



Reporte Final de Estadía

José Alfredo Ramírez Avalos.

Diseño del Centro de Tostado.

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Reporte para Obtener el Título de Ingeniería en
Mantenimiento Industrial

Nombre del Proyecto:

Diseño del Centro de Tostado

Presenta:

José Alfredo Ramírez Avalos

Cuitláhuac, Ver. A 13 de Abril del 2018.

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo de Ingeniería en Mantenimiento
Industrial

Nombre del Asesor Industrial

Ing. Oscar Nicanor Arellano

Nombre del Asesor Académico

Ing. José Raúl Reyes Domínguez

Agradecimientos

A Dios,

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis Padres,

por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A mi asesor.

Ing. José Raúl Reyes Domínguez, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesina.

Resumen

La producción de Café y su Industrialización, poco ha variado a lo largo del tiempo, este estudio responde a la necesidad de contar con elementos técnicos sobre el café al momento de diseñar una planta de café tostado y molido. Para conducir al lector por la historia y la composición de dicho fruto se elaboró el primer capítulo,

El capítulo dos, hace referencia a los datos de la empresa, como su localización y algunas de las certificaciones por la que se rige para su proceso productivo

En el capítulo 3, se encontrará toda la información tomada de libros y artículos, que sirvieron para el desarrollo del proyecto.

Índice

Agradecimientos	4
Resumen.....	5
Capítulo 1.....	9
Introducción	9
1.1 Estado del arte.....	11
1.2 Planteamiento del Problema.....	11
1.3 Objetivo General.....	12
1.4 Objetivos Específicos.....	12
1.5 Hipótesis.....	12
1.6 Justificación.....	12
1.7 Alcances y limitaciones.....	12
Capítulo 2.....	13
Datos Generales de la Empresa.....	13
2.1 Visión y Misión.....	13
2.2 Localización.....	13
2.3 Productos.....	13
2.4 Certificaciones.....	15
Capítulo 3.....	17
Marco Teórico.....	17
3.1 Principios Generales del Tostado del Café.....	17
3.1.1 Sistemas de Tueste.....	19
3.2 Sistema de Transportación.....	22
3.2.1 Sistema Neumático (Ventiladores Centrífugos).....	22
3.2.2 Sistema de Cangilones.....	25

3.3.3 Sistema de Transportación por Cablevey.	31
3.3 Silos.	32
3.3.1 Tipos de Flujo.....	34
3.3.2 Principios fundamentales involucrados en el Diseño de Silos.	36
3.3.3 Método de Llenado.	39
3.4 Mecánica de Suelos.....	40
Capítulo 4.....	46
Desarrollo del Proyecto.....	46
4.1 Análisis de Situación Actual.....	46
4.2 Características de un Tostador.....	47
4.2.1 Ficha Técnica del Tostador.....	48
4.3 Dimensionamiento de Silos de Café.....	51
4.5 Sistema de Transporte.....	57
Capítulo 5.....	58
Resultados y conclusiones.....	58
5.1 Conclusiones.....	58
5.2 Resultados.....	58
5.3 Trabajos a Futuro.....	58
5.4 Recomendaciones.....	58
Bibliografía.....	59

Grafica 1.....	52
Grafica 2.....	52
Grafica 3.....	52
Tabla 1 Comparion entre flujos	36
Tabla 2.- Datos del Tostador.....	48
Tabla 3.- Datos.....	51
Tabla 4.- Silos.	51
Tabla 5 Neumático vs Mecánico	57
Plano 1 Tostador Probat.	49
Plano 2 Layout actual del área	54
Plano 3 Áreas modificadas para el Nuevo Proyecto.	55
Plano 4 Excavaciones para Estudios de Mecánica de Suelos	56

Capítulo 1 Introducción

Una infusión de café verde sin tostar es imbebible. Es con la delicada y artesanal operación del tostado con la que el café desvela sus secretos. El café variará de aspecto, hinchándose, cambiando de color y haciéndose quebradizo. Aumentarán las sustancias grasas, disminuirán los azúcares y los ácidos clorogénicos, y en una maravillosa sinfonía para nuestro gusto y olfato, aparecerán más de 700 compuestos aromáticos, hasta esos momentos celosamente guardados. Vamos a intentar describir de forma clara los mejores métodos de tostar y moler industrialmente el café.



El tueste del café es una fase vital dentro de su cadena de elaboración. Hay quien sostiene, y no le falta razón, que un buen tueste influye más en la calidad de una taza de café, que la bondad de la mezcla escogida. El proceso de tostar los granos del café verde consiste en someterlos durante un tiempo limitado a una alta temperatura, intervalo durante el cual:

- Pierde peso, alrededor del 15/20%, debido en gran parte a la evaporación de su humedad y en menor parte a la pirolisis de algunos componentes.
- El grano aumenta de volumen, entre un 100 y un 130% en el caso del café natural en función del tiempo de tueste y entre el 70 y el 80% para el torrefacto.
- Su color amarillo verdoso se transforma en un marrón, más o menos oscuro en función del grado de tueste escogido.
- La composición química del grano sufre una importante transformación, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. Azúcares, grasas, proteínas, sustancias nitrogenadas no proteicas, ácidos... todo sufre una transformación debido a las altas temperaturas a que es sometido el grano.

Este último punto es el más interesante desde una óptica gastronómica, pues es de ahí de donde surgen los aromas y sabores que han convertido al café en el rey de las infusiones.

El papel principal en este proceso está a cargo de las transformaciones de los Carbohidratos, las grasas y los ácidos. Y una característica física importantísima es la solubilidad del café tostado y molido, factor decisivo para proceder a su infusión.

Para obtener las máximas cualidades de cada tipo de café, el tueste debe ser específico para cada uno de ellos. Hay en todo caso cuatro tipos de café muy diferenciados que exigen tuestes específicos: arábicas naturales y lavados, robustas naturales y lavados

1.1 Estado del arte

(Dávila, 2014) El objetivo principal es la producción de un café tostado y molido con excelente aroma y sabor, ofreciendo a los clientes un producto de calidad tanto en aroma como en sabor.

En su estudio, lo más importante, es establecer los procesos productivos con sus características técnicas para la transformación de la materia prima en producto terminado. Por otro lado, establecer la infraestructura según el tamaño y localización de la planta para esta forma identificar los recursos humanos y de maquinaria necesarios para la puesta en marcha de la planta de procesamiento del café.

(Angel Gustavo Castelán Acosta, 2016) El propósito del proyecto es el rediseño de una máquina para integrar los procesos de tostado y molido, para la optimización del proceso de café, utilizando herramientas de diseño y programación. La propuesta se obtuvo en base a la metodología empleada en el desarrollo de una selección de equipos de acuerdo a las necesidades requeridas, cumpliendo con las normativas.

(Perú, 2011) El objetivo es desarrollar el cálculo de las cargas debidas al material almacenado en los silos de acero, para descubrir el diseño estructural de los tipos más usuales. Para el cálculo de las cargas se basan en las reglas dadas en el Eurocódigo y las guías para el diseño estructural. Para el diseño de tolvas incluye un análisis de láminas delgadas, estudio de chapas rigidizadas en las que las cargas actúan sobre ellas.

1.2 Planteamiento del Problema.

Cafés Finos de Córdoba S.A. de C.V; está orientada al maquilado de café en sus distintas presentaciones, como son el café soluble, tostado, molido y capuchino.

En base a un estudio de mercado que realizó la empresa a nivel zona, pudo observar que la demanda de café, está siendo la de mayor demanda y las áreas de tostado dentro de la empresa no logran abastecer dicha demanda.

Por lo que se requiere el diseño de un área en donde pueda colocarse un tostador con mayor capacidad de Producción acorde con sus respectivas áreas de almacenamiento.

1.3 Objetivo General.

Incrementar la Producción de Café, en el área de Tostados y Molidos (TYM) con la adquisición de nueva maquinaria para el proceso de tostado.

1.4 Objetivos Específicos.

- Diseño del área donde se ubicará el nuevo centro de tostado de café.
- Elaborar la distribución de equipos en el área.
- Elaborar los planos en AutoCAD.

1.5 Hipótesis.

Con el diseño del centro de tostado, incrementará la producción un 30%.

1.6 Justificación.

Para la empresa Café Finos de Córdoba S.A. de C.V. el proyecto de un centro de tostado tiene sus beneficios.

- Un incremento del 30 % en la producción de café tostado.
- Una mejor distribución de café tostado para las áreas de producción de café molido y soluble.
- Aprovechamiento de la infraestructura para la distribución de equipos (el tostador, el sistema de transporte, centros de carga, etc.)

1.7 Alcances y limitaciones.

Una de las limitaciones que puede llegar a afectar, es el poco espacio dentro de la planta, agrandado las condiciones del suelo en el que se considera poner el nuevo tostador.

Pero por otro el alcance que tiene es que se puede instalar 3 tostadores en el área, los cuales aumentaran la producción.

Capítulo 2 Datos Generales de la Empresa.

Cafés Finos de Córdoba S.A. de C.V.



2.1 Visión y Misión.

Visión.

Ser siempre una organización emprendedora, creativa, competitiva y confiable, con productos de café de la más alta calidad.

Misión.

Producir y comercializar productos de café para satisfacer a nuestros clientes, creando valor a nuestra comunidad y a nuestros socios comerciales.

2.2 Localización.



Ilustración 1 Mapa

Como se muestra en la ilustración 1 la empresa se encuentra ubicada sobre la carretera **Av. 1 No. 3515**, Zona Industrial, 94690 Córdoba, Ver.

2.3 Productos.

Para los diferentes procesos, se cuida desde el inicio de manera muy especial, la calidad del café a utilizar, para así garantizar excelentes productos como lo son:

Café Tostado.



Con tecnología alemana, nuestros maestros tostadores transforman el café verde a café tostado, buscando resaltar las mejores cualidades de los granos de café, provenientes de las diversas regiones productoras tanto de México como del mundo.

Extracto de Café.



El café tostado es transportado a un moderno y sofisticado equipo de extracción, donde a través de las condiciones de presión y temperatura correctas, se logra extraer lo mejor de los sólidos solubles del grano tostado, obteniendo un concentrado líquido conocido como extracto de café.

Café Soluble.



Para la elaboración de café soluble o instantáneo, evaporamos el extracto líquido de café, el cual contiene los sólidos solubles del café tostado, para ser posteriormente secado, obteniendo finalmente el café soluble.

Café Soluble Liofilizado.



Para la elaboración de café soluble liofilizado, una vez evaporado el extracto de café, es secado por medio de un proceso conocido como sublimación, donde el extracto de café es congelado y el agua que contiene pasa al estado gaseoso sin pasar por su fase líquida.

Capuchino.



Preparamos mezclas de café soluble con leche en polvo y/o sustituto de leche, saborizantes y edulcorantes, para la preparación de bebidas tipo capuchinos en diferentes sabores, tanto para máquinas dispensadoras como para porcionados.

2.4 Certificaciones.

Safe Quality Food.

La Calidad de nuestros productos, no sólo se logra con la selección de los mejores cafés, sino también con el cuidado de nuestros procesos, garantizando a nuestros clientes y consumidores productos con los más altos estándares internacionales de inocuidad y seguridad alimentaria. Por ello contamos con la certificación SQF emitida por la Iniciativa Global de Seguridad en los Alimentos (GFSI).



Agricultura Sustentable.

