

19 20



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

INGENIERIA DE PROCESO PARA
EL SECADO DE ARCILLA
REFRACTARIA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
CARLOS CARRANZA REYNOSO

FALLA DE CRISIS

MEXICO, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

introducción	1
I. Generalidades	3
II. Principios de secado	16
III. Planteamiento, análisis y selección de alternativas	30
IV. Ingeniería de proceso	67
a) Descripción del proceso	68
b) Bases de diseño	72
c) Criterios de diseño	77
d) Filosofía de operación	86
e) Diagrama de flujo	90
f) Especificaciones de equipo	126
V. Conclusiones y Recomendaciones	142
VI. Bibliografía	145

INTRODUCCION

La tesis planteada en este trabajo establece que la ingeniería de proceso es una disciplina aplicable en todo el ámbito de la industria química en donde se presenten operaciones y procesos unitarios. El propósito de este trabajo consiste en ilustrar y demostrar que las técnicas de ingeniería de proceso también pueden ser empleadas en la industria de las arcillas con excelentes resultados.

Es importante señalar que en este trabajo no se incluyó el estudio económico sin embargo para la alternativa seleccionada si se evaluaron los aspectos económicos más importantes.

En la presente tesis se desarrolla la ingeniería de proceso necesaria para resolver un problema real, de una empresa a la que se hará referencia como "Arcillas de México S.A." (nombre ficticio), ubicada en la zona cercana a la ciudad de Pachuca en el estado de Hidalgo.

El estudio comienza con una descripción del problema, planteando la situación actual y lo que se espera alcanzar con este trabajo, esto se expone en el capítulo de Generalidades, donde así mismo se da una pequeña revisión a la definición de arcillas mencionando sus usos y propiedades.

En el capítulo II Principios de secado se encuentra el soporte teórico que acompañará al desarrollo de la ingeniería de

procesos, aquí se presentan algunas definiciones de términos relacionados con el secado.

Posteriormente, en el capítulo III Planteamiento, análisis y selección de alternativas, se proponen los distintos procesos aplicables al secado de la arcilla refractaria, procediendo a seleccionar aquellos más viables por medio de una tabla heurística. Para finalizar el capítulo se realiza un estudio de costos para comprobar que la alternativa elegida es económicamente atractiva.

Ya que se realizó la elección, se procede a desarrollar la ingeniería de procesos propiamente dicha y para esto se da una descripción detallada del proceso, se integran las bases de diseño, los criterios de diseño, se incorpora el diagrama de flujo y se especifican los equipos que conformarán la planta.

Por último están las conclusiones a la tesis y la bibliografía. Con esto queda completado el alcance del presente trabajo restando en el proyecto el desarrollo de la ingeniería de detalle por las distintas disciplinas de la ingeniería.

CAPITULO I. GENERALIDADES

I.- GENERALIDADES

El secado de arcilla es una operación cuyo objeto es retirar del material arcilloso el agua que presenta como humedad, alcanzando con ello alguna especificación para un uso determinado.

A lo largo del tiempo se ha desarrollado una gran variedad de métodos y equipos destinados al secado de diversos materiales dependiendo de las características de los mismos y de la disponibilidad económica del propietario. En el capítulo siguiente se tratará más profundamente todo lo referente al secado como operación unitaria.

En el presente trabajo de tesis nos ocuparemos de un problema real que se presenta en una mina a cielo abierto cercana a la ciudad de Pachuca, en el estado de Hidalgo. En ella se explota un material arcilloso con características refractarias particulares y perteneciente a la familia de las arcillas refractarias.

En la actualidad el material se extrae de la mina en forma tradicional, esto es, paleando el cerro ya sea a mano o con maquinaria del tipo bulldozer y se extiende en las zonas adyacentes al punto de explotación a fin de exponerlo al sol y de esta manera retirar la humedad que trae consigo al momento del minado.

Obviamente este proceder no presenta problemas en la temporada de sequía, pues los días en algunas ocasiones llegan a tener poco más de doce horas de luz, la humedad atmosférica es baja, con lo que se favorece la transferencia de agua del

material a la atmósfera, secando fácilmente la producción de un día.

Los problemas comienzan en la época de lluvias, cuando la precipitación es continua a lo largo de varios días consecutivos y en los que el material al contrario de secarse se moja, por lo que la producción se detiene por completo provocando serios problemas de tipo financiero y estratégico a la empresa, que se ve obligada a almacenar arcilla durante los meses de sequía para cubrir las necesidades de sus clientes durante todo el año.

La extracción de material de la mina no presenta limitaciones, esta va en proporción a los recursos humanos y de maquinaria que se destinen a la misma. Por otro lado, la empresa, aunque cuenta con grandes extensiones de terreno en donde efectuar el secado, lo encuentra como cuello de botella, pues su procedimiento actual resulta impráctico ya que la arcilla expuesta al sol ha de ser removida durante el día para poderla deshumidificar por completo, lo que se complica conforme la cantidad y extensión son mayores.

La compañía busca ante todo una solución económica de sus problemas pero que de ninguna manera altere la calidad de su producto para que este siga cumpliendo con las especificaciones que se requieren. Por otro lado la dirección de la empresa plantea la conveniencia que representaría la posibilidad de alcanzar un proceso con equipos de fácil transporte y rápida instalación para ir siguiendo el avance de la excavación.

El término 'arcilla' es de alguna manera ambiguo, a menos

que se complemente con alguna otra especificación ya que puede llegar a tener tres acepciones:

- a) Como referencia a un grupo minerales caracterizados por una granulación fina,
- b) Como un término mineralógico para rocas o piedras, o
- c) Como una especificación en el tamaño de partícula de ciertos minerales.

Actualmente existen definiciones particulares de las arcillas de acuerdo a las necesidades y aplicaciones individuales. En términos mineralógicos, las arcillas son difíciles de definir debido a la gran variedad de materiales que las componen.

Como se puede suponer, el término arcilla no tiene una definición común aceptada por geólogos, agrónomos, ingenieros, etc., sin embargo cada uno de ellos tiene su propia concepción del mismo.

En general se puede definir a la arcilla como una roca sedimentaria compuesta de uno o varios minerales, rica en silicatos, hidratos de aluminio, hierro o magnesio, alúmina hidratada y óxido férrico, con predominio de las partículas de tamaño coloidal y dotada comúnmente de plasticidad, cuando esta suficientemente pulverizada y humedecida.

Podemos decir que la arcilla es una tierra natural, compuesta de materiales finamente granulados y llamados minerales arcillosos. Estos son hidrosilicatos compuestos principalmente de sílica, alúmina y agua. Algunos de estos minerales también contienen cantidades apreciables de hierro y metales alcalinos.

Muchas definiciones establecen que una arcilla es plástica cuando se humedece, pues la mayor parte de estos materiales tienen esa propiedad, pero algunas arcillas no la tienen como son la haloisita y el pedernal.

Las arcillas son materias primas naturales muy abundantes y tienen una gran variedad de usos y propiedades. La mayor parte de las arcillas son producidas en el mundo a partir de depósitos a cielo abierto.

Las arcillas se clasifican, de acuerdo a la oficina de minas de los Estados Unidos en seis grupos, que son:

- 1.- Caolín
- 2.- Arcilla de bola
- 3.- Arcilla refractaria
- 4.- Bentonita
- 5.- Tierras Fuller
- 6.- Arcillas comunes y pizarras

1.- Caolín o arcilla china:

Se define como un material arcilloso, blanco similar al mineral denominado caolinita. Tienen gravedad específica de alrededor de 2.6 y punto de fusión que oscila alrededor de los 1785 C. En este grupo se encuentran minerales tales como la haloisita, la diekita y otros.

2.- Arcillo de bola:

Es una arcilla plástica, de quemado blanco que se usa

principalmente para unir piezas cerámicas. Estas arcillas son de origen sedimentario y consisten principalmente de micas de sericita y materia orgánica. Las arcillas de bola son generalmente de grano más fino que los caolines y en general proporcionan los estándares de elasticidad.

3.- Arcilla refractaria:

Se define como un material detrítico y puede ser plástico o rocoso, contiene bajos porcentajes de óxido de hierro, cal, magnesia y álcalis y es capaz de mantenerse estable a temperaturas de 1500 C o mayores. Las arcillas refractarias son básicamente caolinita, pero generalmente contienen otras arcillas tales como diásporo, burley, arcilla de bola, arcilla bauxística y pizarra. Las arcillas refractarias comúnmente se encuentran debajo de vetas de carbón y son generalmente usadas para refractarios o para aumentar temperaturas de vitrificación. Los colores de quemado de estas arcillas varían del café al gris.

4.- Bentonita:

Consiste esencialmente de minerales esmectíticos (grupo de montmorillonita), las del tipo expandido tienen una gran concentración de iones sodio y aumentan su volumen cuando se humedecen. Las del tipo no expandible son generalmente de alto contenido de calcio. Los grados estándar de la bentonita hinchable aumentan de quince a veinte veces su volumen seco al sufrir una dilatación.

5.- Tierras Füller:

Se definen como arcillas no plásticas de materiales arcillosos generalmente ricos en magnesio, que tienen propiedades decolorizantes y de purificación. Las tierras füller se componen principalmente de diferentes agujas o listones como la attapulgita y variedades de montmorillonita. Las tierras füller contienen ópalos u otras formas de sílica coloidal que se producen en los depósitos.

6.- Arcillas comunes:

Se definen como arcillas o materiales arcillosos suficientemente plásticos que permiten un rápido moldeo. Su punto de vitrificación está generalmente por abajo de los 1100 C. La pizarra es una roca sedimentaria consolidada compuesta principalmente de minerales arcillosos que han sido laminados y endurecidos por ser intrusiones sedimentarias. También pueden contener algunos caolines y montmorillonitas y generalmente son ricos en metales alcalinos, tierras alcalinas y minerales ferroginosos, tienen un bajo contenido de aluminio. La presencia de hierro imparte un color rojizo después del quemado. No existen grados específicos de reconocimiento, pero basados en la preparación y con una terminología muy pequeña fundamentada en su uso, algunas veces se puede referir a ellas como arcilla para tabique, arcilla para mosaico, arcilla para tubo de drenaje o simplemente como arcillas comunes.

Se pueden encontrar otras clasificaciones siguiendo otros criterios como son:

- Criterio geológico: se clasifican por su origen encontrando arcillas residuales, lacustres, glaciares y sedimentarias.

- Criterio químico: esta clasificación se basa en la composición química del material: arcillas silíceas, arcillas ricas en alúmina, arcillas manganesíferas, etc.

- Criterio técnico: toma en cuenta el tipo de mineral dominante en la arcilla, los minerales presentes en menor cantidad, distribución de tamaño de partícula, capacidad de intercambio de iones y la absorción de la molécula neutra, los tipos de iones intercambiables, el grado de saturación en los lugares de intercambio, higroscopia, reactividad con compuestos orgánicos, tensiones y expansión de las rejillas, electrolitos y soluciones asociadas con los depósitos de la arcilla, impurezas minerales, presencia o ausencia de bacterias u organismos, pH, contenido de alúmina hidratada y/o sílica, estructura y textura de los depósitos de arcilla. Todos estos factores nos permiten encontrar rápidamente las propiedades y usos de la arcilla, por lo que se considera la clasificación mas completa.

- Criterio por su aplicación: se basa en los usos que se le den a las arcillas, de esta manera, encontramos arcilla para papel, arcilla cerámica, etc.

La primera operación en el procesamiento de las arcillas es la explotación y exploración. Esta última comienza con un estudio

de la ocurrencia geológica de los depósitos en cuestión, siguiendo con muestreos, pruebas y evaluación. Ya que los depósitos fueron localizados, se sondean mediante perforaciones, con el fin de obtener suficientes muestras para pruebas que delimiten el tamaño y la calidad de los depósitos. Las muestras generalmente sufren pruebas de plasticidad, módulo de ruptura, cambio lineal, porosidad, absorción, etc.

Posteriormente se procede al minado. La mayor parte de las arcillas son minadas mediante operaciones a cielo abierto ya sea en forma total o selectiva, para esto se utilizan equipos mineros de superficie tales como dragas, cargadores frontales, palas mecánicas y otros equipos. En algunas operaciones el caolín se extrae por dragado y minado hidráulicos. De la zona de explotación a la de procesamiento el material se transporta por camión, ferrocarril o banda.

El procesamiento varía desde un simple molido y cribado hasta el costoso método de las arcillas para recubrimientos de papel que son blanqueadas y delaminadas por quebrado, defloculación y elutriación a tamaños especiales, se ultraflotan o se tratan mediante separación magnética para remover minerales de hierro o titanio y proporcionar un producto más blanco.

Las arcillas tienen un gran campo de aplicaciones y usos, de los cuales los más representativos son los siguientes:

1.- Caolín: tiene muchas aplicaciones industriales y sus diferentes grados de calidad son específicamente designados para

su uso como rellenedor de papel, pintura, hule, plástico y cerámica. Continuamente se desarrollan nuevos usos para este material, ya que es un mineral industrial único por ser químicamente inerte sobre un amplio rango de diferentes pH, es blanco, proporciona un buen recubrimiento y cuando se usa como pigmento o extendedor, es un polvo que se mezcla fácilmente, es blando y no abrasivo y tiene baja conductividad dieléctrica y calórica. Su costo generalmente es menor que la mayoría de los minerales con que compete. Para su aplicación como rellenedor y extendedor debe cubrir especificaciones muy rígidas principalmente en su tamaño de partícula, color, brillantez y viscosidad. Otros usos no requieren de especificaciones tan rígidas, como por ejemplo, en el cemento donde su composición química es lo más importante. La mayor parte de la producción de caolín en el mundo se usa en la industria del papel (aproximadamente el 50 %), siguiéndole las industrias del hule, pinturas, plástico y cerámica. Otras industrias que lo utilizan en menores cantidades son las siguientes: adhesivos, insecticidas, medicinas, tinta, aditivos para alimentos, preparaciones catalíticas, blanqueadores, adsorbentes, cemento, fertilizantes, emplastos, filtroayudas, cosméticos, productos químicos, crayones, lapices, detergentes, recubrimientos porcelánicos, pastas, granulos para techados, fundiciones, linóleos, mosaicos, textiles, etc.

2.- Arcillas de bola: estas arcillas son extremadamente refractarias y sus usos son principalmente en losa fina en donde

imparte una alta resistencia y una buena plasticidad a los productos. Para los enseres cerámicos por quemado se prefiere usar la arcilla de bola blanca, así como para los productos que varían de los colores crema a los café. La arcilla de bola se utiliza principalmente para la industria de la construcción y específicamente en productos sanitarios, tejas cerámicas, porcelana eléctrica, vajillas y objetos de arte, también se usa en productos refractarios, recubrimientos cerámicos, acabados vidriados, etc.

3.- Arcillas refractarias: estas arcillas principalmente se usan en productos refractarios comerciales, tales como ladrillos y piezas de diferentes formas, ladrillos aislantes, especialidades refractarias, morteros y mezclas, materiales moldeables, grags, agregados en crudo y muchos otros productos. Las arcillas refractarias también son adicionadas a arcillas comunes para aumentar sus rangos de vitrificación especialmente para tubos de drenaje y ladrillos.

4.- Bentonita: las bentonitas de sodio hinchables son ampliamente usadas principalmente en conjunto con arenas de fundición y peletización de minerales de hierro. Las bentonitas no hinchables o bentonitas de calcio son usadas principalmente en conjunto con las bentonitas hinchables en mezclas de arena de fundición en las cuales las bentonitas de sodio proporcionan la dureza en seco y las bentonitas de calcio, resistencia a la tensión. Otros usos

son como absorbente para aceite y aguas, así como blanqueador de aceites vegetales.

5.- Tierras Füller: las tierras füller tienen su aplicación principal en la decoloración y purificación de aceites minerales, vegetales y animales. Dentro de ellas están los tipos attapulgita y montmorillonita y se usan por sus propiedades absorbentes sobre todo en los desperdicios de las mascotas, y en general para aceites y grasas. Se utilizan activadas, mediante tratamientos ácidos, en el procesamiento de aceites vegetales y animales para decolorarlos. Las attapulgitas también tienen uso en los lodos de perforación, junto con las bentonitas de sodio para las formaciones salinas. Otros usos son como vehículo de insecticidas y pesticidas, en farmacia como absorbedor de toxinas y alcaloides, para tratamiento de la disentería, para purificar agua y filtrar solventes de tintorerías, polvos lavadores, papeles multicopia, papel tapiz, pinturas plásticas, etc.

6.- Arcilla común y pizarra: estas arcillas se usan en una gran variedad de materiales de construcción tales como productos estructurales de arcilla, cementos y agregados expandidos. Dentro de los primeros se tienen tabiques para construcción, tubos de drenaje y muchos otros artículos en los que se mezcla con otras arcillas tales como el caolín, la arcilla refractoria o la arcilla de bola. La industria del cemento portland que requiere de constituyentes de alúmina para su manufactura, encuentra en las arcillas comunes una fuente de materiales de bajo costo para

su producción. Las arcillas comunes expandidas por sus características se utilizan para construir bloques de concreto ligero, pisos, paredes y otras formas que aligeran el peso de las construcciones y que además por sus propiedades aislantes sustituyen agregados de arena y grava. De igual forma se usan como agregados en refractario, rellenos y recubrimiento para papel, etc.

CAPITULO II. PRINCIPIOS DE SECADO

II.- PRINCIPIOS DE SECADO

La desecación, el desecado o secado de sólidos, se refiere generalmente a la separación de un líquido de un sólido, por evaporación. Los métodos mecánicos para separar un líquido de un sólido no se consideran por lo común como una operación de desecado o secado, aunque a menudo preceden a una operación de esta naturaleza, ya que es menos costoso y muchas veces más fácil utilizar métodos mecánicos que térmicos. Por ejemplo, sólidos tales como la madera, ropa, o papel, pueden ser secados por evaporación ya sea dentro de una corriente de gas o sin los beneficios de esta para acarrear el vapor; pero el retiro mecánico de tal humedad por prensado o centrifugado no se considera comúnmente como un secado. Una solución puede secarse por espreado a finas gotas dentro de un gas caliente y seco, lo que resulta en una evaporación del líquido, pero la evaporación de la solución por calentamiento en ausencia de un gas que acarree la humedad tampoco se considera una operación de desecado.

Dentro de la terminología utilizada al referirse a tópicos relacionados con la operación de secado tenemos las siguientes definiciones:

Contenido de humedad: se expresa por lo común como la cantidad de humedad por unidad de peso de sólido seco o húmedo.

Contenido de humedad libre: es el líquido que se puede separar a una temperatura y humedad dadas. Este valor llega a incluir tanto la humedad ocluida como la no ocluida o retenida.

Contenido de humedad de equilibrio: es la humedad limitante a la cual un material dado se puede desecar en condiciones específicas de temperatura y humedad del aire.

Contenido crítico de humedad: es el contenido de humedad promedio cuando concluye el periodo de velocidad constante.

Base de peso seco: es la expresión del contenido de humedad de sólidos mojados en libras de agua por libra de sólidos completamente secos.

Base de peso húmedo: es la que expresa la humedad de un material como porcentaje del peso del sólido mojado.

Material higroscópico: es aquel que puede contener humedad ocluida.

Gradiente de humedad: se refiere a la distribución de agua dentro de un sólido en un momento determinado del proceso de desecación.

Humedad latente: en un sólido es el líquido que ejerce una presión de vapor inferior a la del líquido puro a una temperatura dada. El líquido puede quedar ocluido por retención en capilares diminutos, por solución en celdas o paredes fibrosas, por solución homogénea a lo largo del sólido y por adsorción química o física en las superficies del sólido.

Humedad no ocluida: en un material higroscópico es la humedad excesiva en relación con el contenido de equilibrio correspondiente a la humedad de saturación. Todo el contenido de agua de un material no higroscópico es agua no ocluida o retenida.

Flujo capilar: es el paso de un líquido por los intersticios y sobre la superficie de un sólido provocado por la atracción

molecular líquido-sólido.

Difusión interna: se define como el movimiento del líquido o el vapor através de un sólido, como resultado de una diferencia de concentración.

Estado funicular: es aquella condición en la desecación de un cuerpo poroso en que la succión capilar hace que se absorba aire dentro de los poros.

Estado pendular: es el estado de un líquido dentro de un sólido poroso cuando ya no existe una película continua de líquido en torno a partículas discretas, y entre ellas, de modo que no se puede producir un flujo por capilaridad. Este estado sigue al funicular.

Periodo de velocidad constante: es el lapso de desecado durante el cual la velocidad de eliminación de agua por unidad de superficie desecada es constante o uniforme.

Periodo de velocidad decreciente: es un lapso de desecación durante el cual la velocidad instantánea de desecado disminuye en forma continua.

Cambio de humedad no realizado: es la razón entre la humedad libre presente en cualquier instante dado y la que se encontraba inicialmente presente.

