]

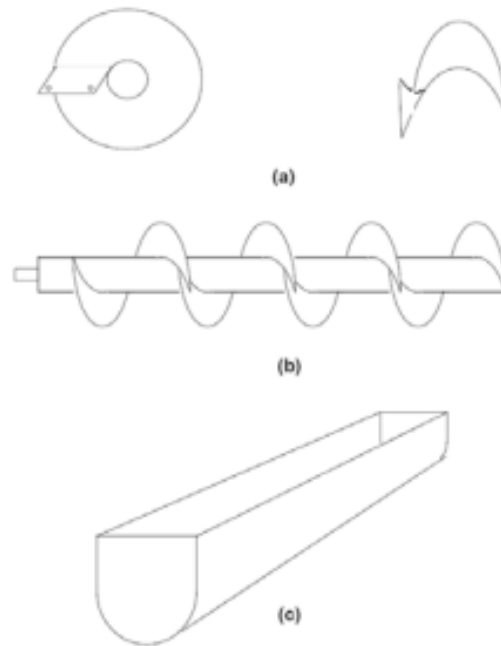


Figura 15: Transporte de tornillo. [4]

Los tornillos también pueden funcionar con algún grado de inclinación. Si el transporte es horizontal la carcasa puede tener una sección transversal con forma de U, sin embargo, en transporte inclinado la carcasa es cilíndrica para proteger el material. Los tornillos pueden ser huecos para circular medios calefactores o de enfriamiento en su interior para aplicaciones especiales. Además, los transportes a tornillos pueden ser cerrados por completo para trabajar tanto con atmósfera positiva o negativa según sea la naturaleza del material a transportar. La potencia requerida para el movimiento del tornillo y el consecuente transporte depende obviamente de las dimensiones del sistema y de la calidad del material. Como aproximación inicial para el cálculo de la potencia requerida para un transporte horizontal, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{CL \rho_p F}{4500}$$

Donde C es la capacidad (m<sup>3</sup> /min), L es la longitud (m),  $\rho_p$  la densidad de la partícula (Kg/m<sup>3</sup>) y F es un factor que depende del tipo de material (ver figura 16). Si la potencia da menor que 1 HP, como regla del pulgar debe aumentarse como mínimo a 5 HP. [4]

Type a ( $F = 1.2$ ): light, fine, non-abrasive, free-flowing materials; $\rho_b$ : 480–640 kg/m <sup>3</sup>	Type b ( $F = 1.4$ –1.8): non-abrasive, granular or fines mixed with lumps; $\rho_b$ : up to 830 kg/m <sup>3</sup>	Type c ( $F = 2.0$ –2.5): non and mildly abrasive, granular or fines mixed with lumps; $\rho_b$ : 640–1,200 kg/m <sup>3</sup>	Type d ( $F = 3.0$ –4.0): mildly abrasive or abrasive, fine, granular or fines with lumps; $\rho_b$ : 830–1,600 kg/m <sup>3</sup>
Barley Granular dried malt Corn flour Cotton seed flour Wheat flour Malt Rice Wheat	Soy meal Cacao seeds Coffee seeds Corn Corn meal Jelly granules	Granular moist malt Cocoa Dehydrated milk Starch Icing sugar	Raw sugar Bone meal

Figura 16: Factores F para la correlación. [4]

## FILTRO DE TALEGAS

Los filtros de talegas son considerados como los equipos más representativos de la separación sólido-gas. Su función consiste en recoger las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido. En general, un filtro es una estructura porosa compuesta de material fibroso que tiende a retener las partículas según pasa el gas que las arrastra, a través de los espacios vacíos del filtro. El filtro se construye con cualquier material compatible con el gas y las partículas. [5]

La figura 17 presenta uno de los diseños que más se utilizan en filtros de talegas.

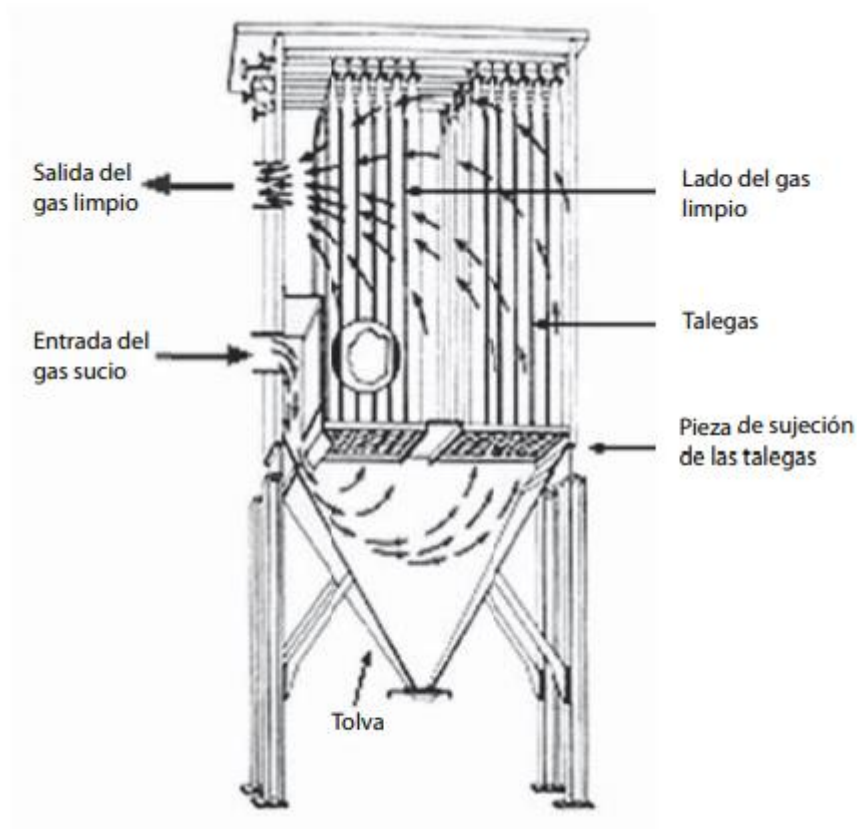


Figura 17: Filtro de talegas con agitación mecánica y filtración interior. [5]

### Principio de funcionamiento

Los filtros de talegas constan de una serie de hileras de talegas de tela en la forma de tubos redondos, normalmente de fibra sintética o natural, colocadas en unos soportes para darles consistencia y encerrados en un compartimiento. La separación del sólido se efectúa haciendo pasar el aire con partículas en suspensión mediante un ventilador, a través de la tela que forma la talega. De esa manera, las partículas quedan retenidas entre los intersticios de la tela formando una torta filtrante. La torta se va engrosando y con esto se aumenta la eficiencia de remoción de partículas y la caída de presión del sistema, por lo cual se procede a efectuar una limpieza periódica de las talegas y evitar así una disminución en el caudal. El gas cargado de partículas, al entrar al equipo, fluye por el espacio que está debajo de la placa a la que se encuentran sujetas las talegas, y hacia arriba para introducirse en las talegas. A continuación, el gas fluye hacia afuera de las talegas dejando atrás los sólidos. El gas limpio fluye por el espacio exterior de los sacos y se lleva por una serie de conductos hacia el ducto de escape o chimenea. [5]



## Medios filtrantes

Los medios filtrantes pueden ser telas tejidas o de fieltro. Las telas tejidas presentan una estructura de trenzamiento según patrones establecidos.

Los más comunes son el tejido diagonal y el tejido satín. Los diferentes tejidos aumentan o disminuyen los espacios abiertos entre las fibras, incluyendo la resistencia y permeabilidad de la tela. La permeabilidad está relacionada con la cantidad de aire que es filtrada para una determinada caída de presión. Las telas de fieltro generalmente están compuestas por un soporte tejido y un recubrimiento de fibras superpuestas en forma caótica; recubrimiento que se realiza a través de métodos químicos, por calentamiento o utilizando resinas. Dicha estructura permite mayor eficiencia en el proceso de captación de las partículas.

Las telas de filtro presentan menor dependencia entre la eficiencia de remoción de partículas y la formación de la capa inicial de partículas sobre la superficie del filtro; presentan un espesor dos o tres veces mayor que las telas tejidas y un mejor desempeño en la captura de partículas pequeñas. La selección de las telas depende de la composición química, temperatura y humedad de la corriente gaseosa, así como de la composición química y física de las partículas.

