

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

**“Diseño de Instalación y Manejo de
Tanques Contenedores
International Standard Organization (ISO)
Horizontales para Jarabe de Maíz en
Fábrica de Dulces Tropical II”**

Trabajo de investigación presentado por
Rogelio Alvarez Mury para optar al grado de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

GUATEMALA
2002

**“Diseño de Instalación y Manejo de
Tanques Contenedores
International Standard Organization (ISO)
Horizontales para Jarabe de Maíz en
Fábrica de Dulces Tropical II”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

**“Diseño de Instalación y Manejo de
Tanques Contenedores
International Standard Organization (ISO)
Horizontales para Jarabe de Maíz en
Fábrica de Dulces Tropical II”**

Trabajo de investigación presentado por
Rogelio Alvarez Mury para optar al grado de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

GUATEMALA
2002

Vo. Bo.

Ing. Carlos Paredes

Tribunal Examinador

Ing. José Joaquín Garoz

Ing. Sigurd Mocklebust

Ing. Carlos Paredes

Fecha de aprobación: Guatemala 2 de agosto de 2002

CONTENIDO

	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE GRAFICAS Y TABLAS	vi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
III. MARCO HISTÓRICO	19
IV. PROYECTO DE INSTALACIÓN	23
V. ANÁLISIS FINANCIERO	35
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	42
VIII. BIBLIOGRAFÍA	43
IX. APÉNDICE	44

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
Accesorios de un tanque contenedor ISO	5
Conector de salida inferior para productos de bajo riesgo	5
Conector de salida inferior para tanques International Maritime Organization (IMO) 2	6
Conector de salida inferior para International Maritime Organization (IMO) 1	6
Conector de salida superior	6
Escotilla	7
Varilla de medición	8
Válvula de alivio tipo presión y vacío	9
Sistema de calefacción de vapor	10
Inspección de maíz	12
Tanques de remojo	12
Separadores	13
Pantallas cóncavas	13
Centrífugas	14
Jarabe de maíz	15
Diagrama de altura mínima de operación	27

LISTA DE GRÁFICAS Y TABLAS

	Página
Gráficas	
Comparativa de Potencia de Bomba y Caudal	29
Comparativa de Caudal y Viscosidad	30
Tablas	
Condiciones de válvula	8
Flujo de caja a cinco años	39
Flujo de caja a tres años	39

I. INTRODUCCIÓN

Un tanque contenedor International Standard Organization (ISO) es un envase, cilíndrico en la mayoría de los casos, de grandes capacidades que mantiene una materia prima en un ambiente salubre y uniforme a temperatura controlada y presión atmosférica. Está fabricado con un acero inoxidable de grado sanitario que protege la materia prima del crecimiento de cualquier tipo de bacteria en las paredes internas del mismo. Además el material permite el paso de energía en forma de calor hacia el producto y le otorga forma y rigidez al tanque.

El jarabe de maíz es una materia prima extraída del grano del maíz, compuesta en su mayoría por dextrosa, maltosa, maltotriosa, sacáridos altos y agua en diferentes porcentajes en estado líquido. Es una materia prima difícil de manejar y la mayoría posee alta viscosidad. Para almacenar el jarabe de maíz en contenedores ISO las consideraciones principales son: la temperatura de almacenaje y la forma de introducirla y extraerla del tanque.

El manejo de materia prima es un factor de suma importancia en la producción de alimentos. Un método de almacenaje que cada día cobra más importancia dentro de la industria guatemalteca es el uso de contenedores ISO.

Este tipo de contenedores tiene un sinnúmero de ventajas que lo hacen superior a las demás formas de almacenamiento. Ayudan a mejorar la salubridad y el grado de higiene del producto, reducen los costos al manejar la materia prima en grandes volúmenes, elimina el valor agregado de unidades pequeñas, y maximiza el espacio físico.

El trabajo que se pretende desarrollar es definir el diseño de una instalación de contenedores ISO, y el manejo de jarabe de maíz como materia prima dentro de los mismos. Se espera que los resultados sean favorables para el proyecto, comprobar una

reducción en el costo del producto, disminuir la probabilidad de contacto directo y reducir los problemas de descarga y despacho a la línea de producción. Todo el trabajo se lleva a cabo con el apoyo de la fábrica de dulces Tropical II y sus socios. El resultado del mismo será presentado y aprobado para su ejecución práctica.