CAFINCO en su afán de ofrecer cafés sustentables a sus clientes, contamos con las certificaciones UTZ, Rainforest Alliance y USDA Organic. Entendemos que la sustentabilidad no sólo se logra cuidando el medio ambiente y trabajando bajo mejores estándares sociales, sino también apoyando a los productores a ser más eficientes, incrementando la productividad y calidad de sus cosechas, lo que conllevará a mejorar su nivel de vida.



Kosher.

Para las marcas que así lo requieran, nuestros procesos de café tostado y café soluble son aptos y cuentan con la certificación Kosher.



FDA.

Para los clientes que desean exportar su marca de café a EE.UU., nuestra planta cuenta con el registro otorgado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), requerimiento primordial por las autoridades para comercializar productos de café en dicho país.



Capítulo 3 Marco Teórico.

3.1 Principios Generales del Tostado del Café.

Variables básicas del Tueste.

Las variables básicas en el proceso de tueste del café, son la temperatura y el tiempo en que ésta actúa. La temperatura no es constante, sino que varía a lo largo del proceso y los tiempos son inversamente proporcionales a la temperatura. Es difícil dar pautas generales pues intervienen:

Las características técnicas de las instalaciones industriales empleadas y las distintas tecnologías utilizadas por cada fabricante.

- Los niveles de producción esperados: no es lo mismo el sistema empleado por un tostador medio, que puede tostar unas horas al día, que el necesario para una gran empresa funcionando sin interrupción.
- El producto final a obtener: grano tostado, café soluble, liofilizado...
- El gusto de cada mercado o tipo de consumidor. Los países nórdicos gustan de un café menos tostado que los mediterráneos, la hostelería precisa un café distinto al consumido en alimentación, las máquinas de café expreso requieren distinto tipo de café que una doméstica.

La variedad del café, dado que cada tipo requiere un tueste adecuado.

Temperatura de Tueste.

La temperatura de tueste depende del tipo de máquina de tostar, del tiempo de tueste y de la intensidad del color final requerido.

En una primera fase se seca la humedad del café y es la fase que influye menos en el gusto final. En una segunda fase se origina la expansión de las celdillas del grano de café y empieza la creación de los gases. La tercera fase debe ser más lenta pues es la que confiere básicamente el gusto final al producto.

Tiempo de Tueste.

Oscila entre un minuto y un máximo de 25 o hasta 30 minutos, según sistemas:

- **Sistema lento:** De 15 y hasta 20 minutos, es muy apreciado por los tostadores artesanos. Se consigue así un grano con un color oscuro y uniforme, bonito, con una óptima presencia para ser vendido al detalle y en grano.
- **Proceso rápido:** De 1 a 3 minutos, tiene detractores que le achacan que produce menos calidad que el sistema anterior. Con él se obtiene menos merma al tostar -se gana alrededor de un 2%- y se utiliza principalmente para tostar los cafés de calidades inferiores, normalmente vendidos molidos. El sistema de tueste rápido se aplica en países nórdicos y no es que produzca una menor calidad, sino que da un resultado al gusto local; allí no es aceptado el tueste tipo español pues le encuentran un exceso de acidez y agresividad en el paladar, aunque al utilizar normalmente el doble de agua por unidad de café, queda más diluido.

Las mermas pueden ser las mismas si se controla con el colorímetro el tueste del café molido, pues así se controlan todas las partidas del café y no sólo el color de la parte exterior del grano que siempre queda más tostada que la interior.

A sí mismo la determinación de los tiempos de tueste de las mezclas de café viene dada por diferentes aspectos:

- Los hábitos de consumo del país en que se venda o consuma
- El tipo de máquina en la que se tuesta
- El tipo de café que vamos a tostar: los cafés más ácidos necesitan un tueste más largo y algo más oscuro si queremos matar algo esta acidez para que no sea agresiva. Los más neutros necesitan un tueste más corto
- El tipo de tueste: por tipo de origen o blends
- en conjunto
- El destino del café: hostelería o alimentación

3.1.1 Sistemas de Tueste.

Hay dos grandes divisiones:

Tostadoras por cargas y tostadoras en continuo, según se encadenen procesos de tueste uno tras otro, o sea un único proceso continuamente alimentado

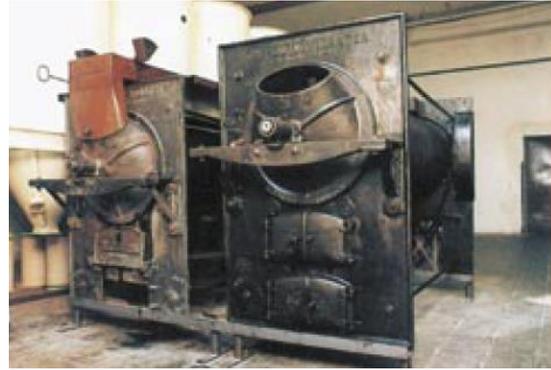


Ilustración 2 Tostador convencional

Tostadoras por cargas o tandas.

Es el sistema más extendido, utilizado por la mayoría de tostadores de tamaño medio o pequeño. Existe un abanico de máquinas con capacidad de tueste que va desde los 5 kg hasta los 600 kg. Dentro de este apartado, podemos contemplar varias clases:

Sistema tambor.

Es un proceso largo, entre 12 y 18 minutos, y se tuesta por aire caliente. La cantidad de aire caliente se mantiene constante o varía según las características de la tostadora, escalonando su temperatura durante todo el proceso.

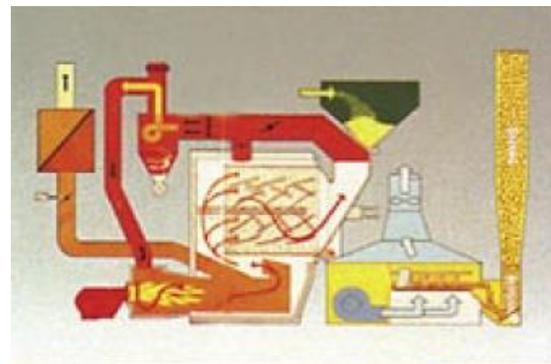


Ilustración 3 Tostadora de Bombo

Este aire es relativamente seco, con un contenido de agua de los gases de escape de 18 g por m³. Con este sistema se consigue una gran uniformidad del tueste del grano, tanto en el núcleo como en la superficie, debido al reparto uniforme del aire caliente en toda la masa de café que está girando dentro del bombo. Este sistema es óptimo para tostar cafés de diferentes características y permite realizar tuestes oscuros.

No existe un sistema único que guíe todos los pasos dentro del proceso: cada fabricante y cada tostador, en función de su experiencia, de sus gustos personales y de la variedad de café tratada, le da un sello personal.



Ilustración 4 Tostador

Así, varían el escalado de temperatura, siempre oscilando alrededor de los 200 °C, o

introducen aire ambiente para abrir el grano y no quemarlo al frenar la combustión, o vaporizan el café en la última fase del tueste inyectando agua a razón de +/- 1 litro por cada 10 kg de café. Hay quien está en contra de añadir agua en esta fase pues han comprobado que puede enranciar el café y prefiere el sistema de enfriado por aire, que potencia la conservación de aromas y sabores.

Hay tostador muy satisfecho con una tostadora de bombo perforado de acero inoxidable, que hace posible la entrada de aire y desarrolla más el café.

Cada máquina lleva consigo un cuadro de mando con amplia información del proceso, generalmente automático, siguiendo un programa seleccionado y evidentemente con la posibilidad de la intervención manual. El proceso se controla habitualmente por temperatura y no por tiempo, siendo aún imprecisos los sistemas de control, basados en la colorimetría. Ya no es necesario, como antaño, el “oído” del maestro tostador atento al final del proceso, en que el café al hincharse y tostarse, se resquebraja y cruje, -lo que en el argot se conoce como “cantada”- y había que estar atento, puesto que poco después se producirá una segunda “cantada” que no debe pillar al café dentro del bombo, sino ya fuera, en el proceso de enfriamiento.

El enfriado; se realiza en un tambor circular, removiendo el café con unas palas, a temperatura ambiente. La base es de chapa perforada y una potente moto ventilador en la base aspira el aire a través de los granos.

Existen hoy en día, sistemas de determinación de color lo suficientemente fiables para mejorar en mucho la apreciación humana; que por muy experta que sea está influenciada por la diferencia de luz ambiente (por ejemplo, entre la mañana y la tarde). Para una buena reproducibilidad el sistema de Control, se hace por color de tueste y por tiempo, por lo que la temperatura necesaria para tostar es una consecuencia de estos dos parámetros anteriormente citados.

Tostadoras Continuas.

Es un sistema empleado para producciones rápidas, elevadas y continuadas, de un mismo tipo de producto. Requiere elevadas temperaturas y grandes caudales de aire, pues no existe una acción de mezcla de los granos en proceso de tueste tan elevada como en los sistemas

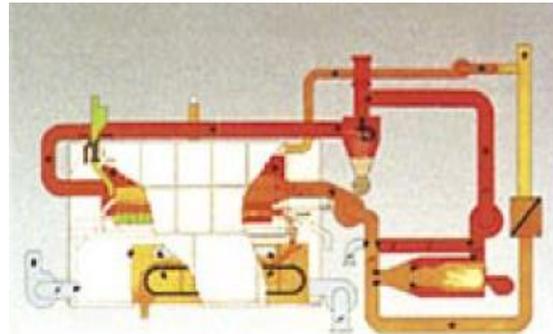


Ilustración 5 Tostadora Continua

más tradicionales por cargas o tandas. Esta menor mezcla es compensada por una mayor acción del aire caliente soplado desde las toberas a través del café situado en las celdas.

En la primera fase de tueste, en el momento de deshidratación del grano, la velocidad del aire es más reducida y la temperatura es menor, incrementándose hasta valores del orden de los 300/400 °C. Este sistema, por ser continuo, no tiene fase de regeneración de oxígeno y humedad durante la descarga, debiendo ajustar unos valores óptimos que se mantendrán después de forma constante.

No existe calor por conducción, sólo por convección, y el contenido de humedad es de unos 130 g por m³. El tiempo que tarda un grano de café en entrar y salir tostado es de 5 a 6 minutos.

3.2 Sistema de Transportación.

3.2.1 Sistema Neumático (Ventiladores Centrífugos).

El transporte neumático, se basa en el movimiento de sólidos en una corriente de aire a una velocidad determinada y en una dirección predeterminada.

El volumen y presión de aire necesarios; se calculan en cada caso, en función de la distancia a recorrer y de la naturaleza del producto a transportar. Una instalación de transporte neumático consta, en líneas generales, de los siguientes elementos:



- Ventilador centrífugo;
- Sistema de carga (tolva, válvula dosificadora, boquilla Venturi,)
- Ciclón y sistema de descarga;
- Filtro de mangas;
- Red de tuberías de diámetro adecuado

El transporte neumático, ofrece positivas ventajas frente a otros sistemas mecánicos de transporte como cintas, tornillos sin-fin, elevadores de cangilones, etc. Enumeramos a continuación algunas de ellas:

Seguridad de Funcionamiento.

- Únicamente necesita un elemento mecánico: el ventilador. De esta manera se reducen sus costos de mantenimiento.
- No se precisa desmontar la instalación en caso de averías.
- El diseño del ventilador permite sobrecargas sin peligro de quemar el motor.
- Mínimos gastos de Conservación y Mantenimiento.
- No existen mecanismos complicados ni órganos sujetos al desgaste.

Flexibilidad de Montaje.

- La red de tuberías puede acomodarse a la configuración de sus

instalaciones, sujetándose a los techos y paredes, aprovechando zonas muertas para dejar el mayor espacio útil libre.