La composición química, tanto de la corriente gaseosa como de las partículas, ejerce un efecto sobre el desgaste de la tela. El comportamiento de un tipo de tela determinado sólo se aprecia en detalle durante la operación del filtro. La figura 18 consigna las características más importantes de las diferentes fibras que se utilizan normalmente en la fabricación de talegas; información que se utiliza en la selección del tipo de fibra dependiendo de las características del gas portador y las partículas transportadas. [5]

TELA	TEMPERATURA (°C)		RESISTENCIA				
	Continua	Picos	Ácidos	Bases	Abrasión	Tensión	Combustión
Algodón	82	107	Deficiente	Muy buena	Muy buena	Buena	Sí
Dacrón	122	163	Buena	Muy buena	Muy buena	Excelente	Sí
Fibra de vidrio	260	288	Regular	Regular	Buena	Buena	Sí
Nomex	190	218	Mala	Excelente	Muy buena	Muy buena	No
Nylon	92	121	Mala	Excelente	Excelente	Excelente	Sí
Orlón	127	127	Excelente	Regular	Buena	Buena	Sí
Polipropileno	92	94	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Sí
Teflón	232	288	Excelente	Excelente	Regular	Buena	No
Lana	92	121	Muy buena	Deficiente	Regular	Regular	No
Acrílico	127	137	Buena	Regular	Buena	Buena	Sí
Polietileno	65	100	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Sí
Acetato	71		Mala	Mala	Buena		No
Rayón	94		Mala	Regular	Buena		Sí
Cerámica	900	1000					

Figura 18: Propiedades de los materiales empleados en los filtros. [6]

## Metodología

### PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE

Project Management Institute (PMI) es una de las asociaciones profesionales de miembros más grandes del mundo que cuenta con medio millón de miembros e individuos titulares de sus certificaciones en 180 países. Es una organización sin fines de lucro que avanza la profesión de la dirección de proyectos a través de estándares y certificaciones reconocidas mundialmente, a través de comunidades de colaboración, de un extenso programa de investigación y de oportunidades de desarrollo profesional. [1]

### Guía del PMBOK

La aceptación de la dirección de proyectos como profesión indica que la aplicación de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto. La Guía del PMBOK® identifica ese subconjunto de fundamentos para la dirección de proyectos generalmente reconocido como buenas prácticas. "Generalmente reconocido" significa que los conocimientos y prácticas descritos son aplicables a la mayoría de los proyectos, la mayoría de las

veces, y que existe consenso sobre su valor y utilidad. "Buenas prácticas" significa que se está de acuerdo, en general, en que la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas puede aumentar las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. "Buenas prácticas" no significa que el conocimiento descrito deba aplicarse siempre de la misma manera en todos los proyectos; la organización y/o el equipo de dirección del proyecto son los responsables de establecer lo que es apropiado para cada proyecto concreto. La Guía del PMBOK® también proporciona y promueve un vocabulario común para el uso y la aplicación de los conceptos de la dirección de proyectos dentro de la profesión de la dirección de proyectos. Un vocabulario común es un elemento esencial en toda disciplina profesional. El Léxico de Términos de Dirección de Proyectos del PMI proporciona el vocabulario profesional de base que puede ser utilizado de manera consistente por directores de proyecto, directores de programa, directores de portafolios y otros interesados. [1]

## **Procesos de la dirección de proyectos**

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos.

## **Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos**

Las siguientes secciones identifican y describen los cinco Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos necesarios en todo proyecto. Estos cinco Grupos de Procesos cuentan con dependencias bien definidas; normalmente se ejecutan en cada proyecto y tienen un elevado grado de interacción entre sí. Estos cinco Grupos de Procesos son independientes de las áreas de aplicación y del enfoque de las industrias. Los Grupos de Procesos individuales y los procesos individuales a menudo se repiten antes de concluir el proyecto y pueden presentar interacciones dentro de un Grupo de Procesos y entre Grupos de Procesos. Estas interacciones, cuya naturaleza varía de un proyecto a otro, pueden realizarse o no en un orden determinado.

El diagrama de flujo de procesos, figura 19, proporciona un resumen global del flujo básico y de las interacciones entre los Grupos de Procesos y los interesados concretos. Los procesos de la dirección de proyectos están vinculados por entradas y salidas específicas, de modo que el resultado de un proceso se convierte en la entrada de otro proceso, aunque no necesariamente en el mismo Grupo de Procesos.

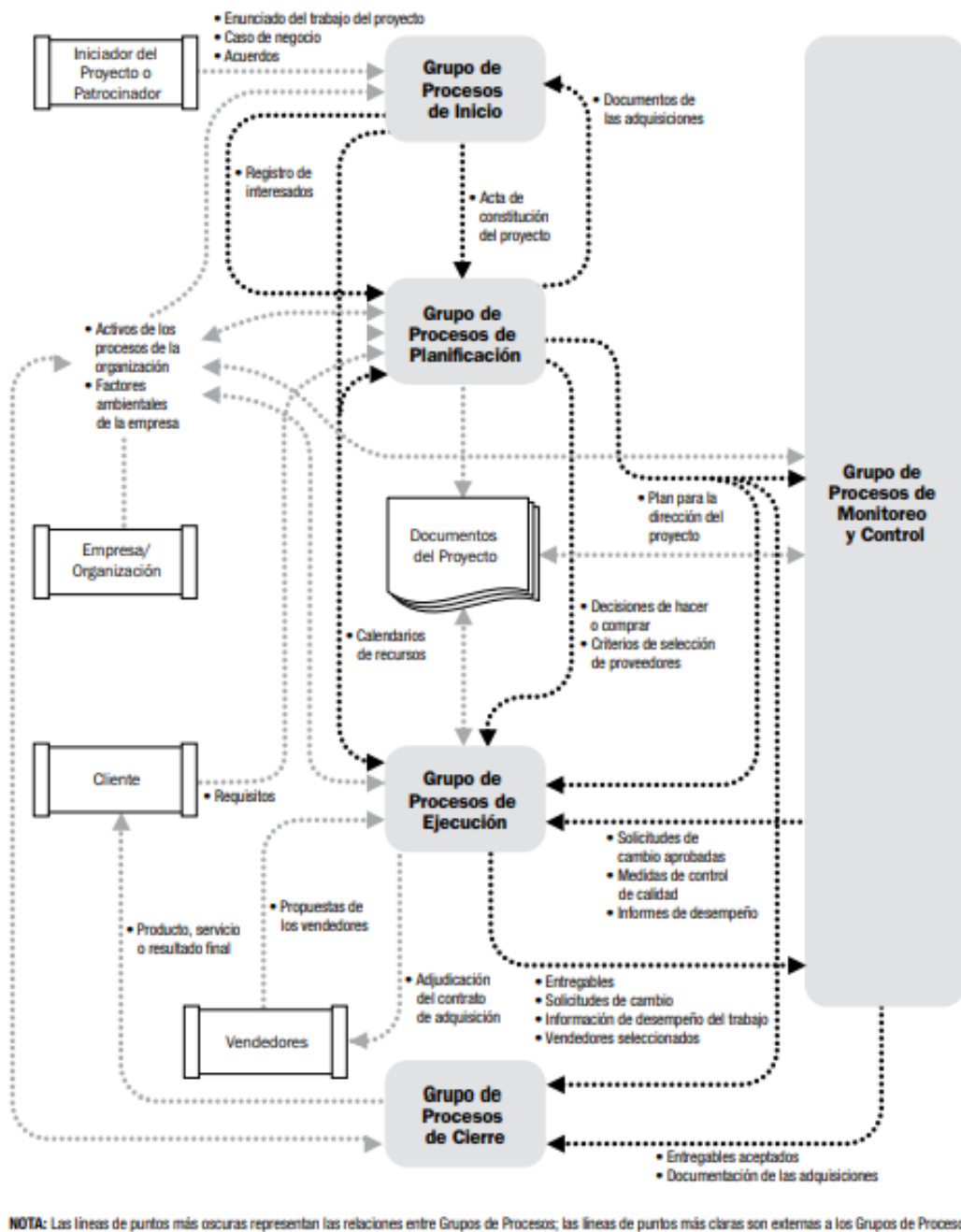


Figura 19: Interacción entre procesos de la dirección de proyectos. [1]

