

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS COMPLEMENTARIOS EN UNA PLANTA PARA LAVADO DE ARENA

Friné Vijaya Zherdmant Vélez¹, Xavier Esteban Toledo Tapia², Manuel Helguero³

¹ Ingeniera en Mecánica 2006, email: fzherdmant@jbgye.org.ec

² Ingeniero en Mecánica 2006, email: xavier_toledo2@yahoo.com

³ Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Egresado Escuela Superior Politécnica del Litoral 1974, Postgrado España Ona Electro Erosión 1976, Investigación Italia Centro de Investigaciones FIAT 1977, Profesor ESPOL desde 1978, email: mhelguero@gye.satnet.net

RESUMEN

El problema que se plantea en el siguiente trabajo es la selección, mantenimiento y montaje de los sistemas complementarios de una planta lavadora de arena. Algunos equipos han estado sin utilizar por alrededor de quince años y han estado a la intemperie sin ningún tipo de resguardo.

Los equipos complementarios que se han considerado en este trabajo son la tolva de descarga, la criba vibratoria y las bandas transportadoras. Todos estos sistemas conforman los sistemas complementarios del proceso de lavado de arena y solamente se analizaran estos equipos. El análisis de la lavadora de arena constituye otro trabajo complementario a este, pero que hay que efectuarlo previamente para los cálculos de productividad de los sistemas.

La metodología seguida en este trabajo fue primeramente definir el proceso global del lavado de arena y efectuar un levantamiento de la situación actual de los equipos que se poseen, de esta manera se puede cuantificar los trabajos necesarios para dejar operativos todos los equipos, considerando los gastos de mantenimiento, reposición de repuestos y montaje. Para la selección y diseño de los equipos se tuvo que trabajar con los datos de productividad de la lavadora de arena efectuado en una tesis previa a esta.

El resultado esperado de esta tesis es la confirmación que con los equipos complementarios que se cuentan, puedan ser rediseñados y seleccionados para operar con las condiciones de productividad de la lavadora de arena. Además que los costos de mantenimiento y montaje de los equipos sean razonables y permitan a los inversionistas a ejecutar el proyecto utilizando los recursos ya existentes.

ABSTRACT

The issue raised in the following thesis includes the selection, upkeep and assembly of the complementary systems of a washing sand plant. Some equipment has not been in use for 15 years and has been outdoors without any kind of protection.

The complementary equipment considered in this thesis includes the dumping hopper, vibratory screen and conveyor belts. All these systems form the complementary systems of the washing sand plant. The analysis of the washig sand machine represents another study complementary to the one in question, but it is necessary for the productivity calculations of the systems.

The methodology used in this study was firstly to define the global process of washing sand and to make a surveying of the actual situation of the existing machinery in order to quantify the necessary tasks to put it in operations considering maintenance, replacement parts and assembly expenses. The productivity data of the washing sand from a former thesis was used for the selection and design of the equipment.

The expected conclusion of this thesis is the confirmation that the existing complementary equipment could be redesigned and selected to operate with the productivity conditions of the spiral classifier. Also, to determine the equipment's maintenance and assembly expenses to be reasonable and allow the investors to carry out the project using the resources in existence.

INTRODUCCION

Este proyecto nació de la necesidad que existe en el cantón Guayaquil de utilizar arena de buena calidad para la industria de la construcción y de agregados.

Los inversionistas de este proyecto poseen en la actualidad los equipos principales para el proceso de lavar arena debido a que los mismos tenían una cantera y compraron estos equipos que se ofertaban y eran de su interés a finales de la década de los 80. Estos equipos fueron adquiridos a la empresa sueca ABV a precio de remate pero en la modalidad de paquetes, es decir que la persona que compraba tenía que adquirir todos los equipos que en el paquete constaban. Esta empresa sueca fue la que construyó y montó la represa de Agoyán por 1984, y debido a que culminó ese proyecto y al no tener más obras que ejecutar en el país vendió las mencionadas maquinarias.