Se analizarán las necesidades y oportunidades a modo de definir las características óptimas de instalación. Las decisiones y selecciones se fundamentarán con la teoría y se describirá su aplicación en la instalación. Se respaldarán las selecciones y decisiones con fundamentos teóricos y se adjuntará la información correspondiente. Adicionalmente se busca crear una guía de instalación básica de un contenedor ISO para uso en una industria manufacturera de alimentos, con base en la ejecución del proyecto.

II. ANTECEDENTES TEÓRICOS

En la instalación de un tanque contenedor es necesario tener claro qué equipo se va a ejecutar e instalar y cuál va a ser su aplicación. También conocer el producto a manejar y cuáles son las principales características que pueden influir en el diseño y la selección del equipo que conformarán el sistema. En este capítulo se hará una breve descripción de los Tanques Contenedores ISO y el jarabe de maíz.

A. Tanques Contenedores ISO

Los tanques contenedores son esencialmente recipientes de presión montados en una estructura. Las dimensiones estándar de las estructuras se ajustan a las recomendaciones de ISO y la unidad se diseña y se construye de acuerdo con codificaciones estrictas internacionales para el transporte y almacenamiento mundial de líquidos a granel por tierra o mar.

Los tanques varían de acuerdo al líquido a transportar y se rige bajo las normas de la International Maritime Organization (IMO), la cual vela por el mantenimiento de las aguas internacionales. Los tanques IMO 1 vienen equipados para el transporte y almacenamiento de líquidos de alto riesgo. Están contruidos de acero inoxidable 316 y soportan una presión máxima de 4 bar (1 bar equivale a 100 Kpa), el sistema de calefacción puede ser de vapor o eléctrico y su capacidad oscila entre 12,000 a 26,500 litros nominales. Posee las dimensiones de un contenedor, con presentaciones de 10, 20, 30 o 40 pies. El IMO 2 es para líquidos de bajo riesgo y la diferencia con el IMO 1 es que la presión máxima es de 1.75 bar.

1. Estructura

Aunque los tanques contenedores tienen una apariencia bastante uniforme, los materiales que constituyen la carcasa y sus accesorios varían. Los tanques se clasifican de acuerdo a las especificaciones de la carcasa y de los accesorios, los cuales determinan la categoría del producto que se transportará o almacenará.

La función de la estructura o marco es soportar y proteger la carcasa, y facilitar el estibado, seguridad y transporte de cualquier líquido con las especificaciones ISO. Las dimensiones generales y las uniones cumplen también con los estándares ISO para contenedores. El marco está diseñado para soportar las tensiones de un tanque totalmente lleno y puede estibarse al igual que un contenedor común.

Existen tres tipos diferentes de marcos:

- Marco Completo: Con protectores continuos a los lados.
- Viga: Únicamente lleva marcos en la parte frontal y posterior. Utiliza la fuerza inherente de la carcasa misma, al mismo tiempo que reduce el peso de tara.
- Híbrido: Es una combinación de los dos anteriores. La carcasa actúa como miembro estructural, el marco frontal y posterior están conectados por miembros estructurales longitudinales.

2. Accesorios

Los diferentes accesorios distinguen los contenedores entre sí, éstos varían según su clasificación y hacen más amplia la lista de distintos contenedores existentes. Los accesorios comúnmente encontrados en los contenedores son las siguientes (ver Figura 1):