La humedad contenida en un sólido mojado o en una solución líquida ejerce una presión de vapor que depende de la naturaleza de dicha humedad, de la del sólido y de la temperatura. Si entonces un sólido húmedo se expone a un suministro continuo de gas fresco conteniendo una presión parcial de vapor (p), el

sólido puede ganar o perder humedad del gas hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido sea igual a p . El sólido y el gas se encuentran entonces en equilibrio. La humedad de equilibrio para unas especies dadas de sólido pueden depender del tamaño de partícula o superficie específica. Sólidos distintos tienen curvas de humedad de equilibrio distintas. La presión parcial de equilibrio para un sólido es independiente de la naturaleza del gas seco provisto, este último es inerte al sólido y es el mismo en la ausencia de gas no condensable.

En cualquier proceso de secado, suponiendo un suministro adecuado de calor, la temperatura y la velocidad a las cuales se produce la vaporización del líquido dependen de la concentración de vapor en la atmósfera circundante. En el desecado al vacío u otros procesos que implican atmósferas con 100 % de vapor, la temperatura de vaporización del líquido será igual o mayor que la temperatura de saturación del mismo, a la presión del sistema.

Por otro lado, cuando el vapor desprendido se purga del medio del secador utilizando un segundo gas (inerte), la temperatura a la que se produce la vaporización dependerá de la concentración del vapor en el gas que lo rodea.

Cuando un sólido se deseca, ocurren dos procesos fundamentales y simultáneos:

- 1) Se transmite calor para evaporar el líquido, y
- 2) Se transmite masa en forma de líquido o vapor dentro del sólido y como vapor en la superficie.

Los factores que regulan las velocidades de estos procesos determinan la rapidez o el índice de desecación.

Las operaciones de secado comercial emplean la transferencia de calor por convección, conducción, radiación o una combinación de éstas. Los secadores industriales difieren fundamentalmente en los métodos de transferencia de calor utilizados. Sin embargo, sea cual fuere la modalidad de transmisión de calor, este debe fluir hacia la superficie exterior y luego al interior del sólido. La única excepción es el desecado dieléctrico y de microondas, en donde la electricidad de alta frecuencia genera calor internamente creando una temperatura elevada dentro del material y en su superficie.

La masa se transfiere durante la desecación en forma de líquido o vapor dentro del sólido, y como vapor que se desprende de las superficies expuestas. El movimiento dentro del sólido se debe a un gradiente de concentración que depende de las características del mismo.

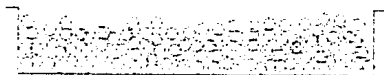
Un estudio de la forma como se deseca un sólido se puede basar en el mecanismo interno de la circulación del líquido o en el efecto de las condiciones externas de temperatura, humedad, corriente de aire, estado de subdivisión, etc., en la velocidad de desecación del sólido. El primer procedimiento requiere por lo común un estudio básico de las condiciones internas y el segundo, aunque es menos fundamental, se usa de un modo más general debido a que los resultados tienen una mayor aplicabilidad inmediata en el diseño y la evaluación de equipos. La circulación o el flujo interno del líquido ocurre siguiendo varios mecanismos que

dependen de la estructura del sólido. Algunos de ellos son:

- 1) Difusión en sólidos homogéneos continuos,
- 2) Flujo capilar en sólidos granulados y porosos,
- 3) Flujo provocado por gradientes de contracción y presión,
- 4) Flujo producido por gravedad, y
- 5) Flujo originado por una secuencia de vaporización y condensación.

El lecho de sólidos en los equipos en que se establece contacto entre sólidos y un gas, existe en cualquiera de las cuatro condiciones siguientes:

Estático: este es un lecho denso de sólidos en el cual cada partícula descansa sobre otras, esencialmente a la densidad de masa de sedimentación de la fase sólida. Dicho de otra manera, no existe movimiento relativo entre las partículas sólidas



LECHO DE SÓLIDOS EN CONDICIÓN ESTÁTICA

Móvil: este es un tipo de lecho de sólidos un poco menos restringido en el cual las partículas están separadas apenas lo suficiente para fluir o deslizarse unas sobre otras. Por lo común, el flujo es descendente por acción de la fuerza de

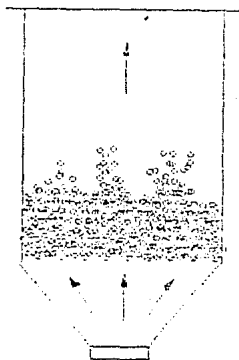
gravidad, pero también se puede registrar un movimiento ascendente debido a la elevación mecánica o a la agitación generadas dentro del equipo de proceso. En algunos casos, la elevación de sólidos se logra en equipos independientes y estos fluyen en presencia de la fase gaseosa sólo en sentido descendente. Este último caso es un lecho móvil que generalmente se define dentro de la industria del petróleo.



LECHO DE SÓLIDOS MÓVILES

Fluidificado: se trata de una condición menos restringida aún en la cual las partículas sólidas se sostienen por medio de fuerzas de arrastre provocadas por la fase gaseosa que pasa por los intersticios de las partículas, con una velocidad crítica dada. Es una condición inestable, porque la velocidad superficial ascendente del gas es menor que la velocidad final de asentamiento o sedimentación de las partículas sólidas; la velocidad del gas no basta para arrastrar y transportar en forma

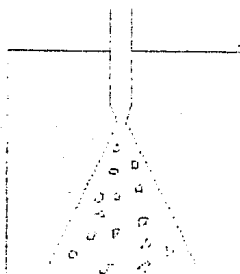
continúa todos los sólidos. Al mismo tiempo, dentro de la corriente de gas se registran turbulencias con velocidades lo suficientemente grandes para elevar transitoriamente las partículas. El movimiento de estas es repetidamente ascendente y descendente. En realidad, la fase de los sólidos y la fase gaseosa están entremezcladas y se comportan juntas como un fluido en ebullición.



LECHO DE SÓLIDOS FLUIDIFICADOS

Diluido: esta es una condición irrestricta en la cual las partículas sólidas están tan separadas entre sí que prácticamente no ejercen ninguna influencia unas en otras. A decir verdad, la fase de los sólidos está tan dispersa dentro del gas, que la densidad de la suspensión es fundamentalmente la de la fase gaseosa en lo individual. Por lo común, esta situación se presenta cuando la velocidad del gas en todos los puntos del

sistema sobrepasa la velocidad final de asentamiento de los sólidos, y las partículas ascienden y son arrastrados continuamente por el gas no obstante, no siempre será este el caso. En las cámaras de sedimentación por gravedad como las torres de granulación y los secadores por aspersión con flujo a contracorriente, son dos excepciones en que la velocidad del gas es insuficiente para arrastrar por completo a los sólidos.

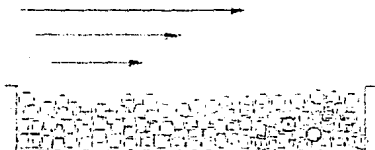


SÓLIDOS EN CONDICIÓN DILUIDA

Los términos que se utilizarán más adelante para describir el método por el cual el gas entra en contacto con un lecho de sólidos se definen a continuación:

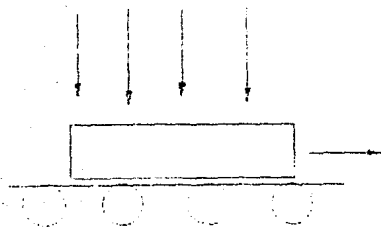
1.- Flujo paralelo: la dirección del flujo de gas es paralelo a la superficie de la fase sólida. El contacto se registra primordialmente en la entrecara comprendida entre dos fases, en donde se produce quizá una leve penetración del gas en los vacíos comprendidos entre los sólidos cercanos a la superficie. El lecho de sólidos generalmente se encuentra en una

condición estática.



FLUJO PARALELO

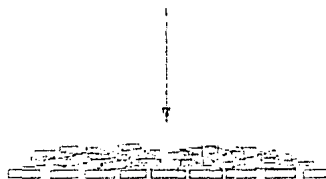
2.- Flujo perpendicular: la dirección de la corriente de gas es normal a la entrecara de la fase. El gas choca contra el lecho de sólidos y, también en este caso, dicho lecho se encuentra casi siempre en condición estática.



FLUJO PERPENDICULAR

3.- Circulación a través del sólido: el gas penetra y fluye directamente pasando por los intersticios de los sólidos, circulando de una manera más o menos libre en torno a las partículas individuales. Esto ocurre cuando los sólidos están en

condiciones estáticas, móviles, fluidificadas o diluidas.



CIRCULACION DE GAS A TRAVES DEL SOLIDO

4.- Flujo de gas en corriente paralela: la fase gaseosa y las partículas sólidas se desplazan en forma conjunta en la misma dirección.

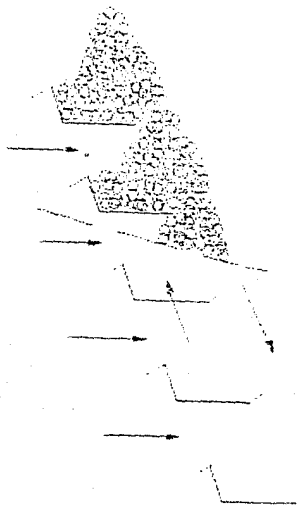


FLUJO DE CORRIENTE PARALELA

5.- Flujo de gas a contracorriente: la dirección de flujo del gas es exactamente opuesta a la que sigue el movimiento de los sólidos.

6.- Flujo transversal de gas: la dirección de la corriente de gas se realiza a ángulos rectos en relación con el movimiento

de los sólidos, a través del lecho de sólidos.



FLUJO TRANSVERSAL

Puesto que en una operación de contacto entre gases y sólidos, la transferencia o transmisión de calor y masa se desarrolla en las superficies de estos últimos se puede esperar una máxima eficiencia de proceso con una máxima exposición de la superficie de los sólidos a la fase gaseosa, junto con un mezclado minucioso de gas y sólidos. Estos dos aspectos son de primordial importancia. En cualquier disposición de sólidos en forma de macropartículas, el gas está presente en los vacíos generados entre partículas y entra en contacto con todas las superficies, excepto en los puntos en que estas se tocan entre

sí. No obstante, cuando el lecho de sólidos se encuentra en una condición estática o de movimiento muy sutil, el gas que se introduce en los vacíos queda separado del cuerpo principal de la fase gaseosa. Es posible que se registre cierta transferencia de energía y masa por difusión; pero por lo general es insignificante.

CAPITULO III.
PLANTEAMIENTO, ANALISIS Y SELECCION DE ALTERNATIVAS

III.- PLANTEAMIENTO, ANALISIS Y SELECCION DE ALTERNATIVAS

1) Planteamiento de alternativas

Hay varias maneras de clasificar los equipos de desecación. La mas útil toma en cuenta la forma de transmisión de calor a los sólidos húmedos. Esto último revela las diferencias en el diseño del equipo y en el funcionamiento del secado.

Básicamente existen tres formas de transferencia de calor, conocidas como convección, conducción y radiación. Estas en diferente grado, orden y combinación se emplean en los varios tipos de secadores que se usan actualmente; en la industria química, la mayoría de los secadores emplean convección forzada.

Así pues tenemos la siguiente clasificación de secadores:

- 1.- Secadores directos
- 2.- Secadores indirectos
- 3.- Secadores infrarrojos o de calor radiante, secadores de calor dieléctrico.

Quando se trata de un problema de desecación específico las características y propiedades físicas del material mojado ayudan a la selección.

A continuación se describen los tipos de secadores en base a la transmisión de calor:

1.- Secadores directos:

En estos equipos, la transferencia de calor para la desecación se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se arrastra

con el medio de desecación, es decir, con los gases calientes. Los secadores directos se llaman también secadores por convección.

El calentamiento directo se usa extensamente en los equipos industriales de secado, en donde se requieren eficiencias térmicas superiores a las que tienen los secadores indirectos. Esto se debe a que no hay pérdidas de energía a través de paredes entre la corriente caliente y el material frío y por otro lado esta disponible en el proceso la máxima entrega de calor del combustible. De cualquier forma, este método no siempre es aceptable, específicamente cuando no se puede tolerar contaminación en el producto (en estos casos se tiene que recurrir al secado indirecto), o cuando se manejan sustancias explosivas.

Las características generales de operación de los equipos pertenecientes a este grupo son:

a) El contacto directo entre los gases calientes y los sólidos se aprovecha para calentar estos últimos y separar el vapor y que debe ser considerado en el diseño y operación.

b) Las temperaturas de desecación varían hasta 1400 F, que es la temperatura limitante para casi todos los metales estructurales de uso común. A mayores temperaturas, la radiación se convierte en un mecanismo de transmisión de calor de suma importancia.

c) A temperaturas de gases inferiores al punto de ebullición, el contenido de vapor de un gas influye en la

velocidad de desecación y el contenido final de humedad del sólido. Con temperaturas de gas superiores al punto de ebullición en todos los puntos, el contenido de vapor del gas tiene sólo un ligero efecto de retraso en la velocidad de desecación y el contenido final de humedad. Por lo tanto, los vapores sobrecalentados del líquido que se está separando pueden servir para desecar.

d) Para desecaciones a temperaturas bajas y cuando las humedades atmosféricas son excesivamente elevadas, quizá se hace necesario deshumidificar el aire de desecación.

e) Mientras más bajo sea el contenido de humedad un secador directo consume más combustible por libra de agua evaporada.

f) La eficiencia mejora al aumentarse la temperatura del gas de entrada a una temperatura de salida constante.

g) Debido a las grandes cantidades de gas que se necesitan para abastecer todo el calor de desecación, el equipo de recuperación del polvo puede ser muy grande y costoso cuando se trata de desecar partículas muy pequeñas.

2.- Secadores indirectos:

El calor de desecación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. La velocidad de desecación depende del contacto que se establezca entre el material mojado y la superficie caliente. Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto. Con equipo de convección forzada, el sistema indirecto de calentamiento emplea un vapor, tal como el vapor de agua, en

un intercambiador de calor tubular o en una chaqueta de vapor en donde la conducción sea el método de transferencia de calor. Se pueden usar sistemas alternativos que emplean fluidos con propiedades de transferencia de calor y que tienen la ventaja de que se pueden alcanzar temperaturas elevadas sin la necesidad de operaciones de alta presión como las que se pueden requerir con calentamiento por vapor convencional. Esto se puede reflejar en el diseño y costo de fabricación del secador y de acuerdo con los métodos mencionados líneas arriba también pueden ser utilizados intercambiadores de calor de petróleo o gas.

Las características generales de operación de los secadores indirectos son:

a) El calor se transfiere al material húmedo por conducción a través de una pared de retención de sólidos, casi siempre de índole metálica.

b) Las temperaturas de superficie pueden variar desde niveles inferiores al de congelación en el caso de secadores de congelación, hasta temperaturas mayores de 1000 F en el caso de secadores indirectos calentados por medio de productos de combustión.

c) Los secadores indirectos son apropiados para desecar a presiones reducidas y en atmósferas inertes, para poder recuperar los disolventes y evitar la formación de mezclas explosivas o la oxidación de materiales que se descomponen con facilidad.

d) Los secadores indirectos que utilizan fluidos de condensación como medio de calentamiento son en general

económicos, desde el punto de vista del consumo de calor, ya que suministran calor sólo de acuerdo con la demanda hecha por el material que se está desecando.

e) La recuperación de polvos y materiales finamente pulverizados se maneja de un modo más satisfactorio en los secadores indirectos que en los directos.

3.- Secadores infrarrojos o de calor radiante, secadores de calor dieléctrico:

El funcionamiento de los secadores de calor radiante depende de la generación, la transmisión y la absorción de rayos infrarrojos. En otras palabras, los secadores infrarrojos dependen de la transmisión de energía de radiación para evaporar la humedad. La energía radiante se suministra eléctricamente por medio de lámparas infrarrojas, resistencias eléctricas o refractarios incandescentes calentadas por gas. Este último método ofrece la ventaja adicional del calentamiento por convección. El calentamiento infrarrojo no se usa comúnmente en la industria química para eliminar la humedad, y su aplicación principal es el horneado o la desecación de capas de pintura y en el calentamiento de capas delgadas de materiales.

Los secadores de calor dieléctrico operan sobre el principio de la generación de calor dentro de los sólidos, colocándolos dentro de un campo eléctrico de alta frecuencia. Los secadores dieléctricos no han encontrado hasta ahora un campo muy amplio de aplicación. Su característica fundamental de generación de calor dentro de los sólidos revela potencialidades para desecar objetos geométricos masivos, como madera, diferentes formas de hule

espuma y objetos de cerámica. Los costos de energía aumentan hasta diez veces el costo de combustible por métodos tradicionales.

Para este trabajo en particular los secadores de calor dieléctrico quedan descartados pues como se especifica líneas arriba los costos son muy elevados y el área de la mina no cuenta con todos los servicios que llegan a requerir estos equipos; en el caso de los secadores infrarrojos, la arcilla refractaria no cae en su campo de aplicación. Por las razones anteriores no profundizaremos en estos tipos de equipo ya que quedan descartados a primera vista.

En el caso de los secadores indirectos su uso se justifica cuando el material a secar se ve afectado por la contaminación de los gases de secado, cuando se está tratando de recuperar un solvente, cuando se presentan problemas de recolección de sólidos, cuando se trata de mezclas explosivas o se presentan problemas de oxidación, en técnicas específicas como es en el caso de la congelación, o cuando está a la mano algún compuesto de fácil condensación que nos abarata el precio del equipo y el costo de operación.

El secado de arcilla no contiene ninguna de las situaciones mencionadas en el párrafo anterior y por esto no estamos obligados a utilizar un equipo de secado indirecto.

Al estar en igualdad de circunstancias, lo que nos puede guiar a elegir de que tipo será el secador por seleccionar, recurrimos a la eficiencia térmica que nos repercutirá en el

diseño y en los costos de operación, de esta manera se sabe que para el secado de arcilla nos brinda mayor eficiencia un secador directo y de ellos se elegirá el equipo apropiado para la situación planteada en el capítulo de generalidades.

A continuación se da una descripción breve de los equipos de secado directo que pueden ser utilizados en el secado de arcilla refractaria. Se hace la aclaración de que no son los únicos y que el no mencionar alguno aquí no quiere decir que no sea aplicable, simplemente los enumerados a continuación son los que a primera vista parecen ser los más apropiados.

1) Secadores rotatorios

El secador rotatorio consiste en un cilindro que gira sobre cojinetes apropiados y, por lo común, tiene una leve inclinación en relación con la horizontal. La longitud del cilindro varía de 4 a más de 10 veces su diámetro, que oscila entre menos de 1 pie hasta más de 10. Los sólidos que se introducen por un extremo del cilindro se desplazan a lo largo de él, debido a la rotación, el efecto de la carga y la pendiente del cilindro, y se descarga por el otro extremo como producto acabado. Los gases que circulan por el cilindro pueden reducir o aumentar la velocidad de movimiento de los sólidos, según si la circulación del gas es a contracorriente o si sigue una corriente paralela con la circulación de los sólidos.

Los secadores rotatorios se clasifican como directos, indirectos y tipos especiales. Estos nombres se refieren al método de transmisión de calor. Como ya se explicó, únicamente nos ocuparemos del equipo de contacto directo en los que la

transmisión de calor se aplica o elimina de los sólidos por intercambio directo entre estos y el gas circulante.

Cuando se trata de operaciones de transmisión de calor y transferencia de masa, sus características de operación los hacen adecuados para lograr diversos procesos como desecación, reacciones químicas, recuperación de disolventes, descomposiciones térmicas, mezclado, sinterización y aglomeración de sólidos.

El secador rotatorio directo consiste por lo común de un cilindro metálico ordinario con o sin paletas o aspas. Es apropiado para operaciones a temperaturas bajas e intermedias en donde la temperatura de operación está limitada primordialmente por las características de resistencia del metal que se haya usado en la fabricación. En algunos casos el cilindro metálico se encuentra revestido en el interior con bloques aislantes o ladrillos refractarios y es apropiado entonces para temperaturas elevadas.

Los equipos rotatorios se aplican al procesamiento de sólidos tanto por lotes como en continuo, que tienen un movimiento de circulación relativamente libre, y el producto que descargan es granular. Los materiales que no poseen un movimiento completamente libre en la forma como se alimentan, se manejan de una manera especial, ya sea reciclándolos y premezclándolos con la alimentación, o bien, manteniendo un lecho de producto de movimiento libre dentro del cilindro, en el extremo de admisión de la alimentación.

2) Secadores de bandejas y compartimientos

Un secador de bandejas o compartimientos es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan en grupos de bandejas en el caso de sólidos particulados, o amontonados en pilas o en repisas, en el caso de objetos grandes. La transmisión de calor puede ser directa del gas a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de gas caliente, o indirecta, utilizando repisas o bases calentadas, serpentines de radiador o paredes refractarias al interior de la cubierta.

El funcionamiento satisfactorio de los secadores de bandejas depende del mantenimiento de una temperatura constante y una velocidad de aire uniforme sobre todo el material que se este secando. Conviene tener una circulación de aire con velocidades altas para mejorar el coeficiente de transmisión de calor en la superficie y con el propósito de eliminar bolsas de aire estancado. La corriente de aire no uniforme es uno de los problemas más graves que se presentan en el funcionamiento de los secadores de bandejas.