Los equipos principales para el proceso de lavado de arena son la criba vibratoria y la lavadora de espiras. Ambos equipos están en la actualidad sin uso. La criba vibratoria estuvo en funcionamiento hasta hace 3 años atrás, estando actualmente parada y desmontada en los predios de la cantera de los inversionistas, el caso de la lavadora de espiras es más crítico puesto que desde que se la adquirió nunca fue montada y ha permanecido a la intemperie todo este tiempo.

El fin de este proyecto es justamente analizar el costo que representaría dejar operativo esta planta, es decir cuantificar los costos de mantenimiento, costos de desmontaje, costos de montaje y costos de puesta a punto de la planta en su totalidad.

CONTENIDO

Las arenas que se utilizan en la industria de la construcción no son de primera calidad ya que no cumplen las normas ASTM que define la granulometría necesaria para que puedan ser utilizadas como agregados en la fabricación del hormigón y otros elementos utilizados en bloques, adoquines, baldosas, etc. El mayor problema que presentan las arenas es que existen porcentajes altos de material arcilloso, el mismo que no es deseado si se desea utilizar la misma como agregado. La ASTM desarrolló una norma la que consiste en tomar una muestra de la arena y hacerla pasar por un tamiz normalizado (malla # 200) y se considera como muestra aprobada si como mínimo el 95% del peso de la muestra es retenida por la malla. En caso de obtener un porcentaje menor de retención significa que la muestra contiene un alto porcentaje de material arcilloso y hay que someter a esta arena a un proceso para que el porcentaje de arcilla disminuya como máximo a un 5% del peso de la arena. Este es el motivo principal por el cual hay que lavar la arena previo a su comercialización.

Las arenas que son explotadas en los bancos de las orillas de los ríos tienen una forma esferoidal, esto es debido a que como están sometidos a la acción de la fuerza de las aguas del río, esta corriente va erosionando la partícula de arena pero de una manera uniforme, lo que produce que el grano de arena al depositarse en el fondo del lecho tenga ya una forma esferoidal. La forma de las partículas de la arena de nuestro proyecto, al ser explotadas de una cantera al aire libre y al no estar sujetas a alguna fuerza externa que vaya erosionando paulatinamente el contorno de las partículas las hace que estén mantengan una forma irregular. Esta forma irregular de la partícula de arena es una característica muy deseada en la industria de la construcción, puesto que al utilizarse esta arena como agregado en la fórmula del hormigón el resultado que se obtiene es que esta arena produce una mayor cohesión entre todos los elementos del hormigón, dando como resultado un ahorro de materiales, especialmente el cemento, ya que para obtener un hormigón con determinadas características se necesita adicionar un porcentaje menor de cada uno de los materiales.

Proceso de Lavado de Arena

El proceso para la operación de esta planta ha sido seleccionado de tal manera que se puedan aprovechar las maquinarias que se poseen, para ahorrar gastos al explotar una cantera de arena de buena calidad. Esta cantera se encuentra ubicada en la Vía Perimetral de la ciudad de Guayaquil, en terrenos pertenecientes al cantón Daule en el sector Totoral.

Debido a la importancia del uso del agua dentro del proceso de lavado de arena, se ha escogido que el mejor sector para ubicar la planta es justamente al pie de la Vía Perimetral, ya que este punto se encuentra a 150 metros del río Daule y queda cerca de una alcantarilla que atraviesa la vía.

El proceso del lavado de arena comienza con la extracción de la arena en la cantera misma, existen varios puntos de extracción en la zona, ubicándose los mismos a una distancia entre 1.500 a 3.000 metros del sector donde se va a definir la ubicación de la planta de lavado de arena. Se ha determinado el uso de un tractor para el movimiento de tierras, así como una retroexcavadora o una cargadora frontal para poder cargar las volquetas que efectúen el transporte del material. Inicialmente se ha calculado un volumen de extracción de 300 TM/Hora. Los vehículos que transportan el material llegan al tercer terraplén y en este sitio lo descargan dentro de una tolva, dando inicio al proceso de lavado de arena en la planta.