- Los tubos pueden atravesar paredes, tomar curvas, elevarse en vertical y acomodarse a cualquier trazado que difícilmente podría ser adoptado por cintas o elevadores mecánicos.
- Un gran número de cintas transportadoras puede sustituirse con éxito por una sola tubería.

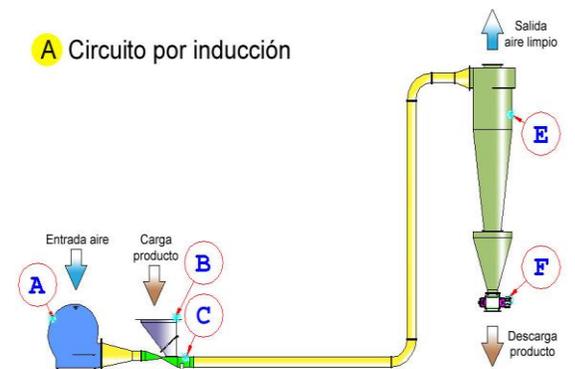
Otras ventajas.

- Las tuberías se conservan siempre limpias y no retienen parte alguna del producto transportado, lo que permite transportar alternativamente materiales diferentes sin presentarse contaminación apreciable. Este detalle es de gran importancia en instalaciones para productos alimenticios, farmacéuticos, químicos, dietéticos, etc...
- El transporte neumático intensifica las mezclas ya que la corriente turbulenta mezcla aún más íntimamente los productos transportados.

Sistemas básicos de Transporte Neumático.

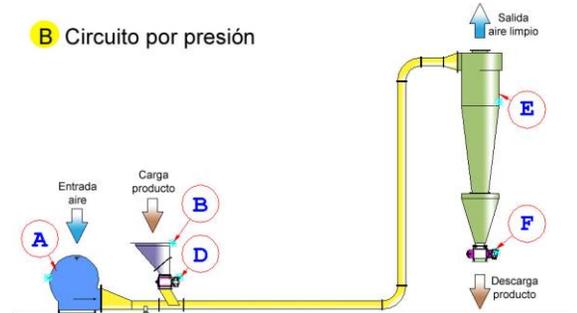
Circuito por Inducción.

- Ventilador de baja o media presión.
- Tolva de carga con boquilla Venturi.
- Apropiado para distancias cortas y pequeños rendimientos.
- Sistemas para cargar, transportar y/o descargar productos a granel.
- Imprescindible para el transporte de granos, productos químicos granulados y toda clase de productos no muy finos, abrasivos o pegajosos.



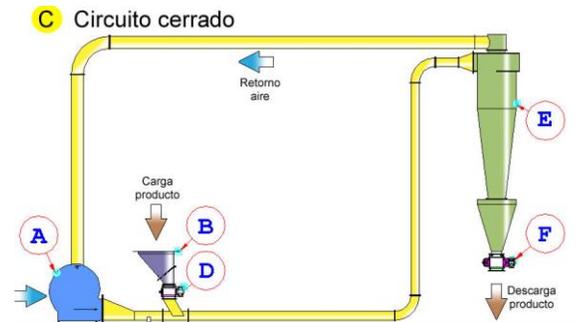
Circuito por Presión.

- Ventilador de media o alta presión (soplante).
- Válvulas dosificadoras en la tolva de carga y en la descarga del ciclón.
- Apto para cubrir distancias de hasta 200 metros y con rendimientos medios grandes



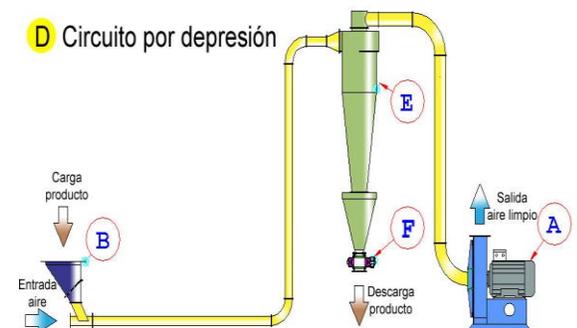
Circuito Cerrado

- Sistema muy eficiente y totalmente libre de polvo.
- Distancia hasta 100 metros



Circuito por Depresión.

- Ventilador de media o alta presión.
- Capacidad según sección de los conductos.
- Distancia hasta unos 100 metros.
- Recomendamos estas instalaciones de alta eficiencia para el transporte neumático de productos pulverulentos y finamente molidos.
- El sistema por depresión o vacío evita pérdidas del producto en las posibles fugas del sistema de tuberías, garantizando así una atmósfera de trabajo completamente libre de polvo.
- El ventilador va siempre colocado en la salida del ciclón, impidiendo que el producto pueda obstruir o desgastar el rodete del ventilador



3.2.2 Sistema de Cangilones.

Los elevadores de cangilones, son los sistemas más utilizados para el transporte vertical de materiales a granel, secos, húmedos e incluso líquidos.

- Son diseñados con amplias opciones de altura, velocidad y detalles constructivos según el tipo de material que tiene que transportar.
- Se montan en módulos para permitir definir de manera más eficaz la altura útil necesaria.

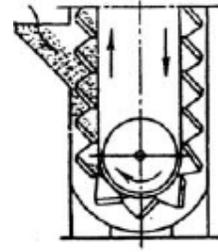
Elementos.



Según el Tipo de Carga.

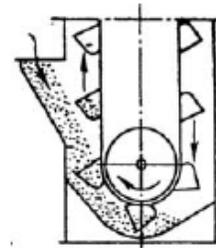
Directamente desde la Tolva.

- Se emplean para el transporte de materiales de pedazos grandes y abrasivos.
- La velocidad de desplazamiento del órgano de tracción es baja.



Por Degrado.

- Se emplean para el transporte de materiales que no ofrecen resistencia a la extracción, pulverización y de granulación fina.



Según el tipo de Descarga.

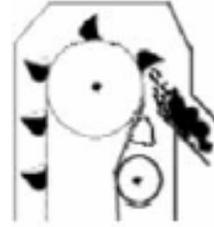
Centrifuga,

- Es el tipo más utilizado.
- Grandes velocidades de desplazamiento (1.2 y 1.4 m/s).
- La carga se efectúa generalmente por degradado del material depositado en la parte inferior del transportador.
- La distancia de separación entre cangilones es de 2 a 3 veces la altura del cangilón.



Gravedad o Continua.

- Bajas velocidades de desplazamiento (0.5 y 1.0 m/s).
- Se aprovecha el propio peso del material para la descarga del mismo.
- Se puede clasificar como:
 - Por gravedad libre: Es necesario desviar el ramal libre del elevador mediante estrangulamiento o inclinar el propio elevador.
 - Por gravedad dirigida: los cangilones se sitúan de forma continua, sin separación entre ellos (de escama). La descarga del material se efectúa por defecto de la gravedad utilizando la parte inferior del cangilón precedente como tolva de descarga. La carga se realiza directamente desde la tolva.



Positiva.

- El elevador es parecido al tipo de centrífugo, salvo que los cangilones están montados en los extremos con dos cordones o torones de cadena.
- La velocidad de los cangilones es lenta y apropiada para materiales livianos, aireados y pegajosos.

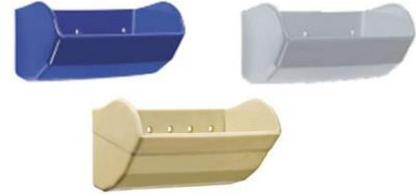
Cordones o torones de cadena



Selección del Material del Cangilón.

Polietileno, Nylon y Uretano.

Para granos, semillas, arena, forrajes, productos químicos y alimenticios, variedad de materiales de flujo libre.



Hierro o Aluminio.

Piedras, arenas de fundición, carbón fertilizante, sal, barro, arcilla, productos grandes y de alta densidad, productos afilados y cortantes.



Ilustración 6 Cangilón

Flujo de Material Transportado.

$$P_c = i \times p \times j$$

Donde:

P_c = Peso de material transportado (Kg)

i = Coeficiente de relleno del cangilón (0,6 – 0,9)

p = Es la densidad de la carga a granel (Kg / l)

$$Q = 3.6 \times \frac{P_c \times v}{t}$$

Donde:

Q = Flujo de material transportado (t / h)

t = paso: Cangilones normales $t = [2h, 3h]$

v = Velocidad de desplazamiento

Potencia de Desplazamiento.

Fuerza necesaria que tiene que generar el tambor de accionamiento para mover la banda (Kg).

$$Fa = \frac{q}{3.6 \times v} \times (H + H_0)$$

Sistema de carga	Tamaño de material	Valor de H_0
Desde la tolva		3.8
Por degrado	Pequeño	7.6
	Mediano	11.4
	Grande	15.3

Donde:

H = Altura de elevación (m)

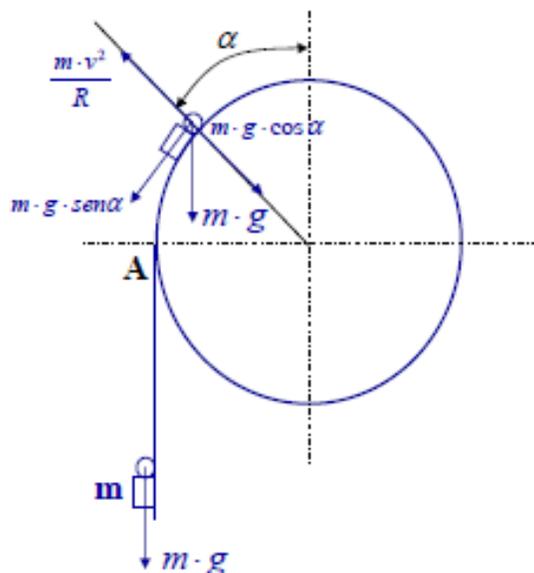
H_0 = Altura ficticia (m)

Potencia de accionamiento necesaria del motor (CV):

$$Na = \frac{Fa v}{75 n}$$

Dónde: n= rendimiento del motor.

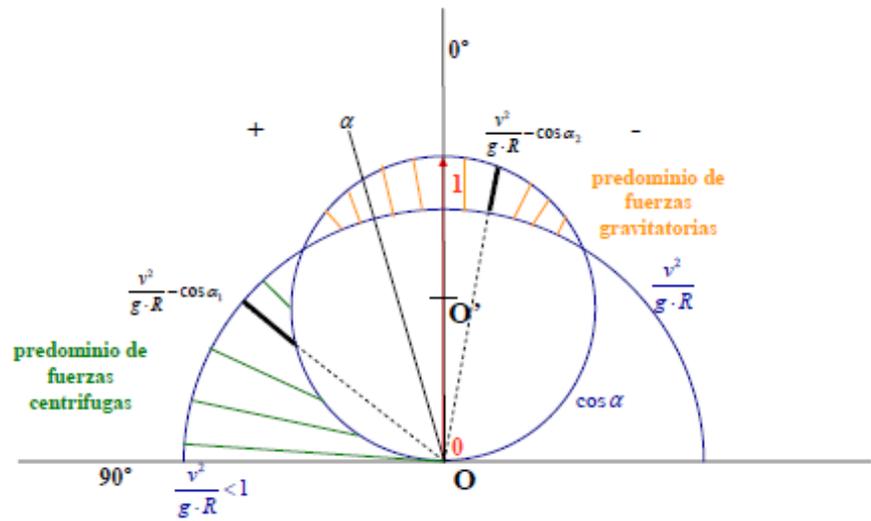
Descarga del Material.



$$F_R = \frac{m v^2}{R} - m g \cos \alpha$$

$$\frac{F_R}{m g} = \frac{v^2}{g R} - \cos \alpha \quad \left\{ \begin{array}{l} < \\ = 0 \\ > \end{array} \right.$$

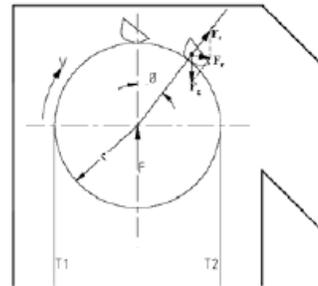
$$\frac{F_R}{m g} = \frac{v^2}{g R} - \cos \alpha$$



Diámetro del Tambor

$$F_c = F_g$$

$$m \times \frac{V^2}{R} = mg \Rightarrow R = \frac{V^2}{g}$$



Trayectoria del material

$$s = \underbrace{v t}_{s_h} + \underbrace{\frac{1}{2} a t^2}_{s_v}$$

Tiempo	s_h	s_v
0.1	120	50
0.2	240	195
0.3	360	440
0.4	480	780
0.5	600	1220

3.3.3 Sistema de Transportación por Cablevey.

En el marco de Andina-Pack 2015, Tecnoembalaje presentó para el mercado colombiano el versátil sistema transportador de arrastre de cable y discos tubular cerrado, para movilizar múltiples tipos de producto en grano y polvo, tecnología fabricada por la compañía estadounidense Cablevey Conveyors.