Debido a los grandes requisitos de mano de obra que se asocian casi siempre con la carga y descarga de los compartimientos, el equipo de compartimientos por lotes rara vez resulta económico. Más aún, debido a la naturaleza del contacto entre los sólidos y el gas, que se logra casi siempre por flujo paralelo y rara vez por circulación, la transmisión de calor y la transferencia de masa son comparativamente poco eficaces. Por esta razón, el uso de equipos de bandejas y compartimientos se restringe, sobre todo, a operaciones ordinarias de desecación y

tratamientos térmicos. A pesar de estas limitaciones sobresalientes en las cuales existen las situaciones antes citadas, para algunos casos es difícil encontrar otras alternativas económicas.

3) Secadores de túnel

Los túneles continuos son, en muchos casos, carretillas de lotes o compartimientos de bandejas operados en serie. Los sólidos que se van a procesar se colocan en bandejas o carretillas que se desplazan progresivamente a lo largo del túnel, en donde están en contacto con gases calientes. El funcionamiento es semicontinuo y cuando el túnel está lleno, una de las carretillas se extrae por el extremo de descarga al mismo tiempo que se introduce otra por el extremo de admisión. En algunos casos las carretillas se desplazan sobre carriles o monorraíles y usualmente se transportan por medios mecánicos usando propulsores de cadena conectados a la base de cada carretilla.

En los equipos de túnel, los sólidos se calientan usualmente por contacto directo con los gases calientes. En operaciones a temperaturas elevadas, la radiación de la pared y el recubrimiento refractario adquieren una importancia especial. El aire que está dentro de la unidad de calor directo se calienta en forma directa o indirecta por combustión o bien, a temperaturas inferiores a 400 F por medio de serpentines de vapor con aletas.

Las aplicaciones de los equipos de túnel son esencialmente las mismas que las de las unidades de bandejas y compartimientos,

es decir, prácticamente todas las formas de sólidos conglomerados y objetos sólidos de mayor tamaño pueden procesarse por medio de estos equipos. En lo que respecta al funcionamiento, son más apropiados para producciones a mayor escala y representan por lo común ahorros de inversión e instalación en comparación con los secadores por compartimientos. Los transportadores de banda y criba, que son realmente continuos, representan ahorros de mano de obra importantes en comparación con las operaciones de lotes.

4) Secadores continuos con circulación a través del material

Los secadores continuos de circulación directa operan basándose en el principio del soplado de aire caliente a través de un lecho permeable del material mojado, que pasa en forma continua por el secador. Las velocidades de desecado son mayores debido a la amplia superficie de contacto y a la distancia corta de desplazamiento para la humedad interna.

El tipo más frecuentemente usado es el secador horizontal de transportador de criba o pantalla, en el cual se transporta el material mojado formando una capa de 1 a 6 pulgadas de profundidad, sobre un manto horizontal perforado o de malla mientras se hace pasar aire calentado, ya sea en sentido ascendente o descendente por el lecho de material.

La desecación por circulación directa requiere que el material húmedo se encuentre en un estado de subdivisión granular, para que el aire caliente pueda soplar fácilmente a través de él. Muchos materiales satisfacen este requisito sin necesidad de preparaciones especiales, mientras que otros necesitan un pretratamiento especial y a menudo elaborado para

poder someterse a una desecación de circulación directa. Por lo común, los materiales fibrosos, en forma de hojuelos o en granos gruesos se someten a desecación sin necesidad de preconformarlos. Este tipo de materiales se carga directamente sobre la malla transportadora usando dosificadores diseminadores apropiados del tipo de banda oscilante o vibradora.

En estos equipos en general no se alcanzan temperaturas superiores a 600 F, debido a problemas de lubricación del transportador, la cadena y los propulsores de rodillo.

5) Secadores de transportador neumático

Un secador de transporte neumático consta de un tubo o conducto largo que lleva un gas con alta velocidad, un ventilador para impulsar dicho gas, un dosificador apropiado para agregar y dispersar los sólidos particulados en la corriente de gas y un colector de ciclón u otro equipo de separación para la recuperación final de los sólidos del gas.

La operación para establecer contacto entre el gas y los sólidos en el cual la fase sólida existe en una condición diluida se denomina sistema neumático. Recibe este nombre porque en la mayoría de los casos, la cantidad y la velocidad del gas son suficientes para levantar y transportar los sólidos que se oponen a la fuerza de gravedad. Los sistemas neumáticos se distinguen por dos características:

La retención de una partícula dada de sólidos en el sistema es, en promedio, muy breve, casi siempre con una duración no mayor de unos cuantos segundos. La reacción debe ser

primordialmente un fenómeno de superficie, o bien, las partículas de los sólidos deberán ser muy pequeñas para que la transmisión de calor y la transferencia de masa desde los interiores sea fundamentalmente instantánea.

La segunda característica es que en el aspecto del contenido de energía, el sistema está equilibrado en todo momento; dicho de otra manera, existe suficiente energía en el gas presente en el sistema en cualquier instante dado, para completar el trabajo en todos los sólidos presentes en dicho instante.

Los transportadores neumáticos son apropiados para materiales granulados y de movimiento libre cuando se encuentran dispersos en la corriente de gas, de manera que no se adhieren a las paredes del transportador ni se aglomeran. Los materiales pegajosos se manejan en muchos casos dispersándolos y desecándolos parcialmente en un desintegrador con barrido de aire. El material grueso o áspero que contiene humedad interna se somete a una trituración fina en un molino de martillos.

6) Secador por aspersión

El secador por aspersión consta de una cámara cilíndrica grande, casi siempre vertical en la cual el material que se va a desecar se atomiza en forma de pequeñas gotitas y dentro de la cuál se alimenta un gran volumen de gas caliente que basta para abastecer el calor necesario para completar la evaporación del líquido. La transmisión de calor y la transferencia de masa se logran mediante el contacto directo del gas caliente con las gotitas dispersadas. Después de concluir la desecación, el gas

enfriado y los sólidos se separan.

En lo que se refiere a la operación de contacto, el desecador de rocío es similar a un transportador neumático. Su aplicación difiere en que el material de alimentación es, por lo común, una solución líquida, una lechada o una pasta capaz de dispersarse en un rocío casi fluido. La desecación de rocío comprende tres procesos unitarios fundamentales:

- a) Atomización del líquido
- b) Mezcla de gotitas y gas
- c) Desecación de las gotitas del líquido.

El uso principal de los secadores de rocío es para la desecación ordinaria de soluciones de agua y lechadas. Se emplean también en combinación con operaciones de desecación y tratamiento calorífico y para la fusión y el enfriamiento de materiales fundidos. Los secadores de rocío se emplean para procesos de aglomeración por vía húmeda, con el fin de producir formas rápidamente dispersables de productos alimenticios concentrados.

7) Secador de lecho fluidizado

Una de las principales ventajas de este tipo de secador es el control exacto de las condiciones, de tal manera que una cantidad predeterminada de humedad libre se puede dejar en los sólidos, con el fin de evitar la formación de polvo del producto durante las operaciones subsiguientes de manejo del material. El secador de lecho fluidificado se emplea también como clasificador, de manera que las operaciones de desecación y

clasificación se ejecutan en forma simultánea.

En estos secadores, el movimiento de los sólidos resulta del flujo de gas a través de la cama. Los sólidos se mueven cerca de una placa perforada. Este mecanismo causa formaciones alrededor de las perforaciones cuando se seca un sólido pegajoso las cuales impiden el flujo y la transferencia de calor.

Las unidades de lecho fluidificado para desecar sólidos sobre todo carbón, cemento, rocas y piedra caliza, tienen una aceptación muy generalizada. Las consideraciones de índole económica hacen que estas unidades tengan un atractivo especial cuando se deben manejar grandes tonelajes de sólidos. Las necesidades de combustible son bajas.

2) Análisis de alternativas

En esta sección se analizarán las alternativas planteadas usando una tabla heurística. La tabla heurística contiene las características técnicas a comparar para cada equipo aplicando un criterio. En cada característica se califican todas las alternativas fijando una escala. Aquel proceso que obtenga la mayor calificación y aquellos cuyas calificaciones no estén más de 30% por abajo del valor más alto, se seleccionan para un análisis más profundo que incluye el aspecto financiero. De este último análisis surge la alternativa definitiva y sobre la que se desarrollará la ingeniería de proceso propiamente dicha.

A continuación se mencionan las características que aparecen en la tabla heurística:

1.- **Transportable:** El equipo debe ser de fácil traslado para ir acompañando el avance de la mina. Como se planteó en el capítulo de generalidades, se busca un equipo que no sea difícil de mudar al lugar cercano a la extracción. Al analizar esto se debe contemplar tanto al equipo como a los servicios que requiera. El acceso a la mina de equipo móvil para ser usado en la mudanza es difícil lo que obliga a pensar en un equipo ligero movable con los recursos propios.

Criterio:

a) Favorable: el equipo es de fácil traslado.

b) Desfavorable: el equipo posee instalaciones que dificultan su mudanza.

Escala: Favorable: 10, Desfavorable: 0

2.- **Manejo de material pastoso:** las arcillas húmedas por sus

mismas propiedades plásticas, tienden a formar conglomerados pastosos, que son de difícil manejo, pues algunas veces atascan el equipo de proceso, impidiendo la disgregación en el medio de secado con lo que este no es tan eficiente. En el caso analizado en particular, el material viene mojado de la mina, por lo que presenta esta característica y por tanto el equipo elegido deberá contar con sistemas integrados que faciliten la manipulación del material a lo largo de la operación.

Criterio:

- a) Favorable: la naturaleza del proceso permite el fácil manejo del material pastoso.
- b) Desfavorable: la naturaleza del proceso impide el fácil manejo del material pastoso.

Escala: Favorable: 10, Desfavorable: 0

3.- Servicios: por la problemática del lugar se pretende que el proceso requiera un mínimo de servicios en cuanto a su número y cantidad, con lo que además de económico, las condiciones se hacen más favorables para el traslado y el suministro desde el exterior.

Criterio:

- a) Favorable: los servicios son mínimos.
- b) Desfavorable: los servicios son numerosos y requieren de equipo de control y manejo sofisticado.

Escala: Favorable: 10, Desfavorable: 0

4.- Desgaste por abrasión: las arcillas son en general materiales altamente abrasivos, por lo que el equipo seleccionado

debe poseer un diseño que no permita el ataque abrasivo muy intenso por parte del material. Es obvio que esto no se puede evitar, pero sí podemos alcanzar minimizarlo en todo el equipo, o bien seleccionar aquel en el que las partes desgastadas sean fácilmente repuestas y baratas.

Criterio:

- a) Favorable: el equipo por su mismo diseño no será drásticamente afectado por la abrasión.
- b) Desfavorable: el equipo será afectado por la abrasión y la sustitución de piezas no es económica.

Escala: Favorable: 10, Desfavorable: 0

5.- Seguridad: en este punto se califica lo riesgoso del proceso para los operarios de los equipos. Esto se verá reflejado en las medidas de seguridad a que oblique cada alternativa y es una característica muy importante tanto en lo económico como en el aspecto operativo.

Criterio:

- a) Favorable: en el proceso no hay ninguna operación riesgosa.
- b) Desfavorable: en el proceso hay operaciones riesgosas.

Escala: Favorable: 8, Desfavorable: 0

6.-Ubicación: se considera como importante el hecho de que el equipo va a trabajar a la intemperie, pues la edificación de cualquier estructura implicaría un equipo sedentario. Esto obliga a que los equipos de secado no tengan considerables pérdidas por radiación y que los equipos accesorios estén condicionados para este tipo de trabajo.

Criterio:

- a) Favorable: el equipo puede operar a la intemperie sin menoscabo de su capacidad secante.
- b) Desfavorable: el equipo no puede ser operado a la intemperie.

Escala: Favorable: 8, Desfavorable: 0

7.- Superficie ocupada: entre menor sea la extensión de terreno ocupada por el equipo, mas fácil será ubicarlo. El espacio con que se cuenta en la mina llega a ser reducido e irregular, por lo que equipos que requieran grandes extensiones de terreno implicarían la necesidad de acondicionar la superficie con ampliaciones e inclusive con deslinde.

Criterio:

- a) Favorable: la superficie ocupada es pequeña.
- b) Desfavorable: los equipos ocupan superficies extensas.

Escala: Favorable: 8, Desfavorable: 0

8.- Disgregación: por la presencia de los conglomerados arriba mencionados, es necesaria una operación de disgregación que haga más eficiente el proceso al exhibir una mayor superficie del material a la transferencia de calor y de masa. Esto se logra con un molino a la alimentación del equipo, pero además, la naturaleza de algunos procesos favorece la disgregación al operarlos y esto es una ventaja muy importante que debe ser tomada en consideración para la selección del equipo.

Criterio:

- a) Favorable: el proceso favorece la disgregación del

material.

b) Desfavorable: no hay disgregación en el proceso.

Escala: Favorable: 8, Desfavorable: 0

9.- Rangos de evaporación: se refiere a la cantidad de agua removida con respecto al monto de energía proporcionada, esto se ve favorecido por algunas circunstancias de diseño tales como la superficie de contacto, el tiempo de residencia y otros factores. Mientras mayor sea el rango de evaporación, el equipo será más eficiente y esto se verá reflejado en los costos de operación.

Criterio:

a) Favorable: procesos con rangos de evaporación altos.

b) Desfavorable: los rangos de evaporación en el proceso son bajos.

Escala: Favorable: 7, Desfavorable: 0

10.- Operabilidad: entre más sencillo de operar el equipo más conveniente es por la reducción de el uso de instrumentos de medición, reglas de seguridad, capacitación de personal, desarrollo de tecnologías, etc.

Criterio:

a) Favorable: los equipos son de fácil operación.

b) Desfavorable: el proceso no es fácil de operar.

Escala. Favorable: 7, Desfavorable: 0

11.-Mantenimiento: se debe procurar que el mantenimiento tanto preventivo como correctivo sea sencillo y económico. Se deben minimizar los tiempos muertos por paros de mantenimiento y procurar la selección de equipos cuyas refacciones sean fáciles de conseguir e instalar. Así mismo en el diseño deben

contemplarse la accesibilidad a las partes que sufren desgaste para su rápida reparación.

Criterio:

- a) Favorable: el mantenimiento a los equipos en el proceso debe ser económico y sencillo.
- b) Desfavorable: el mantenimiento es caro y difícil.

Escala: Favorable: 7, Desfavorable: 0.

12.- Eficiencia térmica: se refiere a la diferencia de temperaturas del material a la entrada y a la salida; esto es una medida de la transferencia de calor entre el fluido de secado y el material caliente. La eficiencia térmica alta, al igual que los altos rangos de evaporación favorecen el diseño y van acorde con lo planteado en otros puntos.

Criterio:

- a) Favorable: en el proceso se alcanzan altas eficiencias térmicas.
- b) Desfavorable: Eficiencia térmica baja.

Escala: Favorable: 6, Desfavorable: 0.

13.-Contaminación: a pesar de que el equipo se encontrará en campo abierto, debe procurarse la mínima afectación del entorno ecológico, por esto el proceso a elegir se prefiere con condiciones poco contaminantes en cantidad y perjuicio.

Criterio:

- a) Favorable: el proceso genera pocos contaminantes.
- b) Desfavorable: el proceso genera contaminantes en gran cantidad y sumamente peligrosos.

Escala: Favorable: 5, Desfavorable: 0.

14.- Productividad: aquí hago referencia a la capacidad del equipo. Se podría llegar a dar el caso de un equipo que aunque cumpla con todos los requerimientos, lo haga con sacrificio de la productividad. Es por esto que se busca un equipo que trabaje a las condiciones requeridas en este caso particular, cumpliendo fácilmente con la capacidad para la que fue diseñado. Por otro lado, no hay que olvidar que en algún momento puede aumentar la cantidad de material a procesar y se debe considerar la posibilidad de la instalación de equipo anexo o como una ampliación del original.

Criterio:

a) Favorable: el equipo es altamente productivo y permite ampliaciones.

b) Desfavorable: el equipo es de baja producción.

Escala: Favorable: 5, Desfavorable: 0.

15.- Recirculación del material: el material en bruto presenta una granulometría variada y como un requerimiento de calidad, se pretende que el tamaño del producto sea uniforme y muchas veces una sola molienda no basta y se hace necesaria una recirculación al molino. Este detalle también debe ser contemplado al hacer la elección del equipo.

Criterio:

a) Favorable: en alguna etapa del proceso existe la posibilidad de seleccionar el material a recircular.

b) Desfavorable: no puede haber recirculaciones de manera implícita dentro del proceso.

Escala: Favorable: 5, Desfavorable: 0.

16.- **Desarrollos tecnológicos:** el observar las tendencias mundiales de utilización de equipos es de gran ayuda para llegar a mejorar los existentes. Esta es una ventaja a futuro y quizás no sea muy obvia en el comienzo de la operación del equipo. Si se tiene un equipo que admita renovaciones que lo mantengan dentro de la vanguardia tecnológica resulta de gran provecho para la empresa.

Criterio:

- a) Favorable: admite desarrollos tecnológicos.
- b) Desfavorable: la tendencia mundial es a abandonar ese tipo de proceso.

Escala: Favorable: 3, Desfavorable: 0.

17.- **Calcinación:** algunos equipos convierten el secado en una calcinación que para determinados productos no existe diferencia. Para algunas arcillas (que son pocas) la calcinación afecta su estructura química, lo que impide su uso por la desaparición o alteración de algunas de sus propiedades características, por eso se buscan equipos de fácil operación y control para que en ningún momento exista el peligro de que esto suceda.

Criterio:

- a) Favorable: la naturaleza del proceso impide la calcinación.
- b) Desfavorable: dada la operación del proceso se puede alcanzar la calcinación del material fácilmente.

Escala: Favorable: 3, Desfavorable: 0.

TABLA COMPARATIVA PARA LA SELECCION DEL PROCESO DE
SECADO CON EL EQUIPO MAS APROPIADO

VARIABLE	ROTATORIO	TUNEL	LECHO FLUIDIZADO	CRUDA	FLASH	BANDEJAS	ASPERSION	ESCALA
IMANSPORTABLE	1	1	10	6	10	5	10	0-10
MANEJO DE MATERIAL PASTOSO	4	10	0	9	10	10	0	0-10
SERVICIOS	2	1	4	3	8	6	10	0-10
DESGASTE POR ABRASION	8	10	2	7	7	10	0	0-10
SEGURIDAD	6	6	7	4	5	5	6	0-8
UBICACION	6	2	2	2	8	6	8	0-8
SUPERFICIE OCUPADA	2	1	8	2	8	4	8	8-8
DISGREGACION DEL MATERIAL	0	0	4	8	8	0	0	0-8
RANGOS DE EVAPORACION	6	3	7	5	7	3	7	0-7
OPERABILIDAD	4	6	3	3	6	4	6	0-7
MANTENIMIENTO	5	7	2	2	5	6	4	0-7
EFICIENCIA TERMICA	6	3	8	4	5	1	8	0-8
CONTAMINACION	3	3	3	3	3	3	3	0-6
PRODUCTIVIDAD	5	4	4	3	4	2	4	0-6
TAMANO DE PARTICULA	0	0	1	5	5	8	3	0-5
DESARROLLOS TECNOLOGICOS	1	0	3	1	3	0	3	0-3
CALCINACION	0	3	3	3	3	2	3	0-3
TOTALES	88	80	83	82	105	87	81	

Estudio de factibilidad económica

Una vez seleccionado técnicamente el equipo más apropiado para el secado de arcilla se procede a efectuar un análisis económico a fin de confirmar la viabilidad económica de la alternativa seleccionada y de esta manera continuar a la siguiente etapa en el desarrollo de la ingeniería de proceso.

Para realizar lo anterior se analizaron los costos de fabricación del producto utilizando la alternativa seleccionada. Para esto, seguiré la lista de costos que propone Ulrich (n) (Tabla 3-1). A continuación se presenta una breve descripción de los conceptos que aparecen en la misma.

Capital fijo: Ulrich afirma que la definición del que más apropiadamente define el concepto de 'capital' como se usa aquí dice: 'posesiones acumuladas destinadas a generar un beneficio'. De esta manera, el capital fijo es aquel que es financieramente inamovible. Por lo general, también es físicamente inmueble.

A continuación se estimará un monto de inversión:

a) Bases de diseño para el estimado

Se desean producir cien toneladas por día de arcilla con un contenido de humedad del 4 % base seca en dos turnos de 8 horas. Se parte de arcilla con humedad de 30 % base seca.

Cantidad de producto obtenido por hora:

$$100 \frac{\text{T}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{16 \text{ hrs}} = 6.25 \frac{\text{T}}{\text{hr}}$$

Cantidad de arcilla seca producida por hora:

$$6.25 \frac{\text{I}}{\text{hr}} \times 0.96 = 6 \frac{\text{I}}{\text{hr}}$$

Cantidad de agua en la arcilla húmeda al 30 %:

$$\frac{6}{0.7} \frac{\text{I}}{\text{hr}} \times 0.30 = 2.57 \frac{\text{I}}{\text{hr}}$$

Cantidad de agua evaporada por hora:

$$2.57 \frac{\text{I}}{\text{hr}} - (6.25 - 6) \frac{\text{I}}{\text{hr}} = 2.32 \frac{\text{I}}{\text{hr}}$$

El equipo a construir deberá ser capaz de evaporar 2320 Kg/hr de agua, lo que equivale a 5113 lb/hr de agua evaporada.

b) Estimado de costo

De la tabla 20-27 del Manual del ingeniero Químico, en donde se dan costos aproximados de secadores neumáticos se tiene que para un secador capaz de evaporar alrededor de 5000 lb/hr el valor es de 190,000 USD LAB tiendas de estos equipos.

