

DISEÑO DE SISTEMA PARA TRANSPORTE NEUMÁTICO DE MATERIA
PRIMA.

DIEGO FERNANDO HERRAN HERRAN

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIAS E INGENIERIAS
PROGRAMA: INGENIERIA INDUSTRIAL
CCAV NEIVA
2019

DISEÑO DE SISTEMA PARA TRANSPORTE NEUMÁTICO DE MATERIA
PRIMA.

DIEGO FERNANDO HERRAN HERRAN

Proyecto aplicado como opción de grado para optar el título de:
Ingeniero Industrial

Director de proyecto y docente asesor
Ing. Pedro Torres Silva

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIAS E INGENIERIAS
PROGRAMA: INGENIERIA INDUSTRIAL

CCAV NEIVA

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios todo poderoso que me ha iluminado el camino para llegar a este punto, a mi madre que nunca ha dejado de creer en mis capacidades, a mi familia por el tiempo que he dejado de dedicarles, además de su gran apoyo para culminar esta etapa de mi vida y a mi compañero de trabajo el Ing. Robert Felipe Ríos Gutiérrez quien fue la persona que me incentivo a desarrollar la propuesta.

AGRADECIMIENTOS

A mi director y asesor de proyecto de grado el Ingeniero Pedro Torres Silva, por permitirme que pudiera aplicar el conocimiento adquirido durante lapso de mis estudios.

A los tutores del CCAV Neiva, que me brindaron su gran apoyo durante la formación académica de mi carrera pre gradual, en especial al Ingeniero Pedro Torres Silva.

A la Universidad por brindarme la oportunidad de terminar mi ciclo de pregrado.

A la jefatura de manufactura de la planta de CONTEGRAL Neiva. Jefe de producción: Yeison Fabian Muñoz España y jefe de mantenimiento: Daniel Gil.

Tabla de Contenido

INTRODUCCION	11
2.1 ANTECEDENTES	13
3 JUSTIFICACIÓN	16
4 OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVO GENERAL	17
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
5. MARCO REFERENCIAL	18
5.1 MARCO TEORICO	18
5.1.1 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE SÓLIDOS A GRANEL	18
5.1.2 SISTEMAS DE TRANSPORTE NEUMÁTICO	18
5.2 MARCO CONCEPTUAL	19
5.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSPORTADORES NEUMÁTICOS	19
5.2.2 TIPOS DE TRANSPORTE	20
5.2.2.1 FASE DILUIDA	21
5.2.2.2 FASE DENSA	21
5.2.2.3 LÍMITES ENTRE FASE DILUIDA Y FASE DENSA	22
5.2.2.4 FLUIDIZACIÓN	23
5.2.2.5 VELOCIDAD DEL AIRE DE TRANSPORTE	24
5.2.2.6 VELOCIDAD DE LAS PARTICULAS	25
6. DESARROLLO DEL PROYECTO	27
6.1 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS	27
6.2 REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA	27
6.3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	28
6.4 MATERIAS PRIMAS PESADAS PARA LA ELABORACIÓN DE CONCENTRADOS	28
6.4.1 VARIACIÓN DE LA ECUACIÓN DE NEWTON	29
6.4.2 VARIACIÓN DE LA ECUACIÓN DE NEWTON PARA HALLAR LA VELOCIDAD FINAL	30
6.5 CAPACIDAD DEL SISTEMA	31
6.5.1 LONGITUD DE LA TUBERIA DE TRANSPORTE	32
6.5.2 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE TRANSPORTE	32
6.5.3 RAZON DE CARGA DE SOLIDOS	32
6.6 VELOCIDAD DE TRANSPORTE A LA ENTRADA DE LA TUBERÍA	34
6.7 CAIDA DE PRESIÓN DEL SISTEMA	35

<u>6.8 CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA POR ACELERACIÓN PARA EL MAIZ Y TORTA DE SOYA</u>	35
<u>7. RESULTADOS E IMPACTO ESPERADOS</u>	44
<u>7.1 RESULTADOS</u>	44
<u>7.2 IMPACTOS ESPERADOS</u>	44
<u>RESUMEN ANALITICO EDUCATIVO</u>	46
<u>REFERENCIAS</u>	48

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla 1. Características físicas</u>	25
<u>Tabla 2. Tabla de Resultados</u>	40

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1. Tipos de transporte</u>	17
<u>Figura 2. Fase diluida. (Mactenn, 2009)</u>	18
<u>Figura 3. Flujo de cama. (Mactenn, 2009)</u>	18
<u>Figura 4. Flujo en bloque. (Mactenn, 2009)</u>	19
<u>Figura 5. Fases de Fluidización</u>	21

Resumen

Una de las técnicas más importantes para transportar materiales en la industria es el movimiento del material suspendido en un flujo de aire, entre distancias horizontales y verticales que varían de unos pocos metros a cientos. El transporte neumático es usado en la industria para mover sólidos que pueden tener un diámetro en un intervalo de micras hasta 60 mm. Generalmente, este sistema es empleado cuando los sólidos son difíciles de transportar económicamente usando sistemas convencionales.

Existe una gran variedad de procesos que emplean transportes neumáticos para mover sólidos, tales como productos agrícolas, farmacéuticos y metales pulverizados. El uso de sistemas neumáticos provoca un riesgo mínimo de generación de polvo, siendo posible incluso transportar materiales peligrosos con seguridad por medio de aire presurizado.

INTRODUCCION

Este trabajo fue realizado por la identificación de las necesidades que tiene la planta de CONTEGRAL Neiva de optimizar sus tiempos en la dosificación de materias primas almacenadas en la zona de almacenamiento conocido como piscinas y prevenir los riesgos que genera la actividad. Los alimentos concentrados se fabrican con Materias Primas como granos y harinas, las que se mezclan de acuerdo con las características del alimento que se desee preparar. Una vez que se ha obtenido la mezcla adecuada, se lleva a cabo el proceso de paletizado y extrusión según sea el caso.

“Piscinas: es un espacio para el almacenamiento de granos y de otros elementos agrícolas que se utilizan para la fabricación de concentrados para animales. Estos se mantienen allí en condiciones ideales, evitando así que entren en mal estado debido a las condiciones climáticas e infestaciones de plagas, entre otros”

El diseño estructural de estas unidades de almacenamiento en la planta de Contegral C.O. Neiva son planas rectangulares. Esto genera como consecuencia que, al momento del descargue del producto, realizado por medio de un transportador tipo sinfín ubicado en el centro de la piscina, deje gran cantidad de materia prima a los lados. La materia prima que queda es dosificada por los operarios transportadores “rejeros” quienes por medio de herramientas manuales como palas desocupan el total de la piscina. Este ejercicio no optimiza los tiempos que la planta necesita para obtener un rendimiento óptimo en sus procesos de producción, en muchas ocasiones cuando se están dosificando productos que llevan gran cantidad de grano o torta para su fabricación, genera que la actividad antes mencionada puede durar de 2 a 4 horas. Esta actividad genera demasiado esfuerzo físico y cansancio para el operario que una vez termina esta actividad debe presentarse en la bodega para continuar con sus actividades.

1. TITULO

DISEÑO DE SISTEMA PARA TRANSPORTE NEUMÁTICO DE MATERIA
PRIMA.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES

El uso de la soya (*Glycine max*) en la alimentación animal ha abierto un amplio panorama a la industria de concentrados, al permitir la formulación de dietas con una excelente concentración y disponibilidad de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales. Por su alto contenido de grasas (18 a 20%) y proteínas (37 a 38%), el fríjol soya se presenta como una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animales. Con este recurso es posible satisfacer las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves y cerdos, que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como de una elevada densidad energética y proteica.