Este original sistema otorga gran flexibilidad en el transporte de una amplia variedad de productos, y puede personalizarse de acuerdo con las especificaciones de cada empresa. Los discos unidos a un cable ultra flexible transportan de manera suave, silenciosa y limpia una amplia variedad de productos en grano o en polvo: como almendras, pistachos, granos de cacao, cereales, avena, soya, guisantes congelados, frutos secos, café en grano, café molido, avellanas, cacahuates, arándanos congelados, fresas congeladas, maíz congelado, té negro, entre muchos otros.

El cable y la tecnología de discos de Cablevey Conveyors transportan productos suavemente a través de un tubo cerrado, y sin el uso de aire. Los sistemas pueden transportar hasta 1 240 pies cúbicos (35 metros cúbicos) por hora. Al no utilizar aire para su transporte los materiales desmenuzables se mantienen intactos, tal como se busca desde el punto de entrada hasta los puntos de descarga.

El sistema garantiza un manejo suave evitando las roturas, es cerrado y por tanto libre de polvo y no exige filtros, genera bajos niveles de decibelios, ofrece prácticos sistemas de limpieza in situ, sus velocidades (con control de frecuencia variable) combaten la degradación y separación, y es muy eficiente desde el punto de vista del consumo energético.

Cablevey Conveyors ofrece sus sistemas transportadores tubulares de arrastre de cable y disco en las Series 2000, 4000 y 6000. La Serie 2000 es un sistema con diámetro de 152,4 mm (seis pulgadas) hasta 35,4 m³ (1240 ft³) por hora; la Serie 4000 es un sistema con diámetro de 101,6 mm (cuatro pulgadas) hasta 14,87 m³ (525 ft³) por hora; y la Serie 6000 es un sistema con diámetro de 50,8 mm (dos pulgadas) hasta 2,12 m³ (75 ft³) por hora.



Ilustración 7 Cablevey

3.3 Silos.

Los silos son estructuras que se utilizan para almacenar grandes cantidades de materiales sólidos a granel. El uso de materiales sólidos a granel en la industria está ampliamente extendido y la necesidad de almacenarlos en silos normalmente se debe a que hay que acumularlos en algún sitio que guarde sus propiedades antes de un transporte o entre diferentes etapas de un proceso de conversión química. Los silos han sido ampliamente usados desde hace mucho tiempo en industrias tales como la minería, la generación de energía, siderurgia, canteras, químicas, industria alimentaria, agricultura.

El Eurocódigo 3 – 4.1 clasifica a los silos metálicos en tres clases según la fiabilidad estructural:

- I. Clase de fiabilidad I \Rightarrow Silos con capacidad entre 10 y 100 toneladas (El Eurocódigo 3 – 4.1 no cubre el diseño de silos con capacidad por debajo de 10 toneladas).
- II. Clase de fiabilidad II \Rightarrow Todos los silos cubiertos por el eurocódigo 3 – 4.1 y que estén encuadrados en las otras dos clases.
- III. Clase de fiabilidad III \Rightarrow Cubre varias categorías:
 - Silos apoyados directamente sobre el terreno o silos soportados en una falda continua extendiéndose hasta el suelo, con una capacidad superior a las 5000 toneladas.
 - Silos con soportes discretos con capacidad superior a las 1000 toneladas.

- Silos con capacidad superior a las 200 toneladas en los que se da alguna de las siguientes situaciones de diseño:
 - A. Descarga excéntrica.
 - B. Carga concentrada localmente

3.3.1 Tipos de Flujo.

Flujo Tubular.

El flujo tubular consiste en la formación de un canal de flujo, alineado con la boca de salida del silo, rodeado por una zona en la cual el material permanece inicialmente estático (figura 1). Durante la descarga del silo, si el material es poco cohesivo, la parte más alta pegada a las paredes se va desmoronando, alimentando el canal central.

Si el material es muy cohesivo, el vaciado del silo puede llegar a detenerse al formarse un canal central vacío, rodeado por material estático. En la descarga de un silo que lo haga con flujo tubular, el material no se

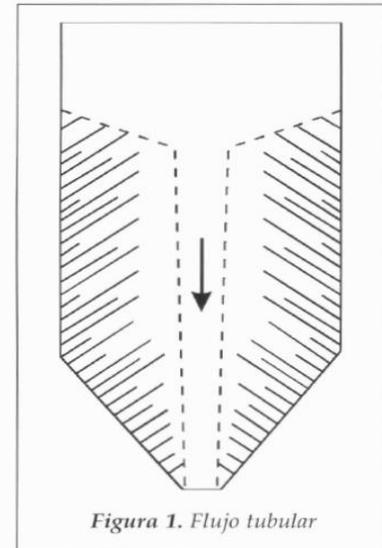


Figura 1. Flujo tubular

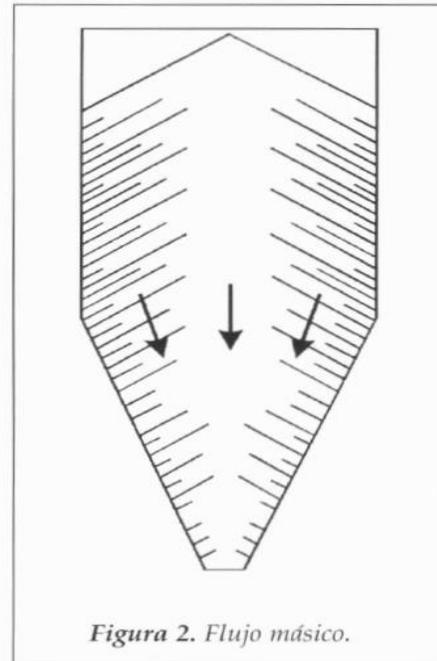
mueve todo a la vez, lo que provoca que el caudal de material en la boca de salida y la densidad aparente del lecho de material resultante se vayan modificando durante el transcurso de esta operación.

Incluso cuando el silo se ha vaciado casi completamente existe en su interior material que aún no se ha movido. Este sólido, acumulado en las zonas muertas del silo, no solo disminuye su capacidad efectiva, sino que puede incluso convertirse en inservible si cambia sus propiedades con el paso del tiempo (por secado, oxidación, etc.).

Además, este tipo de flujo acentúa los efectos negativos que derivan de la falta de homogeneidad del polvo almacenado, debido a la segregación por tamaños que puede producirse durante el llenado. Una de las pocas ventajas de este tipo de flujo es el menor desgaste que sufren las paredes del silo, ya que su rozamiento durante la descarga con el polvo es despreciable. Además, la presión que soportan las paredes en este tipo de silos es menor, necesitando por tanto una menor cantidad de material en su construcción.

Flujo Másico.

Este tipo de flujo se caracteriza porque todo el material se mueve a la vez durante la descarga; en particular, el material pegado a las paredes se desliza sobre estas vaciándose junto con el resto. Desde el inicio de la descarga ninguna partícula o aglomerado, permanece en su situación original, todas se mueven lo que impide la existencia de zonas muertas. El material que primero entra en el silo es el primero que sale (first in-first out), lo que tiende a mantener constante el tiempo de residencia o almacenamiento del polvo en el silo en un proceso continuo.



La descarga de un silo en flujo másico, no se detiene por la formación de canales, puesto que todo el material se mueve a la vez. Además, las tensiones que aparecen durante la descarga de un silo son predecibles, por lo que puede diseñarse para que no se formen arcos que la interrumpan.

El caudal de descarga y la densidad del lecho de material, durante el vaciado son menos variables que en el caso de flujo tubular. Otra ventaja, no menos importante, de este tipo de flujo es la reducción o eliminación de los problemas asociados a la segregación, que pueda aparecer durante la carga. En efecto que todo el material se mueva a la vez provoca un cierto mezclado que tiende a incrementar la homogeneidad del polvo a la salida. De hecho, los silos de flujo másico, en ocasiones, se aconsejan como sistemas para el mezclado de sólidos

FLUJO MASICO	FLUJO TUBULAR
<ul style="list-style-type: none"> • Elimina la posibilidad de obstrucciones del flujo. • Minimiza los efectos asociados a la segregación por tamaños. • Renovación del material (no existen zonas muertas). • El flujo es uniforme y fácil de controlar. • La densidad del lecho de polvo que se descarga es prácticamente constante. • Se aprovecha la capacidad de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas se segregan y permanecen segregadas • La primera porción que entra es la última en salir. • Pueden permanecer productos en puntos muertos, hasta que se realiza la limpieza completa del sistema. • Los productos tienden a formar puentes o arcos y, luego a que se formen agujeros durante la descarga. • El flujo es errático • La densidad puede variar • Las tolvas funcionan bien con sólidos de partículas grandes y flujo libre.

Tabla 1 Comparación entre flujos

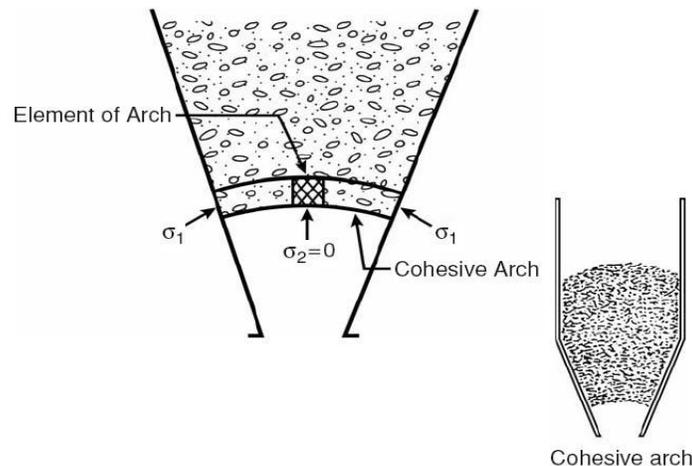
3.3.2 Principios fundamentales involucrados en el Diseño de Silos.

Canalización.

La canalización ocurre, cuando sólo el material por encima del orificio de descarga es el que abandona el silo. Este comportamiento es característico de polvos cohesivos, y ocasiona una disminución de la capacidad del silo. En efecto el material que no se descarga, se queda estático dentro del silo y puede sufrir procesos de aglomeración, degradación, etc.