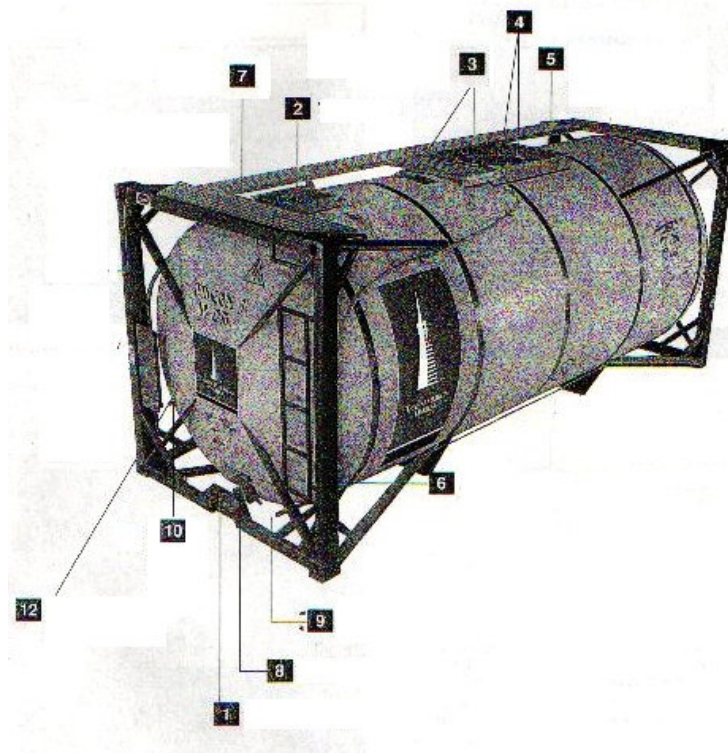


Figura 1. *Accesorios de un Tanque Contenedor ISO*

Conector de salida inferior (1)

Los tanques para productos de bajo riesgo están provistos de una válvula de bola o de mariposa de 3" British Standard Piping (BSP) con el exterior roscado, tapa y cadena.

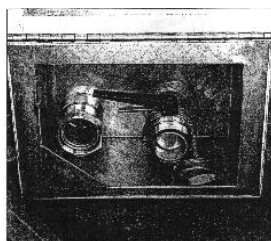


Figura 2. *Conector de Salida Inferior para productos de bajo riesgo*

Los tanques IMO 2 poseen un sistema de doble cerrado que consiste en una válvula de pie de acero inoxidable operado por una manija externa, un seguro de resorte y una llave de bola o mariposa de 3" o una salida roscada, tapa y cadena.

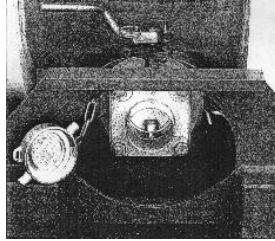


Figura 3. Conector de Salida Inferior para IMO 2

Los tanques IMO 1 tienen tres cierres independientes, un sistema de válvula doble, una pestaña atornillada o una tapa roscada. Los conectores de salida inferior son prohibidos para ciertos materiales de alto riesgo, por ejemplo químicos o ácidos peligrosos.



Figura 4. Conector de Salida Inferior para IMO 1

Conector de salida superior (2)

Se encuentra solamente en tanques tipo IMO 1. Está ubicado en la parte posterior del tanque y consiste de un tubo sifón, una llave de mariposa de 3", una pestaña de 3" y una placa. Para la limpieza de este tipo de conector es mejor remover el tubo sifón y reemplazarlo.

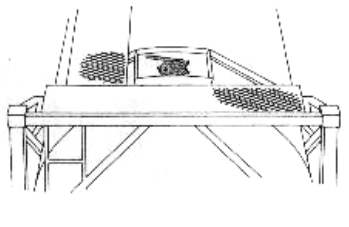


Figura 5. *Conector de Salida Superior*

Escotilla y tabla de calibración (3)

Los tanques están equipados con una escotilla de 20 pulgadas (500 mm) de diámetro ubicada en el centro, que posee una tapa de acero inoxidable con sello incorporado. La tapa se asegura con seis u ocho tornillos de mariposa y la circula un área de derrame que drena cualquier rebalse de producto a través de tubos alrededor de la carcasa.

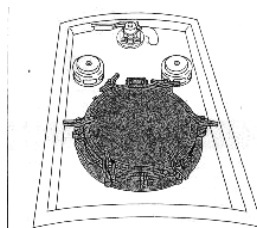


Figura 6. *Escotilla*

Algunos tanques no estandarizados, que transportan productos como peróxido de hidrógeno poseen tapas atornilladas. El sello más común es un elastómero blanco de grado alimenticio, pero también puede equiparse con un sello de Politetrafluoretileno (PTFE) o TEFLON®.

La tabla de calibración consiste en una tabulación de equivalencias de distancia a volumen, tomando como referencia la distancia libre del tanque desde su superficie máxima hasta la superficie del fluido en ese momento (ver Apéndice). Dentro del tanque cuelga una varilla de medición de acero inoxidable la cual se utiliza en conjunto con la

tabla de calibración para determinar el volumen de la carga. Ciertos tanques tienen la capacidad marcada directamente en la varilla.