### Grupo de procesos de inicio

El Grupo de Procesos de Inicio está compuesto por aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase. Dentro del

ámbito de los procesos de inicio es donde se define el alcance inicial y se comprometen los recursos financieros iniciales. Además, se identifican los interesados internos y externos que van a participar y ejercer alguna influencia sobre el resultado global del proyecto. Finalmente, si aún no hubiera sido nombrado, se selecciona el director del proyecto. Esta información se registra en el acta de constitución del proyecto y en el registro de interesados. En el momento en que se aprueba el acta de constitución del proyecto, éste se considera oficialmente autorizado. Aunque el equipo de dirección del proyecto puede colaborar en la redacción de esta acta, este estándar supone que la evaluación, la aprobación y el financiamiento del caso de negocio se manejan fuera de los límites del proyecto (Figura 20). El límite de un proyecto se define como el momento en que se autoriza el inicio o la finalización de un proyecto o de una fase de un proyecto. El propósito clave de este Grupo de Procesos es alinear las expectativas de los interesados con el propósito del proyecto, darles visibilidad sobre el alcance y los objetivos, y mostrar cómo su participación en el proyecto y sus fases asociadas puede asegurar el logro de sus expectativas. Estos procesos ayudan a establecer la visión del proyecto: qué es lo que se necesita realizar.

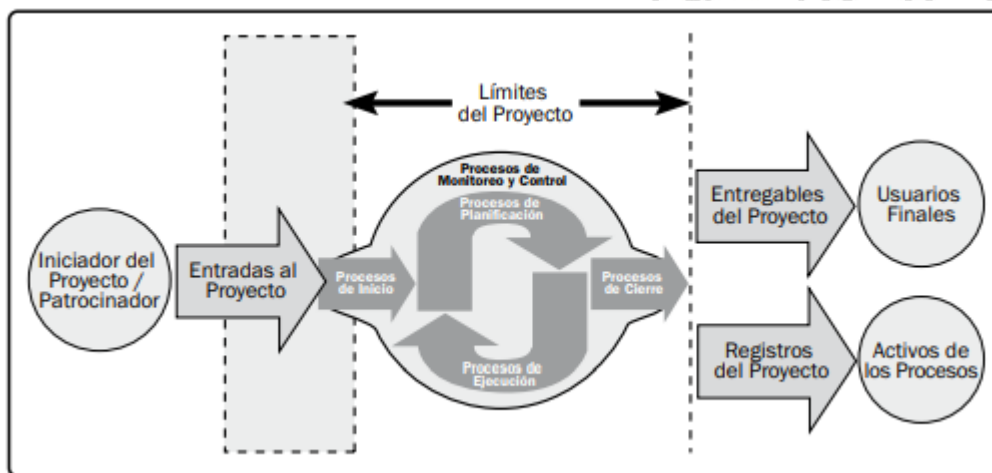


Figura 20: Límites del proyecto. [1]

### Grupo de procesos de planificación

El Grupo de Procesos de Planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. Los procesos de Planificación desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para llevarlo a cabo. La naturaleza compleja de la dirección de proyectos puede requerir el uso de reiterados ciclos de retroalimentación para un análisis adicional. A

medida que se va recopilando y comprendiendo más información o más características del proyecto, es probable que se requiera una planificación adicional. Los cambios importantes que ocurren a lo largo del ciclo de vida del proyecto generan la necesidad de reconsiderar uno o más de los procesos de planificación y posiblemente algunos de los procesos de inicio. Esta incorporación progresiva de detalles al plan para la dirección del proyecto recibe el nombre de elaboración progresiva, para indicar que la planificación y la documentación son actividades iterativas y continuas. El beneficio clave de este Grupo de Procesos consiste en trazar la estrategia y las tácticas, así como la línea de acción o ruta para completar con éxito el proyecto o fase. Cuando se gestiona correctamente el Grupo de Procesos de Planificación, resulta mucho más sencillo conseguir la aceptación y la participación de los interesados. Estos procesos expresan cómo se llevará esto a cabo y establecen la ruta hasta el objetivo deseado.

### **Grupo de procesos de ejecución**

El Grupo de Procesos de Ejecución está compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo. Este Grupo de Procesos implica coordinar personas y recursos, gestionar las expectativas de los interesados, así como integrar y realizar las actividades del proyecto conforme al plan para la dirección del proyecto. Durante la ejecución del proyecto, en función de los resultados obtenidos, se puede requerir una actualización de la planificación y una revisión de la línea base. Esto puede incluir cambios en la duración prevista de las actividades, cambios en la disponibilidad y productividad de los recursos, así como riesgos no previstos. Tales variaciones pueden afectar al plan para la dirección del proyecto o a los documentos del proyecto, y pueden requerir un análisis detallado y el desarrollo de respuestas de dirección de proyectos adecuadas. Los resultados del análisis pueden dar lugar a solicitudes de cambio que, en caso de ser aprobadas, podrían modificar el plan para la dirección del proyecto u otros documentos del mismo, y posiblemente requerir el establecimiento de nuevas líneas base. Gran parte del presupuesto del proyecto se utilizará en la realización de los procesos del Grupo de Procesos de Ejecución.

### **Grupo de Procesos de Monitoreo y Control**

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control está compuesto por aquellos procesos requeridos para rastrear, analizar y dirigir el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. El beneficio clave de este Grupo de Procesos radica en que el desempeño del proyecto se mide y

se analiza a intervalos regulares, y también como consecuencia de eventos adecuados o de determinadas condiciones de excepción, a fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto. El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control también implica:

- Controlar los cambios y recomendar acciones correctivas o preventivas para anticipar posibles problemas,
- Monitorear las actividades del proyecto, comparándolas con el plan para la dirección del proyecto y con la línea base para la medición del desempeño del proyecto, e
- Influir en los factores que podrían eludir el control integrado de cambios o la gestión de la configuración, de modo que únicamente se implementen cambios aprobados.

### **Grupo de Procesos de Cierre**

El Grupo de Procesos de Cierre está compuesto por aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos, a fin de completar formalmente el proyecto, una fase del mismo u otras obligaciones contractuales. Este Grupo de Procesos, una vez completado, verifica que los procesos definidos se han completado dentro de todos los Grupos de Procesos a fin de cerrar el proyecto o una fase del mismo, según corresponda, y establece formalmente que el proyecto o fase del mismo ha finalizado.

Este Grupo de Procesos también establece formalmente el cierre prematuro del proyecto. Los proyectos cerrados prematuramente podrían incluir, por ejemplo, proyectos abortados, proyectos cancelados y proyectos en crisis. En casos particulares, cuando algunos contratos no pueden cerrarse formalmente (p.ej., reclamaciones, cláusulas de rescisión, etc.) o algunas actividades han de transferirse a otras unidades de la organización, es posible organizar y finalizar procedimientos de transferencia específicos.

### **El Rol de las Áreas de Conocimiento**

Los 47 procesos de la dirección de proyectos identificados en la Guía del PMBOK® se agrupan a su vez en diez Áreas de Conocimiento diferenciadas. Un Área de Conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. Estas diez Áreas de Conocimiento se utilizan en la mayoría de los proyectos, durante la mayor parte del tiempo. Los equipos de proyecto deben utilizar estas diez Áreas de Conocimiento, así como otras áreas de conocimiento, de la manera más adecuada en su proyecto específico. Las Áreas de Conocimiento son:

Gestión de la Integración del Proyecto, Gestión del Alcance del Proyecto, Gestión del Tiempo del Proyecto, Gestión de los Costos del Proyecto, Gestión de la Calidad del Proyecto, Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto, Gestión de las Comunicaciones del Proyecto, Gestión de los Riesgos del Proyecto, Gestión de las Adquisiciones del Proyecto y Gestión de los Interesados del Proyecto. Cada una de las Áreas de Conocimiento se trata en una sección específica de la Guía del PMBOK®.