Formación de Arcos en la Descarga.

Un arco, es una obstrucción estable que se forma en el punto de descarga del silo. El arco soporta el contenido del silo evitando la descarga. En el caso de polvos finos, la formación de arcos, está relacionada con la tensión del material no confinado, donde las fuerzas cohesivas contribuyen a la formación del arco. Cuando las partículas son más grandes, la obstrucción se da por el bloqueo que ocasionan las partículas que se organizan como si fuera un puente. Existe una fricción entre las paredes del silo y las partículas que ocasiona la formación del arco, el cual sólo puede romperse mecánicamente. La figura describe la formación del arco. La principal tensión en el arco está dada por la tensión normal a las paredes del recipiente (σ_x). Como no existe una tensión que actúe debajo del arco, el componente de tensión de menor magnitud es cero (σ_y). El arco podría colapsar si la componente principal σ_x fuese mayor que la fuerza cohesiva entre las partículas.



Descarga de Silos.

El caudal de sólidos que abandona un silo con descarga cónica, puede estimarse a partir de la ecuación que se presenta a continuación, teniendo en cuenta las propiedades descritas a continuación.

$$Mp = \frac{\pi}{4} PB \sqrt{gB^{0.5}} \tan(\theta_H)$$

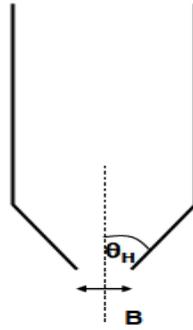


Ilustración 8 Silo con descarga cónica

Apertura de descarga y ángulo

El diseño apropiado de un silo que permita una descarga del tipo flujo de masa se basa en dos factores: ángulo y apertura de descarga. Hay que dar una inclinación suficiente a la descarga y la apertura debe ser lo suficientemente ancha para que el silo opere bien. Para que esto ocurra se debe romper el arco que tienden a formar los sistemas particulares en la parte inferior del silo. Haciendo un balance de fuerzas sobre el arco (el cual no se presenta en el apunte, ver texto de (Holdich, 2002.)), es posible determinar el tamaño mínimo del orificio:

$$B = \frac{H(0)f_{crit}}{PB g}$$

Donde: f_{crit} es la tensión del material no confinado crítica (que veremos en la próxima sección como se calcula, $H(\theta)$ es un factor determinado por la pendiente de la pared de la zona de descarga, y puede estimarse como sigue:



Descarga cónica

$$H(\theta) = 2 + \frac{\theta}{60^\circ}$$



Descarga tipo ranura

$$H(\theta) = 1 + \frac{\theta}{180^\circ}$$

3.3.3 Método de Llenado.

Llenado Concéntrico.

Las partículas se introducen en el silo por un solo punto, situado en el centro del mismo. Este método de llenado es que se sigue al cargar el silo utilizando un embudo.

Llenado Distribuido.

Las partículas se introducen en el silo de manera uniforme en toda su superficie. Para ello se usa un recipiente intermedio con orificios homogéneos distribuidos, a través de los cuales se vierten los granos al silo.

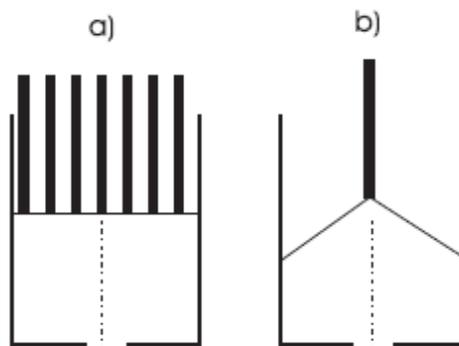


Ilustración 9 a) llenado distribuido b) llenado concéntrico

3.4 Mecánica de Suelos.

El suelo o terreno, desde la selección de la implantación de la Industria hasta como soporte del Edificio industrial juega un papel determinante; bien como elemento estructural-soporte de lo que se le coloca encima, bien como material aprovechable para terraplenes y/o rellenos, bien incluso como material de construcción en diques, presas u otras obras de tierras comunes en nuestras Obras Industriales.

El Suelo como elemento portante de las Cimentaciones.

Las cargas que transmite la cimentación a las capas del terreno causan tensiones y, por tanto, deformaciones en la capa del terreno soporte. Como en todos los materiales, la deformación depende de la tensión y de las propiedades del terreno soporte.

Estas deformaciones tienen lugar siempre y su suma produce asentamientos de las superficies de contacto entre la cimentación y el terreno. La conducta del terreno bajo tensión está afectada por su densidad y por las proporciones relativas de agua y aire que llenan sus huecos.

Estas propiedades varían con el tiempo y dependen en cierto modo de otros muchos factores.

- Variación del volumen de huecos como consecuencia de la compactación del terreno.
- Variación del volumen de huecos como consecuencia del desplazamiento de las partículas.
- Variación del volumen de huecos como consecuencia de la deformación de las partículas del terreno.

Propiedades Físicas de los Suelos o Terrenos.

Los geólogos definen los suelos o terrenos como rocas alteradas, mientras que los ingenieros, prefieren definirlos como el material que sostiene o carga el edificio por

su base. Los materiales que están presentes en los suelos naturales se clasifican en cuatro tipos:

- **Arenas y grava**, son materiales granulares no plásticos.
- **Limos**, son materiales en el tamaño de sus partículas y se comportan, de modo típico, como materiales granulares, aunque pueden ser algo plásticos
- **Arcillas**, se componen de partículas mucho más pequeñas, exhiben propiedades de plasticidad y son muy cohesivas.
- **Materia orgánica**, consta principalmente de desechos vegetales.

Humedad del Suelo.

El agua; suele estar presente en los suelos o terrenos en forma de una delgada capa absorbida a la superficie de las partículas o como líquido libre entre éstas. Si el contenido de agua de un suelo está principalmente en forma de capa, o humedad absorbida, entonces no se comporta como líquido. Todos los sólidos tienden a absorber o condensar en su superficie cualquier líquido (y gas) que entra en contacto con ellos.

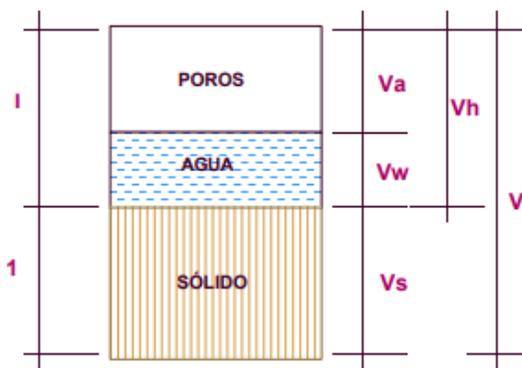


Ilustración 10 V_s - es más constante que V

El tipo de ion, o de elemento metálico, presente en la composición química de un sólido, influye considerablemente en la cantidad de agua que éste pueda absorber. Por tanto, los procedimientos de intercambio iónico para la estabilización de los suelos y el control de la percolación forman parte importante de la mecánica de suelo.

Las capas delgadas de agua son más fuertes que el agua de poros. En 1920, Terzaghi, estableció que las películas de agua de menos de 5.04×10^{-5} mm de espesor se comportan como semi-sólidos; no hierven ni se congelan a temperaturas normales.

En consecuencia, con lo anterior, los suelos o terrenos saturados se congelan con más facilidad que los suelos anegados, y los cristales de hielo crecen al tomar humedad libre de los poros. Luego un deshielo repentino libera grandes cantidades de agua, lo que suele tener drásticos resultados.

Cuando los líquidos se evaporan, lo primero que hacen es formar capas, por lo que se requiere un considerable aumento térmico para efectuar el cambio de estado entre la película líquida y el vapor. Por consiguiente, el efecto de temperatura sobre el estado físico del suelo se explica en términos de la reducción del espesor de las capas de líquido al elevarse dicha temperatura.

La presencia de humedad en el suelo o terreno es fundamental para controlar la compactación. La mejor manera de efectuar la compactación de suelos, sea por medios artificiales o naturales, es bajo condiciones de humedad bastante definidas, ya que la redistribución de las partículas del suelo para que ocupen un menor volumen no es posible cuando se carece de suficiente humedad para cubrir cada gránulo. La película de agua hace las veces de lubricante, lo que facilita los movimientos relativos de las partículas, y su tensión capilar las sostiene en su sitio. Desde luego, si los granos son de menor diámetro se necesita más agua a fin de lograr mejor estabilización que en el caso de partículas más gruesas.

Propiedades del suelo importantes en Ingeniería.

Densidad.

La cantidad de materia sólida presente por unidad de volumen recibe el nombre de densidad en seco del material. En el caso de los suelos granulares y orgánico-fibrosos, la densidad en seco es el factor más importante desde el punto de vista de sus propiedades ingenieriles. Una de esas propiedades es el estado o grado de compactación, que se expresa generalmente en términos de densidad relativa, o razón (como porcentaje) de la diferencia entre la densidad del suelo natural en seco y su densidad en seco mínima, dividida entre la diferencia que hay en sus densidades máximas y mínima en seco.

Sin embargo, durante la construcción de rellenos ingenieriles, el grado de compactación suele especificarse como el cociente de densidad real en seco, in situ, dividida entre la densidad máxima en seco, determinada con una prueba de laboratorio diseñada para el cálculo de la relación humedad-densidad (ASTM D1557)

Fricción Interna.

La fricción pura de Coulomb, equivale a la simple resistencia a la fuerza cortante en la teoría de la elasticidad. La fricción interna suele expresarse geoméricamente como el ángulo de fricción interna $\hat{\phi}$ (phi), donde $\tan \hat{\phi} = f$, el coeficiente de fricción. Entonces la componente friccional de la resistencia a la cortante, T_{max} de una masa de suelo, equivale a $N \tan \hat{\phi}$, donde N es la fuerza perpendicular que actúa sobre dicha masa.

Los valores de $\hat{\phi}$ (phi) van desde unos 28° en el caso de arenas sueltas y limos no plásticos, hasta unos 48° en el de arenas sueltas y gravillas. El valor aumenta junto con la densidad, la angularidad y la granulometría de las partículas; disminuye cuando el suelo contiene mica; es relativamente indiferente a la velocidad de carga y el tamaño de las partículas; y puede aumentar o disminuir bajo cargas repetitivas o cíclicas.

Muchos ingenieros utilizan el valor de T_{max} como equivalente de la resistencia total a la fuerza cortante (suposición que también se hace en casi todas las ecuaciones para el cálculo de la presión en suelo o terrenos).

Compresibilidad.

Esta propiedad define las características de esfuerzo-deformación del suelo. La aplicación de esfuerzos agregados a una masa de suelo origina cambios de volumen y desplazamientos.

En el caso de los suelos granulares, la compresibilidad se expresa en términos del módulo de Young E , el cual suele considerarse equivalente al módulo secante de la curva de esfuerzo-deformación, obtenida por medio de una prueba triaxial estándar. El módulo disminuye al aumentar el esfuerzo axial, pero se incrementa al elevar la presión de confinamiento y al someter la muestra a cargas repetitivas.

La compresibilidad de las arcillas saturadas se expresa como el índice de compresión C_c , junto con una evaluación de la máxima presión a la que hayan sido sometidos antes.