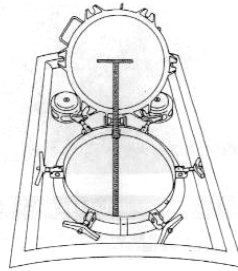


Figura 7. Varilla de medición

Válvulas de alivio (4)

Las válvulas de alivio están montadas en acoples roscados que tienen 2 ½ pulgadas tipo BSP. Estas pueden ser del tipo niveladoras de presión, las cuales protegen la carcasa del tanque de cualquier explosión o implosión, o solamente liberadoras de presión, dependiendo del diseño del tanque. Para ciertos productos, una protección contra incendios es necesaria para prevenir la ignición de vapores inflamables dentro del tanque al momento del funcionamiento de la válvula niveladora de presión. La válvula está diseñada para proteger el tanque de cualquier exceso de presión o vacío. Las distintas capacidades de la válvula están tabuladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de Válvula

TIPO DE TANQUE	PRESIÓN BAR/PSI	VACÍO BAR/Hg	FLUJO MÍNIMO ft ³ /min
Sin riesgo.	2.07/30	0.21/6.2	110 ft ³ /min
IMO 2	2.18/32	0.21/6.2	400 ft ³ /min
IMO 1 (3 bar)	3.75/54	0.21/6.2	4,600 ft ³ /min
IMO 1 (4 bar)	4.40/63.8	NINGUNO	6,225 ft ³ /min

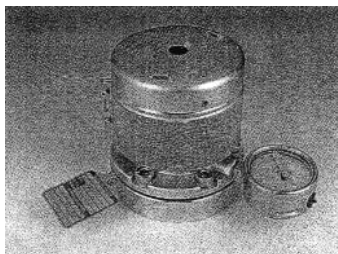


Figura 8. *Válvula de alivio tipo presión/vacío*

Conexión de la línea de aire (5)

Los tanques están provistos con una conexión macho para aire tipo BSP roscada de 1 ½ o 2 pulgadas. Esta conexión puede usarse durante el llenado, la descarga o al examinar el producto y su función es mantener el tanque a presión atmosférica durante la carga y descarga, liberando o atrapando el aire ambiente dentro del contenedor. Es importante que el aire que entre dentro del tanque sea tratado, sobre todo si el mismo se va a estacionar durante un largo período.

Escalera de acceso y Rejilla de paso (6 y 7)

La escalera de acceso y la rejilla ayudan a tener un fácil y seguro acceso a los equipos en la parte superior del tanque y a las uniones del mismo. Se debe tener cuidado de no caminar directamente sobre él para evitar cualquier daño al aislamiento y la carcasa.

Válvula de pie (8)

La válvula está directamente en la pestaña del tanque y su mecanismo en el interior del contenedor. Posee una doble función, la primera es asegurar un desahogo completo abriendo en su totalidad la salida del producto. Además, en el caso de un accidente, la parte interna de la válvula se mantiene cerrada previniendo cualquier derrame.

Salida de vapor y Entrada de vapor (9 y 10)

Los tanques equipados con un sistema de calefacción por vapor están equipados con una serie de tubos de acero inoxidable en el exterior de la carcasa del tanque. El circuito de tubos termina en la parte posterior del tanque en dos conexiones tipo BSP roscadas. La salida del vapor está ubicada usualmente a un nivel más bajo que la entrada permitiendo el drenado del condensado. La entrada y la salida pueden equiparse con una válvula de alivio y una trampa de vapor respectivamente, si se requiere.

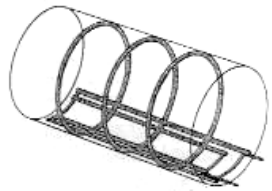


Figura 9. *Sistema de calefacción de vapor*

En algunos casos puede bombearse agua caliente dentro del sistema de calefacción para que el calentamiento sea más suave y no dañe algún producto sensible a la temperatura.

La presión de trabajo máxima del sistema es alrededor de 2 a 4 bar y generalmente se indica en la placa de datos.

Ubicación de termómetro (11)

La mayoría de los tanques con sistema de calefacción están equipados con un termómetro. El sensor del termómetro puede ser de inmersión o de superficie conectado a un dial. Estos pueden ser de lectura análoga o digital dependiendo del diseño del tanque.

Sistema de cierre remoto (12)

En el caso de una emergencia, la válvula de pie puede accionarse desde una ubicación remota. Todos los tanques que manejan materiales peligrosos y llevan una conexión de salida inferior, están equipados con este sistema de cierre por seguridad.

3. Sellos y Aislamiento

Los materiales estándar de los sellos varían dependiendo del tipo de tanque. El diseñador y el usuario deben asegurarse de que los sellos sean compatibles con el producto a transportar o almacenar.