## **Gestión de la integración del proyecto**

La Gestión de la Integración del Proyecto incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos. En el contexto de la dirección de proyectos, la integración incluye características de unificación, consolidación, comunicación y acciones integradoras cruciales para que el proyecto se lleve a cabo de manera controlada, de modo que se complete, que se manejen con éxito las expectativas de los interesados y se cumpla con los requisitos. La Gestión de la Integración del Proyecto implica tomar decisiones en cuanto a la asignación de recursos, equilibrar objetivos y alternativas contrapuestas y manejar las interdependencias entre las Áreas de Conocimiento de la dirección de proyectos. Los procesos de la dirección de proyectos se presentan normalmente como procesos diferenciados con interfaces definidas, aunque en la práctica se superponen e interactúan entre ellos de formas que no pueden detallarse en su totalidad dentro de la Guía del PMBOK®.

## **Gestión del alcance del proyecto**

La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido y únicamente el trabajo para completar el proyecto con éxito. Gestionar el alcance del proyecto se enfoca primordialmente en definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto.

- **Crear la EDT/WBS:** Es el proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.

## **Gestión del tiempo del proyecto**

La Gestión del Tiempo del Proyecto incluye los procesos requeridos para gestionar la terminación en plazo del proyecto. A continuación, se



proporciona una descripción general de los procesos de Gestión del Tiempo del Proyecto, a saber:

- Planificar la Gestión del Cronograma: Proceso por medio del cual se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.
- Definir las Actividades: Proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto.
- Secuenciar las Actividades: Proceso de identificar y documentar las relaciones existentes entre las actividades del proyecto.
- Estimar los Recursos de las Actividades: Proceso de estimar el tipo y las cantidades de materiales, recursos humanos, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada una de las actividades.
- Estimar la Duración de las Actividades: Proceso de estimar la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.
- Desarrollar el Cronograma: Proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto.
- Controlar el Cronograma: Proceso de monitorear el estado de las actividades del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar los cambios a la línea base del cronograma a fin de cumplir con el plan.

### **Gestión de los costos del proyecto**

La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos relacionados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. A continuación, se brinda una descripción general de los procesos de gestión de los costos del proyecto:

- Planificar la Gestión de los Costos: Es el proceso que establece las políticas, los procedimientos y la documentación necesarios para planificar, gestionar, ejecutar el gasto y controlar los costos del proyecto.
- Estimar los Costos: Es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto.

- **Determinar el Presupuesto:** Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o de los paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.
- **Controlar los Costos:** Es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del mismo y gestionar posibles cambios a la línea base de costos.

### **Gestión de la calidad del proyecto**

La Gestión de la Calidad del Proyecto incluye los procesos y actividades de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue acometido. La Gestión de la Calidad del Proyecto utiliza políticas y procedimientos para implementar el sistema de gestión de la calidad de la organización en el contexto del proyecto, y, en la forma que resulte adecuada, apoya las actividades de mejora continua del proceso, tal y como las lleva a cabo la organización ejecutora. La Gestión de la Calidad del Proyecto trabaja para asegurar que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto, incluidos los del producto.

### **Gestión de los recursos humanos del proyecto**

La Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto incluye los procesos que organizan, gestionan y conducen al equipo del proyecto. El equipo del proyecto está compuesto por las personas a las que se han asignado roles y responsabilidades para completar el proyecto. Los miembros del equipo del proyecto pueden tener diferentes conjuntos de habilidades, pueden estar asignados a tiempo completo o a tiempo parcial y se pueden incorporar o retirar del equipo conforme avanza el proyecto. También se puede referir a los miembros del equipo del proyecto como personal del proyecto. Si bien se asignan roles y responsabilidades específicos a cada miembro del equipo del proyecto, la participación de todos los miembros en la toma de decisiones y en la planificación del proyecto es beneficiosa. La participación de los miembros del equipo en la planificación aporta su experiencia al proceso y fortalece su compromiso con el proyecto.

### **Gestión de las comunicaciones del proyecto**

La Gestión de las Comunicaciones del Proyecto incluye los procesos requeridos para asegurar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados. Los directores de proyecto emplean la mayor parte de su

tiempo comunicándose con los miembros del equipo y otros interesados en el proyecto, tanto si son internos (en todos los niveles de la organización) como externos a la misma. Una comunicación eficaz crea un puente entre diferentes interesados que pueden tener diferentes antecedentes culturales y organizacionales, diferentes niveles de experiencia, y diferentes perspectivas e intereses, lo cual impacta o influye en la ejecución o resultado del proyecto.

### **Gestión de los riesgos del proyecto**

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto consisten en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto.

### **Gestión de las adquisiciones del proyecto**

La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto. La organización puede ser la compradora o vendedora de los productos, servicios o resultados de un proyecto. La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de gestión del contrato y de control de cambios requeridos para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra emitidos por miembros autorizados del equipo del proyecto. La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto también incluye el control de cualquier contrato emitido por una organización externa (el comprador) que esté adquiriendo entregables del proyecto a la organización ejecutora (el vendedor), así como la administración de las obligaciones contractuales contraídas por el equipo del proyecto en virtud del contrato.

### **Gestión de los interesados del proyecto**

La Gestión de los Interesados del Proyecto incluye los procesos necesarios para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto. La gestión de los interesados también se centra en la comunicación continua con los interesados para comprender sus necesidades y expectativas, abordando

los incidentes en el momento en que ocurren, gestionando conflictos de intereses y fomentando una adecuada participación de los interesados en las decisiones y actividades del proyecto. La satisfacción de los interesados debe gestionarse como uno de los objetivos clave del proyecto. [1]

### Resultados y análisis

Actualmente en la planta de trituración y molienda se tiene montado un sistema para clasificar producto 3, que cuenta con tolva de alimentación, elevador de cangilones y zaranda (criba) con tres salidas, dos de producto y una de rechazo. El proceso se da de la siguiente manera:

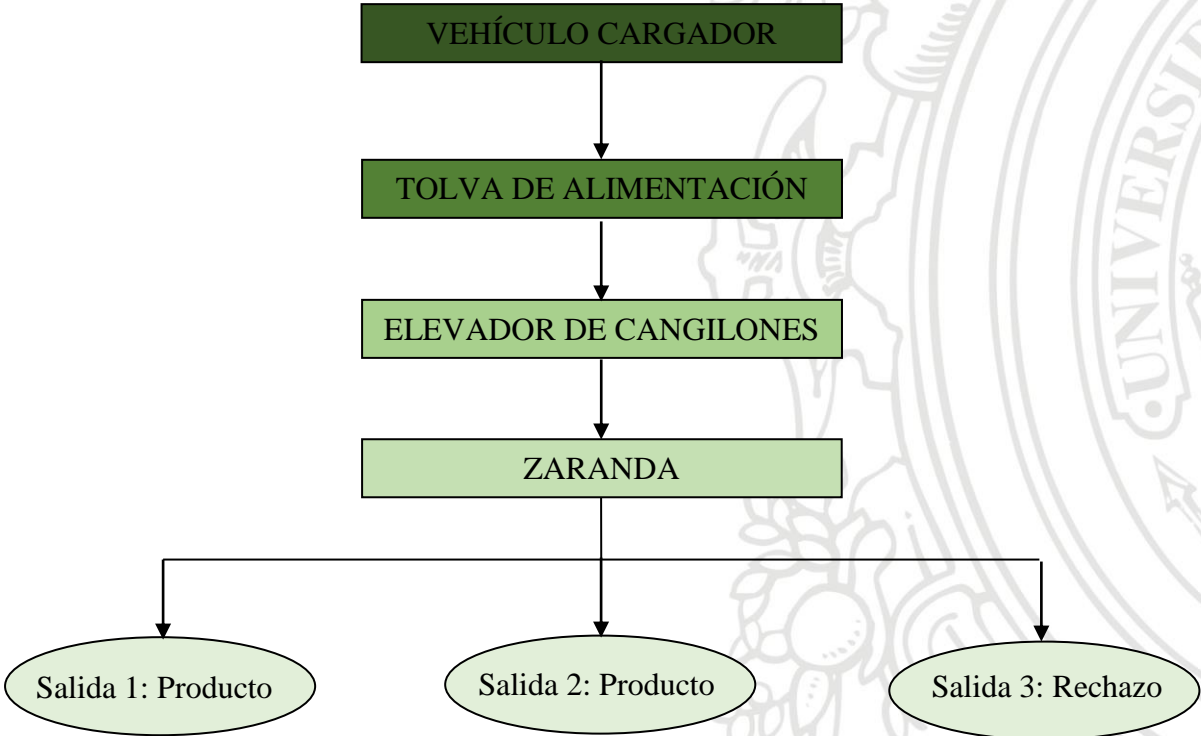


Figura 21: Proceso actual clasificación de producto 3.