En este sitio se efectúa una primera selección del tamaño del material a procesar al pasarlo a través de unas rejillas estáticas dejando pasar material de tamaño máximo de 4". El producto grueso es descargado hasta el patio de almacenamiento y venderlo posteriormente.

Este producto previamente seleccionado es conducido hacia la zaranda en donde se va a clasificar el material en tamaño menor a 3/8". Con esta granulometría se va a trabajar en el resto del proceso, siendo el material grueso transportado al patio de descarga para su posterior venta. La capacidad de producción de la zaranda es de 250 TM/H.

La arena con la granulometría adecuada tiene que ser separada nuevamente debido a motivos de productividad de la lavadora, esta tiene una productividad menor a la de la zaranda, y por ende tiene que entrar en el proceso de lavado solamente el volumen para el cual tienen la lavadora capacidad de trabajo. El resto de la arena se la transporta al patio de carga donde se va a proceder a la posterior venta como arena de menor calidad que la arena lavada.

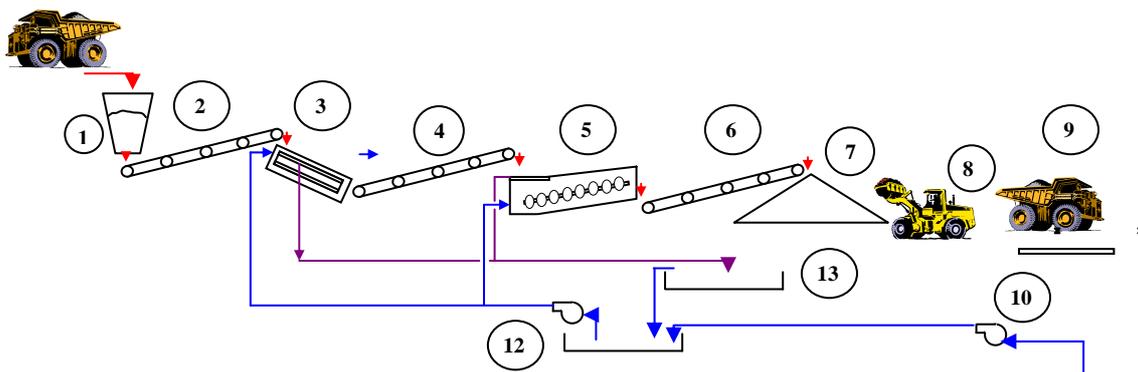


Figura 1. Proceso de lavado de Arena

Diseño y montaje de la tolva

La tolva de descarga es el punto donde se inicia en sí el proceso del lavado de arena, ya que es el elemento mecánico que recibe la materia prima, es decir la arena proveniente de la cantera, y desde donde se va a comenzar a dosificar la alimentación de la arena al transportador que carga a la zaranda.

La tolva va a estar diseñada para almacenar arena de una densidad de 1406 kg/m^3 . Además el volumen de la misma debe ser de por lo menos el doble de la capacidad de los camiones que la alimentan, ya que si se diseña con el volumen exacto que cada camión descarga por viaje puede presentarse algún inconveniente si le ocurre algo al camión. Con esto se tendría de un volumen extra que permitiría que no se pare el proceso mientras se resuelve el problema del camión.