La mayoría de tanques para productos de bajo riesgo e IMO 2 vienen equipados con sellos PTFE o Viton® (fluoroelastómero). Los tanques IMO 1 llevan un sello PTFE. La escotilla lleva usualmente un PTFE o un elastómero blanco de grado alimenticio.

Los tanques vienen aislados con una capa de poliuretano, fibra mineral o una combinación de ambos, de 50 mm de grosor mínimo. La cobertura del aislamiento es un acero inoxidable o aluminio de grado marítimo de 1mm de grosor. Todas las uniones están selladas para evitar la entrada de humedad.

B. Jarabe de Maíz

Los productos que se van a manejar dentro de los dos tanques contenedores ISO que se instalarán son dos tipos diferentes de jarabe de maíz. La diferencia entre estos dos productos se refleja en sus distintas viscosidades a las mismas temperaturas, punto importante a la hora de calcular la capacidad de la bomba y el motor, además de tomarse en cuenta para la selección de la ubicación física de los contenedores.

1. Proceso de Producción

El proceso de producción de jarabe de maíz lleva varios pasos, comenzando con la inspección del maíz que arriba a la planta de producción. Es necesario remover todo el polvillo, la tusa, desperdicios y cuerpos extraños antes de remojar la materia prima en agua.



Figura 10. *Inspección de Maíz*

Luego el maíz es introducido en cada uno de los tanques de remojo de acero inoxidable que pueden contener alrededor de 105,000 litros durante un período de 30 a 40 horas en agua a 50° C. Durante el remojado el grano de maíz incrementa su nivel de humedad del 15 al 45 por ciento y duplica su tamaño. La adición de 0.1 por ciento de dióxido de sulfuro al agua previene el crecimiento excesivo de bacterias en el tibio ambiente.



Figura 11. *Tanques de Remojo*

A medida que el maíz absorbe y se suaviza, el agua empieza a romper las uniones dentro del grano y libera el almidón. Después del remojo, el grano es molido bruscamente para liberar el germen de los demás componentes. El agua de remojo se condensa para capturar los nutrientes en el agua y usarlos en la producción de alimentos para animales.

El grano molido fluye en una mezcla de agua, hacia los separadores de gérmenes. Unos ciclones separan el germen del maíz, el cual contiene aproximadamente 85% del aceite, de la mezcla de agua. Luego se bombea el precipitado en filtros cóncavos, llamados también pantallas, donde se lava repetidamente para remover cualquier almidón. Una combinación de procesos químicos y mecánicos extrae el aceite del germen y se refina, produciendo aceite de maíz terminado. El residuo del germen se utiliza como otro componente en la producción de alimento para animales.



Figura 12. *Separadores*

El grano y la mezcla de agua separada en el proceso anterior se llevan a un molino de impacto donde se extrae el almidón y el gluten de la fibra del grano. La suspensión de almidón, gluten y fibra fluye a través de pantallas cóncavas (ver Figura 13) que atrapan la fibra, pero dejan fluir el almidón y el gluten. La fibra se recolecta, y se filtra para recuperar almidones y proteínas. La suspensión de almidón y gluten, pasa al proceso de separación de almidón.



Figura 13. *Pantallas Cóncavas*

El gluten posee una baja densidad en comparación del almidón. Utilizando una máquina de centrifugación se separa el gluten del almidón. Este último, aún contiene de uno a dos por ciento de proteína, se lava entre 8 y 14 veces para remover los últimos residuos de proteína y producir un producto de alta calidad con un 99.5 por ciento de pureza. A este almidón se le denomina no modificado, ya que no continúa un tratamiento enzimático posterior donde se rompen sus cadenas, hasta transformarlo en un almidón modificado cuyas propiedades son específicas para ciertos procesos industriales. Por último la mayoría del almidón se convierte en jarabes de maíz y dextrosa.

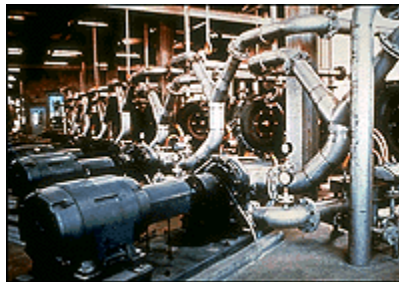


Figura 14. *Centrífugas*

El almidón suspendido en agua, se licua en presencia de ácidos y enzimas que lo convierten en una solución baja en dextrosa. El proceso de conversión continúa utilizando más enzimas, pero los productores pueden detener las acciones enzimáticas o ácidas para

producir mezclas precisas con cantidades exactas de azúcares (dextrosa y maltosa) para producir jarabes.