El año de la edición del Perry consultado es 1984, por lo que es necesario corregir este dato, para lo que se recurre al índice reportado en la revista Chemical Engineering, de donde se obtiene lo siguiente:

Índice para 1984: 322.7

Índice para noviembre de 1988: 348.3

$$190,000 \text{ U\$} \times 348.3/322.7 = 205,073 \text{ U\$}$$

Considerando un tipo de cambio de 2,336 pesos/U\$.

$$205,073 \times 2,336 = 479,050,114 \text{ pesos.}$$

Este precio es LAB planta en EU. En el presente estimado, se

considera que el equipo será construido en un punto cercano a la mina, en la ciudad de Pachuca y en su mayoría con recursos propios de la empresa, de esta manera el valor anterior se tomará como base. Más adelante en el proyecto el precio deberá ser corregido con datos reales de fabricación.

Capital de trabajo: se refiere a todo aquello que debe ser invertido para mantener a la planta en operación productiva. Para un estimado de prediseño es aceptable un valor del 10 al 20% del capital fijo. Para efectos del estimado se considera de un 20 %, pues al tratarse de un estudio preliminar conviene ser drásticos con el modelo.

Capital total: es la suma del capital fijo más el capital de trabajo. Representa la cantidad de dinero que deben proveer los inversionistas.

Gastos de operación:

Gastos directos: son aquellos debidos a materiales o mano de obra que se encuentren físicamente en el producto o que han estado en contacto tangible con él durante su evolución.

Materia prima: es el costo directo más obvio y por lo general es el gasto individual de mayor monto en la hoja de balance por lo que puede explicarse mediante un anexo. Como el proyecto pretende adaptarse a una situación ya existente, el cliente ya tiene la certeza en el costo de la materia prima tal y como sale de la mina, que es de \$3833 /Kg. Para conocer el costo por año, simplemente se multiplica por la capacidad de diseño de la planta.

Subproductos: se cuentan de la misma forma que las materias primas, considerando que salen con el producto y su valor debe ser considerado con signo contrario. En el proceso no existen subproductos.

Catalizadores y solventes: cuando se usen deben ser repletos o regenerados y el costo de estas operaciones tiene que contabilizarse. Al igual que en el párrafo anterior, estos no son usados en el proceso.

Mano de obra: se refiere a la gente que opera el equipo. En cualquier planta existe personal ajeno al departamento de producción que también está relacionado con el proceso, como son el personal de mantenimiento, laboratorio, supervisión y de soporte que se contabiliza en otros conceptos.

Para conocer los requerimientos de operarios de los equipos, se recurre a la Tabla 6-2 del Ulrich y se vacían los siguientes datos:

Equipo	Operarios No./turno	No. unidades	Total
Horno	0.5	1	0.5
Ventiladores	0.05	2	0.1
Molinos	1	1	1
Transportadores	0.2	3	0.6
Beculas	1	2	2
Chimenea	0	1	0
Total			4.2

Suponiendo 5 empleados

Actividad	Salario No. salarios mín.
1) Fogonero y responsable de transportadores	2
2) Alimentador a elevador de canchales y molino	1
3) Alimentador a elevador de canchales y molino	1
4) Ensacador	1.5
5) Ensacador	1.5
Total	7

El salario mínimo en el área de Pachuca Hidalgo es de \$7,205/día. Además se deben considerar toda una serie de prestaciones y beneficios que van por cuenta del patrón. Estos aproximadamente ascienden al mismo monto que el sueldo del empleado.

Personal de supervisión y administrativo de la planta: para efectos de estimado, puede considerarse como un 10 a un 20% del costo de mano de obra, dependiendo de la complejidad del proceso. Dado que aquí ya se tiene una infraestructura administrativa en la planta ya prestablecida, se piensa aprovecharla y el cliente considera que al prorratear los gastos entre la extracción y el secado con respecto a las actividades estimadas, a este último le corresponde un cargo administrativo de \$19,064,430/año.

Servicios: los servicios típicos son electricidad, vapor de proceso, refrigerantes, aire comprimido, agua de enfriamiento, agua caliente, combustible o sal fundida, agua de proceso, agua desmineralizada, agua municipal y agua de río, lago u océano. El

costo de tratamiento de efluentes también se debe tratar como un servicio. En el costo unitario debe considerarse si la fuente del servicio es propia o contratada.

De todos los servicios antes mencionados, el proceso solamente ocupa electricidad y combustible:

a) Electricidad: su consumo se mide en KWH. El monto de la electricidad requerida lo dan las capacidades de los motores que se usen en los equipos. También se debe incluir el alumbrado que reciba la zona. El costo por KWH según el Diario Oficial del 30 de diciembre de 1988, para tensiones superiores a los 66 KW es de \$15,430 por cada KW. Se estima que el equipo llegue a requerir alrededor de 70 HP.

b) Combustible: en la selección del combustible se encontraron tres alternativas que son el uso de gas LP, el diesel y el combustóleo ligero. En el caso del gas LP las instalaciones para su almacenamiento y manejo son de un costo elevado, por lo que queda desechado. El combustóleo ligero es económico, pero a bajas temperaturas se hace difícil su manejo, lo que obliga a recurrir al uso de vapor para un precalentamiento; si se llegara a seleccionar el combustóleo se tendría que contemplar un equipo de generación de vapor con lo que se incurriría en un costo elevado. Por último queda el diesel que es barato y fácil de manejar.

Mantenimiento y reparaciones: si una planta fue bien diseñada y construida, los costos de mantenimiento son proporcionales a la capacidad producida y a su complejidad. Los costos de mantenimiento se contabilizan como un 2 a un 10% del

capital fijo. El costo de mantenimiento varía dependiendo de la naturaleza del proceso, pues el manejo de sustancias corrosivas hace elevar estos gastos. Casi la mitad del costo de mantenimiento se destina a salarios del personal de dicho departamento, el remanente para partes nuevas, herramienta y equipo para sustituir componentes desechados. En este caso, aunque no entran en juego sustancias corrosivas, sí se va a manejar material abrasivo y es por esto que se considera un 10% del capital fijo.

Consumibles: aquí se incluyen materiales reemplazables tales como papeles de gráficas, lubricantes y otros no considerados como partes de mantenimiento. Se recomienda un valor entre el 10 y el 20% del costo de mantenimiento. Para efectos de este estimado se tomó un valor del 15% del costo de mantenimiento.

Gastos de laboratorio: es el resultado de las pruebas de control de calidad y de los análisis físicos y químicos necesarios para certificar la pureza del producto o para detectar fallas del mismo. Tanto estos gastos como los de mano de obra dependen del grado de sofisticación del proceso y es por esto que es válido considerar los primeros como un 10 a un 20% de los de mano de obra. El secado de arcilla se apoya muy poco en el laboratorio, las pruebas de calidad son sencillas y no obligan una gran inversión por lo que un 5% del costo de mano de obra se considera suficiente.

Regalías y gasto de patentes: se consideran en cualquier proceso que este licenciado por otra firma. Se pueden considerar

como un 3 % de los costos totales.

Gastos indirectos: a continuación se enlistan los gastos indirectos:

Gastos de manejo: la cantidad de estos gastos puede llegar a ser hasta del 60% de los salarios nominales. Como el gasto en manejo consta en gran parte de salarios, los gastos generales se basan en la suma de la mano de obra, supervisión y mantenimiento. Los gastos de manejo pueden alcanzar entre un 50 y un 70 % de esta suma. Aquí se considera de 50% pues es un producto que ya se comercializa desde hace tiempo y se supone ya su manejo esta optimizado.

Impuestos prediales: se utiliza el porciento que se indica en la tabla.

Seguros: al igual que en el caso anterior, se puede utilizar el valor que aparece en la tabla.

Depreciación: de acuerdo con Webster, denota una pérdida del valor. Esto no significa necesariamente que el equipo este sufriendo un deterioro, pues con un mantenimiento adecuado este puede continuar siendo útil. Por lo común, los equipos en la industria del proceso no son substituidos sino hasta que existen innovaciones tecnológicas que los desplacen. La depreciación como un elemento financiero es muy importante en el aspecto económico de los procesos. Por tratarse de equipo industrial la ley en México permite una depreciación a 10 años.

Gastos generales: además de los costos de operación directos e indirectos, la planta debe financiar una porción de los gastos corporativos, costos de venta y de desarrollo.

Costo administrativo: pueden estimarse como un 25 % de los gastos de manejo.

Costos de distribución y venta: se puede considerar un costo del 10 % del costo total, por lo que deben estimarse al final.

Costos de investigación y desarrollo: es correcto suponer un 5 % del costo total para destinarlo a investigación y desarrollo y como en el punto anterior, debe ser contado al final. Para esto, si estimamos un 10 % para distribución y ventas y un 0.1 % para investigación y desarrollo, todos los demás gastos suman un 89.9% del total. La división de este subtotal entre 0.899 alcanza la suma total y de ahí los gastos desconocidos pueden contarse.

Es importante hacer notar que todos los porcentajes mencionados líneas arriba son valores típicos pero no universales, por lo que deben usarse con mucho cuidado.

Rentabilidad: después de haber estimado el total de los gastos de producción, la rentabilidad o el precio de venta de un producto pueden ser determinados. En este caso el precio de venta ya se encuentra fijo en \$6,160/Kg, queda a consideración de la empresa la revisión de costos para la posibilidad de una disminución en dicho valor.

Utilidad neta anual: Si el precio está definido, la rentabilidad anual se determina multiplicando el precio de venta por la capacidad anual. La diferencia entre esta y los gastos totales es la utilidad neta.

Impuesto sobre la renta: actualmente el impuesto que carga el gobierno alcanza el 40% de la utilidad neta.

Utilidad neta después de impuestos: resulta de restar la utilidad neta anual menos el impuesto sobre la renta.

Tasa de retorno: una de las formas que existen para conocer si se alcanza una utilidad razonable es el cálculo de la tasa de retorno. La inversión inicial total se identifica claramente como el capital total. La utilidad neta anual es el retorno. Una tasa de retorno muy utilizada se calcula dividiendo la utilidad neta después de impuestos más la depreciación entre el capital total por 100.

Todos los costos antes mencionados se encuentran reflejados en la Tabla anexa.

La tasa alcanzada es bastante considerable y se encuentra por arriba de la tasa de intereses que ofrecen las instituciones bancarias que oscilo alrededor de un 55%. Esto indica que el proceso es viable económicamente.

El estudio económico realizado tiene un rango de aproximación elevado que se encuentra en un + 15% y - 10%. Mas adelante, en otra etapa del proyecto los datos aquí propuestos deben ser revisados y corregidos hasta alcanzar los reales.

RESUMEN DE COSTOS

POB: C. Carrasca
FECHA: 13 - Feb - 89

TITULO: Secado de arcilla utilizando un secador de transporte neumático
LOCALIZACION: Pachuca, Hidalgo.
FECHA PARA LA QUE EL ESTIMADO APLICA: Marzo 1989

CAPACIDAD ANUAL (Kg/AÑO): 27,500,000

CAPITAL FIJO	\$473,050,114	
CAPITAL DE TRABAJO	\$95,810,023	
CAPITAL TOTAL	\$574,860,137	
	AÑO	\$/Kg

GASTOS DE OPERACION

DIRECTOS

MATERIA PRIMA	\$147,570,500,000		\$5.333
SUBPRODUCTOS	\$0		\$0.00
CATALIZADORES Y SOLVENTES	\$0		\$0.00
MANO DE OBRA	\$72,625,400		\$2.64
PERSONAL DE SUPERVISION Y ADMINISTRATIVO	\$28,313,200		\$1.32
SERVICIOS			
YAPOR ___ PARG @ ___\$/Kg	\$0		\$0.00
ELECTRICIDAD @ 15,480 \$/KWh	\$3,543,260,764		\$128.87
COMBUSTIBLE @ 386,963 \$/m3	\$283,280,493		\$9.87
AGUA DE PROCESO @ ___\$/m3	\$0		\$0.00
TRATAMIENTO DE EFLUENTES @ ___\$/Kg	\$0		\$0.00
MAINTENIMIENTO Y REPARACIONES	\$47,605,011		\$1.74
CONSUMIBLES	\$7,185,752		\$0.26
GASTOS DE LABORATORIO	\$10,293,960		\$0.40
REGALIAS Y GASTO DE PATENTES	\$0		\$0.00
SUBTOTAL	\$151,555,145,592	\$151,555,145,592	\$3,977.90

INDIRECTOS

GASTOS DE MANEJO	\$78,422,306		\$2.85
IMPUESTOS PREDIALES	\$47,905,011		\$1.74
SEGUROS	\$14,271,503		\$0.52
SUBTOTAL	\$140,698,821	\$140,698,821	\$5.12

TOTAL DE GASTOS DE OPERACION (EXCLUYENDO DEPRECIACION) \$151,695,844,402
DEPRECIACION \$52,895,513

GASTOS GENERALES

COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$39,211,153	\$19,505,576	\$1.43
COSTOS DE DISTRIBUCION Y VENTA	\$16,881,884,927	\$16,281,264,327	\$613.89
INVESTIGACION Y DESARROLLO	\$168,818,849	\$168,218,648	\$6.14
SUBTOTAL	\$17,089,914,929	\$17,070,209,352	\$621

TOTAL DE GASTOS

		<u>\$168,918,547,257</u>	\$6,139
RENTABILIDAD DE VENTAS (27,500,000 Kg/AÑO @ 0.160 \$/Kg)		<u>\$159,400,000,000</u>	46.160
UTILIDAD ANUAL META		<u>\$90,150,753</u>	\$21
IMPUESTO SOBRE LA RENTA		<u>(\$232,990,193)</u>	(98)
UTILIDAD ANUAL NETA DESPUES DE IMPUESTOS		<u>\$68,917,560,140</u>	\$13
TASA DE RETORNO			69.52%

CAPITULO IV.
INGENIERIA DE PROCESO

a) DESCRIPCION DEL PROCESO.

a. Descripción del proceso

Para realizar el secado de la arcilla se eligió un secador por transporte neumático y el proceso es como sigue:

La arcilla extraída de la mina se lleva al secador ya sea aprovechando algún mecanismo ya existente en la mina o por acarreo manual. Este punto queda fuera del alcance del presente trabajo a petición pues nadie mejor que el personal que labora en el sitio conocen los recursos con los que cuentan.

La arcilla se alimenta al molino de martillos en donde es molida y sufre una primera dispersión. En la descarga del molino de martillos se encuentra una válvula rotatoria cuya función es la de servir tanto de sello como de dosificación para el sistema neumático.

La corriente de aire caliente proviene de la cámara de combustión y es succionada por un ventilador colocado en el extremo opuesto a la succión de dicha cámara. Justo en la descarga del ventilador se encuentra la descarga de la válvula dosificadora de material para que este último encuentre súbitamente el fluido caliente y de esta manera se disperse y quede suspendido para ser transportado a lo largo de todo el ducto. Es durante este trayecto cuando se presenta el secado.

Al final del ducto se encuentra un codo a 90 grados que descarga hacia el ciclón colector de baja resistencia. En él quedarán retenida la mayor parte del material (alrededor de un

70%), sobretodo el más grueso. En la descarga inferior de dicho equipo se encuentra una válvula dosificadora que al igual que la anterior sella el sistema y dosifica la descarga a una 'Y' invertida que pretende separar el material para la recirculación (de preferencia el más grueso) y para el empaque, para lo cual esta dispuesta una báscula en ese extremo.

La arcilla a recircular se pasa a un transportador helicoidal que la lleva hasta la alimentación del molino de martillos para ser mezclada con el mineral húmedo proveniente de la mina y de esta manera facilitar su disgregación y manejo.

La corriente de gases calientes y el material no retenido en el primer ciclón pasan al ciclón de alta eficiencia encontrado a continuación del de baja resistencia, en este ciclón queda casi todo el material no dejando pasar sino una cantidad muy pequeña la cual junto con los gases y se descargan a la atmósfera a través de una chimenea. En este punto es importante mencionar que si la descarga de polvos puede por su volumen llegar a ser nociva a los trabajadores es necesario adicionar al sistema un equipo mas efectivo en la retención de polvos, como podría ser una casa de sacos. Como el sistema se encuentra al aire libre esta medida parece innecesaria, pero las primeras experiencias resultantes de la operación del equipo definitivo son las que dictan en la modificación del equipo.

Por la descarga del ciclón de alta eficiencia va colocada una válvula dosificadora que descarga directo a balsas. En este

punto como en el ciclón anterior se recomienda instalar una cuchilla que permita al operario el cambio de bolsa.

Si en un futuro se considera necesario que el sistema descargue directo a un mecanismo transportador en vez de a bolsas, las modificaciones que requiere son mínimas y sólo implicarían la instalación del equipo en el lugar donde se empaqa.

b) BASES DE DISEÑO

b. Bases de diseño

Se pretende construir una planta capaz de secar arcilla que conteniendo originalmente 30% de humedad y llevándola hasta un 4%. Paralelamente se pretende lograr una disgregación y una molienda parcial del producto e implementar un empaclado en sacos de 50 Kg, o bien se desea tener la posibilidad de manejarlo a granel por medio de una banda o cualquier otro método.

Se desea un proceso continuo a lo largo de dos turnos de 8 horas de duración cada uno. Se calcula para la planta un factor de servicio de 0.9.

Se desean producir cien toneladas por día. Esto es 6.25 toneladas por hora de arcilla como producto terminado, de las cuales 0.25 corresponden a agua. La materia prima húmeda puede contener hasta un máximo de 30% de humedad, esto indica que al proceso entran con la arcilla 2.57 toneladas por hora de agua, a las que al restárseles las 0.25 toneladas indican que el sistema deberá ser capaz de eliminar 2.32 toneladas por hora de agua.

Según recomendaciones de la bibliografía se prevee una recirculación de poco más de un 25% del producto, esto significa que 1.25 toneladas por hora del producto volverán al proceso.

En el caso de que la demanda de producto se viera incrementada como primera alternativa se propone la adición de otro turno que permita alcanzar las 24 horas de operación, pero en dado caso también se prevee la posible procuración de equipos

paralelos que aprovechando algunas instalaciones resultaran más económicos a la empresa; esto no descarta la posibilidad de modificar algunos equipos como serian los ventiladores, permitiendo así aumentos aunque estos no serian significativos pues el equilibrio del sistema esta regido por otros factores sujetos al diseño en particular.

En cuanto al suministro de materia prima al proceso, esta deberá ser asegurada para evitar consumos de energía innecesarios. Dada la naturaleza del proceso de extracción esto es fácil de asegurar, ya que depende de la cantidad de trabajadores asignados a la tarea de acarreo de material que se hace a mano desde el área de extracción. Se repite en este punto que la forma en que el material llegue al equipo es según lo acordado responsabilidad del cliente.

El principal contaminante resultado del proceso son los gases de combustión que deben ser arrojados a la atmósfera. Así mismo, el manejo de polvos constituye un rubro que merece especial atención. Estos polvos son el resultado del manejo del material a lo largo del proceso, lo que provoca disgregaciones del producto que escapan a la colección en los equipos destinados a ello. Este problema se puede solucionar instalando un equipo de alta eficiencia en el recolectado de polvos, como puede ser una casa de sacos.

En el caso particular no hay impedimento en el desecho de polvos finos a la atmósfera ya que no existen asentamientos

humanos cercanos a la zona de producción y las únicas personas que estarían expuestas a estos efluentes son los operarios que cuentan con equipos de protección apropiados.

Para la descarga de vapor de agua y de gases de combustión, que a pesar de todo presentan temperaturas elevadas, es necesario proveer al equipo de una chimenea a tiro inducido que libere a los gases a una altura conveniente por encima del suelo. De igual forma que con los polvos finos, esto no representa ningún problema ya que se está trabajando a des poblado.

Como servicios se prevén únicamente el de combustible y de energía eléctrica. Para agua de uso humano se consideran apropiadas las instalaciones actuales.

En el caso de la energía eléctrica será necesario comprobar que la capacidad instalada soporta los equipos a instalar, por lo que se piensa en la inspección por parte de un especialista en la disciplina eléctrica.

Para el combustible se prevee la instalación de un tanque de almacenamiento que cuente con capacidad suficiente para contener lo necesario para poco más de una semana, de tal manera se reducen las entregas al lugar de trabajo. Así mismo se propone el acondicionamiento de un tanque de día cuya función sea la de suministrar combustible a la bomba dosificadora que conecta con el quemador de la cámara de combustión.

Como es obvio, no se requieren instalaciones para almacenamiento de materia prima, ya que el mismo monte sirve para

ello, pero para el producto a pesar de encontrarse en bolsas de plástico se recomienda aprovechar una construcción hecha de lámina ya existente en la zona de acceso a la mina.