Ambos valores se calculan por medio de pruebas de laboratorios unidimensionales estándar de consolidación (ASTM D2435). C_c , representa el cambio en la proporción de vacíos por ciclo logarítmico de esfuerzo y es una función del historial de esfuerzos del terreno. Para fines prácticos, es necesario saber el valor dentro de los límites específicos de esfuerzos que se desea manejar

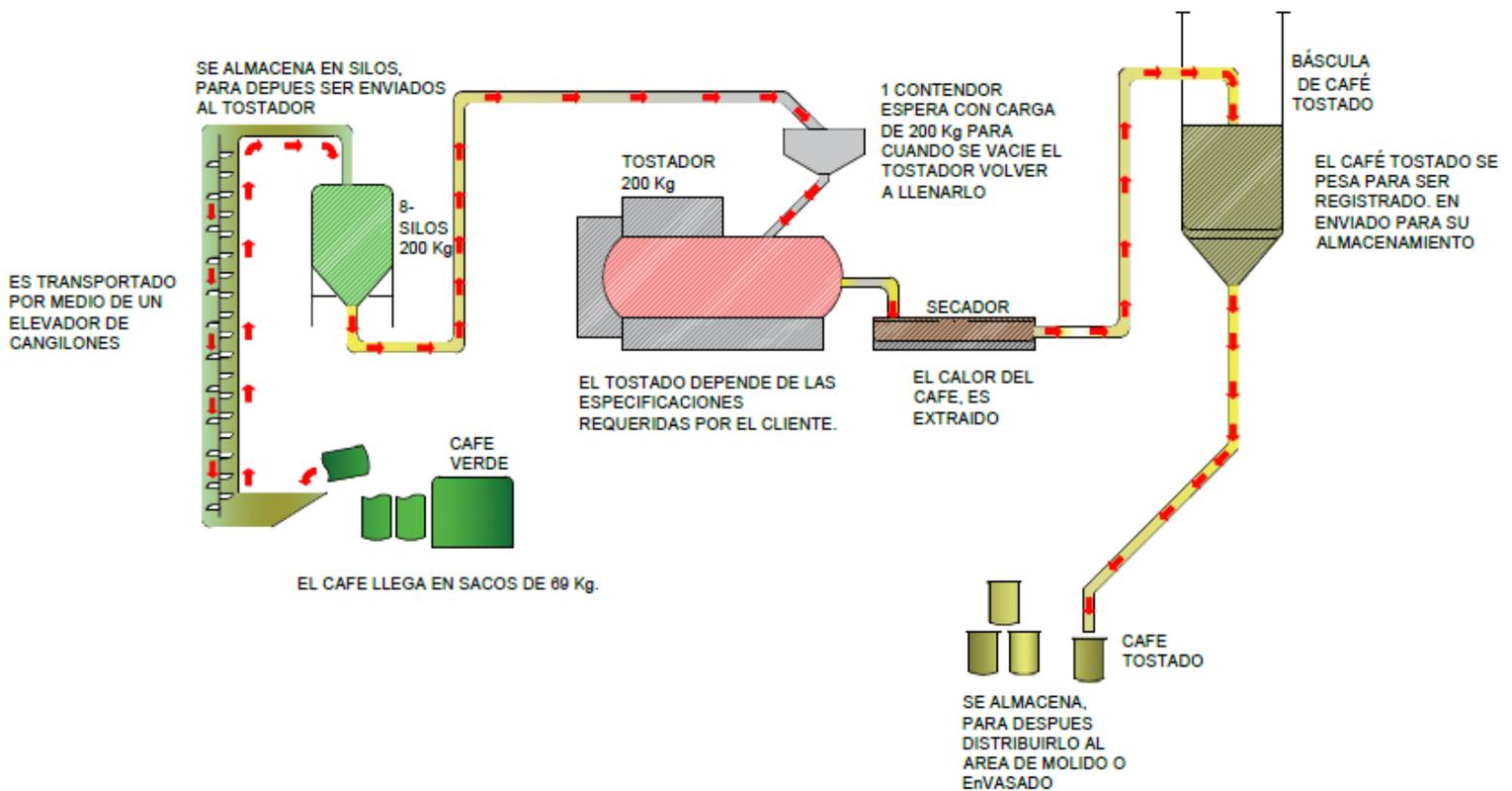
Propiedades de terrenos reales

Tipo de terreno	Porosidad n(%)	Índice huecos e	Humedad natural w(%)	Densidad seca yd (T/m)	Densidad humedad yd (T/m)
Arena suelta	43	0.76	29	1.51	1.94
Arena densa	32	0.47	17	1.80	2.12
Zahorra	22	0.30	12	2.05	2.28
Arcilla muy blanda	60	1.67	62	1.08	1,34
Arcilla blanda	55	1.55	55	1.22	1.76
Arcilla semi- compactada	45	0.90	35	1.47	1.92
Arcilla compactada	43	0.87	32	1.45	1.89
Arcilla muy compactada	40	0.74	27	1.61	2.01
Arcilla dura	33	0.61	22	1.80	2.13
Turba	82	14	1.650	0.040	1.04
Hormigón	10-2	-	-	-	-
Margas	34	-	-	-	-

Capítulo 4 Desarrollo del Proyecto.

4.1 Análisis de Situación Actual.

DIAGRAMA DE PROCESO - CAFE TOSTADO



En el diagrama se muestra de forma personalizada el Proceso General de Tostado de Café que se encuentra actualmente.

4.2 Características de un Tostador.



El tostador es de la marca PROBAT LEPGAP, con capacidad para tostar hasta 3.000 Kg / h de café crudo, el Rápido está equipado con horno externo a gas, diésel o virutas.

El gran diferencial es estar equipado con pre-secador. El café entra en el primer cilindro para secado y uniformidad, aprovechando los gases calientes excesivos. A continuación, entra en el segundo cilindro para el tostado. Así, se llega un tostado uniforme y con economía de combustible.

Tanto el secado como el tostado se realizan por curva de tostado. Con control de caudal y temperatura de los gases excedentes.