La utilización de la soya se inició en el oriente, en donde a esta leguminosa se le daba un valor tanto alimenticio como medicinal. Su procesamiento para obtener aceite y harina comenzó en tiempos más recientes y solo despertó interés en Europa hasta el año de 1908. La harina desgrasada de soya sirvió inicialmente como fertilizante y como alimento para el ganado. Su valor nutritivo fue reconocido después de la Segunda Guerra Mundial y actualmente la mayor parte de la harina es utilizada en la formulación de alimentos concentrados para cerdos, aves, peces y ganado bovino.

Son muchos los trabajos realizados en lo que respecta la utilización de la soya como fuente de proteína en la elaboración de dietas para animales, ya sea aprovechando el grano de soya integral al cual se le hace un proceso de cocción o tostado para eliminar los factores anti nutricionales o a través de un proceso más industrializado en donde se separa el aceite del grano y se utiliza el subproducto (torta de soya) como fuente proteica.

Una de las operaciones básicas es el transporte del grano entre cada proceso. A nivel mundial los transportadores de granos que son usados son; cangilones, bandas, tornillo, por succión y descarga denominados neumáticos. Para

transportar granos muy pequeños que contienen bastante cantidad de polvo se suelen usar el neumático, ya que las bandas tornillos y cangilones contaminan el medio de trabajo con polvo propio del producto (MAKLER, 2006).

De estos transportadores el más apropiado y conveniente es el neumático porque permite la succión del grano de lugares apilados de uno o varios puntos, para transportarlo a uno o diferentes lugares de almacenamiento, además de brindarle una pre-limpieza a la materia prima (VEGA, 2009).

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La implementación de un sistema de transporte neumático hace eficiente los procesos de producción de la planta de Contegral Neiva.

2.3 DESCRICIÓN DEL PROBLEMA.

La necesidad de tener un sistema óptimo, eficiente y seguro para la dosificación de materia prima. Se deriva de las condiciones en las cuales se almacena el producto. La temperatura de la región que en promedio es de 34° a 36°, las propiedades fisicoquímicas de los productos y el riesgo que genera a los operarios. Son factores que influyen en la problemática que se presenta.

La torta de soya, el destilado de maíz, el forraje, el frijol soya y el maíz son materias primas que se compactan. La torta de soya y el maíz por tener un alto valor nutricional son los productos que más se consumen en la elaboración de alimento concentrado para animales. En la planta de Contegral Neiva estos productos son almacenados en unidades de almacenamiento llamadas piscinas, su geometría es rectangular lo cual no permite que el producto no sea consumido uniformemente por el tornillo sin fin que la atraviesa. Generalmente este tipo de materias primas son almacenadas en silos gracias a su geometría cilíndrica cónica permite que el producto sea consumido uniformemente. La materia prima que genera el mayor riesgo para los operarios es la torta de soya, este producto se compacta lo cual genera mucha dependencia de los operarios para la

dosificación en el momento que se consigue desprender este cae en cantidades considerables que pueden causar un atrapamiento del personal que este laborando en la piscina.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se propone como solución a la problemática implementar un sistema mediante transporte neumático el cual nos permitiría dosificar materias primas eficientemente, mejorando los tiempos de cargue y generando seguridad a los operarios.

3 JUSTIFICACIÓN

Con este proyecto se pretende proponer una posible solución a la problemática que se está presentando en la planta, en el presente documento se presenta el diseño de un sistema de transporte neumático para sólidos el cual permite el transporte de materia prima desde las piscinas hacia las tolvas de dosificación. Enfocándonos principalmente en el transporte de torta de soya y maíz.

Con la implementación de este sistema tendríamos una mejora considerable en el proceso de dosificación de materias primas almacenadas en las piscinas, mejorando tiempos de cargue y evitando que los operarios se expongan a quedar atrapados por el desprendimiento de la materia prima.

Generalmente con un sistema de transporte neumático se pueden transportar satisfactoriamente materiales sólidos y partículas finas en el rango de los micrones hasta partículas de 20 mm, se pueden transportar en forma horizontal y/o vertical, desde algunos metros hasta máximo dos kilómetros de distancia, y con capacidades de hasta 1000 t/h a través de cañerías de hasta 500 mm de diámetro. Según el uso que le queramos dar estos se fabrican de diferentes formas y materiales, tienen infinidad de combinaciones con lo que le da la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de proceso en la industria.

Por la versatilidad del sistema es una buena opción para solucionar la problemática que se presenta en la planta de Contegral Neiva.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diseño para proponer la implementación de un sistema mediante transporte neumático que permita mejorar los tiempos de dosificación para la compañía y la seguridad de los operarios.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Optimizar los tiempos de cargue de materia prima almacenada en las piscinas.
- Reducir el cansancio físico y los riesgos que genera la actividad al operario.
- Estudiar las variables que influyen en la correcta implementación de un sistema de transporte neumático.
- Reunir la información técnica necesaria, que permita tener en cuenta las exigencias que debe cumplir un sistema de transporte neumático de ésta naturaleza.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEORICO.

5.1.1 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE SÓLIDOS A GRANEL.

Existen distintos tipos de sistemas de transporte que podrían ser utilizados para esta aplicación, pero que de alguna u otra manera no presentan la característica de flexibilidad y movilidad con la que cuenta un sistema neumático, las alternativas son; un sistema conformado por elevadores de cangilones, cintas transportadoras o un elevador del tipo tornillo sin-fin. Un sistema de transporte neumático es una alternativa viable debido a que posee una gran flexibilidad en cuanto a dirección y distancia de transporte. Por consecuencia, con el sistema de transporte neumático se ahorra espacio y éste permite además la implementación de una estación móvil que puede ser ubicada según las necesidades de cada productor para descargar piscinas, situación que no sería posible, por ejemplo, con un sistema fijo del tipo tornillo sin-fin.

5.1.2 SISTEMAS DE TRANSPORTE NEUMÁTICO.

Una de las técnicas utilizadas para transportar materiales en la industria es el movimiento del material suspendido en un flujo de aire entre distancias horizontales y verticales que varían de unos pocos a cientos de metros. El transporte neumático es usado en la industria para transportar sólidos que pueden tener un diámetro en un rango de micras hasta 60 mm. Generalmente, este sistema es empleado cuando la utilización de sistemas convencionales involucra un alto costo de implementación. Existe una gran variedad de procesos que emplean transportes neumáticos para mover sólidos como por ejemplo materiales provenientes de la extracción minera, productos farmacéuticos, metales pulverizados, entre otros.

Usando sistemas neumáticos, hay un mínimo riesgo de generación de polvo, e incluso pueden ser transportados con seguridad materiales peligrosos por medio de aire presurizado.

El sistema es totalmente cerrado y si fuera necesario, pueden operar enteramente sin partes móviles que hagan contacto con el material a transportar. Para transportar materiales se puede utilizar, alta presión, baja presión e incluso presión negativa. Para materiales higroscópicos se puede utilizar aire previamente tratado y para materiales potencialmente explosivos, se puede utilizar un gas inerte, tal como el nitrógeno.