Figura 22: Fotografía 1 del sistema actual.



Figura 23: Fotografía 2 del sistema actual.



*Figura 24: Fotografía 3 del sistema actual.*

La zaranda está trabajando con dos mallas, una sobre la otra, la primera con un tamaño mayor que la segunda. Las salidas 1 y 2, que son producto, es el material que logra pasar las dos mallas y a la tercera salida llega lo que no logro pasar ninguna o lo que pasó la primera pero no la segunda malla, a esto se le llama rechazo.

En la empresa existe la necesidad de tener una línea de cribado donde se pueda clasificar distintos productos, permitiendo seguir con el proceso del producto 3. Para esto se debe trabajar sobre el sistema ya existente, anteriormente descrito, realizando modificaciones sobre este e invirtiendo lo necesario para lograr obtener los productos solicitados.

Los materiales a clasificar son:

- Producto 1.
- Producto 2.
- Producto 3.
- Producto 4.
- Producto 5.

Los productos 1 y 2 deben cumplir con granulometrías tales como M4/6, M10/18 y M10/20 y para cumplir con esos tamaños se debe contar con un proceso de trituración que pueda reducir el tamaño y así ser clasificado para lograr obtener el producto. Hay que tener en cuenta que el equipo debe ser de trituración terciaria, ya que se necesita triturar sin generar finos.

Para el proyecto se eligió como equipo de trituración terciaria un molino Barmac (VSI) que se encuentra en la planta de refractarios de Erecos en Sogamoso, Cundinamarca, ya que este no está en uso, cuenta con trituración autógena (beneficioso por las características abrasivas del material) y los ensayos arrojaron buenos resultados al trabajar con producto 1.

A continuación, en la figura 25 y 26, se muestran las características de este equipo:

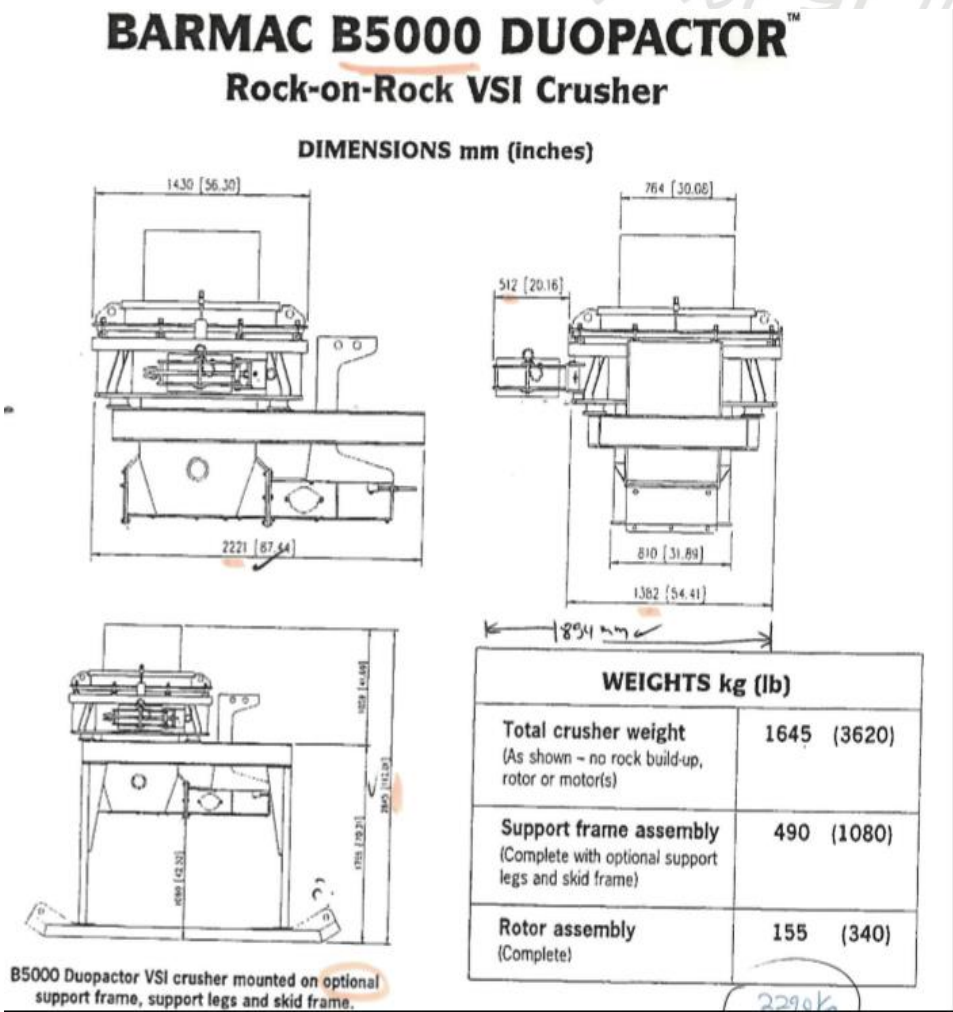


Figura 25: Dimensiones VSI (Tomada del manual Svedala Crushing and Screening)


AP Green – Harbison~Walker – NARCO			
Notice of Proposed Sale/Transfer of Asset(s)			
<b>Originating Facility</b>	lone, CA	<input checked="" type="checkbox"/> Third Party Sale	
<b>Location Code</b>	117N	<input type="checkbox"/> Entity to Entity Transfer	
<b>Contact</b>	Bill Orlandi		
<b>Receiving Facility</b>	ERECOS		
<b>Location Code</b>			
<b>Contact</b>			
<b>Date</b>	09/16/02		
		<b>Customer</b>	Empresa de Refractorios
		<b>Address</b>	Colombianos, S.A.
		<b>City, State Zip</b>	Calle 24, No. 44-01
		<b>Contact</b>	Medellin, Columbia
		<b>Phone No.</b>	Alexis Bonnett Gonzalez
			232 26 00 ext 246
<b>Description of asset/equipment:</b>		<b>(Paste Photo Below)</b>	
Barmac Vertical Impactor unit Asset # 1685			
<b>Type</b>	Metso Barmac	<b>Harry Davis &amp; Company Section</b>	
<b>Model</b>	B5000	<b>Appraised Value</b>	
<b>Serial No.</b>	E35000	<b>Comments:</b>	
<b>Manufacturer</b>	Svedala		
<b>Year of Mfg.</b>	~ 1997 ~		
<b>Purchase Price</b>			
<b>Net Book Value</b>			

Figura 26: Características VSI Sogamoso.

Con este equipo se tenía la preocupación de que no tuviera la capacidad para obtener producto 1 M10/18, ya que, en consulta con proveedores externos a la empresa, expresaban que no se lograría alcanzar tamaños de granos pasantes por malla superiores a M12 o M14. En este caso, no se tendría problema con el producto 1 M4/6.

Para estudiar el comportamiento de la VSI triturando para alcanzar el producto 1 M10/18, se realizaron ensayos en Sogamoso con el equipo donde se obtuvo que el retenido sobre malla 10 es cero y el mayor porcentaje retenido esta sobre la malla 18, lo que muestra que este equipo si es capaz de triturar el producto para que sea pasante de mallas superiores a la 12 y 14, la cual era la preocupación. En la muestra 6 se obtuvo un 84% de producto, siendo este un muy buen resultado para ser unos primeros ensayo, lo ideal estaría en 90% de retenido sobre esta malla, pero esto se puede lograr aumentando la alimentación del molino Barmac o instalando un variador de velocidad para disminuirla, siento esta segunda más costosa. Con este análisis se determinó usar este equipo para realizar la trituración en la línea a montar para el proyecto.



Para el caso del producto 3, producto 4 y producto 5, estos productos no pueden ser triturados porque este primero cuenta con humedad, lo que haría que al tratar de triturar se empaste, y el segundo es un producto granulado que al realizarle este proceso daña los granos y pierde sus características.