Generalmente el proceso ácido-enzimático se detiene tempranamente para producir jarabes de baja dulzura. Si continua, el jarabe se convierte, casi en su totalidad, en dextrosa. El jarabe se refina en filtros, máquinas centrifugas, columnas de intercambio iónico y evaporadores de agua. Finalmente el jarabe se vende puro, cristalizado en dextrosa o se procesa para producir jarabes de maíz de alta fructosa.



Figura 15. *Jarabe de Maíz*

2. Índice refractario

El índice refractario (I.R.) es la propiedad óptica de un material que se relaciona con la cantidad de curvas que ocurren cuando un rayo de luz pasa a través de él desde un medio externo. Este índice se mide con un instrumento llamado refractómetro.

El uso del I.R. en el área de los jarabes de maíz es determinar el porcentaje de sólidos secos (S.S.) en cualquiera de los productos. Uno de los factores críticos para la medición del I.R. es la temperatura. El mismo producto examinado a diferentes temperaturas presentará diferentes I.R., en consecuencia es importante llevar a cabo todas las mediciones en un ambiente controlado a la misma temperatura.

3. Jarabes de Maíz Utilizados en la Planta de Dulces La Tropical II

- Jarabe de Maíz Clearsweet 63/43

Es un jarabe de maíz con alto grado de dextrosa equivalente (D.E.), convertido a través de reacciones ácido-enzimáticas. Ésta conversión enzimática de largas cadenas de dextrinas a mono y disacáridos otorgan una alta concentración de azúcares fermentables a la doblemente convertida Clearsweet 63/43. Esta propiedad aunada con el alto poder dulcificante y la baja viscosidad, hace de este producto un excelente jarabe para aplicaciones de repostería, bebidas y confitería.

Datos físicos y químicos:

Propiedades Principales

Dextrosa Equivalente (%)	63
Baume (140°/60° +1)	43 grados
Índice de Refracción (45° C)	1.4930
Sólidos Totales (%)	82.0
Húmedad (%)	18.0
Ceniza sulfatada (%)	0.4
Nitrógeno (%)	0.01
pH (1:1)	4.9
Dióxido sulfúrico	40 ppm
Calorías/100g	322

Características

Apariencia	Líquido claro
Gusto	Dulce, blando
Olor	Característico

Factores de Peso/Volumen

Gravedad específica (100°/60° F)	1.4198
Libras/Galón	11.84
Libras/Galón (Basado en Sólidos Secos, DSB)	9.71

<u>Viscosidad</u>	(Centipoise)
80° F	25,000
90° F	15,500
100° F	9,000
110° F	4,000
120° F	2,500
140° F	1,000

Análisis Cromatográfico

(% de Base Seca)

Dextrosa	36
Maltosa	31
Maltotriosa	13
Sacáridos Altos	20

- Jarabe de Maíz Clearsweet 43/44.5

El producto es un jarabe de maíz de grado regular de dextrosa equivalente, convertido a través de reacciones ácido-enzimáticas. Posee un alto porcentaje de sólidos lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requieren jarabes con niveles de D.E. regulares y alto número de sólidos, como es el caso de los fabricantes de goma de mascar y confitería.

Datos físicos y químicos:

Propiedades Principales

Dextrosa Equivalente (%)	43
Baume (140°/60° +1)	44.5 grados
Índice de Refracción (45° C)	1.5020
Sólidos Totales (%)	83.7
Húmedad (%)	16.3
Ceniza sulfatada (%)	0.3
Nitrógeno (%)	0.006
pH (1:1)	4.9
Dióxido sulfúrico	40 ppm Máx.
Calorías/100g	328

Características

Apariencia	Líquido claro
Gusto	Dulce, blando
Olor	Característico

Factores de Peso/Volumen

Gravedad específica (100°/60° F)	1.4407
Libras/Galón	12.01
Libras/Galón (Basado en Sólidos Secos, DSB)	10.05

Viscosidad

	(Centipoise)
80° F	700,000
90° F	250,000
100° F	110,000
110° F	52,000
120° F	26,000
130° F	15,000
140° F	8,500

Análisis Cromatográfico

(% de Base Seca)

Dextrosa	19
Maltosa	14
Maltotriosa	12
Sacáridos Altos	55

Ambos jarabes de maíz se utilizan en la industria de alimentos. Las características más importantes para fines del proyecto de instalación son:

- Viscosidad Dinámica
- Densidad
- Temperatura de Cristalización

III. MARCO HISTÓRICO

A. Situación Preliminar

El sistema actual de manejo del jarabe de maíz en la planta de producción consiste en su totalidad en la manipulación del producto en barriles.