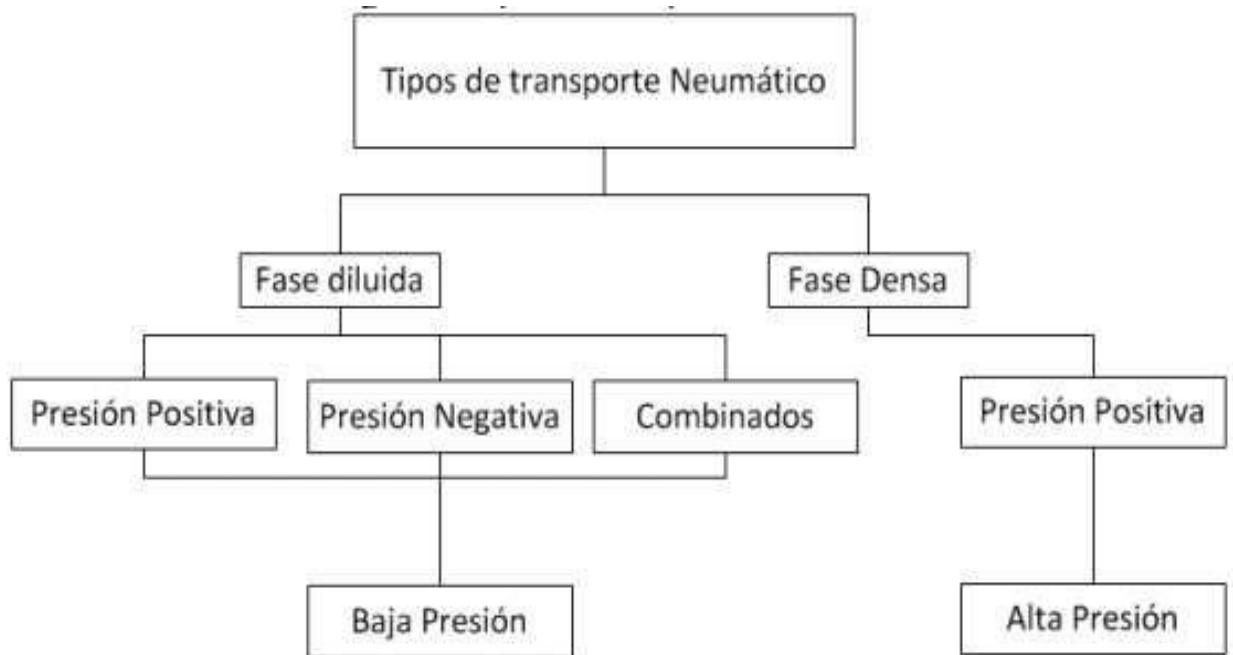
En general, instalar este tipo de sistema de transporte no requiere de mucho espacio, y las tuberías pueden atravesar paredes, cruzar techos o hasta ubicarse bajo tierra para evitar equipos o estructuras existentes, mientras que un transportador de tornillo sin-fin, un elevador de cangilones, o la mayoría de los sistemas mecánicos difícilmente cuentan con estas características. (Mills, 2004, pág. 3).

5.2 MARCO CONCEPTUAL

5.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSPORTADORES NEUMÁTICOS.

Basándose en el estudio bibliográfico se puede concluir que existen dos tipos de transporte neumático, los cuales tienen distintos principios de funcionamiento.

Figura 1. Tipos de transporte.



Fuente: (MILLS, 2004)

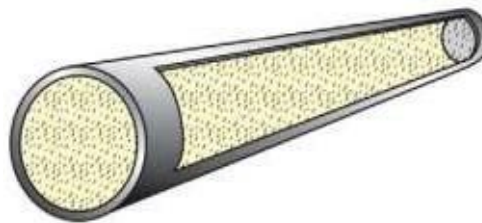
5.2.2 TIPOS DE TRANSPORTE

Existe mucha confusión sobre como los materiales se comportan dentro de la tubería o ducto de transporte y la terminología utilizada dado el modo de flujo. En primer lugar, se debe reconocer que los materiales pueden ser transportados dentro de la tubería por lotes o bien de forma continua. De esta forma se pueden reconocer dos tipos o formas de transporte; en el caso que el material transportado fluya a lo largo de la tubería suspendido en el flujo de aire a alta velocidad y la concentración de material sea baja, hablaremos de transporte en fase diluida. Por el contrario, si el material es transportado dentro de la tubería en una concentración elevada a baja velocidad y no fluye suspendido en el gas, hablaremos de transporte en fase densa.

5.2.2.1 FASE DILUIDA.

El transporte neumático por succión se utiliza mayoritariamente para arrastrar material, de uno o varios puntos a un punto en común, este sistema es muy eficiente cuando la diferencia de presión entre los puntos de carga el material es nula o mínima. Es ideal para transportar material toxico, ya que las fugas posibles son del exterior hacia dentro de la tubería, con lo que no hay riesgo de contaminación.

Figura 2. Fase diluida. (Mactenn, 2009)



5.2.2.2 FASE DENSA.

En este modo de transporte, se pueden reconocer dos tipos de flujo de material. El primero es el flujo de cama, descrito de esta manera, debido a que parte de las partículas se depositan en el fondo de la tubería, produciéndose sobre ellas un flujo de desplazamiento. Este tipo de flujo es posible de lograr, sólo si el material a transportar posee una buena retención de aire, limitándose típicamente a polvos finos con un tamaño de partículas promedio entre 40-70 μm .

Figura 3. Flujo de cama. (Mactenn, 2009)

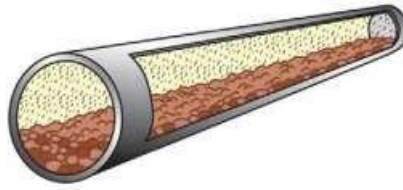
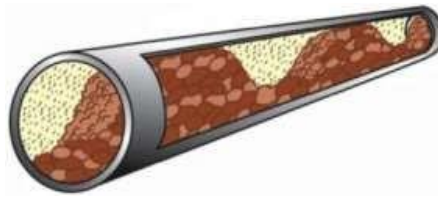


Figura 4. Flujo en bloque. (Mactenn, 2009)



Según (Gonzales, 2006), un sistema de alta concentración o sistema de fase densa es aquel en donde el material es movido dentro de la tubería de transporte hacia el punto de destino en un flujo de no-suspensión, es decir, el material avanza sobre el fondo del ducto, a modo de oleadas gracias a la alta presión del gas y/o aire.

5.2.2.3 LÍMITES ENTRE FASE DILUIDA Y FASE DENSA.

No existe una manera de consensuar cuando se trata de fase diluida o fase densa, de manera común se utiliza la observación y descripción de las mismas, para ubicar que tipo de transporte se está utilizando.

Para diferenciar los dos tipos de transporte se recurre a un parámetro de referencia de velocidad de "Choking" la cual marca un límite entre fase diluida y fase densa, valores superiores a la velocidad de Choking indican fase diluida e inferiores a estas Fase densa (MILLS, 2004).

5.2.2.4 FLUIDIZACIÓN.

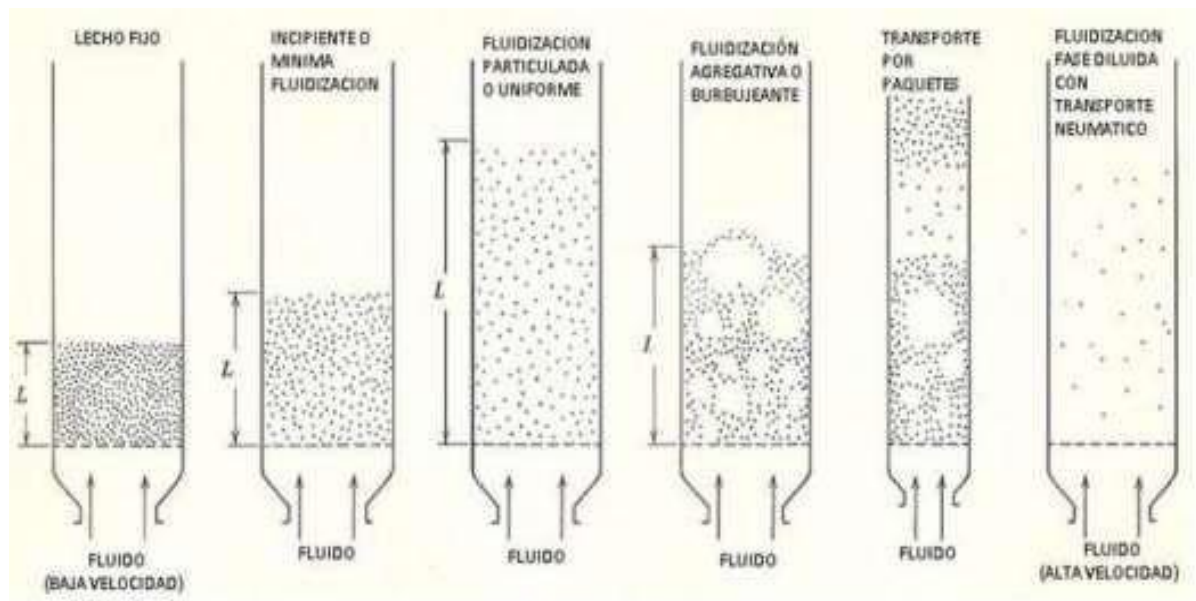
Es el Proceso por el cual se hace posible el transporte Neumático, ya que, dependiendo del grado de este, se clasifican los tipos de transporte, ya sean en fase diluida o en fase densa; además, las condiciones de funcionamiento, como es el consumo de potencia y desgaste, están relacionados directamente con este proceso que utiliza un flujo de gas para suspender partículas sólidas. Usando un punto de vista Macroscópico, las partículas sólidas llegan a comportarse como un fluido, de allí nace el nombre de fluidización. Al conjunto de partículas fluidizadas se le denomina también lecho fluidizado. Si se tiene un conjunto de partículas en reposo y atraviesa un flujo de fluido con un bajo caudal, se lo conoce como lecho fijo. Al aumentarse el caudal, la velocidad del fluido impulsor se incrementa, provocando que unas partículas vibren y alcancen movimientos en regiones determinadas; a esto se lo conoce como lecho expandido.