Para lograr obtener los productos con las granulometrías pedidas y tener la flexibilidad de clasificar productos que no pasen por trituración, se deben realizar modificaciones en la zaranda que se mostrarán más adelante en el DFP.

También vale comentar que la tolva que alimenta el sistema actual, se usa tanto para alimentar la zaranda como para suplir un proceso de desterronado, teniendo a este equipo realizando malas prácticas, ya que se adaptó para que el transportador entregue en ambos sentidos, lo que dispara los costos en mantenimiento y además no permite trabajar ambos sistemas al tiempo. Para esto se deberá trabajar con dos tolvas de alimentación que me permitan tener procesos independientes.

Otro inconveniente que presenta el proceso es la falta de un control de material particulado, por lo que será necesario añadir al proyecto un sistema de filtrado.

Ante la necesidad que se tiene, a continuación, se presenta la formulación del proyecto basado en la metodología PMI y TPM que se realizó para que el proyecto sea aprobado y ejecutado en año 2019.

### **Documento de definición inicial (DDI)**

El documento de definición inicial es el formato que usa la empresa para el acta de constitución del proyecto, donde se define el alcance del proyecto y los compromisos. Dicho documento para este proyecto se muestra en la figura 27.

LINEA DE CRIBADO T&M

Negocio al que pertenece el proyecto	Insumos Industriales	Inicio del Proyecto	18-09-2018
		Fin del Proyecto	20-12-2018
Objetivo e imperativo Estratégico	Gestión simple y competitiva		
Cliente	Gerencia comercial- Gerencia tecnológica		
Líder del Proyecto	Jorge Andrés Muñoz		
Patrocinador (Sponsor)	Yovanny Serna.		

Pedido - ¿Qué requiere el cliente?
Formulación (DDI, Ppto, DFP, Lay out, Modelo 3D y evaluación económica) del proyecto para diseño, montaje y puesta en marcha de una línea de trituración y cribado en la Planta T&M Sabaneta.

Promesa - Acuerdo del Líder con el Cliente
Formular el proyecto para diseño, montaje y puesta en marcha de una línea de trituración y cribado en la Planta T&M y presentarlo en comité de proyectos en Diciembre de 2018.

Entregables del Proyecto	
Entregable	Fecha
DFP de la solución	8-10-2018
Gestión temprano de la solución	20-10-2018
Diseño 3D de la solución	30-10-2018
Presupuesto y evaluación económica	20-12-2018

¿Qué no Incluye el Proyecto?
Traslado de la línea de clasificación actual de caolín agro a otro lugar de plata, reubicación de secaderos y desterronadora, subestación eléctrica, elevación total de techos de la zona.

Equipo de Trabajo		
Persona		Horas/Sem
Iván Híguita		
Hugo Antonio Gomez		
Jorge Raigosa		
Luis Bernardo González		
Alfredo Guerrero		
Operadores T&M		

Indicadores del proyectos
Por definir.

Presupuesto	Beneficio Esperado
\$ 482.000.000	

Figura 27: Documento de definición del proyecto.

**Estructura de desglose de trabajo (EDT)**

Ya teniendo definido el alcance, se procede con la creación de la EDT, la cual muestra todos los entregables a tener en cuenta en el proyecto. La creación de la estructura de desglose de trabajo permite tener la claridad de todo lo que debe contener el proyecto, evitando que se olvide algún elemento importante para este. En la figura 28, se muestra el diagrama de la EDT.

# EDT LÍNEA DE CRIBADO Y TRITURACIÓN

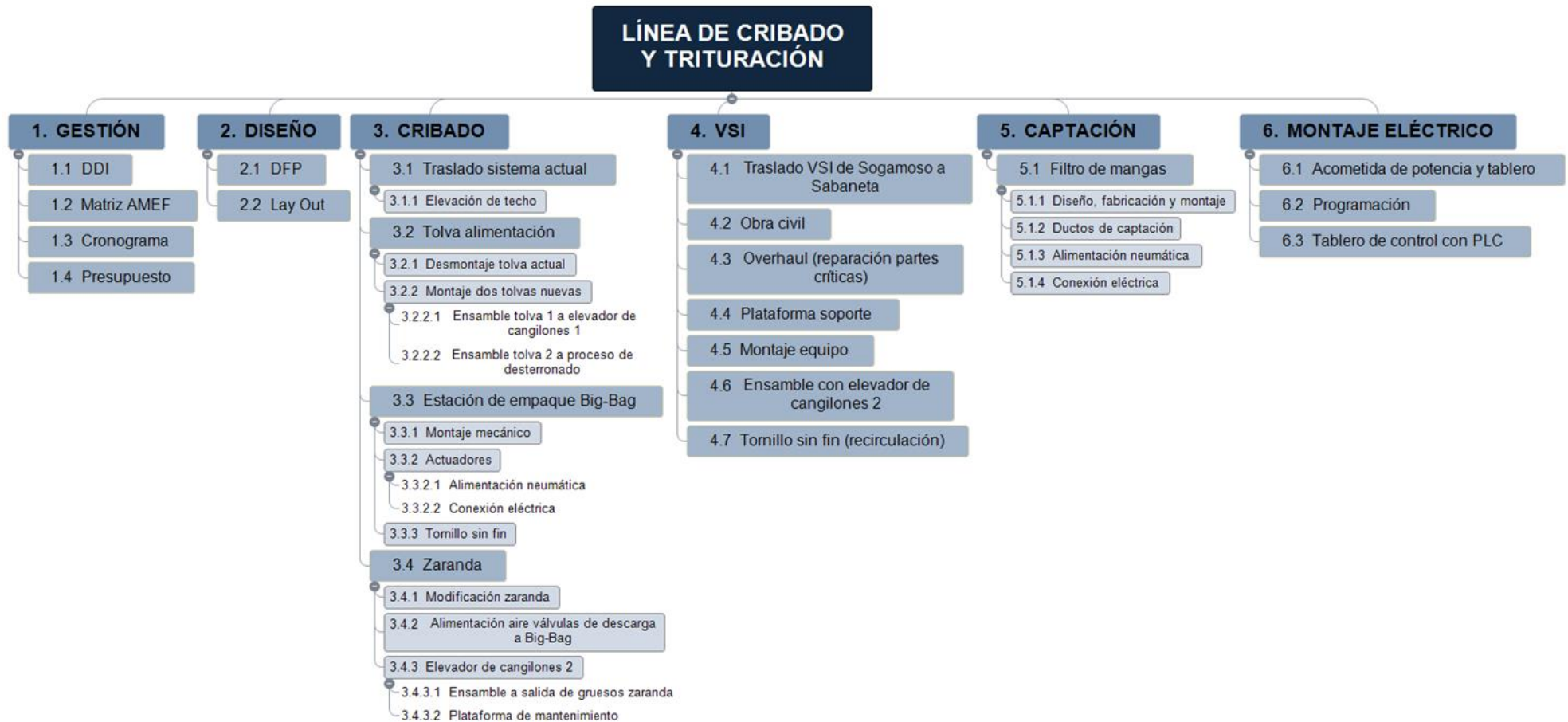


Figura 28: Estructura de desglose de trabajo (EDT). Realizado en el Software MindView.

Con la elaboración de la estructura de desglose del trabajo (EDT), se logra tener claridad de todos los entregables necesarios para realizar el proyecto y con esto se procede a la elaboración del diagrama de flujo del proceso (DFP) y el lay out.