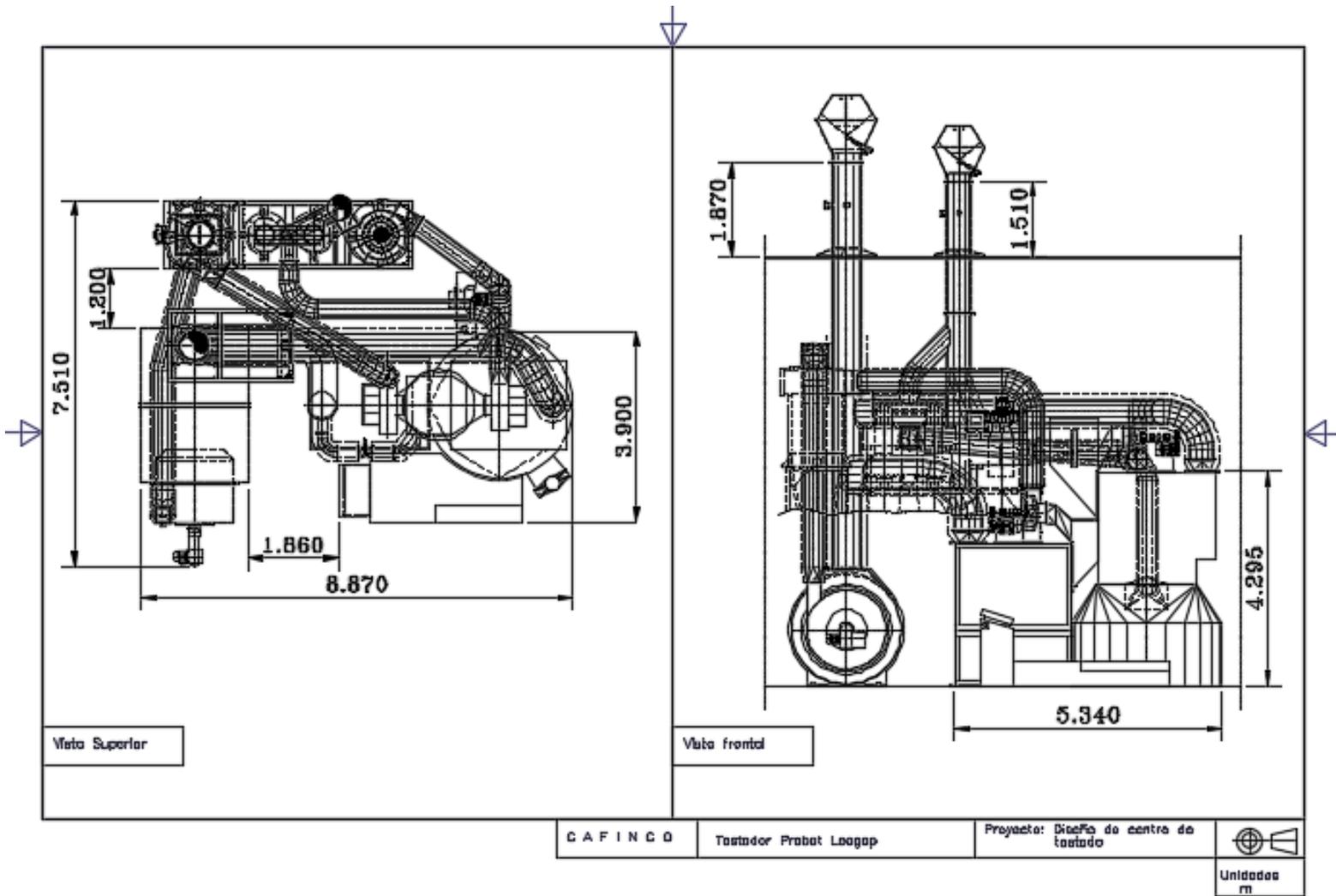
Ilustración 11 Tostador Probat Leogap

4.2.1 Ficha Técnica del Tostador.

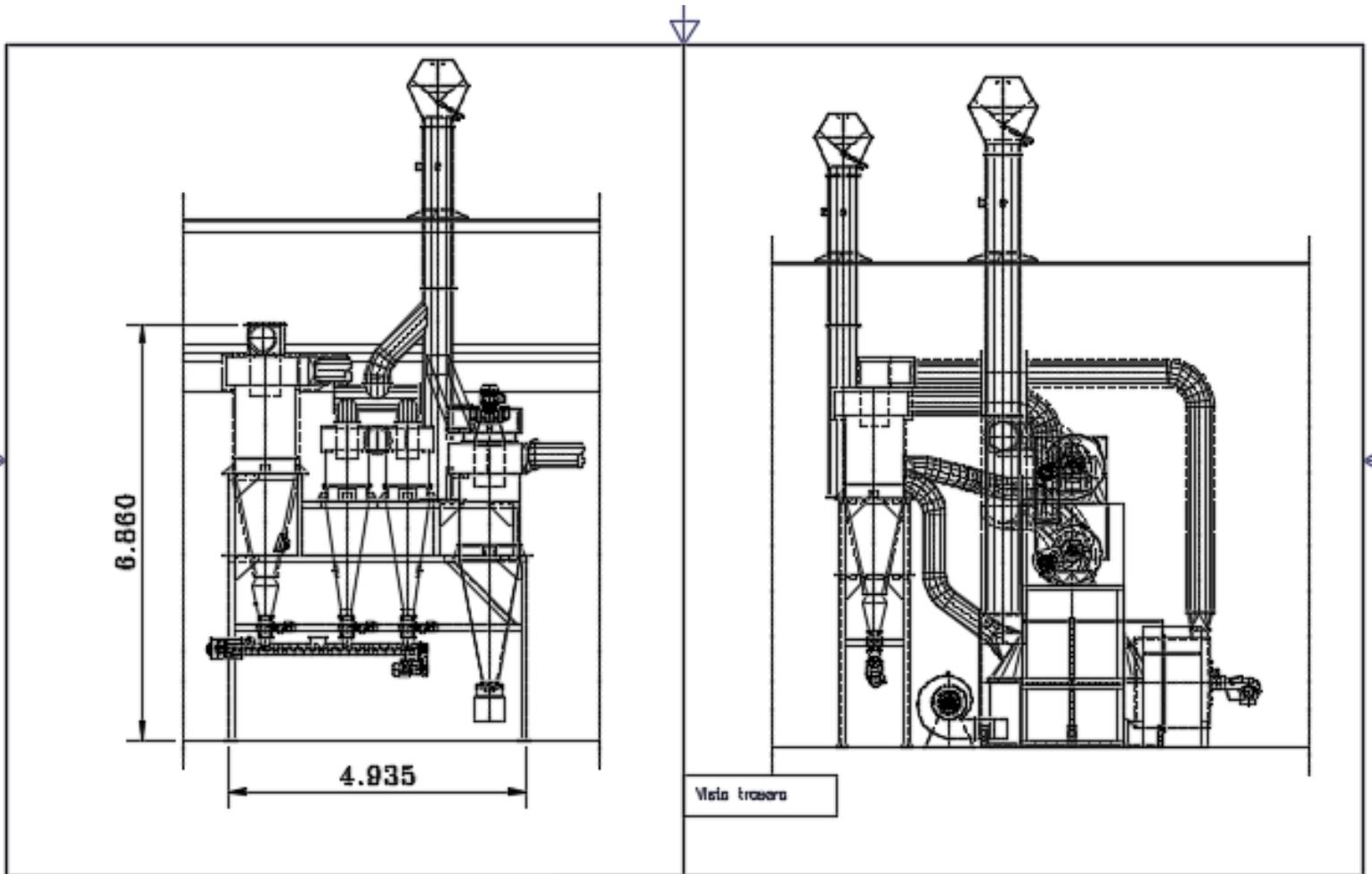
Tiempo de asado / ciclo (min)	8 – 20
Espacio requerido (L x W x H) (m)	11.8 x 5.7 x 6.9
Volumen aproximadamente (m ³)	464.00
Peso de la maquina (kg)	37000.00
Clasificación eléctrica (KVA)	79,50
Potencia total (kW)	64,83
Consumo eléctrico: kWh	58,35
Consumo eléctrico: kWh / Kg de café verde	0,02
Consumo Diésel: l / h	96,62
Consumo de GLP ; Kg / h (1,5 bar)	75,32
Consumo de gas natural Nm ³ / h (1,5 bar)	94,15
Consumo de energía ; Kcal / h	885.000,00
Consumo de agua: l / h	280,00
Consumo de aire comprimido l / h	28,00
Humedad inicial	12,50
Humedad final %	4,50
Eficiencia %	83,50

Tabla 2.- Datos del Tostador.

En la tabla 2, se encuentran las principales características del tostador, la cual se tomará como base para realizar las instalaciones adecuadas donde se encuentran los servicios y pueda abastecer al tostador.



Plano 1 Tostador Probat.



CAFINCO	Tostador Probat Leagap	Proyecto Diseño de centro de tostado	 Unidades m

4.3 Dimensionamiento de Silos de Café.

En base a un registro por semana de café utilizado sirvió para el análisis de cuanto se requiere para el almacenamiento de café verde.

DATOS			
Café verde	173	m ³	p/ semana
Densidad del café	679	gr / Lt	
Formulas	D= m/v	m= dv	v= m/d

Tabla 3.- Datos.

En tabla 1 se puede observar los datos que se obtuvieron más las formulas a utilizar para el cálculo siguiente

$$m = \left(0.679 \frac{kg}{Lt}\right) (173000 Lt)$$

$$m = 117467 kg$$

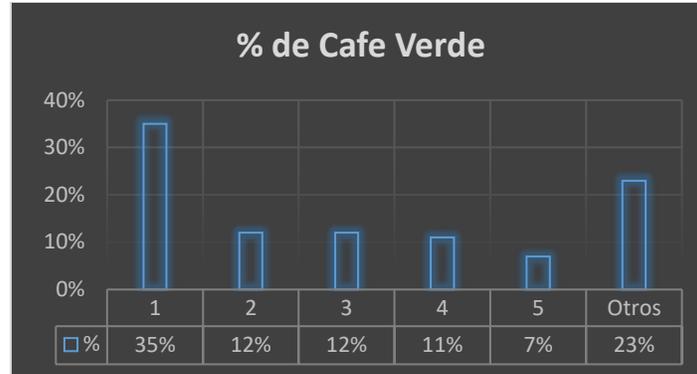
En ella se muestra el cálculo de la masa las servirá para el cálculo de los kg y el volumen que ocupa cada porcentaje de café por cada silo.

Silos	%	Silos	kg	Silos	V
1	35%	1	41113.45	1	60.55
2	12%	2	14096.04	2	20.76
3	12%	3	14096.04	3	20.76
4	11%	4	12921.37	4	19.03
5	7%	5	8222.69	5	12.11
Otros	23%	Otros	27017.41	Otros	39.79

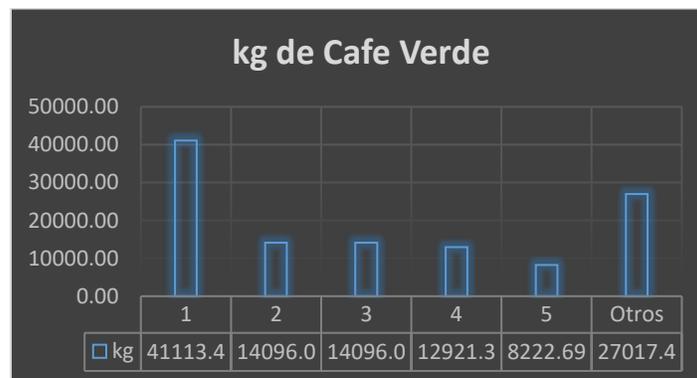
Tabla 4.- Silos.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los kg y el volumen que debe tener el silo.

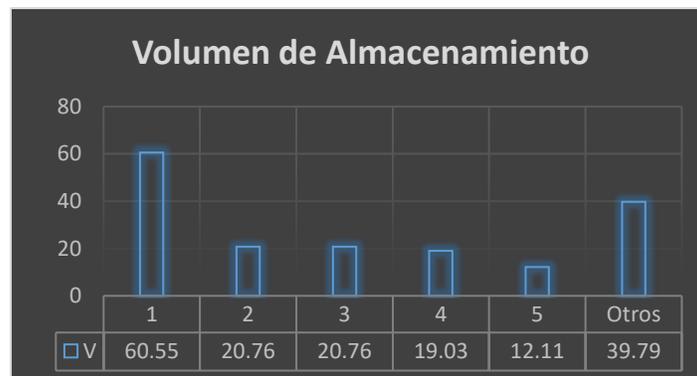
A continuación, se muestran los resultados de manera gráfica.