Si la velocidad se incrementa aún más, las partículas en su totalidad son suspendidas; superando la fuerza de fricción entre la partícula sólida con la tubería de transporte; También desaparece por completo las fuerzas de cohesión entre las partículas, a esto se le llama mínima fluidización. Un incremento en caudal resulta en una expansión progresiva del lecho, la mezcla es casi completa homogénea, y los burbujeos son indiferentes, tomando el nombre de fluidización particulada o uniforme.

Si se aumenta el flujo la agitación entre partículas se torna muy violenta, el lecho no se expande más allá de una mínima fluidización, produciéndose la llamada fluidización agregativa o burbujeante. Las burbujas pueden dar origen al fenómeno de empaquetamiento, según la geometría del ducto transportador o recipiente, las burbujas pueden alcanzar gran tamaño incluso a alcanzar las paredes del recipiente que lo contiene. El lecho que se encuentra sobre esta es empujado como por un pistón, analógicamente, hacia arriba; luego las partículas caen en un movimiento oscilante desintegrándose la burbuja, a este fenómeno se lo puede aprovechar para transportar material en fase densa. Los tipos de mezcla (sólido-fluido) estudiados se consideran en fase densa ya que existe un

lecho claramente definido. Si se aumentase la velocidad del fluido, la fuerza de arrastre a las partículas se incrementa, y las partículas se adhieren a la corriente de aire siendo transportadas por la misma, se alcanza una fluidización en fase diluida con transporte de material (VEGA, 2009).

Figura 5. Fases de Fluidización



Fuente: (VEGA, 2009)

5.2.2.5 VELOCIDAD DEL AIRE DE TRANSPORTE.

Según (Mills, 2004), en el transporte en fase diluida, se debe mantener una velocidad de aire relativamente alta, se habla en general de 12 m/s para polvos finos, 16 m/s para un material granular fino, y velocidades aún mayores para partículas de mayor tamaño. En el transporte en fase densa, las velocidades del aire pueden disminuir hasta, a 3 m/s y aún menos en determinadas circunstancias. Estos valores estimados, son medidos o definidos como la velocidad del aire a la entrada de la tubería de transporte, ya que como sabemos, el aire es compresible, y ocurrirá que mientras el material es transportado a lo largo de las tuberías, la presión de aire disminuirá y el caudal se incrementará.

5.2.2.6 VELOCIDAD DE LAS PARTICULAS.

En el transporte en fase diluida, con partículas en suspensión, el mecanismo de transporte es la fuerza de arrastre. Por lo tanto, la velocidad de las partículas será menor a la velocidad del aire de transporte.

Medir la velocidad de las partículas es un proceso difícil y complejo y a menos que se trate de un proceso de investigación, esta velocidad generalmente no es medida. Por lo general, solo se habla de la velocidad del aire en los sistemas de transporte neumático. Como regla general según (Mills, 2004), En una tubería horizontal, la velocidad de las partículas será típicamente cercana al 80% de la velocidad del aire.

Esto se expresa generalmente como la “razón de deslizamiento”, la que se obtiene dividiendo la velocidad de las partículas por la velocidad del aire, en este caso el valor sería 0.8. El valor depende del tamaño de las partículas, forma y densidad, por lo que el valor puede variar en una gama muy amplia. En el flujo en una tubería vertical un valor típico de la tasa de deslizamiento es de 0,7. Estos valores se refieren a velocidades constantes a lo largo de las tuberías, desde el punto en que se alimenta el material a la tubería, codos y cualquier otra alteración de flujo posible. En el punto en el que se alimenta el material a la tubería, se asume que este tendrá una velocidad igual a 0. El material será luego acelerado por el aire de transporte a lo largo de la tubería hasta alcanzar su velocidad de desplazamiento. Este proceso ocurrirá durante algunos metros de la tubería, los que se conocen como longitud de aceleración. La distancia real dependerá una vez más del tamaño, forma y densidad de las partículas. Según (Gonzales, 2006), es posible determinar el valor de la velocidad mínima de transporte de un material del que no se hayan efectuado pruebas en laboratorios y del que no se tengan registros, mediante el concepto de la velocidad final. La velocidad final es aquella que alcanza una partícula cuando cae libremente por un fluido viscoso y las fuerzas que actúan sobre ella se equilibran (fuerza de gravedad, empuje y fuerza de arrastre). De igual manera, si la partícula es soplada con la velocidad final hacia arriba, ésta no se moverá, entonces la velocidad final puede ser tomada como la velocidad mínima para que las partículas puedan ser

suspendidas en el aire y a partir de la cual, en la medida de sufrir un incremento, será posible el transporte.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS

Para determinar las especificaciones y requerimientos de un sistema de transporte neumático es necesario la utilización de la Ingeniería Concurrente y estudiar los casos en los cuales ya se ha trabajado e implementado el sistema, la cual nos guía para hallar dichos parámetros y especificaciones los cuales ayuden en un correcto diseño.

El sistema de transporte neumático debe poseer todas las especificaciones y requerimientos que el usuario exija, los mismos que ayudaran establecer parámetros técnicos con el objetivo de satisfacer a cabalidad su desempeño y sin provocar daños al producto (RIBA, 2002).

6.2 REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA.

Tomando en cuenta la voz del usuario, nos proporciona las necesidades que se requieren en un sistema de transporte neumático para diversas materias primas que se utilizan en la elaboración de alimentos concentrados para animales, atendiendo la observación directa, sugerencias de operadores, se llega a concluir los siguientes:

- Fácil operación
- Absorción total del producto
- Funcionamiento con energía eléctrica
- Rapidez de evacuación
- Cumpla normas de higiene
- Fácil mantenimiento
- No provoque daños al producto
- Sistema silencioso

- No exista desperdicio
- Económico

6.3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

Considerando las necesidades del usuario se realiza la interpretación de los requerimientos y se los transforma a características técnicas, por parte del Ingeniero, las cuales son:

- Ergonomía
- Caudal de aire adecuado de succión
- Suministro de energía eléctrica
- Producción
- Confiabilidad del sistema
- Velocidad de transporte
- Nivel de ruido aceptable
- Costo del sistema

6.4 MATERIAS PRIMAS PESADAS PARA LA ELABORACIÓN DE CONCENTRADOS

En la elaboración de alimento concentrado para animales es muy común ver infinidad de tipos de materia prima que se utilizan, ya que estos se elaboran con subproductos de plantas que procesan granos y animales. Los principales ingredientes son el maíz y la torta de soya ya que estos contienen un valor proteínico muy alto que contribuyen a la conversión del animal. El conocimiento de la transformación de muchos diferentes ingredientes con características físicas y químicas tan variadas, son necesarias para garantizar el buen desempeño del alimento a nivel de granjas animales. Esto requiere de un conocimiento y disciplina en el proceso para asegurar y mantener el producto en un estado balanceado y homogéneo.