En este caso se escogió la tolva para un volumen de 24.5 m^3 , lo que representa 100% más del volumen de carga de los camiones a utilizarse, esto representa que el volumen extra que se dispone permitiría que el proceso continúe por lo menos durante casi 24 minutos más sin que se le añada otra descarga de otro camión. La forma de la tolva sea de una pirámide trunca invertida de $3,5 \times 3,5$ metros de lado en la superficie de carga de la tolva y de $0,45 \times 0,45$ m de lado en la superficie de descarga. Con una altura de 2 m. Y quedando un espacio libre de 1,5 metros para que entre la estructura del transportador. Su estructura deberá hacerse robusta permitiendo soportar severas condiciones de trabajo durante largos periodos, con necesidad de mantenimiento mínima. Se obtuvo los esfuerzos a que esta expuesta y se determinó que el material en que se la va a construir (acero A36) soporta el trabajo a que va a estar sometida.

Criba vibratoria

La criba vibratoria que se posee en la actualidad corresponde a una Zaranda marca Svedala modelo 36/15 UU con capacidad de clasificar hasta 3 diferentes tamaños de material ya que se pueden colocar 2 mallas diferentes de tamiz.

El significado del código 36/15 del modelo corresponde a las dimensiones del área de selección de material. Para nuestro equipo corresponde unas dimensiones de 3600×1500 mm.

El principio de clasificación en zarandas vibratorias son básicamente los mismos. El material a ser clasificado debe ser lanzando sobre una caja de alimentación en dirección sobre la superficie de clasificación, pierde su componente vertical de velocidad, sufriendo alteración en dirección de deslizamiento. Por vibración, la camada del material tiende a desarrollar un estado fluido.

Una vez que el material está sobre la superficie de clasificación ocurren dos procesos: estratificación y probabilidad de clasificación.

La estratificación es un proceso que ocurre en la camada del material, por efecto del movimiento vibratorio, al desarrollarse en la superficie de clasificación por lo cual las partículas menores, viajan a través de los vacíos creados por las partículas mayores encaminándose en la parte inferior de la camada, donde se encuentra en la superficie de clasificación. Mientras tanto las partículas mayores tienden a colocarse en la parte superior de la camada.

La probabilidad de separación es el proceso de que las partículas se introduzcan en las aberturas de la zaranda, sean retenidas las partículas del tamaño mayores a estas. La probabilidad de separación de la partícula está dada por la abertura de la tela. Cuanto mayor se a la diferencia entre ambos, más fácilmente pasan o son retenidas el material por la tela.

Las partículas de tamaño mayor a $1.5a$ (a = abertura de la tela) tiene poca importancia para el resultado de la clasificación ya que la cantidad relativa de estas influyen principalmente en el desgaste y en la energía consumida. Las partículas menores a $0.5a$ son de menor importancia

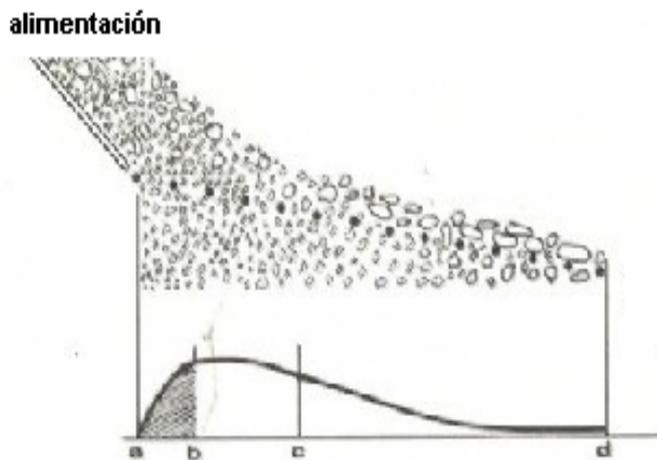
porque atraviesan fácilmente las mallas. Las partículas $0.5 < a < d < 1.5 a$ son llamadas de clase crítica y determinan la eficiencia y la capacidad de la zaranda (ver Fig. 3.1). Pues:

- a) Las partículas $0.5 < a < d < a$ muchas veces necesitan más de varios para pasar por la abertura d e la tela.
- b) Las partículas $a < d < 1.5 a$ tapan un gran número de agujeros de la malla antes de salir de la tela como material retenido.