### Diagrama de flujo del proceso (DFP) y Lay out

A continuación, en la figura 29 se muestra el diagrama de flujo del proceso (DFP). Para observar en más detalle este, ver ANEXO A. Plano DFP del proyecto

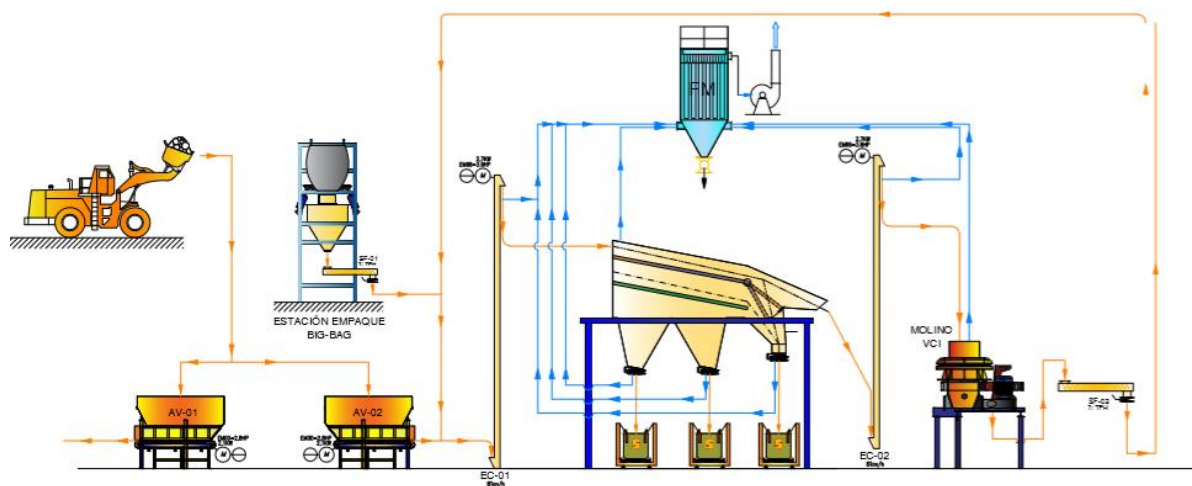


Figura 29: Diagrama de flujo del proceso (DFP). Ver ANEXO A.

En la figura 29 están diagramados todos los entregables detallados en la EDT y se puede observar el flujo del proceso de estos para lograr suplir la necesidad de los productos. En la zaranda se puede observar esquemáticamente la modificación necesaria para poder clasificar los productos con las granulometrías solicitadas y tener la flexibilidad de cribar los que no deben pasar por trituración. Esta modificación lo que hace es separar los dos "rechazos" para lograr suplir productos como el producto 1 M4/6 o M10/18, siendo este el retenido en la segunda malla y lo retenido sobre la primera malla llevarlo a un proceso de trituración para ser clasificado de nuevo. Para productos que no puedan ser pasados por trituración, lo que se hará es trabajar de una forma parecida a como se hace hoy en día y esto se lograría removiendo la placa interior de la zaranda que me separa la retención de cada malla y teniendo una misma salida para ambos.



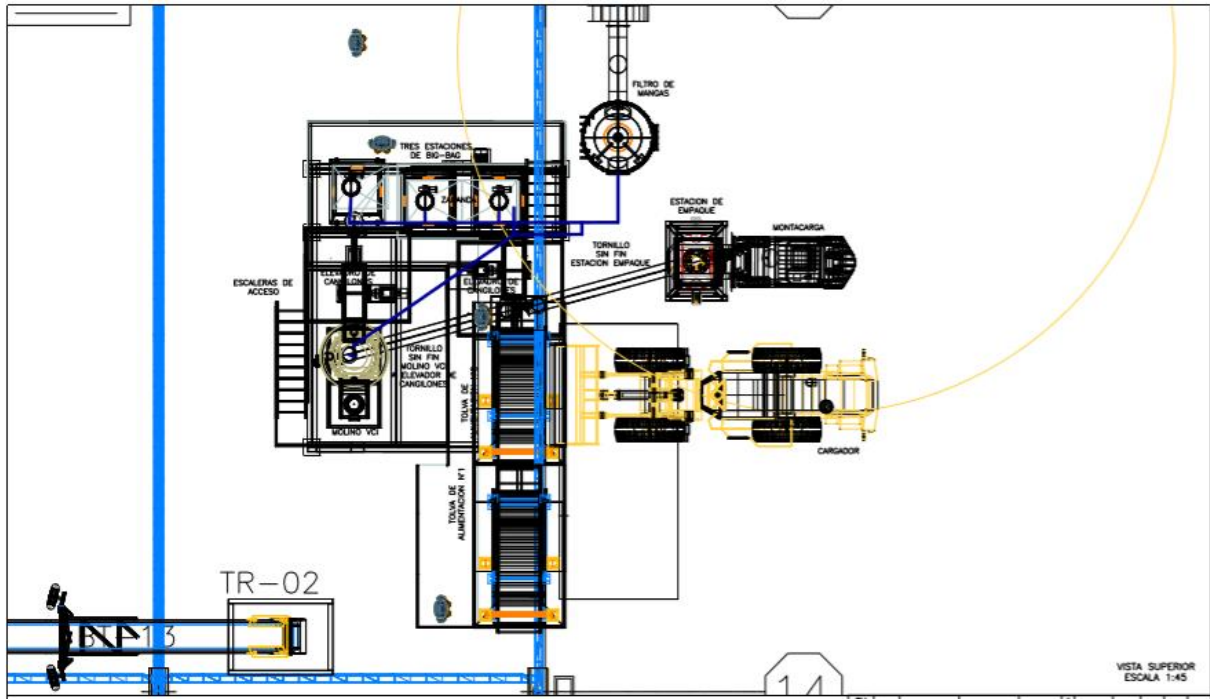


Figura 32: Lay out 3. Ver ANEXO D.

### Cronograma

Para la creación del cronograma se usó el software Project y este se muestra a continuación en la figura 33, en la cual se presenta el cronograma en diagrama de Gantt acompañado del listado de tareas con sus duraciones y fechas de inicio y finalización. Para observar en detalle el cronograma, ver ANEXO E. Cronograma del proyecto.

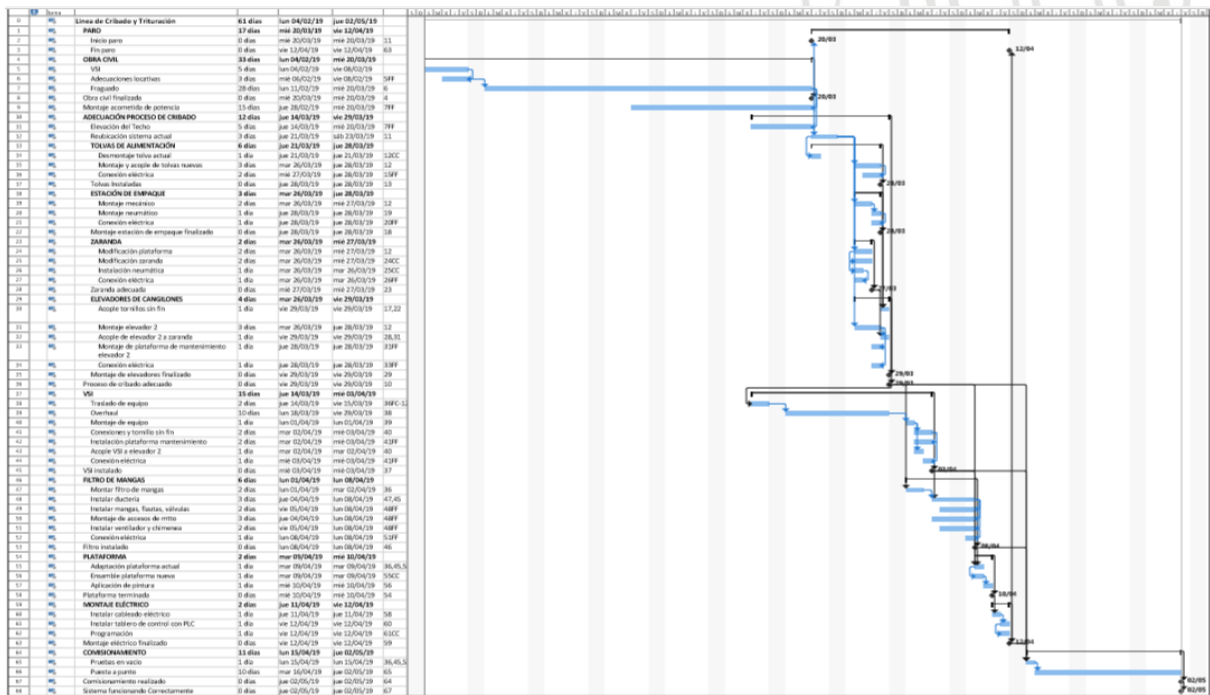


Figura 33: Cronograma del proyecto elaborado en Project. Ver ANEXO E.