Tabla 1. Características físicas

Maíz	Torta de soya
Densidad: 820 kg/m ³	Densidad: 700 kg/m ³
Diámetro de partícula: 8 mm	Diámetro de partícula: 8 mm
Longitud promedio: 15 mm	Longitud promedio: 20 mm

Elaboración propia

6.4.1 VARIACIÓN DE LA ECUACIÓN DE NEWTON.

Para hallar la velocidad final de las partículas.

$$V_f = \sqrt{\frac{A * g * d_s * (y_s - y_a)}{3 * C_d * y_a}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Vf: Velocidad final de la partícula (m/s)

g: Aceleración gravitacional (9.81 m/s²)

ds: Diámetro de sección de la partícula (0.008 m)

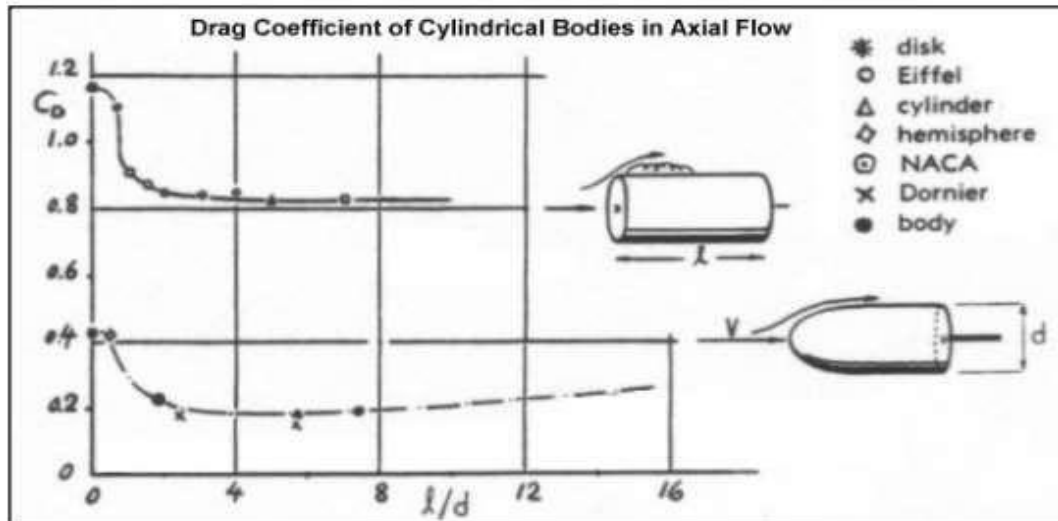
ys: Peso específico del material (kgf/m³)

ya: Peso específico del aire (1.225kgf/m³)

Cd: Coeficiente de arrastre 0.41

El coeficiente de arrastre para cuerpos cilíndricos es posible obtenerlo a partir del gráfico.

Figura 6. Coeficiente de arrastre de cuerpos cilíndricos. (Mills, 2004).



Para realizar el desarrollo de la formula lo primero que debemos hacer es hallar el coeficiente de arrastre (C_d).

$$R_{asp} = \frac{l}{d} \quad \text{Ecuación 2}$$

El coeficiente de arrastre se obtiene dependiendo de su relación de aspecto y de acuerdo con las medidas de las partículas a partir de la siguiente formula:

Coeficiente de arrastre del maíz.

$$R_{asp} = \frac{l}{d} = \frac{15}{8} = 1.875 = 0.41 \text{ segun tabla}$$

Coeficiente de arrastres de la torta de soya.

$$R_{asp} = \frac{l}{d} = \frac{20}{8} = 2.5 = 0.82 \text{ segun tabla}$$

6.4.2 VARIACIÓN DE LA ECUACIÓN DE NEWTON PARA HALLAR LA VELOCIDAD FINAL.

Desarrollo variación de la ecuación de newton, MAIZ. A partir de la Ecuación 1, se tiene:

$$V_f = \sqrt{\frac{(4)(9,81)(0,008)(820 - 1,225)}{(3)(0,41)(1,225)}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{(0,31392)(818,725)}{1,50675}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{257,029848}{1,50675}}$$

$$V_f = 13,0608 \text{ m/s}$$

Desarrollo variación de la ecuación de newton, TORTA DE SOYA. De la misma forma para el maíz, a partir de la Ecuación 1:

$$V_f = \sqrt{\frac{(4)(9,81)(0,008)(700 - 1,225)}{(3)(0,82)(1,225)}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{(0,31392)(698,775)}{3,0135}}$$

$$V_f = \sqrt{\frac{219,359448}{3,0135}}$$

$$V_f = 8,5318 \text{ m/s}$$

6.5 CAPACIDAD DEL SISTEMA.

Para efectos de diseño, es necesario definir cuál será la capacidad del sistema. Esta capacidad se define generalmente en función a una unidad de tiempo, por ejemplo, ton/h. En este caso considerando que la capacidad de un silo de

almacenamiento es en promedio de 15 a 30 Ton, y no perdiendo de vista que uno de los objetivos es diseñar un equipo modular y de fácil transporte, se definirá que la capacidad del equipo será de 12 ton/h.

6.5.1 LONGITUD DE LA TUBERIA DE TRANSPORTE.

Es necesario definir en este punto, la distancia de transporte, así como la dirección y todos los detalles de la tubería. Es primordial definir la distancia real que recorrerá la tubería de transporte, así como también definir claramente la orientación de los distintos tramos que compondrán el sistema, junto con el número de curvas para proceder a calcular luego las pérdidas de carga del sistema. La longitud de la tubería de transporte debe ser considerada en términos de las longitudes individuales de los tramos horizontales, verticales hacia arriba y verticales hacia abajo.

La geometría de las curvas se considera en términos del ángulo que describen y la relación del diámetro de estas (D) y el diámetro de la tubería (d).

6.5.2 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE TRANSPORTE

Como ya fue explicado, el diámetro de la tubería de transporte es una de las variables principales en términos de lograr una determinada tasa de flujo de material. Es por esto necesario, seleccionar de forma intuitiva un diámetro de tubería. En caso que el diámetro seleccionado no cumpla con los requisitos, será necesario volver a seleccionar un diámetro de tubería distinto, para asegurar la tasa de flujo requerida en el sistema. Diámetro seleccionado para la tubería de transporte: 150mm.

6.5.3 RAZON DE CARGA DE SOLIDOS.

La razón de carga de sólidos o densidad de fase es un parámetro muy útil para ayudar a visualizar el tipo de flujo dentro de la tubería de transporte. Se define

como la masa total del material transportado dividido en la masa total del aire utilizado para realizar el transporte (Mills, 2004, pág. 7). Esta razón tiene una forma adimensional, por lo que se expresa como un número sin unidades mediante la siguiente fórmula:

$$\Phi = \frac{\dot{m}_p}{3.6 * m_a} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Φ : razón de carga (adimensional)

m_p : Masa del flujo de material; (Ton/h)

m_a : Masa del flujo de aire; (kg/s)

Dado que generalmente la masa o peso del sólido transportado se expresa en unidades de toneladas/hora y a su vez, el caudal másico de aire es calculado en Kilogramos/segundo, se utiliza la constante 3,6 para transformar el término a forma adimensional.

Una característica particular de este parámetro es que su valor se mantiene prácticamente constante a lo largo de la tubería de transporte, a diferencia de la velocidad de transporte y del caudal volumétrico que cambian constantemente.

De acuerdo con esta “razón de carga de sólidos”, se define como norma general lo siguiente:

- Sistemas de baja concentración o fase diluida $\Phi < 20$
- Sistemas de alta concentración o fase densa $\Phi > 20$

En promedio se tiene proyectado que el sistema de transporte neumático el cual se va a implementar en la planta CONTEGRAL Neiva maneje una carga adimensional de unas 15 ton/h como mínimo”.