En el aspecto de seguridad se solicitará a cada proveedor de equipo el suministro de información acerca de este punto junto con toda la demás documentación que generalmente se le solicita, como son planos, instructivos y manuales de operación.

c) CRITERIOS DE DISEÑO

c. Criterios de diseño

Existen cuatro factores básicos que afectan la rapidez de evaporación de la humedad en un material durante su secado:

- a) Dispersión de humedad
- b) Diferencial de temperaturas
- c) Turbulencia
- d) Tamaño de partícula

a) Dispersión de humedad

Para un secado rápido se requiere la máxima exposición de la superficie húmeda de los sólidos del material a secar. Por esta razón es que algunos materiales que adquieren consistencia pastosa cuando están húmedos como son las tortas de filtros, tienen características desfavorables al secado, mientras que los materiales finos suspendidos en una corriente de gases poseen características favorables a su secado. Para hacer posible el secado de los primeros, es necesario acondicionar la alimentación húmeda mediante la adición al equipo de secado de un mezclador alimentador. Este aditamento mezcla el material húmedo con una parte del producto parcial o totalmente seco, que se recircula a partir de la descarga de producto de un separador primario y en esta forma la humedad que se encuentra entre las partículas del material se transfiere a la superficie del producto previamente

secado, obteniéndose así una alimentación acondicionada para introducirse al secador.

Se obtiene así un secado más eficiente de aquellos materiales con demasiada humedad, aunque este tratamiento no se recomienda para materiales sensibles al calor.

b) Diferencial de temperaturas

La velocidad a la que se transfiere el calor de los gases de secado al material que se desea secar es proporcional a la diferencia entre la temperatura de los gases y la temperatura del material, por lo tanto, para obtener un secado instantáneo y eficiencias térmicas altas es necesario emplear temperaturas de gases elevadas.

Durante el recorrido de las partículas a través del secador, la temperatura de los gases disminuye notablemente hasta una temperatura cercana a la temperatura de bulbo húmedo, la cual es función de la cantidad de humedad removida de las partículas. Esta característica operacional del secado instantáneo hace posible el empleo de temperaturas iniciales de los gases mayores que las de cualquier otro sistema por el hecho de que el producto cuando más alcanza la temperatura de bulbo húmedo.

c) Turbulencia

En la mayor parte de las operaciones la máxima turbulencia en los gases da como resultado un secado rápido.

En el secado instantáneo la turbulencia se genera empleando altas velocidades en los gases. La agitación dentro del medio donde se efectúa el secado es necesaria ya que cuando una partícula pierde humedad por la acción del calor, se forma una película de vapor a su alrededor que tiende a evitar la vaporización subsecuente, puesto que establece una condición de equilibrio local momentáneo con respecto a los gases. Para mantener una velocidad de secado rápida, es necesario remover continuamente la película de vapor.

En el interior de un molino desintegrador se produce una agitación violenta debido a que los gases calientes que se hacen circular por él adquieren un movimiento turbulento al encontrar obstáculos en su trayectoria. Por lo tanto cuando se introduce una alimentación húmeda al molino el material además de mezclarse con los gases se desintegra parcialmente produciéndose así la eliminación instantánea de una cantidad apreciable de la humedad.

En ductos verticales donde la corriente gaseosa sigue un movimiento ascendente, la remoción de la película de vapor se realiza principalmente por la diferencia entre las velocidades relativas de los gases de secado y de las partículas sólidas, las partículas finas llegan a alcanzar el 80 % de la velocidad de los gases aunque para las partículas gruesas esa velocidad es menor. A este respecto se puede agregar que la velocidad de las partículas en relación a la velocidad de los gases varía a través de todo el ducto de secado ya que el tamaño de los aglomerados de

partículas y la transferencia de calor varían simultáneamente en puntos distintos del secador.

d) Tamaño de partícula

Como se señaló anteriormente, el secado se realiza removiendo la humedad de la superficie de la partícula, por lo que es necesario que la humedad interna alcance la superficie por acción capilar, es posible que una parte de calor pueda llegar al interior de la partícula por radiación y vaporizar un poco de agua, sin embargo, el comportamiento de partículas de diferentes tamaños indica que la penetración de calor es ligera, por lo que el secado depende principalmente de la acción capilar o bien de que la partícula sea lo suficientemente pequeña para que la vaporización sea rápida.

Algunos investigadores han encontrado que el tiempo requerido para calentar una partícula a unas condiciones determinadas varía proporcionalmente con el cuadrado del diámetro de la partícula. Aunque por otra parte las partículas más pequeñas adquieren una velocidad mayor a través del sistema, lo que se traduce en menores tiempos de contacto con los gases que los que tienen partículas gruesas.

La velocidad de secado no solo se afecta con el tamaño de la partícula, sino que también varía con la estructura de la misma.

Las operaciones que requieren secado y desintegración simultáneas favorecen el secado instantáneo ya que el material

húmedo aglomerado se desintegra en el interior del molino en aglomerados de partículas más pequeñas, efectuándose así un secado rápido del material.

Para poder definir las instalaciones del sistema de secado, es necesario dimensionar cada uno de los equipos principales, determinar la capacidad productiva estimada y definir los servicios auxiliares que se requieren.

El secador de arcilla, motivo de este estudio se diseñará en función de diversos criterios:

1.- La arcilla refractaria la podemos catalogar como un sólido cristalino o granular que mantiene su humedad en los poros abiertos superficiales. En este tipo de materiales, el movimiento de la humedad se verifica como resultado de la acción mutua de fuerzas capilares, de tensión superficial y gravitacionales.

En el secado instantáneo este sólido se pondrá en contacto con una corriente gaseosa con una temperatura elevada; en cuanto estas dos corrientes se mezclen, la humedad que presente la arcilla en su superficie se evaporará, principalmente debido a una transferencia de calor más que a una transferencia de masa. Posterior al primer contacto, se presentará un fenómeno de capilaridad en los poros del material. La corteza de la partícula se encontrará a la temperatura de bulbo húmedo de la corriente gaseosa y las partes interiores tenderán a alcanzar esa condición estable, con lo que se promoverá la emigración de la

humedad a la superficie, en ese momento se formará una interfase entre el sólido y la fase gaseosa, que la turbulencia de esta última tenderá a remover.

El tiempo de residencia del material a secar dentro del equipo de secado instantáneo es muy corto, por lo que la última frase descrita en el párrafo anterior interviene poco en el proceso.

Por otro lado, en el secado flash, la corriente gaseosa cumple con dos funciones: la de ser la fase desecante y constituye el medio de transporte; en el diseño del equipo es importante considerar que una mayor cantidad de gases permitirá un manejo del material más adecuado (en este punto debe cuidarse el no caer en un sobrediseño).

Por las razones anteriores el secador objeto de esta tesis se diseñará siguiendo criterios de transferencia de calor por ser:

- a) El mecanismo de transferencia dominante,
- b) El material será sujeto a una reducción de tamaño de partícula, con lo que se logra exponer mayor superficie al secado. La humedad localizada en la corteza se evapora por transferencia de calor.
- c) El tiempo de residencia corto en el equipo no favorece el fenómeno de capilaridad en el sólido, y

d) Un gran volumen de aire facilita el transporte neumático.

2.- Las partículas sólidas deben ser lo suficientemente pequeñas para que la transferencia de masa y de calor sean instantáneas.

Como ya se dijo en el punto anterior, la pérdida de humedad es principalmente la superficial, por lo que entre más pequeñas sean las partículas alimentadas, mayor área de transferencia presentará el material total.

Debido a que el material húmedo es muy difícil de manejar, pues este se apelmasa, y contiene piedras duras del tipo de la calcedónica, se ha previsto el utilizar un molino para efectuar la primera disgregación a un tamaño de partícula inferior a 1/4 de pulgada.

La materia prima húmeda se someterá a un proceso de molienda o a una segunda disgregación de tamaños mediante un ventilador, en donde se recibe aire caliente de la cámara de combustión y se inicia el proceso de secado, este equipo se prefiere en lugar del molino de pernos que se utilizó en el equipo piloto, debido a que este requiere un menor mantenimiento y además proporciona un mayor impulso al material.

3.- Es necesario emplear temperaturas elevadas en los gases que permitan obtener una alta eficiencia térmica y un secado

instantáneo. El uso del equipo de ventilación permite obtener la máxima turbulencia en los gases.

4.- De acuerdo con las experimentaciones del equipo piloto la mayor parte del secado se lleva a cabo directamente a la descarga del ventilador, completándose en el ducto de transporte neumático, en donde las partículas de mayor tamaño pierden su humedad por capilaridad.

5.- La mejor velocidad de los gases es la mínima necesaria para transportar el material, con la cantidad de calor necesaria para que se efectúe el secado del material a la humedad final deseada y con mayor eficiencia térmica en el proceso.

6.- En los sistemas de secado neumático se prefiere el uso de ventiladores de inducción, operando a presión negativa y evitando el contacto con los materiales abrasivos.

7.- La temperatura de los gases de salida del secador es conveniente que no sea demasiado baja para evitar condensación de los vapores de agua y atascamiento de los equipos.

8.- En algunos secadores instantáneos se recomienda la recirculación de material seco hasta la alimentación de la materia prima con la finalidad de facilitar el manejo y obtener el producto final a la humedad deseada.

9.- Para evitar pérdidas en el calor del sistema es recomendable aislar térmicamente los equipos.

d) FILOSOFIA DE OPERACION

d. Filosofía de operación

El equipo deberá ser operado observando siempre los requerimientos de seguridad necesarios tanto para los operarios como para el equipo. De esta máxima derivan las demás condiciones que marcan la filosofía de operación.

1) Temperatura: las temperaturas a manejar son elevadas, esto obliga a un especial cuidado en lo que a control de ellas se refiere, pues se trabajará cerca del límite de resistencia térmica del acero. En etapas posteriores a este estudio se deberán especificar los equipos que requieran aislamiento térmico y el material apropiado para ello, esto con el fin de proteger a los operarios y asimismo evitar pérdidas energéticas a la atmósfera.

2) Presión: dentro del secador y en particular del transportador neumático, la presión que se maneje juega un papel muy importante, pues además de favorecer la turbulencia en la corriente y de esta forma la transferencia de calor, permite el transporte de las partículas desde la alimentación hasta los equipos de recolección. La presión puede decaer por alguna falla en el ventilador o bien por fugas en el sistema, ambas causas se previenen con un mantenimiento apropiado.

3) Consumo de combustible: para alcanzar las cargas térmicas tan altas manejadas en el proceso se utilizan grandes cantidades de combustible, la optimización del uso de este se verá reflejada en la disminución de costos directos. Para alcanzar la temperatura

de operación el equipo deberá ser precalentados antes de comenzar con el suministro de materia prima, es importante que las personas encargadas de la operación valoren cuando se presenten tiempos muertos que opción es más conveniente si apagar el equipo o mantenerlo encendido esperando la llegada de más materia prima.

4) Materia prima: se recomienda tener siempre un acumulado de materia prima cercano a la alimentación del sistema con el fin de prever la posible escasez del suministro.

5) Producto terminado: en este punto es obligatorio un buen control en la zona de empaclado, pues cualquier acumulación dentro de los ciclones puede tornarse en peligrosa y atascar el equipo, lo que acarrearía problemas serios. El operario encargado del ensacado en cada ciclón deberá tener a la mano un número suficiente de sacos que eviten la necesidad de alejarse del equipo lo menos posible. Los sacos llenos deberán estar siendo acarreados continuamente para dar lugar a los recién empacados y suprimir la posibilidad de detener la operación por no haber espacio.

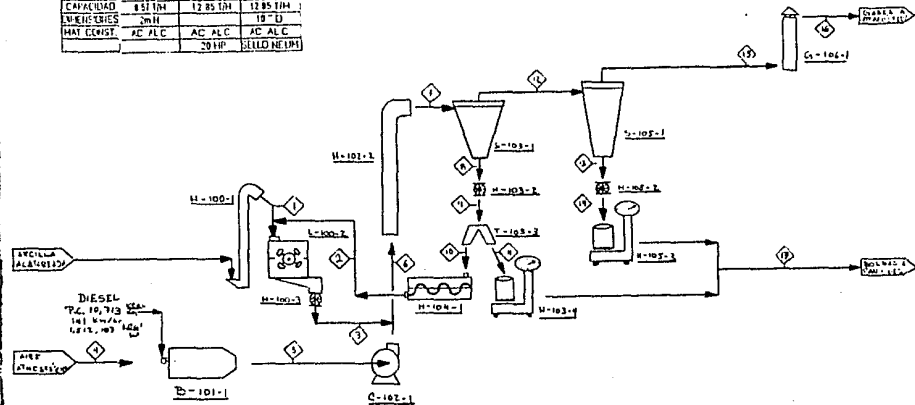
6) Calidad: las personas a las que se les comisione esta responsabilidad deberán monitorear continuamente el producto y la materia prima con el fin de comunicar cualquier anomalía con los operarios de los equipos.

7) Mantenimiento: el manejo de arcilla implica complicaciones particulares en lo que a desgaste del equipo se refiere esto

obliga a una atención al equipo esmerada con revisiones y detecciones de puntos de falla.

e) DIAGRAMA DE FLUJO.

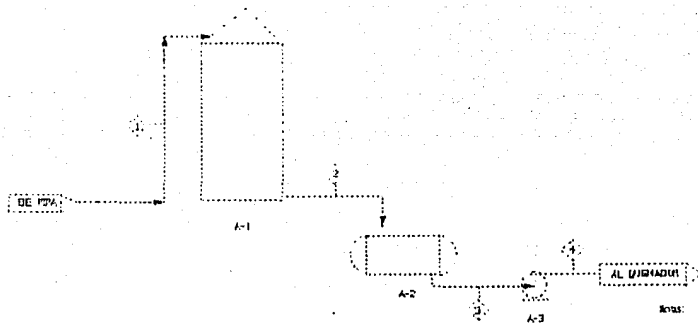
B-101-1	C-102-1	H-102-2	H-104-1	S-102-1	H-102-2	I-103-1	H-103-4	S-105-1	H-105-2	H-105-3	C-105-1
CAMPA DE COMBUSTION	VENTILADOR	DUCTO DE TRANSPORTE	HELICOIDAL	RESISTENCIA	VALVULA	DIVISOR DE FLUJOS	BASCLAA	VALVULA ROTATORIA	BASCLAA	CHIMENEA	
CAPACIDAD	3 572 BTU/H	3 000 CFH	12 85 T/H	4 288 M/H	1 371 P/H	2 371 M/H	0-180 Pp	3 153 P/H	3 153 P/H	0-150 Kg	11" D. INT
CONDICIONES	1 G.25 L PM	7.5" D. 22.5m	3 m L	3m D. 5.4m H	8" D.	3" x 4" x 4"	AC ALC.	AC ALC.	AC ALC.	AC ALC.	AC ALC.
MAT. CONST.	AC ALC	AC ALC	AC ALC	AC ALC	AC ALC	AC ALC	AC ALC.	AC ALC.	AC ALC.	AC ALC.	AC ALC.
GEN. DIESEL	31 HP										
	L-110-2	H-100-3									
ELEVADORA DE CALONES	MOLINO DE MARINOS	VALVULA ROTATORIA									
CAPACIDAD	8 51 T/H	12 85 T/H	12 85 T/H								
CONDICIONES	2m H	10" D									
MAT. CONST.	AC ALC	AC ALC	AC ALC								
	20 HP	SILLO NEUM.									



ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CECILLA 38 X 48			0 570			0 570											
CECILLA 2 X 4		4 280	4 280			4 280	10 530	7 371	7 371	4 280	3 091	3 153	3 153	2 153			8 258
ARE				17 307	16 830	16 830	16 830					16 830				16 830	16 830
AGUA							3 310					3 310				3 310	3 310
ESPES DE COMA					593	593	593					593				593	593
TOTAL	0 970	4 280	12 850	17 307	17 531	30 281	20 281	7 371	7 371	4 280	3 091	23 010	3 153	2 153	19 461	18 461	6 258
NOTAS																	
TEMPERATURA	C	26	62	20	25	644	444	180	83	83	63	120	81	51	150	810	60
FRESE	kg/cm ²	AT1	AT1	AT1					AT1	AT1	AT1				AT1	AT1	AT1
DENSIDAD	g/cm ³	1.26	1						1	1	1		1	1			1
VELOCIDAD	gP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ARCILLAS DE MEXICO S.A.			
PLANTA: PACHUCA, HGO.			
DIAGRAMA DE FLUJO			
FECH.	OBJ.	APROB.	FECHA REV.
CCP	CCH	(01-A-1018)	30-Jun-83

	a-1	a-2	a-3
Tamaño de arena de diesel		Tamaño de descarga de diesel	Bomba de descarga
	25 mm		
	2 1/2" x 3/4"	0 1/2" x 1/2"	
	Ac. al C.	Ac. al C.	
			3



Notas:

- 1- La información referente al peso y a la presión de descarga de la bomba dependen del proveedor de diesel.
- 2- Los datos de presión para esas corrientes están sobre el quemador sincronizador y a los requerimientos que pide el fabricante.
- 3- La bomba no puede ser especificada hasta no haber seleccionado al proveedor del quemador de diesel.

Temperatura	1	2	3	4
(Celsius)	log/hr	246	141	141
Temperatura	°C	20	20	20
medida	Medida	1/4"	1/4"	1/4"
Presión	PSI	0	0	0
Medida	gP	33	33	33
Medida		1	2	2

ARCILLAS DE MEXICO S.A.			
PLANTA: PACHUCA, HGO.			
DIAGRAMA DE FLUJO			
COMBUSTIBLE			
PROY.	DB	AFORISMO	FECHA
CCR	CCR	001-A-1010	15-Jun-93
			C

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-I-79	Hoja 1 de 2
	BALANCE DE MATERIA	Elaboró: C. CERVANTES	
	Planta: MINA A CIELO ABIERTO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

CORRIENTE ①: ALIMENTACIÓN A HORNO DE ALIMENTACIÓN

SE REQUIERE UNA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE 100 $\frac{T}{DÍA}$ DE ARCILLA CON 4% DE HUMEDAD BASE SECA.

1 DÍA = 16 hr.

$$100 \frac{T}{DÍA} \times \frac{1 DÍA}{16 hr} = 6.25 \frac{T}{hr}$$

$$ARCILLA 100\% SECA = 6.25 \frac{T}{hr} (1 - 0.04) = 6 \frac{T}{hr}$$

A LA ALIMENTACIÓN SE TIENE ARCILLA CON 30% DE HUMEDAD B.S.

$$\frac{6 \frac{T}{hr}}{(1 - 0.30)} = 8.57 \frac{T}{hr} \text{ DE ARCILLA } 30\% \text{ B.S.}$$

AL SISTEMA SE ALIMENTAN 8.57 $\frac{T}{hr}$ DE ARCILLA CON UN CONTENIDO DE HUMEDAD DEL 30% B.S.

CORRIENTE ② RECIRCULACIÓN DE MATERIAL SECO

SE RECOMIENDA UNA RECIRCULACIÓN DEL 50% DE LA ALIMENTACIÓN

$$8.57 \frac{T}{hr} \times 0.50 = 4.28 \frac{T}{hr}$$

LA RECIRCULACIÓN SERÁ DE 4.28 $\frac{T}{hr}$ DE ARCILLA CON 4% DE HUMEDAD B.S.