## Presupuesto

Con la definición de entregables, tareas y tiempos, se elaboró el presupuesto que se muestra a continuación en la tabla 1.

<b>DIVISIÓN: INSUMOS Y ENERGÍA</b>		<b>\$ x 1000</b>
<b>INVERSION</b>	<b>Linea de clasificación</b>	<b>Valor</b>
<b>62XX01</b>	<b>Equipos</b>	<b>338.793</b>
1	Tornillos sin fin VSI- Alimentación	17.850
1	Elevador de cangilones capacidad 15 Ton/h	24.990
1	Plataforma de mantenimiento Elevador	9.520
1	Motorreductor 3 KW rel 40	4.403
1	Plataforma de mtto 20 m2	28.560
2	Tolva de alimentación 6 m3	71.400
2	motorreductor pot 1.5KW rel 200	42.840
2	base motor banda transportadora	11.900
1	Traslado VSI Sogamoso	14.280
1	Reparación partes criticas	11.900
1	Filtro de mangas	77.350
1	Ductos de captación	17.850
1	Ductos de conexión entre equipos	5.950
<b>62XX02</b>	<b>Obra Civil</b>	<b>17.850</b>
	Obra civil VSI	17.850
<b>62XX03</b>	<b>Obra Eléctrica</b>	<b>51.170</b>
	Acometida de potencia y tablero	23.800
	Programación	5.950
	Tablero de control con PLC	21.420
<b>62XX04</b>	<b>Montajes</b>	<b>46.660</b>
	Traslado de zaranda y elevador	17.850
	Montaje y adecuaciones de equipos	10.710
	Adecuaciones a redes existentes	5.950
	Elevación de techos	30.000
<b>62XX05</b>	<b>Gastos preoperativos</b>	<b>5.000</b>
	Ingeniería Propia ( Hr. Ingeniero , Dibujante, Supervisor Montajes)	5.000
<b>62XX06</b>	<b>Imprevistos</b>	<b>22.974</b>
	<b>TOTAL INVERSION CON IVA</b>	<b>\$482.447</b>

Tabla 1: Presupuesto del proyecto.

El presupuesto muestra que para la realización del proyecto se debe invertir \$482.447.000, conociendo este valor se realiza la evaluación financiera para determinar la viabilidad del proyecto.

## Análisis financiero

Como se ha mencionado anteriormente los productos que se clasificarán en esta línea son: producto 1, producto 2, producto 3, producto 4 y producto 5. Algunos de estos, hoy en día se logran clasificar en otras líneas, en las cuales su función no es clasificar y se adapta para ello, pero en estas no se logra obtener grandes cantidades. Al tener la línea de cribado y trituración se podrán aumentar las capacidades para clasificarlos. Por otro lado, el producto 1 es un producto nuevo y toda su producción le aportará beneficio a la inversión del proyecto.

La empresa tiene proyectado un crecimiento de ventas de 3,4% anual, un WACC del 11,4% (Weighted Average Cost of Capital, también denominado coste promedio ponderado del capital) y para el análisis se trabaja con un IPC del 3% (Índice de precios al consumidor).

Con los datos de ventas y costos entregados por la empresa y tomando la depreciación a 10 años, se calcula el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y payback. Luego de tener estos indicadores y ser analizados se conocerá la viabilidad del proyecto. A continuación, en la tabla 2 se muestra el cálculo de dichos indicadores.

Inversión	Valor	Tiempo Depreciación	Depreciación Anual
Presupuesto	\$ 482.447.000	10	\$ 48.244.700
<b>Inversión Total</b>	<b>\$ 482.447.000</b>		
FLUJO DE FONDOS			
ITEM	Año 0	Año 1	Año 2
+VENTAS		\$ 3.798.000.000	\$ 4.044.945.960
+OTROS ING. GRAVABLES			
-GASTOS OPERACIONALES		\$ 82.236.000	\$ 85.032.024
-COSTOS DE PRODUCCION		\$ 3.249.360.000	\$ 3.460.633.387
-OTROS EGRESOS DEDUC			
-INTERESES		\$ -	\$ -
-DEPRECIACIÓN		\$ 48.244.700	\$ 48.244.700
=UTIL ANTES DE IMP		\$ 418.159.300	\$ 451.035.849
-IMPUESTOS PAGADOS		\$ -	\$ -
-ABONO A CAPITAL		0	0
+DEPRECIACION		\$ 48.244.700	\$ 48.244.700
-INVERSION	\$ 482.447.000		
+FINANCIACION			
+OTROS ING NO GRAVABLES			
-Estampilla			
-OTROS EGRESOS NO DEDUCIBLES			
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>-\$ 482.447.000</b>	<b>\$ 466.404.000</b>	<b>\$ 499.280.549</b>
VPN	\$ 338.550.493		
TIR	60,97%		
PAYBACK		1,03 AÑOS	

Tabla 2: Cálculo de los indicadores financieros.



Como se observa en la anterior tabla, la tasa interna de retorno (TIR) es 60,97% y la empresa maneja un WACC del 11,4%, por lo tanto:

$$\text{TIR} = 60,97\% > \text{WACC} = 11,4\%$$

Esto indica que porcentaje de ganancias es mayor a la ganancia mínima estipulada por el WACC.

Además, tenemos que:

$$\text{VPN} = \$338.550.493 > 0$$

$$\text{Payback} = 1.03 \text{ años}$$

Al tener un valor presente neto (VPN) positivo y una TIR mayor que el WACC se determina que el proyecto es viable y además cumple con el criterio de la empresa en el retorno de la inversión estipulado en dos años, pues se obtuvo un payback de 1.03 años el cual es menor a los dos años.

## Conclusiones

Lo expuesto a lo largo de este informe permite arribar a las siguientes conclusiones:

- Con la elaboración del acta de inicio del proyecto se estableció formalmente la razón de ser del proyecto, se autorizó su existencia y se logró establecer los límites generales para el alcance.
- La estructura de desglose del trabajo (EDT) permitió definir el alcance del proyecto para lograr los objetivos del proyecto y crear los productos entregables requeridos.
- Con la realización del diagrama de flujo del proceso (DFP), se ilustró las relaciones entre los componentes de la línea de cribado y trituración, lo que permitió dar claridad sobre el proceso y como suplir la necesidad de obtener los productos que se solicitan en la empresa al ser procesados en dicha línea. Luego con la elaboración lay out, se logró plasmar lo ilustrado en el DFP en un diseño 3D, el cual deja clara de cómo será su ubicación física en planta y muestra a lo que se debe llegar luego de la ejecución del proyecto.

- Con la elaboración del cronograma se integró los procesos anteriores a este, logrando definir y secuenciar actividades, estableciendo así los tiempos, para llevar a cabo la ejecución de la línea de cribado y trituración.
- Con la determinación del presupuesto del proyecto se obtuvo una aproximación de los recursos monetarios que se necesitarán para completar las actividades que demandará el proyecto y con este se logró realizar la evaluación financiera la cual dio a conocer que el proyecto es viable debido a que se obtuvo un valor presente neto (VPN) positivo, una tasa interna de retorno (TIR) mayor al WACC que maneja la empresa y el tiempo de retorno de la inversión es de 1 año aproximadamente, el cual es un intervalo de tiempo aceptado por la empresa.

### **Referencias Bibliográficas**

- [1] Project Management Institute, Inc. (2012). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Quinta edición. Newtown Square, Pensilvania, Estados Unidos.
- [2] FUEYO, Luis. (1999). Equipos de trituración, molienda y clasificación. Segunda edición. Madrid, España.
- [3] WEISS, Norman. (1985). SME mineral processing handbook. New York, Estados Unidos.
- [4] Barbosa-Cánovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., Yan, H., Food Powders. (2005). Physical Properties, Processing, and Functionality, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, Estados Unidos.
- [5] WARK, K. and WARNER, C, (1996). Contaminación del aire. Limusa. México.
- [6] Benítez, J., (1993); Corbitt, R., (1990); Cooper, D. and Alley, F., (2002). Air pollution control. New Jersey, Estados Unidos.

## **Anexos**

ANEXO A. Plano DFP del proyecto.

ANEXO B. Plano Lay Out 1.

ANEXO C. Plano Lay Out 2.

ANEXO D. Plano Lay Out 3.

ANEXO E. Cronograma del Proyecto.