La tasa de material que fluye a través de la aberturas variara dependiendo del grado de estratificación y de probabilidad.

Cuando el material es introducido en el extremo de alimentación de la zaranda, la vibración provoca una estratificación. Este trecho esta comprendido entre los puntos a y b , con estratificación máxima en b . La máxima remoción de las partículas ocurre de b hasta c (trecho de clasificación saturado), que es el punto de alto grado de probabilidad, porque presenta alto grado de partículas finas. El trecho subsiguiente es de bajo grado de probabilidad que va desde el punto c al d . En este trecho el grado de probabilidad de la partícula de pasar a través de la abertura es menor porque habrá mayor porcentaje de partículas pertenecientes a la clase crítica.

En una criba típica de separación simple como se muestra en Fig. Siguiente, una separación perfecta (100% de eficiencia), no es comercialmente práctica., porque de punto d en adelante la probabilidad de que las partículas pasen a través de aberturas se vuelve extremadamente baja. Teóricamente para una separación perfecta, la criba deberá ser infinitamente larga, porque la curva de la figura se torna asintótica en ese eje.



- a-b: estratificación próxima a extremo de alimentación
- b-c: saturado
- c-d: parte crítica

Fig. 2 . Estratificación y separación de partículas.

Una clasificación comercialmente perfecta y considerada normal está entre el 90 al 95% de eficiencia. La vibración es producida por mecanismos vibratorios basadas en masa excéntricas con amplitud de 5 a 6 mm operando sobre un rango de 700 a 1000 rpm.

Para una buena calidad de separación es necesario tener una relación óptima entre la amplitud y la velocidad de rotación.

Normalmente se selecciona una zaranda en función a la cantidad de material que se va a producir y a los diferentes tamaños que se va a clasificar el material.



Foto 1. Criba vibratoria



Foto 2. Criba vibratoria

Transportadores del Proceso de Lavado de Arena

De acuerdo al diagrama del proceso del lavado de arena, la planta requiere varios transportadores que permitan alimentar las diferentes máquinas así como eliminar los productos que no son considerados dentro del proceso.

Esta planta específicamente, de acuerdo a las máquinas instaladas y a su capacidad de producción requiere de cinco transportadores de bandas de diferentes tamaños que permitan alimentar las diferentes etapas del proceso.

Los transportadores de banda están diseñados para trasladar diferentes tipos de materiales de un punto a otro del proceso. Son muy útiles en el caso de la industria minera puesto que el material hay que trasladarlo a grandes distancias.

El principio de funcionamiento de un transportador es bastante sencillo sin embargo requiere efectuar un análisis pormenorizado del tipo de material que se va a transportar (densidad, humedad, etc), del volumen a ser transportado, distancia a ser traslado el material y de la altura a ser elevado el material de ser el caso y de la velocidad de alimentación a la siguiente etapa del proceso.

Los transportadores de banda están compuestos básicamente de los siguientes elementos:

- Estructura metálica de soporte
- Conjunto de rodillos
- Polea de transmisión y de retorno
- Banda
- Motor
- Reductor

La estructura metálica de soporte consiste básicamente en una armadura estructural donde se van a acoplar y apoyar todos los elementos mecánicos del transportador.

Para calcular la estructura hay que hacer un análisis de la distribución de cargas que va a soportar esta armadura. Para resolver nuestro problema se utilizó las condiciones de carga del transportador más crítico, es decir el transportador de 20 metros con inclinación a 18° , de esta manera podemos asegurarnos que la estructura de los otros transportadores que son más pequeños van a soportar esa condición de carga.



Foto 3. Transportadores

Este proceso de diseño estructural se lo implementa básicamente para poder estandarizar todos los transportadores de la planta, de tal manera que se pueda generar ahorros en los repuestos que se tengan en la bodega además de obtener una ventaja en la versatilidad de la planta ya que de ser necesario se pueden intercambiar un transportador por otro.