Desarrollo de fórmula:

$$\text{Ecuación 4} \quad \emptyset = \frac{15}{3,6 \cdot 4 \cdot 1666} = 17,36 \text{ razon de carga}$$

El resultado nos define que el sistema sería de baja concentración o fase diluida.

6.6 VELOCIDAD DE TRANSPORTE A LA ENTRADA DE LA TUBERÍA.

Al final del proceso de diseño surgirán dos valores; uno es el diámetro de la tubería de transporte y el otro son los requerimientos de aire en términos del flujo volumétrico y la presión, es por esto por lo que es necesario evaluar la velocidad de transporte. La velocidad del aire a la entrada de la tubería (C_1), no es un parámetro cuyo valor sea estimado, sino que debe ser calculado. Para el transporte en fase diluida, el valor mínimo (C_{min}) de la velocidad de transporte, será típicamente mayor a los 10 m/s. Para propósitos de diseño, el valor de la velocidad de transporte (C_1), será adoptada como el valor mínimo de transporte más un 20 por ciento.

$$\text{Ecuación 5} \quad C_1 = 1,2 \cdot C_{min}$$

Evidentemente no es aconsejable seleccionar el valor mínimo de la velocidad del aire de transporte para fines de diseño, este margen es para permitir un aumento en la tasa de flujo de material y como factor de seguridad.

Luego de haber calculado el valor de la velocidad final para la partícula en el punto 0, se seleccionará una velocidad de transporte mínima de 15 m/s, para asegurar un flujo continuo de material; por lo tanto, reemplazando en la ecuación.

$$C_1 = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ M/S}$$

Por lo tanto, la velocidad de transporte en la entrada de la tubería (C_1), será igual a 18 m/s.

6.7 CAIDA DE PRESIÓN DEL SISTEMA.

Tal vez una de las características más importantes de determinar en un sistema de transporte neumático, es la caída de presión del sistema. Esta caída de presión se compone de la suma total de las caídas de presión originadas por diversos factores, tales como, la pérdida de carga por la aceleración. Las partículas que ingresan al sistema deben ser aceleradas hasta alcanzar la velocidad de transporte, lo que origina una pérdida de carga.

Un fenómeno similar ocurre en las curvas del sistema, ya que luego que las partículas al momento de enfrentar un codo impactan las paredes interiores de la tubería de transporte sufriendo una desaceleración, por lo que el sistema debe volver a acelerarlas hasta la velocidad normal de transporte.

A su vez, debido al largo de los tramos de transporte, en sentido horizontal y vertical, se producen pérdidas de carga, las que afectan la pérdida de carga total del sistema. Para calcular la pérdida de carga del sistema, haremos uso de la siguiente ecuación, que considera cada una de las pérdidas ocasionadas por los fenómenos antes descritos.

Para esto, se debe antes identificar individualmente cada una de las pérdidas de carga que ocurren en el sistema.

6.8 CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA POR ACELERACIÓN PARA EL MAIZ Y TORTA DE SOYA

Ecuación 6

$$\Delta P_{ac} = \gamma_a \cdot \frac{V_a^2}{2 \cdot g} \cdot \left(1 + 2 \cdot \mu \cdot \frac{V_s}{V_a} \right)$$

Se debe comenzar por calcular la concentración (μ) y la velocidad de la partícula (V_s) desarrollando las siguientes ecuaciones.

Ecuación 7

$$\mu = \frac{G_s}{G_a}$$

G : Peso de sólido a transportar; $15 \frac{ton}{h} = 4,1666 \frac{kg}{s}$

G_a : Peso del aire de transporte, $G_a = y_a \cdot Q$

CAUDAL DEL AIRE:

Ecuación 8

$$Q = V_a \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$
$$Q = 18 \cdot \frac{\pi \cdot (0,15)^2}{4} = 0,3181 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$G_a = 1,225 \cdot 0,3181 = 0,3897 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Ahora calculamos la concentración.

$$\mu = \frac{4,1666}{0,3897} = 10,6918$$

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA PARTÍCULA, MAIZ.

Ecuación 9

$$V_s = V_a \cdot (1 - 0,008 \cdot d_s^{0,3} \cdot \gamma_s^{0,5})$$

$$V_s = 18 \cdot (1 - 0,008 \cdot (8)^{0,3} \cdot (820)^{0,5}) = 10,3052 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ahora reemplazando estos valores en la ecuación de la pérdida de carga por aceleración, se obtiene:

$$\Delta P_{ac} = 1,225 \cdot \frac{18^2}{2 \cdot 9,81} \cdot (1 + 2 \cdot 10,6918 \cdot \frac{10,3052}{18})$$

$$\Delta p_{ac} = 25.780 \text{ mm H}_2\text{O}$$

CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA PARTÍCULA, TORTA DE SOYA.

Ecuación 10

$$V_s = V_a \cdot (1 - 0,008 \cdot d_s^{0,3} \cdot \gamma_s^{0,5})$$

$$V_s = 18 \cdot (1 - 0,008 \cdot (8)^{0,3} \cdot (700)^{0,5}) = 10,8905 \frac{m}{s}$$

Ahora reemplazando estos valores en la ecuación de la pérdida de carga por aceleración, se obtiene:

$$\Delta P_{ac} = 1,225 \cdot \frac{18^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(1 + 2 \cdot 10,6918 \cdot \frac{10,8905}{18}\right)$$

$$\Delta p_{ac} = 27.133 \text{ mm H}_2\text{O}$$

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS VERTICALES, MAIZ.

Ecuación 11

$$\Delta P_V = \mu \cdot \gamma_a \cdot g \cdot L_V \cdot \frac{V_a}{V_s}$$

Donde:

L_v : Longitud vertical 9 (m)

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$\Delta P_v = 10,6918 * 1,225 * 9,81 * 9 * \frac{18}{10,3052} = 2,019 \text{ mm H}_2\text{O}$$

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS VERTICALES, TORTA DE SOYA.

Ecuación 12

$$\Delta P_V = \mu \cdot \gamma_a \cdot g \cdot L_V \cdot \frac{V_a}{V_s}$$

Donde:

L_v : Longitud vertical 9 (m)

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$\Delta P_v = 10,6918 * 1,225 * 9,81 * 9 * \frac{18}{10,8905} = 1,911 \text{ mm H}_2\text{O}$$

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS HORIZONTALES.

Ecuación 13

$$\Delta P_H = \gamma_a \cdot \frac{V_a^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{L_H}{D} \cdot (f_a + \mu \cdot f_s)$$

Donde:

L_h : Longitud horizontal; 20 (m)

F_a : Factor de fricción del aire

F_s : Factor de fricción de la partícula

FACTOR DE FRICCIÓN DEL AIRE:

Ecuación 14

$$f_a = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Donde:

ϵ/D : Rugosidad relativa; 0,00045.

Re : Número de Reynolds

$$Re = \frac{V_a \cdot D}{\nu_a}$$

Ecuación 15

Donde:

ν_a : Viscosidad cinemática del aire a una temperatura promedio 0°C a 49°C.

$$1,33 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{18 \cdot 0,15}{1,33 \cdot 10^{-5}} = 203008$$

Ahora vamos a desarrollar la ecuación

$$F_a = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{1}{3,7 \cdot 0,00045} + \frac{5,74}{203008^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$F_a = 0,0159$$

FACTOR DE FRICCIÓN DE LA PARTÍCULA, MAIZ.