Revisión	1						
Por	C.C.						
Fecha	16-I-79						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-1-87	Hoja 2 de 8
	BALANCE DE MATERIA		Elaboró: C. CIZCANZA
	Planta: MILA 1 CERO DELTA	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Revisó: _____ Aprobó: _____

CORRIENTE ③ DESCARGA DEL MOLINO DE MARTILLOS

LA SUMA DE LAS CORRIENTES ① y ②

$$(8.57 + 4.28) \frac{\text{I}}{\text{hr}} = 12.85 \frac{\text{I}}{\text{hr}}$$

CORRIENTE ④ AIRE A LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

PARA CONOCER LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIO EN EL SECADOR SE PROCEDE A CALCULAR LA CANTIDAD DE AGUA A EVAPORAR:

$$8.57 \frac{\text{I}}{\text{hr}} - 6.25 \frac{\text{I}}{\text{hr}} = 2.32 \frac{\text{I}}{\text{hr}} \text{ DE AGUA A EVAPORAR}$$

CALOR NECESARIO PARA EVAPORAR EL AGUA:

$$P_{\text{EN}} = 11.0 \text{ PSIO}$$

$$T_{\text{B}} = 200^{\circ}\text{F}$$

$$\lambda_{\text{B}} = 977 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}}$$

$$C_p |_{200^{\circ}\text{F}} = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}}$$

$$C_p |_{\text{ARCILLA}} = 0.224 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}} \left(\frac{0.25 \text{ (15-200)}}{3-200} \right)$$

$$T_{\text{AMB}} \approx 77^{\circ}\text{F}$$

$$C_p |_{22^{\circ}\text{F}} = 0.25 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}}$$

$$C_p |_{\text{AIRE}} = 0.26 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}}$$

$$T_{\text{AIRE}} \approx 932^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{SAL}} \approx 266^{\circ}\text{F}$$

CALOR PROPORCIONADO A LA ARCILLA:

$$\text{MASA DE ARCILLA} = 6.25 \frac{\text{I}}{\text{hr}} + 4.28 \frac{\text{I}}{\text{hr}} = 10.53 \frac{\text{I}}{\text{hr}}$$

$$Q_1 = 10,530 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ LB}}{0.453 \text{ Kg}} \times 0.224 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}^{\circ}\text{F}} \times (150 - 77)^{\circ}\text{F}$$

$$Q_1 = 379,266 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Revisión:	A						
Por:	CCB						
Fecha:	16-1-87						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-T-89	Hoja 3 de 8
	BALANCE DE MATERIA	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: LIMA 1 CIELO LEIBTO	Revisó: _____	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó: _____	

CALOR PROPORCIONADO AL AGUA

$$M_{\text{SED}} \text{ DE AGUA} = 2.32 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

$$Q_2 = 2,320 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ lb}}{0.454 \text{ Kg}} \times 1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot \text{OF}} \times (200 - 77) \text{ OF}$$

$$Q_2 = 628,546 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

CALOR NECESARIO PARA EVAPORAR EL AGUA

$$Q_3 = 2,320 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ lb}}{0.454 \text{ Kg}} \times 972 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

$$Q_3 = 4,992,599 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

CALOR TOTAL = $Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$Q_T = 379,266 + 628,546 + 4,992,599$$

$$Q_T = 6,000,410 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

CANTIDAD DE AIRE NECESARIO

$$Q = m C_p \Delta T$$

$$m_{\text{AIRE}} = \frac{Q}{C_p \Delta T}$$

$$m_{\text{AIRE}} = \frac{6,000,410 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}}{0.26 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot \text{OF}} (932 - 266) \text{ OF}} \times \frac{0.454 \text{ Kg}}{1 \text{ lb}}$$

$$m_{\text{AIRE}} = 15,732 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

Revisión	A						
Por	CCB						
Fecha	16-T-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-III-87	Hoja 4 de 8
	BALANCE DE MATERIA		Elaboró: C. CARRANZA
	Planta: MIDE L CIELO DE MEXICO	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Revisó: _____ Aprobó: _____

AIRE CONSUMIDO EN LA COMBUSTION (CORRIENTE ⑤) = 364.4

$$\text{MASA DE AIRE TOTAL} = 15,732 + 364.4 \times \frac{29 \frac{\text{Kg O}_2}{\text{Kg Aire}}}{32 \frac{\text{Kg O}_2}{\text{Kg Aire}}} = 17,302 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

CORRIENTE ⑤ SALIDA DE GASES = CANTIDAD DE COMBUSTION

COMBUSTIBLE SELECCIONADO: DIESEL

PODER CALORICO: 19,300 $\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$

$$\text{CONSUMO} = \frac{6,000,410 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}}{19,300 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}} = 311 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 141 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

$$\text{O}_2 \text{ REQUERIDO: } \frac{2.58 \text{ Kg O}_2}{\text{Kg DIESEL}}$$

$$\text{AIRE: } \frac{2.58 \text{ Kg O}_2}{\text{Kg DIESEL}} \times 141 \frac{\text{Kg DIESEL}}{\text{hr}} = 364.4 \frac{\text{Kg O}_2}{\text{hr}}$$

$$\text{AIRE EN LA CORRIENTE} = 17,302 - 364.4 = 16,937 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

GASES DE COMBUSTION: 4.2 $\frac{\text{Kg GASES COMB.}}{\text{Kg DIESEL}}$

$$\text{G.C.} = 141 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times 4.2 \frac{\text{Kg G.C.}}{\text{Kg DIESEL}} = 593 \text{ Kg GASES COMB.}$$

Revision							
Por	CCP						
Fecha	16-III-87						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-I-89	Hoja 5 de 8
	BALANCE DE MATERIA		Elaboró: C. CADAPAZ
	Planta: MINA A CIELO ABIERTO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

CORRIENTE ⑥ ENTRADA AL DUCTO DE SECAO

ARCILLA 30% H.F.S. = 8,570 $\frac{Kg}{hr}$

ARCILLA 4% J.B.S. = 4,260 $\frac{Kg}{hr}$

AIRE = 16,938 $\frac{Kg}{hr}$

GASES DE COMB. = 593 $\frac{Kg}{hr}$

CORRIENTE ⑦ SALIDA DEL DUCTO DE SECAO

ARCILLA 4% = 10,530 $\frac{Kg}{hr}$

AIRE = 16,938 $\frac{Kg}{hr}$

G.C. = 593 $\frac{Kg}{hr}$

VAPORES DE AGUA = 2,320 $\frac{Kg}{hr}$

CORRIENTE ⑧ DESCARGA DEL CICLÓN DE BAJA RESISTENCIA

SE ESTIMA QUE EN EL PRIMER CICLÓN SE RETIENE EL 70% DEL MATERIAL

ARCILLA 4% = 10,530 x 0.70 = 7,371 $\frac{Kg}{hr}$

Revision	Δ						
Por	CCR						
Fecha	16-I-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-7-89	Hoja 6 de 8
	BALANCE DE MATERIA		Elaboró: C. CARRAZA
	Planta: MINIL CIELO TERMINO	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Revisó: _____ Aprobó: _____

CORRIENTE ⑨ DESCARGA DE LA VALVULA ROTATORIA

$$\text{ARCILLA } 4\% = 7,371 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

CORRIENTE ⑩ RECIRCULACIÓN DE MATERIAL

$$\text{RECIRCULACIÓN} = 4,28 \frac{\text{T}}{\text{hr}}$$

(VER CORRIENTE ③)

CORRIENTE ⑪ MATERIAL A ENSACAR

$$7,371 - 4,280 = 3,091 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

CORRIENTE ⑫ ENTRADA AL CICLÓN DE ALTA EFICIENCIA

$$\text{ARCILLA AL } 4\% = 10,530 - 7,371 = 3,159 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

$$\text{AIRE} = 16,938 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

$$\text{VAPOR DE AGUA} = 2,320 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

$$\text{GASES DE COMBUSTIÓN} = 593,4 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

Revisión	Δ							
Por	CCB							
Fecha	16-7-89							

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-I-89	Hoja 7 de 8
	BALANCE DE MATERIA		Elaboró: C. CAPRANTZ
	Planta: MINA A CIELO ABIERTO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

CORRIENTE (13) DESCARGA CICLÓN ALTA EFICIENCIA
 ARCILLA 4% = 3,159 $\frac{Kg}{hr}$

CORRIENTE (14) DESCARGA VILVULA ROTATORIA
 ARCILLA 4% = 3,159 $\frac{Kg}{hr}$

CORRIENTE (15) ENTRADA A LA CHIMENEA
 AIRE: 16,938 $\frac{Kg}{hr}$

VAPOR DE AGUA: 2,370 $\frac{Kg}{hr}$

GASES DE COMBUSTION = 593 $\frac{Kg}{hr}$

CORRIENTE (16) DESCARGA DE LA CHIMENEA
 AIRE: 16,938 $\frac{Kg}{hr}$

VAPOR DE AGUA: 2,370 $\frac{Kg}{hr}$

GASES DE COMBUSTION = 593 $\frac{Kg}{hr}$

Revisión	Δ							
Por	CCR							
Fecha	16-I-89							

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 16-1-89	Hoja 8 de 8
	BALANCE DE MATERIA		Elaboró: C. CARRANZA
	Planta: MINA A CILLO JERÓNIMO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

CORRIENTE (18) SALIDA DE MATERIAL ENSACADO

MATERIAL ENSACADO : $3,091 + 3159 = 6,250 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$

EMPAQUE : SACOS CON CAPACIDAD DE 50 $\frac{\text{kg}}{\text{saco}}$

$$\frac{6,250 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{saco}}} = 125 \frac{\text{sacos}}{\text{hr}}$$

Revisión	2								
Por	CCR								
Fecha	16-1-89								

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 17-7-84	Hoja 1 de 11
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR		Elaboró: C. CARRANZA
	Planta: MINA DE CARBON JESUS	Revisó:	
	Proyecto: SECCION DE ARELLA	Aprobó:	

PARA CALCULAR LA CAIDA DE PRESION EN TODO EL SISTEMA:

$$\Delta P_{\text{SIST.}} = \Delta P_{\text{BOMB.}} + \Delta P_{\text{ACCIDENT.}} + \Delta P_{\text{CONTR.}}$$

1) Cálculo de $L_{\text{Pérdida}}$

DEL PUNTO (A. 5-46) EL CALEDO DE GAS LE PRESION DEL NEGLIGIA CAS SOLIDO EN TUBOS VERTICALES

$$L_{\text{Pérdida}} = L_{P, G} + L_{P, S} = \Delta P_{P, G} + \Delta P_{P, S} = \Delta P_{L, G} + \Delta P_{L, S}$$

EN TUBOS:

1.- CAIDA DE PRESION POR ACCELERACION DE GAS

$$\Delta P_{P, G} = \frac{G_c V_G}{2g_c}$$

2.- POR ACCELERACION DE LAS PARTICULAS

$$\Delta P_{P, S} = \frac{G_s V_s}{2g_c}$$

3.- FRICCION ENTRE GAS Y PARED

$$\Delta P_{F, G} = \frac{4f_g L P_{D, G} V_G^2}{2g_c D}$$

Revisión	1						
Por	CCP						
Fecha	17-7-84						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 7-7-69	Hoja 2 de 4
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: MOLIENDA Y CILINDRO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE LECIJA	Aprobó:	

4.- Fricción entre sólidos y pared

$$\Delta P_{f,s} = \frac{4f_s \rho_s \dot{V}^2}{2g_c D_i}$$

$$4f_s = \frac{2\mu_g D_i C}{2\rho_s D_s} \left(\frac{V_{g1} - V_s}{V_s} \right)$$

5.- Soporte de la columna de gas

$$\Delta P_{h,g} = \frac{G_g g_f L}{V_g g_c}$$

6.- Soporte de sólidos

$$\Delta P_{h,s} = \frac{G_s g_f L}{V_s g_c}$$

Revisión	1							
Por	CCR							
Fecha	7-7-69							

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 12-II-89	Hoja 3 de 11
	DIFUSIONAMIENTO VENTILADOR	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: LUNA A CIELO DE TIPO	Revisó: _____	
	Proyecto: SERVIDOR DE ARCILLA	Aprobó: _____	

NOVENCLATURA

$$C = \mu N_{Re} \quad (\text{FIG. 5-26 PERRY})$$

$$N_{Re} = \frac{D_s (V_G - V_s) \rho_G}{\mu_G}$$

D_s = DIÁMETRO PARTÍCULA (m)

D_t = DIÁMETRO TUBO (m)

ρ_G = FLUIDO (FIG. 5-28 PERRY)

f_s = FACTOR DE CIERRE SÓLIDO (ADIMENSIONAL)

g = CTE. GRAVITACIONAL (9.81 $\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}$)

g_c = CTE. DIMENSIONAL (9.81 $\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}$)

G_G = MASA VELOC. GAS = $\rho_G V_G$ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$)

G_S = MASA VELOCIDAD SÓLIDO = $\rho_S V_s$ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$)

L = LARGO TUBERÍA (m)

V_G = VELOCIDAD DEL GAS ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)

V_s = VELOCIDAD DEL SÓLIDO ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)

ρ_{DG} = DENSIDAD GAS DISPERSO = $\frac{\rho_G G_G}{G_G + G_S}$ ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

ρ_{DS} = DENSIDAD SÓLIDO DISPERSO ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

ρ_G = DENSIDAD GAS ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

ρ_S = DENSIDAD SÓLIDO ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

μ_G = VISCOSIDAD GAS ($\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$)

Revisión	6						
Por	CCK						
Fecha	12-II-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CÁLCULO	Fecha: 17-E-89	Hoja 4 de 11
	DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: MINA A CIEN DE DIEZ	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

1.- POR ACELERACIÓN DEL GAS

$$\Delta P_{o,G} = \frac{G \cdot G \cdot V_G}{2 g_c} = \frac{\rho_{d,G} V_G^2}{2 g_c}$$

$$\rho_{d,G} = \frac{\text{PESO GRAS}}{\text{UNIDAD DE VOLUMEN}} = 2.965 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_G = 9,700 \frac{\text{ft}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \times \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} = 49.276 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$\Delta P_{o,G} = \frac{2.965 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times (49.276)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2}}{2 (9.81) \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{Kg} \cdot \text{seg}^2}}$$

$$\Delta P_{o,G} = 366.9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

2.- POR ACELERACIÓN DE LA PARTÍCULA

$$\Delta P_{o,s} = \frac{G_s V_s}{2 g_c} = \frac{\rho_{d,s} V_s^2}{2 g_c}$$

DEL PERRY, PÁG. 20-53

$$V_s \approx 0.8 \times V_G = 0.8 \times 49.276 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$V_s = 39.42 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

RELACION DE SÓLIDOS = 2:1

Revisión	4						
Por	CCP						
Fecha	17-E-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 17-5-89	Hoja 5 de 11
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: MIDE L CIELO LEJINATO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

$$f_{D5} = \frac{2.965 \frac{\text{Kg}}{\text{mts}}}{\text{mts}} = 1.4825 \frac{\text{Kg}}{\text{mts}}$$

$$\Delta P_{a,s} = \frac{1.4825 \frac{\text{Kg}}{\text{mts}}^2 \cdot (27.42)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2}}{2 (9.81) \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}$$

$$\Delta P_{a,s} = 117.41 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

3.- Fricción ENTRE GAS Y PARED

$$\Delta P_{f,g} = \frac{4 f_{ca} L P_{a,g} V_g^2}{2 g_c D^5}$$

E PARA ACERO COMERCIAL = 0.0457 mm

$$D_{e'} |_{0.110} = 7.981 \mu \times \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \mu} = 202.7 \text{ mm}$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0457 \text{ mm}}{202.7 \text{ mm}} = 0.0002$$

$$N_{Re} = \frac{D V_{a,g} P_{a,g}}{\mu}$$

$$N_{Re} |_{44400} = 2700 \times 10^{-7} \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 2700 \times 10^{-8} \frac{\text{Kg}}{\text{m seg}}$$

$$N_{Re} = \frac{(0.2027 \text{ m}) \cdot 49.276 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 2.965 \frac{\text{Kg}}{\text{mts}}}{2700 \times 10^{-8} \frac{\text{Kg}}{\text{m seg}}} = 1.092 \times 10^6$$

$$f_{ca} (\text{PERRY TABLA 5-28}) = 0.00254$$

$$L = 30 \text{ m}$$

Revisión	1						
Por	CCR						
Fecha	17-5-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 15-1-80	Hoja 6 de 11
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR		Elaboró: C. CARRILLO
	Planta: UNDA A CIELO LIBRE		Revisó:
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA		Aprobó:

$$\Delta P_{f,G} = \frac{4 (0.00354) (30W) (2.965 \frac{kg}{m^3}) (49.276)^{1.75} \frac{m^2}{s^2}}{2 (9.81) \frac{kg \cdot m}{kg \cdot s^2} (0.7027 m)}$$

$$\Delta P_{f,G} = 769 \frac{kg}{m^2}$$

4.- FRICCION ENTRE SÓLIDOS Y PARED

$$\Delta P_{f,S} = \frac{4 f_s L P_s V_s^2}{2 g_c D_i}$$

$$4 f_s = \frac{3 P_s D_i C}{2 P_s D_s} \left(\frac{V_{rel} - V_s}{V_s} \right)^2$$

PARA EFECTOS DE DIMENSIONAMIENTO $P_G = P_G$

$$P_s = 1760 \frac{kg}{m^3}$$

DIÁMETRO DE PARTÍCULA = MALLA 20

$$D_s \approx 1 \text{ mm}$$

$$N_{RF} = \frac{D_s U P_G}{\mu}; U = \text{RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DEL SOLIDO Y DEL GAS}$$

Revisión	6								
Por	CCTZ								
Fecha	15-1-80								

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 12-I-81	Hoja 7 de 11
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: MUEL L CIELO BIEDIN	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

$$v = \frac{39.42}{49.276} = 0.800 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$N_{2E} = \frac{0.001 \text{ m} \times 0.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 2.965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2700 \times 10^{-8} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{seg}}} = 84.5$$

DEL PERRY TABLA 5-76, PARA UNA PARTICULA ESFERICA
 $C \approx 1.3$

$$4 f_s = \frac{3 \times 2.965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.202 \text{ m} \times 1.3 \left(\frac{49.276 - 39.42}{39.42} \right)^2}{2 \times 1.760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0.001 \text{ m}}$$

$$4 f_s = 0.041$$

$$\Delta P_{f,s} = \frac{0.041 \times 30 \text{ m} \times 1.4825 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (39.42)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2}}{2 \times 9.81 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{kg} \cdot \text{seg}^2} \times 0.202 \text{ m}}$$

$$\Delta P_{f,s} = 723.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

5.- SOPORTE DE LA COLUMNA DE GAS

$$\Delta P_{n,G} = \frac{G_G q_L}{V_G q_c}$$

$$G_G = P_{d,G} V_G = 2.965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 49.276 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$G_G = 146.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{seg}}$$

Revision	6							
Por	CCP							
Fecha	12-I-81							

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO		Fecha: 12-7-89	Hoja 6 de 11
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR		Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: NINGUNA CIELO ABIERTO		Revisó: _____	
Proyecto: SECTOR DE ARCILLAS			Aprobó: _____	

$$\Delta P_{h,G} = \frac{146.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{seg}} \times 9.81 \frac{\text{N}}{\text{seg}^2} \times 30 \text{m}}{49.276 \frac{\text{N}}{\text{seg}} \times 9.81 \frac{\text{kg} \cdot \text{N}}{\text{kg} \cdot \text{seg}^2}}$$

$$\Delta P_{h,G} = 88.95 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

6.- SOPORTE DE SÓLIDOS

$$\Delta P_{h,S} = \frac{G_s \cdot g \cdot L}{V_s \cdot g_c}$$

$$G_s = P_{D,S} \cdot V_s = 1.4825 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 39.47 \frac{\text{N}}{\text{seg}}$$

$$G_s = 58.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{seg}}$$

CAÍDA DE PRESIÓN EN EL DUCTO

$$\Delta P_{\text{ducto}} = \Delta P_{a,G} + \Delta P_{v,G} + \Delta P_{f,G} + \Delta P_{f,S} + \Delta P_{h,G} + \Delta P_{h,S}$$

$$\Delta P_{\text{ducto}} = 366.9 + 117.4 + 769 + 723.4 + 88.95 + 44.47$$

$$\Delta P_{\text{ducto}} = 2,110 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{m}^2}{(100)^2 \text{cm}^2} = 0.211 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\Delta P_{\text{ducto}} = 0.211 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 9.809 \text{N} \times \frac{1000 \text{cm}^2}{1 \text{m}^2} \times \frac{1 \text{in} \cdot \text{H}_2\text{O}}{289.84 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$\Delta P_{\text{ducto}} = 72.66 \text{ in} \cdot \text{H}_2\text{O}$$

Revision	4						
Por	CCZ						
Fecha	12-7-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 12-7-89	Hoja 9 de 11
	DISEÑAMIENTO VENTILADOR	Elaboró: C. CARANZA	
	Planta: MINA A CIELO ABIERTO	Revisó:	
	Proyecto: SECTOR DE ARCILLA	Aprobó:	

b) CALCULO DE $\Delta P_{\text{CICLONES}}$

DEL PERRY (P 20-67)

$$\Delta P_{\text{CICLONES}} = 0.013 \rho V_c^2$$

EN DONDE: ΔP = CAÍDA DE PRESIÓN en $\text{in H}_2\text{O}$
 ρ = DENSIDAD DE LOS GASES en $\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$
 V_c = VELOCIDAD DE LOS GASES en $\frac{\text{ft}}{\text{min}}$

LA TEMPERATURA DE ENTRADA DE LOS GASES AL CICLÓN SE ESTIMA EN 120°C

$$\rho_{\text{aire}} \Big|_{120^\circ\text{C}} = 0.119 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

DEL PERRY (P 20-67)

VELOCIDAD DE ENTRADA AL CICLÓN RECOMENDADA = $15 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$

$$V_c = 15 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times \frac{1.67}{0.3048 \text{ m}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 2,953 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

$$\Delta P = 0.013 (0.119) (2,953)^2 = 4.568 \text{ in } \text{H}_2\text{O}$$

$$\Delta P_{\text{CICLONES}} = 2 (4.568) = 9.136 \text{ in } \text{H}_2\text{O}$$

Revisión	A						
Por	CCR						
Fecha	12-7-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 17-7-89	Hoja 10 de 11
	DIMENSIONAMIENTO VENTILADOR	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: MINA A CILLO DE MEDIO	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

c) CALCULO DE ΔP CHIMENEA

TEMPERATURA A LA ENTRADA DE LA CHIMENEA

$$\rho_{\text{aire}} |_{100^{\circ}\text{F}} = 0.046 \frac{\text{kg}}{\text{ft}^3}$$

$$\text{FLUJO} = \frac{19,851 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}}{0.046 \frac{\text{kg}}{\text{ft}^3}} = 428,043 \frac{\text{ft}^3}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 7,144.6 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