Los rodillos son un conjunto de elementos mecánicos de forma cilíndricos que son usados para soportar y guiar la banda transportadora. Estos rodillos van montados sobre un tren en conjuntos de dos o tres rodillos, normalmente del mismo tamaño. Los rodillos normalmente se dividen en ocho tipos:

Existe una norma para escoger los trenes y los rodillos en sí que es la norma CEMA de acuerdo al tipo de material y trabajo que van a soportar los rodillos. Existen dentro del plano del proceso de la planta de lavado de arena 5 transportadores de diferentes características, los cuales los hemos clasificado en dos tipos por su tamaño:

3 transportadores de 18 metros.

2 transportadores de 25 metros.

Las estructuras metálicas existen en la actualidad, aunque estas estaban diseñadas para soportar trenes de rodillos para bandas mas anchas se las puede adaptar tranquilamente al ancho de banda requerido en este proceso.

Se ha estimado como condición de diseño para todos los transportadores una capacidad de transporte de 200 TM/h, que es la productividad de la zaranda y que por ser la mayor de todas las otras máquinas es la que va a regir en el diseño del transportador. La lavadora tiene una capacidad de 50 Tm/h pero además de arena lavada se va a comercializar otros tipos de arena, por lo que la zaranda va a estar trabajando al 100% de su productividad.

CONCLUSIONES

Al término de la presente tesis podemos concluir que se soluciona el problema existente en la cantera del proceso de lavado de arena si ponen en marcha este proyecto.

Tienen la materia prima que es la arena que al final del proceso tendría las características deseadas en la industria de la construcción por su forma y tamaño. Además se busca la excelencia de calidad en la arena ya que actualmente la que existe en el mercado nacional no cumple las normas requeridas para la elaboración de bloques, adoquines, baldosas, etc.

Uno de los beneficios más importante de este trabajo es que utiliza los recursos existentes buscando el máximo ahorro en costos y gastos. Se aprovecha las maquinarias que poseen los inversionistas sin funcionar pero poniéndolas a punto después de un estricto programa de mantenimiento y su posterior montaje.

Lo único que se va a construir es la tolva que es donde comienza el proceso puesto que los camiones van a descargar la arena en ella. La tolva se la construirá de acero A36 el cual según los cálculos respectivos soportará los esfuerzos críticos del almacenamiento y de la descarga de la arena.

En las demás maquinarias como la criba y los transportadores se hará sólo mantenimiento y montaje, pero se pudo comprobar en los capítulos respectivos que sirven para el proceso de lavado de arena pues están sobredimensionadas para la necesidad y no se las tendrá que forzar que podría ocasionar el acortamiento de la vida útil de los mencionados equipos .

El costo total de esta parte del proyecto es **\$ 84,905.04** (sin IVA) incluyendo diseño, mantenimiento y montaje, lo cual es poco comparado si se comprara equipos nuevos, además se recomienda ponerlo en marcha lo antes posible para recuperar el capital invertido y tener ganancias a mediano plazo puesto que el mercado de la construcción está creciendo y necesita arena de buena calidad.

REFERENCIAS

- 1 X. Toledo "Análisis para la puesta en marcha de una planta arenera" (Tesis Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción 2006)
- 2 T. Baumister, E. Avallone, T. Baumister III, Manual del Ingeniero Mecánico (8ª Edición Mc Graw Hill 1984) Capítulo 12.
- 3 G. Tardos "Uso de Método de Jenikes para el Diseño de Tolvas" (Esfuerzos en silos y tolvas, 1998)
- 4 J. Bridgwater and A.M. Scout "Flow of Solids in Bunkers" (Handbook of Fluids in Motion, 1983), pp 807-846.
- 5 R. Holdich "Principles of Powder Technology" (Fundamentals of Particle Technology, 2002) Chapter 10.