Grafica 1

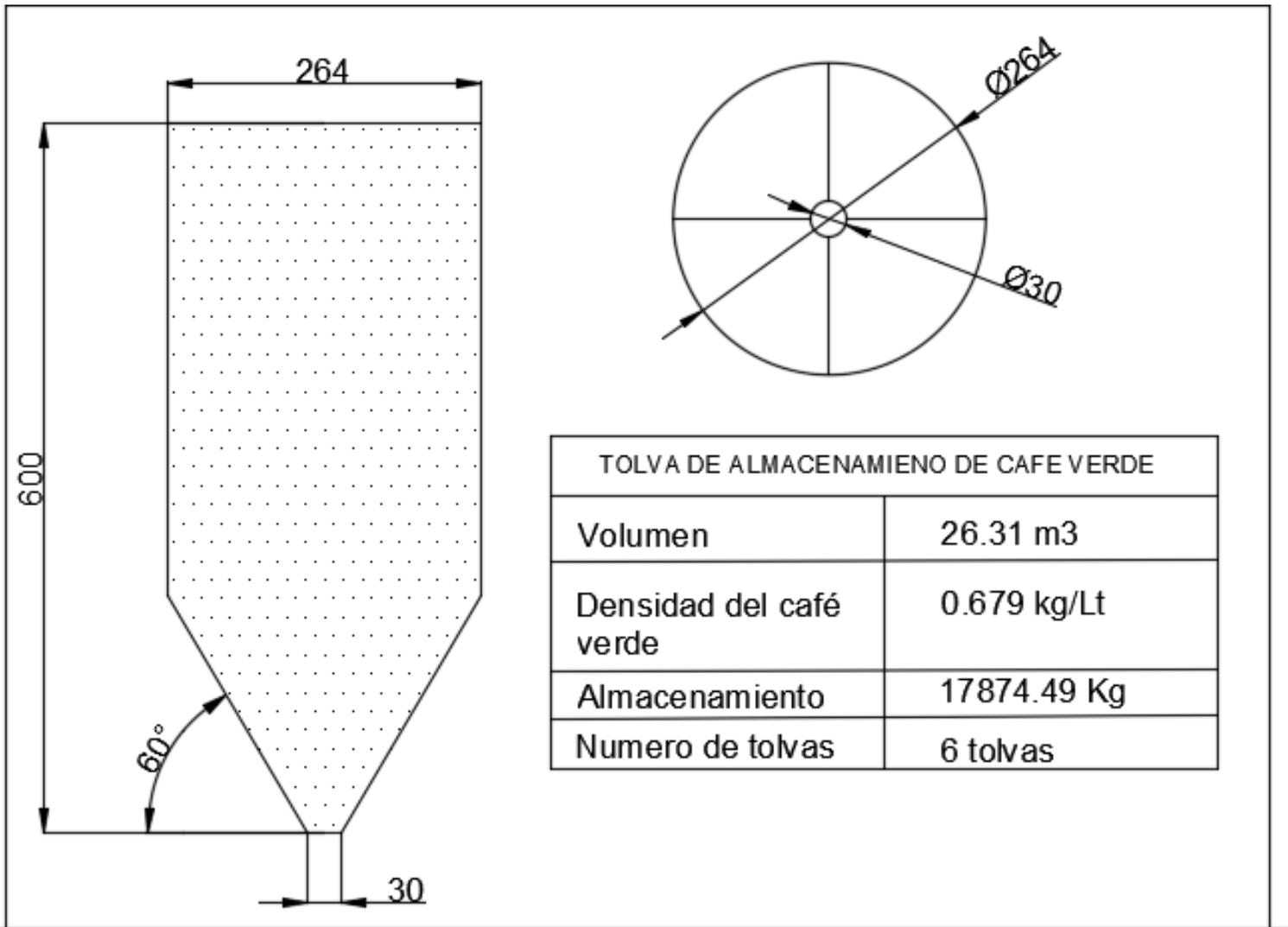


Grafica 2



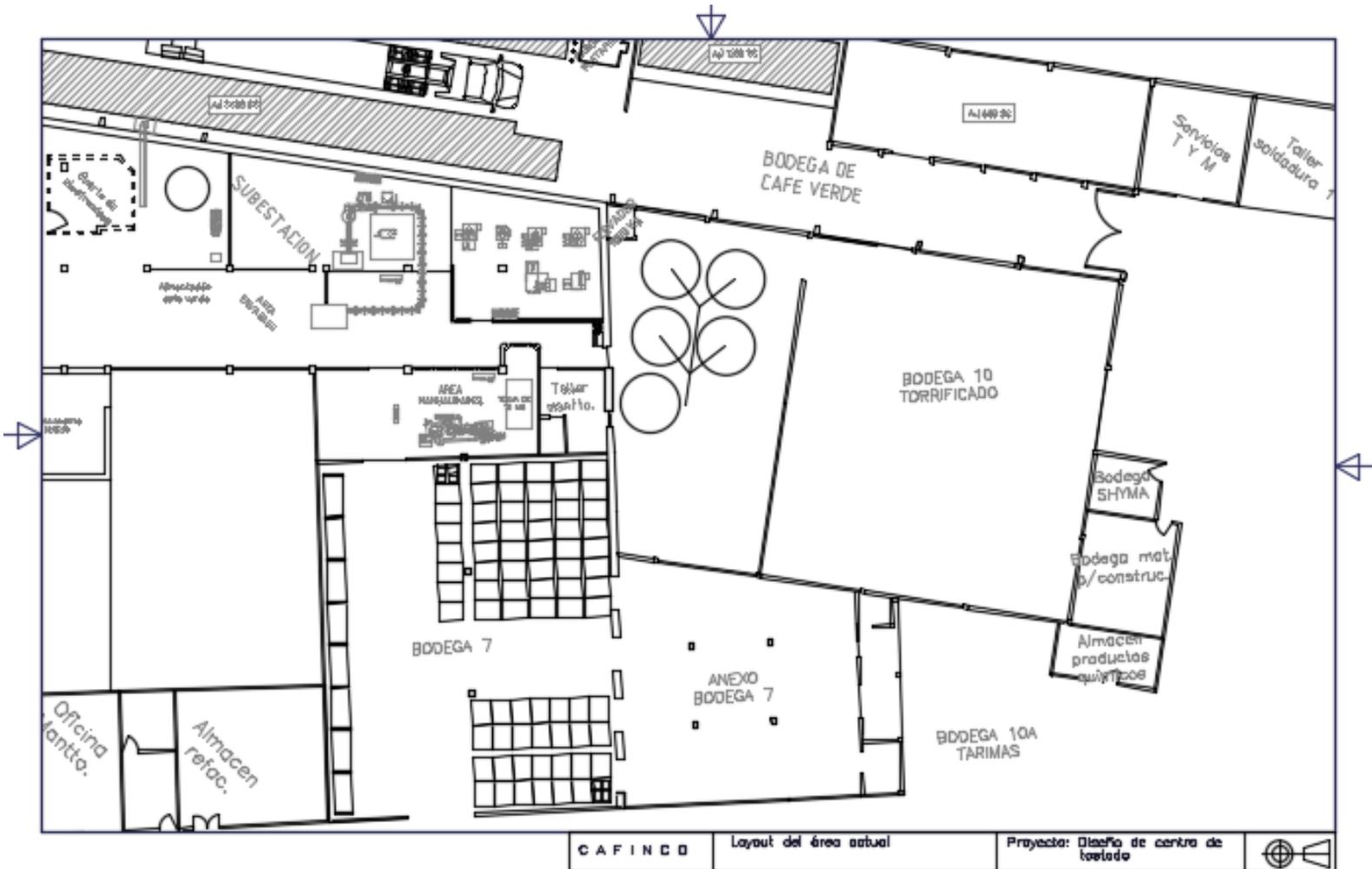
Grafica 3

Una vez teniendo el volumen se realiza el cálculo para las dimensiones de los silos o tolvas de almacenamiento.



El almacenamiento total de las 6 tolvas es de 11746 Kg cubriendo de esta forma el almacén requerido de café verde.

4.4 Distribución de las áreas



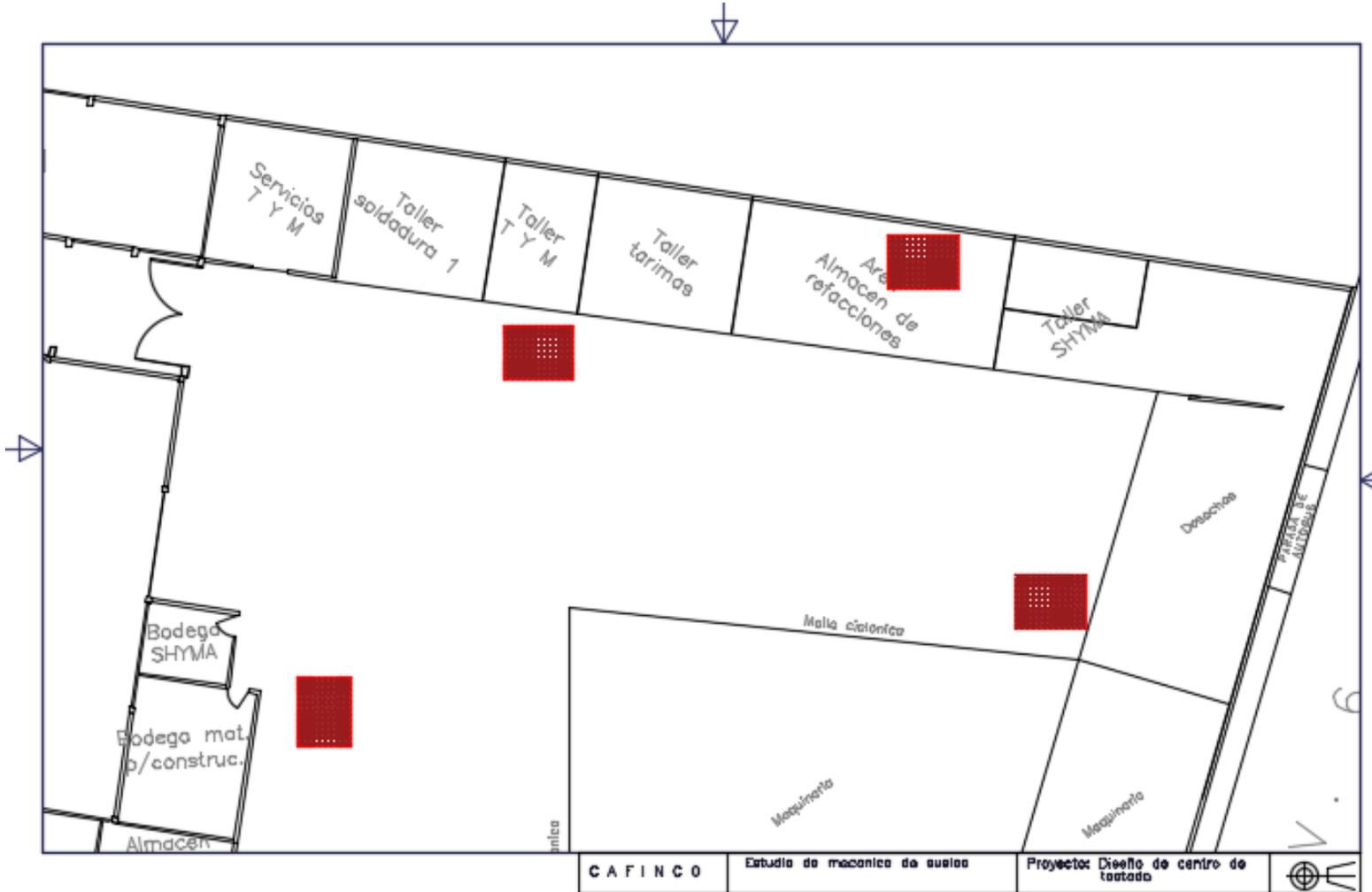
Plano 2 Layout actual del área

En el plano 2; son identificadas las áreas actuales de la Empresa; para ser evaluadas estructuralmente, y comprobar si se pueden aprovechar las áreas o se tendrá que realizar una modificación a la Infraestructura.



Plano 3 Áreas modificadas para el Nuevo Proyecto.

En el plano 3, se muestra con línea color verde el área que será modificada en infraestructura para lo que vendrá siendo el centro de tostado, el almacenamiento de café verde y café tostado.



Plano 4 Excavaciones para Estudios de Mecánica de Suelos

En el plano 4, se muestra los 4 puntos en donde se realizarán las excavaciones para el estudio de la mecánica de suelos, se excavará una profundidad de 2 a 3 m. para extraer una muestra de la tierra.

Dicho estudio servirá para saber la capacidad de carga a la que se puede exponer el terreno.

4.5 Sistema de Transporte.

Se realizó una tabla comparativa para evaluar los dos sistemas de transportación, entre el mecánico y el neumático.

NEUMÁTICO	MECÁNICO
<ul style="list-style-type: none">• Transportación de polvos, material granulado a granel.• Transporte totalmente cerrado (el sistema es más limpio).• Reduce la posibilidad de pérdida de material.• Transporta varios Kg.• Puede transportar hasta 300m de distancia.• Facilita la transportación por aire libre.• Bajo mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none">• La energía del motor se transmite directamente al transportador.• Son muy adecuados para material pesados, pueden ser húmedos.• Puede transmitir varios Kg.• Puede transportar hasta 300m de distancia.• Alto mantenimiento.

Tabla 5 Neumático vs Mecánico

En base a la comparación realizada, el transportador más conveniente es usar el neumático, debido al manejo de alimento su calidad y limpieza deben ser alta, de igual forma por su bajo costo de mantenimiento, ya que es más práctico darle mantenimiento a un motor de una turbina que a todo el transportador mecánico completo.

Capítulo 5 Resultados y conclusiones

5.1 Conclusiones

El objetivo principal se cumple, solo queda pendiente detallar más a fondo los cálculos para las tolvas y el análisis de los resultados de estudios de mecánica de suelos, para que se pueda plantear una solución para el área que la cual, por lo observado, no se encuentra en condiciones para soportar mucho peso.

5.2 Resultados

Se comenzó con la habilitación de nuevos lugares para los talleres que serán demolidos y en su lugar se hará una bodega para las tolvas de café verde

5.3 Trabajos a Futuro

Para un futuro inmediato, realizar una buena cimentación en el área, para las cargas de las tolvas, la demolición y habilitación de áreas para el centro de tostado

5.4 Recomendaciones

Organización en base a tiempos de trabajo, y seguir lo más que se pueda el cronograma de actividades, darle su debido tiempo a cada actividad.

Bibliografía

- Abreu, D. J. (s.f.). La mecánica de suelos y las cimentaciones. 37.
- Angel Gustavo Castelán Acosta, R. S. (2016). Propuesta de automatización del proceso para obtención del café tostado y molido . 135.
- ASTM, D. (s.f.).
- Ballaz, D. I. (s.f.). Flujo y Atascos de un medio granular en la descarga de silos. 143.
- Dávila, J. A. (2014). Localización y diseño de una planta productora de café tostado y molido. Trabajo de titulación .
- Diseño de un silo conforme al eurocódigo. (s.f.). 13.
- Escobar, N. M. (s.f.). Diseño óptimo y simulación de un ventilador centrífugo. 70.
- Hermanos, G. (s.f.). Transporte Neumático . 2.
- Holdich, R. (2002.). Fundamentals of Particle Technology, Midland Information. United Kingdom.
- J.L. Amorós, G. M. (s.f.). Diseño de silos y tolvas de almacenamiento de materiales. Universitat Jaume 1. Castellón. España.: Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE).
- Palau, S. &. (s.f.). Manual Práctico de Ventilación . 11.
- Perry, R. H. (1973). Manual del ingeniero químico. Mc Graw Hill.
- Perú, P. U. (2011). Diseño de silo. 25.
- Rhodes, M. (1998). Introduction to Particle Technology. England: John Wiley & Sons,.
- Valcárcel, J. P. (s.f.). Conceptos generales de la Mecánica de suelos . 29.