Ecuación 16

$$f_s = 0,082 \cdot Fr_s^{0,25} \cdot \frac{(D/d_s)^{0,1}}{\mu^{0,3} \cdot Fr_a^{0,86}}$$

Valido para $d_s > 0,5 \text{ mm}$

Donde: Fr_s : numero de froude para la partícula

Ecuación 17

$$Fr_s = \frac{V_f^2}{g \cdot d_s}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación:

$$Fr_s = \frac{13,0608^2}{9,81 * 0,008} = 0,1391$$

Fr_A : Numero de fraude para el aire

Ecuación 18

$$Fr_a = \frac{V_a^2}{g \cdot D}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación:

$$Fr_a = \frac{18^2}{9,81 * 0,15} = 4,9541$$

Al obtener los resultados procedemos a desarrollar la ecuación fricción de la partícula

$$F_s = 0,0082 * 0,1391^{0,25} * \frac{(\frac{0,15}{0,008})^{0,1}}{10,6918^{0,3} * 4,9541^{0,86}}$$

$$F_s = 0,0082 * 1,0330 * \frac{1,3406}{2,0357 * 3,9597}$$

$$F_s = 0,0084 * \frac{1,3406}{8,0607}$$

$$F_s = 0,0084 * 0,1663$$

$$F_s = 0,0013$$

Para encontrar la pérdida de carga en los tramos horizontales, se deben reemplazar estos valores en la ecuación.

$$\Delta p_H = 1,225 * \frac{18^2}{2 * 9,81} * \frac{20}{0,15} * (0,0159 + 10,6918 * 0,0013)$$

$$\Delta p_H = 80,1082 \text{ mm H}_2\text{O}$$

FACTOR DE FRICCIÓN DE LA PARTÍCULA, TORTA DE SOYA.

$$f_s = 0,082 \cdot Fr_s^{0,25} \cdot \frac{(D/d_s)^{0,1}}{\mu^{0,3} \cdot Fr_a^{0,86}}$$

Valido para $d_s > 0,5 \text{ mm}$

Donde: Fr_s : numero de froude para la partícula

$$Fr_s = \frac{V_f^2}{g \cdot d_s}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación:

$$Fr_s = \frac{8,3467^2}{9,81 * 0,008} = 0,0568$$

Fr_a : Numero de fraude para el aire

$$Fr_a = \frac{V_a^2}{g \cdot D}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación:

$$Fr_a = \frac{18^2}{9,81 * 0,15} = 4,9541$$

Al obtener los resultados procedemos a desarrollar la ecuación fricción de la partícula

$$F_s = 0,0082 * 0,0568^{0,25} * \frac{\left(\frac{0,15}{0,008}\right)^{0,1}}{10,6918^{0,3} * 4,9541^{0,86}}$$

$$F_s = 0,0082 * 0,4881 * \frac{1,3406}{2,0357 * 3,9597}$$

$$F_s = 0,004 * \frac{1,3406}{8,0607}$$

$$F_s = 0,004 * 0,1663$$

$$F_s = 0,0006$$

Para encontrar la pérdida de carga en los tramos horizontales, se deben reemplazar estos valores en la ecuación.

$$\Delta p_H = 1,225 * \frac{18^2}{2 * 9,81} * \frac{20}{0,15} * (0,0159 + 10,6918 * 0,0006)$$

$$\Delta p_H = 60,1486$$

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN LOS CODOS.

$$\text{Ecuación 19 } \Delta P_{codo} = N \cdot k_c \cdot (1 + \mu) \cdot \gamma_a \cdot \frac{V_a^2}{2 \cdot g}$$

R _c /D _c	K _c
2	1.5
4	0.75
≥6	0.5

Donde:

N: Número de codos en la tubería de transporte.

K_c: Factor según la siguiente tabla.

$$\Delta P_{codo} = 2 * 1,5 * (1 * 10,6918) * 1,225 * \frac{18^2}{2 * 9,81}$$

$$\Delta P_{codo} = 709,5501 \text{ mm H}_2\text{O}$$

CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA DEL SISTEMA.

Finalmente, la pérdida de carga del sistema será la sumatoria de las pérdidas calculadas, en base a la ecuación.

Ecuación 20 $\Delta P_{Linea} = \Delta P_{ac} + \Delta P_V + \Delta P_H + \Delta P_{codo}$

Reemplazando los valores en la ecuación.

MAIZ.

$$\Delta P_{Linea} = 25,780 + 2,019 + 80,1082 + 709,5501$$

$$\Delta P_{Linea} = 817,4573 \text{ mm H}_2\text{O}$$

TORTA DE SOYA.

$$\Delta P_{Linea} = 27,133 + 1,911 + 60,1486 + 709,5501$$

$$\Delta P_{Linea} = 798.7427 \text{ mm H}_2\text{O}$$

CÁLCULO DE LA MASA DEL FLUJO DE AIRE.

La determinación de la masa del caudal de aire es la primera etapa en la evaluación de la razón de carga de los sólidos (Φ) y además proporciona un control sobre el valor de la velocidad de transporte en la entrada de la tubería. La masa del caudal de aire se puede evaluar a partir de la Ley de los gases ideales, tal como se expresa en la siguiente fórmula:

Donde:

m_a : Masa del caudal aire (kg/s)

$$\dot{m}_a = \frac{2,74 p_1 C_1 d^2}{T_1}$$

R: Constante universal de los gases ideales (kJ/kg)

Ecuación 21

Reordenando la ecuación en términos de la masa del caudal de aire y sustituyendo la constante universal de los gases ideales para el aire, igual a R= 0,287 (kJ/kg)

P_1 : 101,3+100(0,0605) kN/m²

C_1 : 18 m/s

d^2 : (0,15)²m

T : 36°C temperatura ambiente en Neiva = 311°K

Reemplazando:

$$m_a = \frac{2,74 * (101,3 + 100(0,0605)) * 18 * (0,15)^2}{311}$$

$$m_a = 0,3830 \text{ kg/s}$$

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO.

Procederemos a determinar el volumen de aire requerido por el sistema, para esto se utilizará la ecuación propuesta por (Mills, 2004, pág. 363), quien señala que los requerimientos de aire en función del flujo volumétrico se expresan de la siguiente manera:

Ecuación 22 $\dot{m}_a = \rho \cdot \dot{V} \text{ (kg/s)}$

Reordenando la ecuación y sustituyendo los valores obtenemos:

$$V = \frac{m_a}{\rho}$$

$$V = \frac{0,3830}{1,225} = 0,3126 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,3126 \text{ m}^3/\text{s} = 18,756 \text{ m}^3/\text{min} = 1125,36 \text{ m}^3/\text{h}$$

7. RESULTADOS E IMPACTO ESPERADOS

7.1 RESULTADOS.

Tabla 2. Tabla de Resultados

Coeficiente de arrastre del maíz	0,41 según tabla
Coeficiente de arrastre de la torta de soya	0,82 según tabla
variación de la ecuación de newton, Maíz	13,0608 m/s
variación de la ecuación de newton, Torta de soya	8,5318 m/s
Razón de carga	17,36 adimensional
flujo continuo de material	18 M/S
Caudal del aire	0,3181 m³/s
Concentración de la partícula	10,6918 μ
Velocidad de la partícula, maíz.	10,3052 m/s
Pérdida de carga por aceleración, maíz.	25.780 mm H₂O
Velocidad de la partícula, torta de soya	10,8905 m/s
Pérdida de carga por aceleración, torta de soya.	27.133 mm H₂O
Pérdida de carga en tuberías verticales, maíz	2,019 mm H₂O
Pérdida de carga en tuberías verticales, torta de soya	,911 mm H₂O
Factor de fricción de la partícula, maíz	0,0013 mm
Factor de fricción de la partícula, torta de soya.	0,0006 mm
Pérdida de carga en tuberías horizontales, maíz	80,1082 mm H₂O
pérdida de carga en los tramos horizontales, torta de soya	60,1486mm H₂O
Pérdida de carga en los codos	709,5501 mm H₂O
Pérdida de carga del sistema, maíz	817,4573 mm H₂O
Pérdida de carga del sistema, torta de soya	798.7427 mm H₂O
Masa del flujo de aire	0,3830 kg/s
Volumen de aire requerido	1125,36 m³/ h

Fuente elaboración propia

7.2 IMPACTOS ESPERADOS

Con los resultados obtenidos, se espera contribuir a la mejora del proceso de dosificación de materia prima desde las piscinas. Aliviar y reducir el esfuerzo físico por parte de los operarios. Se calcularon los factores más importantes en el diseño de un sistema de transporte neumático. La velocidad final de las partículas, la pérdida de carga del sistema y el caudal de aire requerido. Con el fin de determinar la capacidad y de analizar la viabilidad del sistema.