DE LA TABLA B-15 CRANE

$$\frac{\Delta P}{100} |_{60^{\circ}\text{F}}^{100 \text{ ft}} = 0.011 \text{ psi}$$

$$0.011 \left(\frac{100 \pm 14.7}{11.4 \pm 14.7} \right) \left(\frac{460 \pm 212}{520} \right) = 0.367 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\text{CHIMENEA}} = \frac{0.062 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{100 \text{ ft}} \times 6 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} \times \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1100 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{14.22 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \times \frac{9.806 \text{ m}}{1 \text{ kg}}}$$

$$\Delta P_{\text{CHIMENEA}} = 0.837 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ in H}_2\text{O}}{284.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} = 0.003 \text{ in H}_2\text{O}$$

Revision	1								
Por	CCZ								
Fecha	17-7-89								

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 17-7-89	Hoja 11 de 11
	DIMENSIONAMIENTO UTILIZADOR	Elaboró: C. CERRANZA	
	Planta: MINA A CIELO ABIERTO	Revisó: _____	
	Proyecto: SERVICIO DE ARCILLA	Aprobó: _____	

CAÍDA DE PRESIÓN TOTAL

$$\Delta P_{\text{DIST.}} = \Delta P_{\text{TUBO}} + \Delta P_{\text{CURVATURA}} + \Delta P_{\text{ACCINEREA}}$$

$$\Delta P_{\text{DIST.}} = 72.66 + 9.136 + 0.002 = 81.8 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$HP = 1.57 \times 10^{-4} Q^2 P$$

EN DONDE Q = FLUJO VOLUMÉTRICO ($\frac{m^3}{\text{min}}$)
 P = PRESIÓN OPERATIVA (m H₂O)

$$Q = \frac{15,732 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}}{2.965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 5,306 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} = 88.43 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$Q = 88.43 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{7.46 \text{ m}^3} = 3,123 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

$$HP = 1.57 \times 10^{-4} \times 3,123^2 \frac{\text{ft}^2}{\text{min}} = 81.6 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$HP = 40.1$$

Revisión	Δ						
Por	CCP						
Fecha	17-7-89						

ARCILLAS	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 18-1-89	Hoja 1 de 3
DE MEXICO	DIMENSION. CICLÓN DE ALTA EFICIENCIA	Elaboró: C. CARRANZA	
S.A. DE CV	Planta: Mol. 4 CILLO DEBERTO	Revisó:	
	Proyecto: SECTOR DE ARCILLA	Aprobó:	

SE ESTIMA LA TEMPERATURA DE LOS GASES A LA ENTRADA DEL CICLÓN DE ALTA EFICIENCIA EN 120°C

$$\rho_{\text{aire}} |^{120^{\circ}\text{C}} = 0.055 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{0.454 \text{ Kg}}{1 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{(0.3048 \text{ m})^3} = 0.878 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{FLUJO DE AIRE} = 16,938 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{0.878 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ seg}} = 5.361 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

EN LA PÁG. 20-83 DE PEPPI SE RECOMIENDA UNA VELOCIDAD DE LOS GASES A LA ENTRADA DEL CICLÓN DE $15 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$

$$A = \frac{5.361 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{15 \frac{\text{m}}{\text{seg}}} = 0.357 \text{ m}^2$$

Revisión	Δ						
Por	CCR						
Fecha	18-1-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 18-1-89	Hoja 2 de 3
	DIMENSION. CICLON LTA EFICIENTIA	Elaboró: C. CARANZA	
	Planta: MUD. A CICLON LTA 870	Revisó:	
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA	Aprobó:	

(VER DIAGRAMA EN LA SIGUIENTE HOJA)

$$B = \frac{D}{4}$$

$$H = \frac{D}{2}$$

$$D = 4B$$

$$D = 2H$$

$$4B = 2H$$

$$B = \frac{2H}{4} = \frac{H}{2}$$

$$A = B \times H = \frac{H^2}{2}$$

$$H = \sqrt{2(0.355)} = 0.845$$

$$D = 2H = 2(0.845) = 1.691 \text{ m}$$

$$D = 2 = 1.691$$

$$B = \frac{D}{4} = 0.423$$

$$H = \frac{D}{2} = 0.845$$

$$L = 2D = 3.382$$

$$Z = 2D = 3.382$$

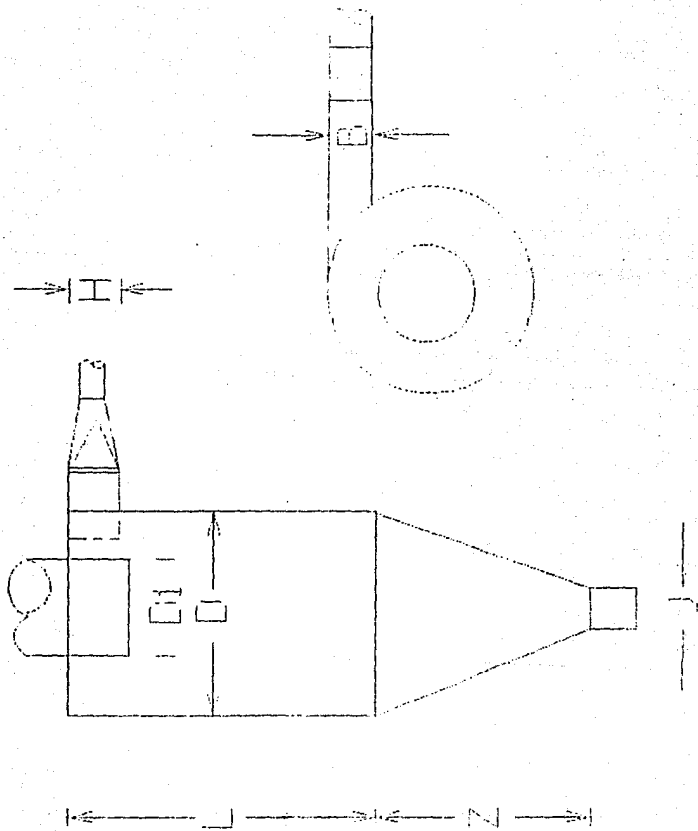
$$S = \frac{D}{8} = 0.211$$

$$D_i = \frac{D}{2} = 0.845$$

$$J = \frac{D}{4} = 0.423$$

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN M

Revisión	Δ						
Por	CCP						
Fecha	18-1-89						



ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 18-1-89	Hoja 1 de 3
	DIMENSIONAL CICLÓN BAJA DISCIPLINA	Elaboró: C. CARRAZA	
	Planta: MINA A CILLO LEONITO	Revisó:	
	Proyecto: SECTOR DE ARCILLA	Aprobó:	

SE ESTUDA LA TEMPERATURA DE LOS GASES AL CICLÓN DE
150 °C

$$\text{Masa de aire} = 1122 = 16,938 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$$

$$P_{\text{aire}} = 0.052 \frac{\text{kg}}{\text{ft}^3} \times 0.454 \frac{\text{Kg}}{\text{lb}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{(0.3048 \text{ m})^3} = 0.836 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Flujo de aire} = 16,938 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \times \frac{\text{m}^3}{0.836 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg}} = 5.627 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

EN EL C. 20-83 SE PEDIÓ RECOMENDAR UNA
VELOCIDAD DE ENTRADA AL CICLÓN DE 15 $\frac{\text{m}}{\text{seg}}$

$$A = \frac{5.627 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{15 \frac{\text{m}}{\text{seg}}} = 0.375 \text{ m}^2$$

PARA UN ÁREA CUADRADA

$$F \times F = 0.375 \text{ m}^2$$

$$F = 0.613 \text{ m}$$

Revisión	A								
Por	CCP								
Fecha	18-1-89								

ARCILLAS	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 18-1-89	Hoja 2 de 3
DE MEXICO	DIMENSION. CICLO DE RESISTENCIA	Elaboró: C. Cepeda	
S.A. DE CV	Planta: LINEA DE CEMENTO	Revisó:	
	Proyecto: SERVICIO DE ARCILLA	Aprobó:	

RELACIONES (VER DIAGRAMA EN HOJA SIGUIENTE)

$$D = 5F = 3.063$$

$$\Delta = D = 3.063$$

$$B = D/2 = 1.531$$

$$C = B/2 = 0.765$$

$$E = 0.6D = 1.838$$

$$F = D/6 = 0.191$$

$$I = 0.7D = 2.144$$

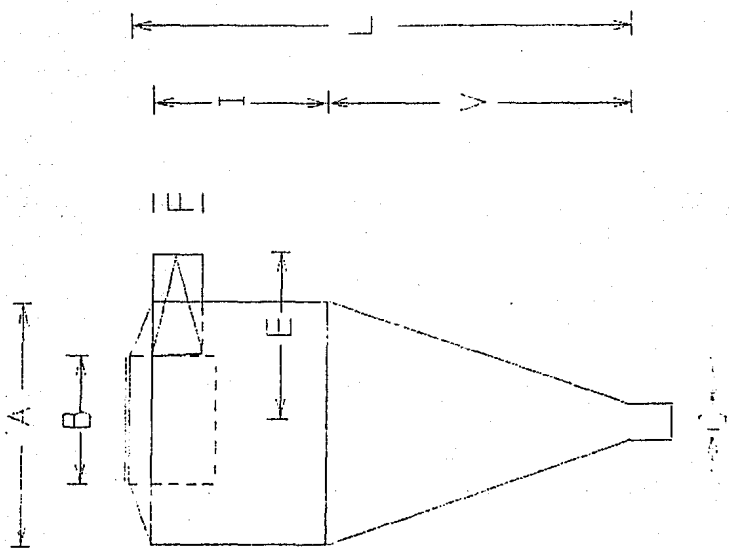
$$V = D = 3.063$$

$$L = 1.77D = 5.421$$

$$S = D/8 = 0.383$$

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS
EN METROS

Revisión	A							
Por	CCP							
Fecha	18-1-89							



ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 18-I-81	Hoja 1 de 1
	DIMENSIONAMIENTO	Elaboró: C. CARRANZA	
	Planta: N.º 1 de C. 10 de 1977	Revisó:	
	Proyecto: SECADO DE ARCILLA	Aprobó:	

CALOR REQUERIDO PARA EL SECADO 6,000,410 $\frac{\text{Etu}}{\text{hr}}$

SE CONSIDERA UNA EFICIENCIA EN LA CÁMARA DEL 70%

$$Q_{\text{req}} = \frac{6,000,410}{0.7} = 8,572,014 \frac{\text{Etu}}{\text{hr}}$$

DEL PERRO PÁG. 20-22

ESPACIO PARA LA COMBUSTION: 25,000 $\frac{\text{Etu}}{\text{hr}}$

VOLUMEN DE LA CÁMARA: $\frac{8,572,014 \frac{\text{Etu}}{\text{hr}}}{25,000 \frac{\text{Etu}}{\text{hr}}} = 238 \text{ ft}^3$

$$V = 238 \text{ ft}^3 = 6.74 \text{ m}^3$$

LAS DIMENSIONES DEBERÁN FIJARSE EN LA ETAPA DE INGENIERIA DE DETALLE.

Revision							
Por	CCP						
Fecha	18-I-81						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 19-7-89	Hoja 1 de 6
	DIMENSIONAMIENTO SIST. TOR. MUELLE		Elaboró: C. CURRADOZA
	Planta: MINA L. CIELO SEPTO		Revisó: _____
	Proyecto: SECADOR DE ARCILLA		Aprobó: _____

DENSIDAD DE LA ARCILLA HUMEDA = $1,760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

DE LA TABLA 7-13 DEL PERRY

$\rho(\text{MATERIAL})$

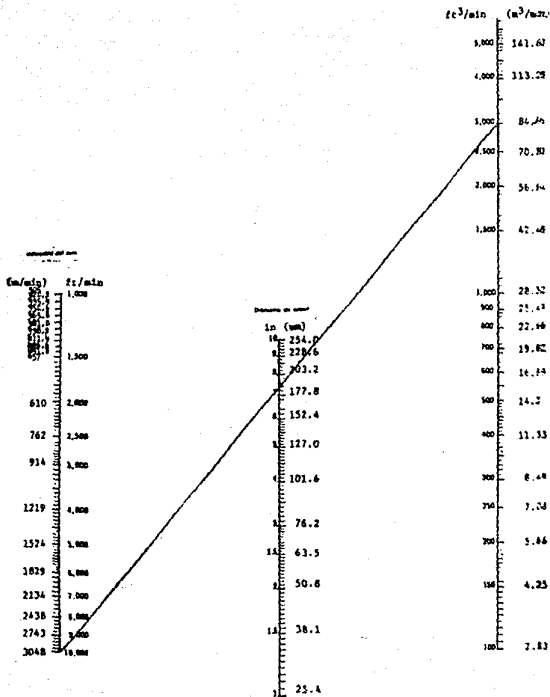
$1,760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

VELOC. DEL VIRE

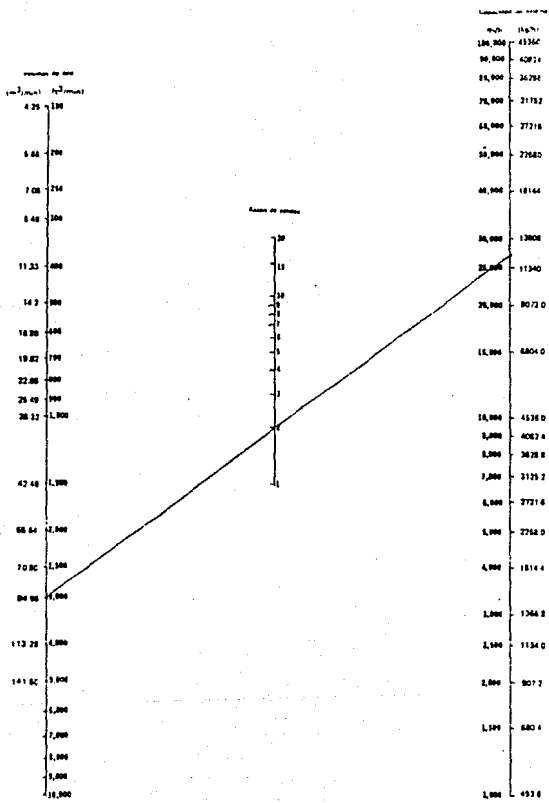
$2,957 \frac{\text{m}}{\text{MIN}}$

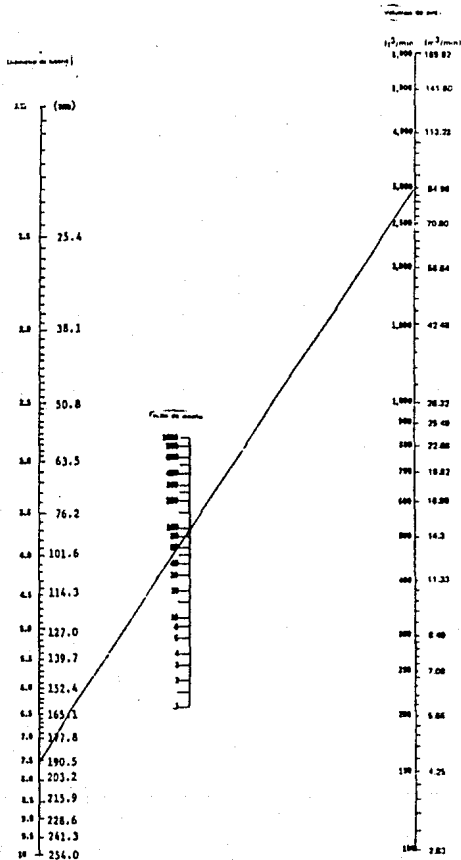
VER DIAGRAMAS INDEXOS

Revision	A								
Por	CCR								
Fecha	19-7-89								

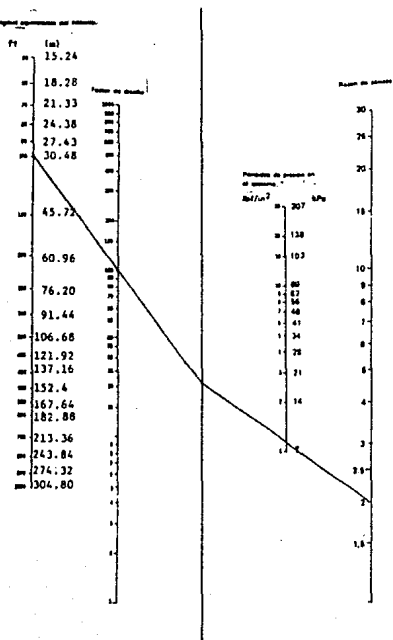


MEMORANDA NO 2





Longitudinal section of column.



HONDIGRAMA NO 6

Presión de presión de la columna

kg/cm² kPa

20 120

15 103

10 68

8 57

6 46

4 31

3 21

2 14

Presión de la

kg/cm² (mmHg)

18,000 283.7

9,000 254.88

8,000 226.58

7,000 198.24

6,000 169.92

5,000 141.60

4,000 113.28

3,000 84.96

2,000 70.80

1,000 56.64

1,000 42.48

1,000 28.32

900 25.49

800 22.66

700 19.82

600 16.99

500 14.2

400 11.33

300 8.49

250 7.08

200 5.66

150 4.25

100 2.83

Presión (mmHg)

U.S. Metric

300 202.8

150 152.10

100 101.4

90 91.26

80 81.12

70 70.98

60 60.84

50 50.70

40 40.56

30 35.49

20 30.42

15 25.35

10 20.28

11 15.21

10 10.14

9 9.126

8 8.112

7 7.098

6 6.084

5 5.070

4.0 4.056

3.5 3.549

3.0 3.042

2.5 2.535

2.0 2.028

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 19-1-65	Hoja 1 de 1
	DIMENSIONAMIENTO CIMENTACION	Elaboró: C. CASTAÑEDA	
	Planta: NUBES DE CEMENTO DE 15.5"	Revisó:	
	Proyecto: Sistema de Arcillas	Aprobó:	

ALTURA RECOMENDADA = 6 m

MAZA GASIFERA EN LA LINEA = 19,851 $\frac{Kg}{hr}$

$$P_{\text{aire}} \left| \begin{array}{l} \text{"por} \\ 100\% \end{array} \right. = 0.102 \frac{lb}{ft^3} \times \frac{0.454 Kg}{1 lb} = 0.046 \frac{Kg}{ft^3}$$

$$\text{FLUJO} = \frac{19,851 \frac{Kg}{hr}}{0.046 \frac{Kg}{ft^3}} = 428,673 \frac{ft^3}{hr}$$

VELOCIDAD RECOMENDADA = 5000 $\frac{ft}{min}$

$$\text{ÁREA DE FLUJO} = \frac{428,673 \frac{ft^3}{hr}}{5000 \frac{ft}{min} \times \frac{60 min}{hr}} = 1.429 ft^2$$

ÁREA INTERNA TUB. 16" ϕ C.D. 40 = 1.2272 ft^2

$$\text{VELOCIDAD} = \frac{428,673 \frac{ft^3}{hr} \times \frac{1 hr}{60 min}}{1.2272 ft^2} = 5821 \frac{ft}{min}$$

SE APRUEBA EL DIÁMETRO DE 16"

Revisión	A						
Por	CCR						
Fecha	19-1-65						

1) ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

LISTA DE EQUIPO

No. equipo	Nombre	Plano	No. unidades
H-100-1	Elevador de canchales	001-F-1000	UNA
L-100-2	Molino de martillos	001-F-1000	UNA
H-100-3	Válvula rotatoria	001-F-1000	UNA
B-101-1	Cámara de combustión	001-F-1000	UNA
C-102-1	Ventilador	001-F-1000	UNA
H-102-2	Ducto de secado	001-F-1000	UNA
S-103-1	Ciclón de baja resistencia	001-F-1000	UNA
H-103-2	Válvula rotatoria	001-F-1000	UNA
T-103-3	Divisor de flujo	001-F-1000	UNA
H-103-4	Báscula	001-F-1000	UNA
H-104-1	Transportador helicoidal	001-F-1000	UNA
S-105-1	Ciclón de alta eficiencia	001-F-1000	UNA
H-105-2	Válvula rotatoria	001-F-1000	UNA
H-105-3	Báscula	001-F-1000	UNA
G-106-1	Chimenea	001-F-1000	UNA
A-1	Tanque de almacenamiento de diesel	001-A-1010	UNA
A-2	Tanque de día para diesel	001-A-1010	UNA
A-3	Bomba dosificadora de diesel	001-A-1010	UNA

ARCILLAS	HOJA DE DATOS	Fecha: 23-I-89	Hoja 1 de 1
DE MEXICO	ELEVADOR DE CILINDROS H-100-1	Elaboró: C. Carranza	
S.A. DE CV	Planta: Mina a cielo abierto	Revisó:	
	Proyecto: Secador de arcilla	Aprobó:	

MATERIAL A MANEJAR: ARCILLA AL 30% HUMEDAD

CAPACIDAD: $8.57 \frac{t}{hr}$

GRAVEDAD ESPECÍFICA: 1.76

VOLUMEN: $4.87 \frac{m^3}{hr}$

ALTURA MÁXIMA: 2.5m

Revisión	Δ								
Por	CCP								
Fecha	23-I-89								

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	HOJA DE DATOS		Fecha: 23-7-89	Hoja 1 de 1
	MOLINO DE MARTILLOS L-100-2		Elaboró:	C. Carranza
	Planta:	Mina a cielo abierto	Revisó:	
	Proyecto:	Secador de arcilla	Aprobó:	

MATERIAL A MANEJAR: ARCILLA REFRACTARIA
 CAPACIDAD: $12.85 \frac{t}{hr}$
 GRAVEDAD ESPECÍFICA PROMEDIO: 1.41
 FLUJO VOLUMÉTRICO: $9.1 \frac{m^3}{hr}$
 TAMAÑO DE PARTÍCULA A LA ENTRADA: 0.1 m
 TAMAÑO DE PARTÍCULA A LA SALIDA: 0.001 m
 DESCARGA: DEBERÁ PERMITIR SELLADO NEUMÁTICO
 MATERIAL DE PIEZAS DE IMPACTO POR FABRICANTE.
 SE DEBEN EVITAR CONTAMINACIONES POR FIERRO.