El material del cual están fabricados los barriles es un polietileno de grado alimenticio color azul. En la parte superior del tanque lleva dos orificios roscados, que posibilitan el vaciado del barril, en donde se colocan dos tapas de polietileno con base de teflón. Cada barril posee un diámetro exterior de 0.57 m y una altura de 0.91 m y una capacidad aproximada de 660 lb. de producto.

El jarabe de maíz es importado de los Estados Unidos de América y transportado en barco, entrando al país por el puerto de Santo Tomás de Castilla. La carga se maneja en tarimas y en cada una de ellas están colocados cuatro barriles de jarabe con una carga total de 2,640 lb. (aproximadamente 1.2 TM). Un contenedor de 40 pies contiene un máximo de 17 tarimas, equivalente a 68 barriles de jarabe (aproximadamente 20.4 TM), las cuales no se estiban por medidas de seguridad.

Dentro de la planta el procedimiento de descarga incluye dos operadores que maniobran la carga dentro del contenedor para que el operador del montacargas pueda recoger la tarima con el vehículo. El proceso de descarga de un contenedor de barriles de jarabe de maíz de 40 pies puede llevar entre cinco y seis horas.

Luego se coloca la carga en una ubicación específica que tiene un área de 100 m², (28.6 m x 3.5 m). En esta ubicación la estiba máxima es de dos tarimas, limitando la capacidad total a 320 barriles (95.83 TM). Está localizada dentro de la planta de

producción, cerca de la nave principal, para facilitar el transporte del jarabe a la línea de producción.

El movimiento necesario para el traslado desde la ubicación específica hasta la línea de producción conlleva la utilización de tres operarios y un montacargas. El operador del montacargas desciende la carga a nivel del suelo para que las otras dos personas coloquen el barril lleno en una carretilla diseñada especialmente para acomodarlo y facilitar su maniobra. Luego es necesario ingresarlo a la planta de producción, directamente al área de cocina, donde se colocan horizontalmente con la ayuda de un polipasto.

Cada barril se vacía lentamente por gravedad con la ayuda de la introducción de aire comprimido a través de uno de los dos orificios, aumentando la presión dentro del barril y venciendo la resistencia e inercia creada por la alta viscosidad del producto. Durante el proceso, el operario tiene contacto directo con el producto lo que aumenta el riesgo de contaminación. Además, cierta cantidad de producto se pierde adherido a las paredes del barril y no es posible su extracción a través de los orificios de salida debido a la viscosidad del producto; tampoco es factible la utilización de otro líquido, como el agua, para extraerlo ya que se debe preservar puro. El jarabe de maíz es recibido en ollas de aluminio de grado alimenticio en donde se pesa y espera turno para ser consumido en conjunto con las demás materias primas en el proceso de cocción de la miel.

B. Sistema Propuesto

El proveedor de jarabe de maíz y la gerencia de la empresa alcanzaron un acuerdo en el cual se entregarán a la planta dos tanques contenedores de 20 pies, para líquidos no riesgosos. La finalidad del acuerdo es la de utilizar el innovador sistema de transporte de líquidos ideado por el proveedor, el cual reduce los costos de transporte y de empaque.

El producto se transporta en una bolsa de polietileno extrudido, de 1 mm de espesor, que consta de dos finas capas, la interna de material virgen y la externa compuesta de polietileno reciclado. Con una capacidad de 14,000 LT, ésta transportará 20 TM de jarabe desde USA hasta Guatemala, en un contenedor de 20'. Luego, a través de un sistema de bombeo, el producto se vaciará y se introducirá en su respectivo tanque según el tipo de jarabe.

Finalmente, el jarabe de maíz se ingresará a la línea de producción en tubería de acero inoxidable grado sanitario, directamente a ollas de aluminio, mientras se ajusta el sistema de pesado para poder llevarlo directamente a la marmita de cocción. Durante todo el proceso, la mano de obra requerida, el espacio físico necesario y el contacto directo con el producto serán mínimos.