CONCLUSIONES

Se puede concluir; que un sistema de estas características es una alternativa viable, para solucionar el problema que se presenta en la planta. Los operarios de producción encargados de la dosificación de materia prima almacenada en las piscinas van a hacer los más beneficiados ya que este tipo de sistema mejoraría su condición física y el tiempo que van a estar esta función tendría una reducción considerable lo cual es favorable para la planta.

Se estudiaron las principales variables que influyen en el diseño de un sistema de transporte neumático, estas son; la velocidad final de las partículas, la pérdida de carga del sistema y el caudal de aire requerido. Respecto de la velocidad final de las partículas, se puede concluir, que es el primer valor a determinar en el proceso de cálculo, ya que condicionará la velocidad de transporte a lo largo del sistema y definirá de esta manera, aspectos como el caudal de aire requerido. Otra variable importante dentro del proceso de diseño es, la pérdida de carga del sistema, al tratarse de un sistema de presión positiva, se deben identificar individualmente las zonas donde existe una disminución de la presión del flujo de aire. Al sumar estas pérdidas de carga se obtiene la pérdida total del sistema, la que influirá directamente en la selección del generador del aire (turbina o blower).

Consultando referencias y monografías inclinadas al estudio de sistemas neumáticos para transporte de sólidos. Identificamos los principales temas que se deben estudiar para obtener la información técnica necesaria para su diseño y construcción. Una vez realizado un estudio preliminar se tomaron en cuenta las principales variables que se deben calcular, se realizaron los cálculos y los resultados se compartieron con los posibles constructores del sistema quienes enfatizaron de manera positiva con los resultados obtenidos.

RESUMEN ANALITICO EDUCATIVO

Título del texto	Diseño de sistema para transporte neumático de materia prima.
Nombres y Apellidos del Autor	Diego Fernando Herran
Año de la publicación	2019
Resumen del texto:	Una de las técnicas más importantes para transportar materiales en la industria es el movimiento del material suspendido en un flujo de aire, entre distancias horizontales y verticales que varían de unos pocos metros a cientos. El transporte neumático es usado en la industria para mover sólidos que pueden tener un diámetro en un intervalo de micras hasta 60 mm. Generalmente, este sistema es empleado cuando los sólidos son difíciles de transportar económicamente usando sistemas convencionales.
Palabras Claves:	Transporte neumático, velocidad, capacidad, flujo de aire, partículas, caudal, sistema, industria, factor, fricción, materias primas y alimento concentrado para animales.
Problema que aborda el texto:	El presente hace énfasis en la necesidad de tener un medio para reducir las molestias físicas causadas por la actividad y para mejorar los tiempos de dosificación de materia prima desde las piscinas.
Objetivos del texto:	Realizar un diseño para proponer la implementación de un sistema mediante transporte neumático que permita mejorar los tiempos de dosificación para la compañía y la seguridad de los operarios.
Hipótesis planteada por el autor:	El transporte neumático es un medio con el cual cuenta la industria para mover sus materias primas o productos terminados. Es muy utilizado por su versatilidad y la eficiencia que este agrega a los procesos en el cual se utiliza.
Tesis principal del autor:	Este tipo de sistema contribuye de forma positiva a la solución de la problemática que se presenta en la planta donde se pretende implementar, ya que van a hacer múltiples los beneficios que se van a obtener. Existe evidencia de lo eficiente que es el sistema en el transporte de sólidos.
Argumentos expuestos por el autor:	<ul style="list-style-type: none">• Reducción de cansancio físico• Seguridad para el operario

- Eficiencia en el cargue de materia prima.

Conclusiones del texto: Se puede concluir; que un sistema de estas características es una alternativa viable, para solucionar el problema que se presenta en la planta. Los operarios de producción encargados de la dosificación de materia prima almacenada en las piscinas van a hacer los más beneficiados ya que este tipo de sistema mejoraría su condición física y el tiempo que van a estar esta función tendría una reducción considerable lo cual es favorable para la planta.

Bibliografía citada por el autor: Mills, Moligrass, Fao, Walper Enrique, Tcc, Garzon Vitaliano, Sanchez Geovanny, Mactenn.

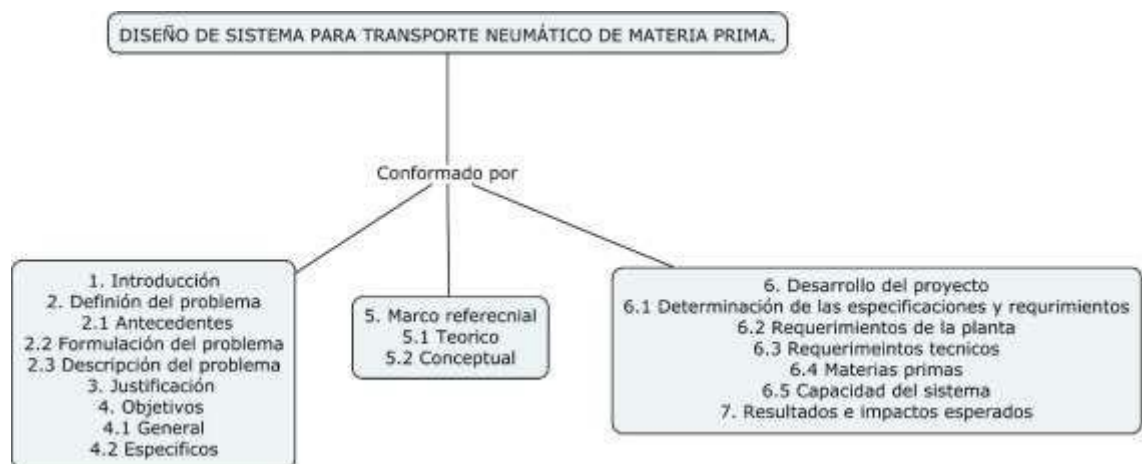
Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE

Diego Fernando Herran Herran

Fecha en que se elaboró este RAE

12 de abril de 2019

Imagen (mapa conceptual) que resume e interconecta los principales conceptos encontrados en el texto:



Comentarios finales: se concluye que el sistema de transporte neumático es adecuado para el transporte de distintos granos y harinas, ya que permite la absorción desde lugares apilados y la impulsión del mismo hacia un lugar de almacenamiento, obteniendo ahorro de mano de obra, optimización de tiempo de producción, aislamiento del producto de la mano humana garantizando la inocuidad del producto, y repercutiendo de manera positiva en la salud del operario.

REFERENCIAS.

- (Mills, D.2004). "Pneumatic Conveying Design Guide" Second Edition. London, England: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- MILLS, David. Pneumatic Conveying Design Guide. Oxford: s.n., 2004. 0 7506 5471 6
- (Molygrass, 2008). Molienda y Granulación S.A. Recuperado de: www.molygrass.com
- (FAO, 1991) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Densidad aparente de los granos. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S09.htm>
- (Enrique, 2001) Transporte neumático de alimento peletizado. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmfciw218t/doc/bmfciw218t.pdf>
- TCC - Transporte Pneumático con Colector Ciclone. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=hn_Cr-5BqdU
- (Garzon, 2012) Engoermix.com, Soya principal fuente de proteína. Recuperado de: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/soya-principal-fuente-proteina-t28541.htm>
- (Geovanny, 2016) escuela superior politécnica de Chimborazo. Trabajo de grado, diseño de un sistema de transporte neumático de dos etapas mixto para quinua con capacidad de 40 quintales hora. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6959/1/15T00665.pdf>