Revisión	Δ						
Por	CCP						
Fecha	23-7-89						

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	HOJA DE DATOS	Fecha: 23-1-89	Hoja 1 de 1
	CÁMARA DE COMBUSTIÓN: B-101-1	Elaboró: C. Carranza	
	Planta: Mina a cielo abierto	Revisó:	
	Proyecto: Secador de arcilla	Aprobó:	

CALOR REQUERIDO EN EL SISTEMA: 1,512,103 $\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$
 TEMPERATURA DE GASES A LA DESCARGA: 445°C
 EFICIENCIA PERMISIBLE: 70%

CALOR GENERADO EN LA CÁMARA: 2,160,147 $\frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$

COMBUSTIBLE: DIESEL

FLUJO DE COMBUSTIBLE: 202 $\frac{\text{KG}}{\text{hr}}$

PODER CALORÍFICO: 10,713 $\frac{\text{Kcal}}{\text{KG}}$

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA: LADRILLO REFRACARIO

QUEMADOR: POR PROVEEDOR

LA CÁMARA DEBERA' SER ACONDICIONADA PARA FÁCIL TRASLADO.

VOLUMEN DE LA CÁMARA: 6.74 M³

LAS DIMENSIONES SERÁN DE ACUERDO AL PROVEEDOR.

Revisión	A								
Por	CCR								
Fecha	23-1-89								

VENTILADOR CENTRIFUGO

 FECHA 2-9-87

 HOJA DE

CLIENTE Arcillas de México S.A.
PLANTA Mina a cielo abierto
PROYECTO Secador de arcilla

 ELABORO: C. Carranza

 REVISO:

 APROBO:

SERVICIO TRIMESTRAL
LOCALIZACION Mina a cielo abierto
No. EQUIPO C-102-1 **CANTIDAD REQUERIDA** 1
PRESION ATM. mm. Hg. 573.8 **ALTITUD M.** 2426
TEMP. AIRE EXT. °F BS 77 **BH**
TIPO ATMOSFERA Humida **HUMEDAD**
FABRICANTE **TIPO**
MODELO * **TAMAÑO** 4
PESO OPERACION **DIMENSIONES** 4

D A T O S

CAPACIDAD C.F.M. 3,000 **PRESION ESTATICA EXT.** 22.12
SERVICIO TRIMESTRAL **TEMP. OPERACION** 62.7 °F
TIPO DE IMPULSOR **DIAMETRO IMPULSOR**
DIAMETRO DESCARGA 7 1/2" **DIAMETRO SUCCION** *
VELOCIDAD DE SALIDA 9,700 **VELOCIDAD TANGENCIAL** *
EFICIENCIA MECANICA **EFICIENCIA ESTATICA** *
RPM **ROTACION**
DESCARGA **ARREGLO**
VOLTS/FASES/CICLOS 220/3/60 **MOTOR TIPO** INDUSTRIAL
BHP/HP * 1/40 **RPM**
TRANSMISION * **CUBREBANDAS**
ENVOLVENTE **IMPULSOR**
BASE ANTIVIBRATORIA **COPEL PARA DRENAJE**
FLECHÁ **CHUMACERAS**
CONSTRUCCION **ACABADO**
ACCESORIOS
OBSERVACIONES: * DATOS POR PROVEEDOR
NOTAS:

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	HOJA DE DATOS		Fecha: 23-1-69	Hoja 1 de 1
	Dato de Secado H-102-2		Elaboró: C. Carranza	
	Planta: Mina a cielo abierto		Revisó:	
	Proyecto: Secador de arcilla		Aprobó:	

MATERIAL: ACETRO AL CARBÓN
 PRESIÓN DE OPERACIÓN: 1 kg/cm²
 TEMPERATURA DE OPERACIÓN 444°C
 DIÁMETRO: 7 1/2"
 CÉDULA: 40
 LONGITUD: 22.5m
 ACCESORIOS: 1 CODO A 90°

Revision	4								
Por	CCP								
Fecha	23-1-69								

ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	HOJA DE DATOS		Fecha: 23-I-89	Hoja de 1
	TORNABETÓN HELICOIDAL N-104-1		Elaboró: C. Carranza	
	Planta: Mina a cielo abierto		Revisó:	
	Proyecto: Secador de arcilla		Aprobó:	

USO: TRANSPORTAR: ARCILLA ESTRACTAFIA

TEMPERATURA MÁXIMA: 100 °C

DENSIDAD: $1 \frac{T}{m^3}$

ÁNGULO DE REPOSO: 30°

CONTENIDO DE HUMEDAD: 4 % P. S.

MATERIAL: ABRASIVO

CAPACIDAD: 4.2 $\frac{T}{hr}$

ALIMENTACIÓN: CONTINUA

TAMAÑO DE PARTICULA: APROX. 1mm

Revisión	Δ								
Por	CCR								
Fecha	23-I-89								

COLECTOR DE POLVOS TIPO CICLON

FECHA: _____

HOJA 1 DE 1

CLIENTE: Arcillas de México S.A.
 PLANTA Mina a cielo abierto
 PROYECTO Secador de arcilla

ELABORO: C. Carranza

REVISO: _____

APROBO: _____

LUGAR: Plantilla de Arcilla CLAVE No. E-105-1 REV.
 AREA: _____ SERVICIO: Instalación y mantenimiento
 No. _____ UNIDADES REG. 1 OPER. _____ REPUESTO _____
 DOCUMENTO No. _____ REQUISICION No. _____

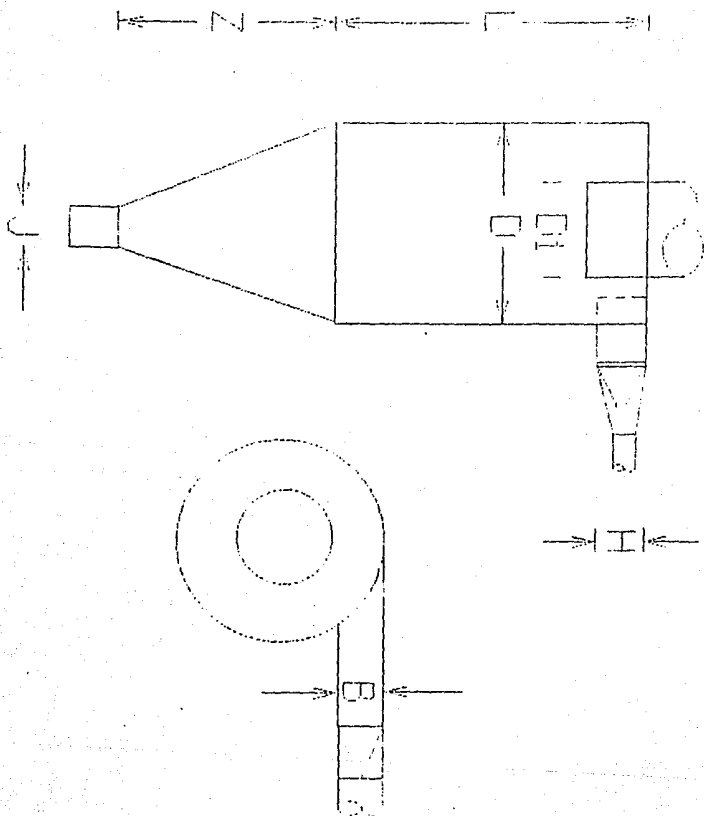
PRESION ATM. (MMHg) 575.8 ALTITUD M 2476
 TEMP. AIRE EXT. (°F Bs) 77 TEMP. AIRE EXT. (°F BH) _____
 TIPO ATMOSFERA _____ HUMEDAD RELATIVA _____
 FABRICANTE _____ TIPO _____
 MODELO _____ TAMAÑO _____
 PESO OPERACION _____ DIMENSIONES 150 x 150 x 100 cm
 MATERIAL A COLECTAR ARCILLA TRIZAJE
 TOXICIDAD 00 HIGROSCOPICO 00
 CORROSIVO 00 INFLAMABLE 00

DATOS

CAPACIDAD C.F.M. 1360 PRESION ESTATICA EXT. C.A. 4.82 x 10⁵
 FORMA OPERACION _____ TIPO VENTILADOR _____
 DIAMETRO DE VENTILADOR _____ DIAMETRO CONO SUCCION _____
 DIAMETRO CONO DESCARGA _____ VELOCIDAD SUCCION 3000 RPM
 VELOCIDAD DESCARGA 1000 RPM EFICIENCIA COLECCION 90%
 R.P.M. VENTILADOR _____ VOLTS/FASES/CICLOS 220/3/60
 MOTOR TIPO _____ BHP/HP 30
 TRANSMISION _____ CUBREBANDAS _____
 TOLVA _____ TIPO _____
 CAPACIDAD 2000 kg COMPUERTA DESLIZABLE NO
 ACABADO _____
 ACCESORIOS 1000 kg

OBSERVACIONES: * DATOS POR PROVEEDOR

NOTAS: Instalación y mantenimiento



COLECTOR DE POLVOS TIPO CICLON

FECHA 24-1-89

HOJA 1 DE 1

CLIENTE: Arcillas de México S.A.
PLANTA: Mina a cielo abierto
PROYECTO: Secador de arcilla

ELABORO: C. Carranza
REVISO:
APROBO:

LUGAR <u>Secador</u>	CLAVE No. <u>5-102-1</u>	REV.
AREA _____	SERVICIO <u>Secador</u>	
DOCUMENTO No. _____	UNIDADES REG. <u>1</u> OPER. _____ REPUESTO _____	
	REQUISICION No. _____	

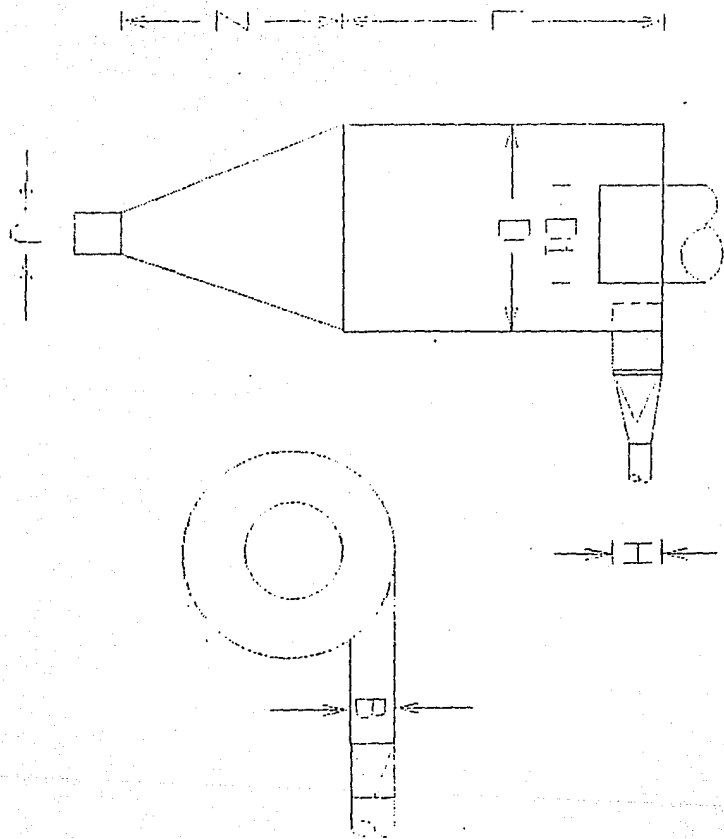
PRESION ATM. (MMHg) <u>573.8</u>	ALTITUD M <u>2,426</u>
TEMP. AIRE EXT. (°F B _s) <u>77</u>	TEMP. AIRE EXT. (°F BH) _____
TIPO ATMOSFERA <u>Normal</u>	HUMEDAD RELATIVA _____
FABRICANTE _____	TIPO _____
MODELO _____	TAMAÑO _____
PESO OPERACION <u>4</u>	DIMENSIONES <u>1.5 x 2.0 x 1.0 m</u>
MATERIAL A COLECTAR <u>arcilla</u>	<u>2.5 x 1.0 x 1.0 m</u>
TOXICIDAD <u>0</u>	HIGROSCOPICO <u>100</u>
CORROSIVO <u>100</u>	INFLAMABLE <u>100</u>

DATOS

CAPACIDAD C.F.M. <u>11,982</u>	PRESION ESTATICA EXT. C.A. <u>7.0 x 10⁵</u>
FORMA OPERACION _____	TIPO VENTILADOR _____
DIAMETRO DE VENTILADOR _____	DIAMETRO CONO SUCCION <u>7.5 m</u>
DIAMETRO CONO DESCARGA <u>10 m</u>	VELOCIDAD SUCCION <u>2.955 m/s</u>
VELOCIDAD DESCARGA <u>602 ft/min</u>	EFICIENCIA COLECCION <u>100%</u>
R.P.M. VENTILADOR <u>2,000</u>	VOLTS/FASES/CICLOS <u>220/3/60</u>
MOTOR TIPO <u>INDUCCION</u>	BHP/HP <u>1.0</u>
TRANSMISION _____	CUBREBANDAS _____
TOLVA _____	TIPO _____
CAPACIDAD <u>2.371 m³/hr</u>	COMPUERTA DESLIZABLE <u>100</u>
ACABADO _____	
ACCESORIOS <u>11.101 2.4.100.1</u>	

OBSERVACIONES: * DATOS POR PROVEEDOR

NOTAS _____



ARCILLAS DE MEXICO S.A. DE CV	HOJA DE DATOS		Fecha: 24-1-89	Hoja 1 de 1
	CHIMENEA G-106-1		Elaboró: C. Carranza	
	Planta: Mina a cielo abierto		Revisó:	
	Proyecto: Secador de arcilla		Aprobó:	

ALTURA RECOMENDADA: 6m

MAZA GILSEOSA: 19,851 $\frac{kg}{hr}$

PAISE: 0.046 $\frac{kg}{ft^3}$

DIÁMETRO CHIMENEA: 16"

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN

Revisión	1								
Por	CER								
Fecha	24-1-89								

TANQUES ATMOSFERICOS

FECHA 29-1-85

HOJA 1 DE

CLIENTE Industria de Hielo C.
 PLANTILLA 1 No 12345
 PROYECTO Sección de Hielo

ELABORADO: R. Quiñe
 REVISO:
 APROBO:

DATOS DE PROCESO

CAPACIDAD (GAL.) NOM 2500 OPERACION 2500
 PRODUCTO Agua DENSIDAD 0.875
 PRES. OP. CUERPO 100 PSIG. CHAQUETA PSIG
 TEMP. OP. CUERPO 70 °F CHAQUETA °F

CONSTRUCCION

TIPO Horizontal
 DIAMETRO 2 FT-IN LONG 4 FT-IN
 TIPO DE TAPAS, SUPERIOR Construcción INFERIOR Construcción
 ESPORES: (IN.) CUERPO TAPAS
 SOPORTES

MATERIALES

CUERPO Acero CHAQUETA
 TAPAS Acero TAPAS CHAQUETA
 PARTES INTERNAS PARTES EXTERNAS
 TUBERIA INTERIOR CUELLO DE BOQUILLAS
 EMPAQUES BRIDAS
 ESCALERA ANILLO DE RFZO.
 SOPORTE TORNILLOS/TUERCAS Acero

DATOS DE DISEÑO MECANICO

CODIGOS Acero
 RADIOGRAFIA No EFICIENCIA DE JUNTAS
 PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO CHAQUETA
 PRES. DIS: CUERPO 100 PSIG. CHAQUETA PSIG.
 TEMP DIS: CUERPO 70 °F CHAQUETA °F
 KORROSION PERMISIBLE INT. EXT.
 FABRICACION SOLDADA OTRAS
 CARGA DE VIENTO COEF. SISMICO
 PESO VACIO PESO OPERACION
 PINTURA PRES. SUPERFICIE
 RECUBRIMIENTO
 AISLAMIENTO SOPORTES DE AISL.
 OBSERVACIONES Sección de Hielo

CAPITULO V. CONCLUSIONES

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) Conclusiones:

1.- Las técnicas de la ingeniería de proceso fueron aplicadas de una manera satisfactoria a la industria de las arcillas, ayudando a seleccionar la alternativa más adecuada para un problema específico.

2.- Dadas las características particulares del problema tratado en este trabajo, la alternativa más viable fue la que utiliza un equipo de secado instantáneo, superando técnicamente a las demás propuestas. Esto excluyó la necesidad de aplicar estudios económicos de todos los procesos y únicamente se revisó la viabilidad económica del proceso con secador neumático.

3.- A lo largo del desarrollo de la ingeniería se puede concluir que el proceso de secado instantáneo permite variaciones en cuanto a las condiciones de operación. Los ajustes de estas variaciones deben ser realizados considerando las relaciones básicas que dictaron el diseño del sistema, estas son razón de sólidos a gases, velocidades en los distintos puntos y temperatura.

4.- La realización de una tabla heurística implica la necesidad de aportaciones y razonamientos basados en la experiencia de campo. En esta tesis se aprovechó la experiencia personal y el soporte dado por el asesor del tema y la bibliografía consultada.

b) Recomendaciones:

1.- En el presente trabajo la arcilla es empacada en bolsas, pero no se descarta la posibilidad de realizar adaptaciones tendientes a permitir la descarga del producto a granel, ya sea por banda o por cualquier otro medio.

2.- Si en un futuro se desea incrementar la productividad de la planta de secado, se deberá contemplar primero la posibilidad de añadir otro turno adicional a los dos existentes, pero si con esto no se alcanzan los límites requeridos, se hará necesaria la instalación de un equipo similar que opere en paralelo con la unidad existente, pues en esta su capacidad esta determinada por las dimensiones y potencias de los equipos, en otras palabras, la capacidad esta fijada por el diseño.

3.- Al estar operando la planta a lo largo de todo el año, la disponibilidad del producto directo de la planta y no del almacén como venía sucediendo en los meses de lluvia, implicará alteraciones de orden financiero y estratégico, que la administración de la empresa deberá considerar y resolver.

4.- El equipo manejará material altamente abrasivo, lo que obliga un mantenimiento preventivo estricto que evite accidentes o problemas graves al equipo.

5.- El costo real del proyecto podrá ser estimado más adelante partiendo de la información aportada por el presente estudio.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA

VI. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Perry, Robert H. y Greene, Don.
"Perry's Chemical Engineers' Handbook"
6a. edición, McGraw Hill, 1984.
pp. 7-17 - 7-26, 20-3 - 20-86.
- 2.- Ulrich, Gael D.
"A guide to chemical engineering process design and economics", John Wiley & Sons Inc., 1984
pp. 61-259, 324-342.
- 3.- Noden, D.
"Industrial dryers selection, sizing and cost".
Chemical and Process Engineering, Oct. 1969
- 4.- Noden, D.
"Trends towards use of dispersion dryers"
Chemical and Process Engineering, Oct. 1969
- 5.- Kram, Douglas J.
"Drying, calcining and agglomeration"
"Engineering and mining journal", Jun. 1980. pp 134-151
- 6.- Sloan, C.E.
"Drying systems and equipment"
Chemical Engineering, Jun. 19 1967, pp 169-170
- 7.- Hollingsworth, David
"Air suspended systems"
Chemical Engineering, Jun. 19 1967, pp 171-184
- 8.- Patterson, Kendall
"Direct heat continuous systems"
Chemical Engineering, Jun. 19 1967, pp 185-192
- 9.- "Principles and design of flash drying"
Combustion Engineering, Raymond Div., pp 2-7
- 10.- Treybal, R.
"Mass Transfer Operations"
1955, McGraw Hill, pp 566-567
- 11.- Othmer, Kirk
"Enciclopedia Tecnológica Industrial"
3a. edición, pp 190-220
- 12.- Ampian, S.G.
"Clays"
Industrial Mineral and Facts, pp 157-180

- 13.- Kraus, Milton N.
"Pneumatic conveying systems"
Chemical Engineering, Oct. 13 1986, pp 50-61
- 14.- Cook, Edward y DuMont, Harman
"New ideas to improve dryer performance"
Chemical Engineering, May 9 1988, pp 70-78
- 15.- McCormik, Paul
"Simple ways to stop heat losses in dryers"
Chemical Engineering, Sep. 12 1988, pp 107-108
- 16.- McCormik, Paul
"The Key to drying solids"
Chemical Engineering, Ago. 15 1988, pp 113-122
- 17.- Lefond, Stanley y et. al.
"Industrial Mineral and Rocks"
4a. edición, American Institute of Mining, Metallurgical, and
Petroleum Engineers Inc., New York, USA, 1975