C. Datos para Cálculos Técnicos y Financieros

A continuación se presenta un listado con los datos necesarios para llevar a cabo los cálculos técnicos del equipo y las instalaciones. También se listan los datos financieros que se utilizarán más adelante para realizar un análisis financiero y estimar el retorno de inversión del proyecto a un plazo de cinco años.

Barriles

- Diámetro Externo: 0.57 m
- Altura Externa: 0.91 m
- Volumen Interno: 55 Gl
- Peso de desperdicio adherido a las paredes interiores: 5 – 8 lb.
- Peso aproximado del barril lleno: 660 lb.

Jarabe de maíz:

- Viscosidad máxima de la jarabe de maíz (100° F): 110,000 cp
- Costo del kilo de jarabe de maíz (en barril): 3.70 USD

- Temperatura de cristalización del jarabe de maíz, con exposición directa durante un período de 15 a 40 min.: 140° F
- Peso específico: 1,411 N/m³

Infraestructura:

- Área de almacenaje: 100 m²
- Capacidad máxima de barriles: 320 UN

Costos y tiempos:

- Sueldo promedio de operario: 7 Q/HR
- Tiempo de descarga de 68 barriles (contenedor 40'): 5.5 HR

Datos de Tubería Inoxidable (por tanque):

- Clase de Acero Inoxidable: 304
- Longitud de tubería: 55 m
- Codos: 7 UN
- Válvula de mariposa: 1 UN
- Diámetro Interno: 0.0975m

IV. PROYECTO DE INSTALACIÓN

El proyecto consiste en la instalación de dos tanques contenedores ISO en un área específica dentro del terreno de la planta de producción, para que se maneje en ellos los dos diferentes tipos de glucosa descritos anteriormente. Se debe calcular la capacidad necesaria de cada uno de los equipos y llevar a cabo la selección del mismo dependiendo de las existencias en el mercado. Además, diseñar y construir la infraestructura adecuada, y desglosar los costos de instalación. Así también se debe analizar el retorno de la inversión y el crecimiento futuro de la instalación.

A. Objetivos del Proyecto

Los objetivos generales del proyecto de instalación de un sistema de manejo a granel con tanques contenedores son los siguientes:

1. Reducir el costo por kilo de jarabe de maíz, reduciendo el costo de materia prima de nuestro proveedor al enviarlo a granel
2. Evitar el contacto directo con el jarabe de maíz por parte de los operarios.
3. Mejorar el grado de salubridad del almacenaje del jarabe de maíz.
4. Reducir la mano de obra relacionada con el manejo del producto.
5. Certificación ISO.

B. Cálculos y Análisis de Datos

1. Potencia Requerida de la Bomba

El caudal necesario actualmente es de 15 galones por minuto (GPM), pero para efectos del diseño de la bomba se utilizará un caudal estándar de 20 GPM, el cual

sobrepasa por poco el necesario en el proceso de cocción donde se utiliza el jarabe, con el fin de poder incrementar el caudal sin la necesidad de cambiar el equipo en un futuro. Para calcular la velocidad del fluido se debe calcular el área transversal de la tubería en metros cuadrados (m^2).

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0.0975m)^2}{4}$$

$$A = 7.4662 \times 10^{-3} m^2$$

Dónde A representa el área y D el diámetro de la tubería. Luego calculamos la velocidad (V) en metros sobre segundo cuadrado (m/s^2) a partir de la ecuación de caudal (Q).

$$Q = VA$$

Despejando la ecuación obtenemos

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

$$V = \frac{0.0012 \frac{m^3}{s}}{7.4662 \times 10^{-3} m^2}$$

$$V = 0.1480 \frac{m}{s}$$

El número de Reynolds (N_R) es necesario para definir el tipo de fluido, laminar o turbulento. Para encontrar N_R se utiliza la velocidad V , la viscosidad dinámica $\mu = 110,000$ cp (110 Pa*s), el diámetro D y la densidad $\rho = 12.01$ lb/Gl (1,437.78 Kg/m³). La viscosidad dinámica es supuesta a una temperatura de trabajo de 100° F (38° C).

Cualquier caída en la temperatura en la línea supone una mayor viscosidad y por lo tanto una mayor potencia requerida de la bomba.

$$N_R = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$$N_R = \frac{(0.1480 \text{ m/s})(0.0975)(1,437.78 \text{ Kg/m}^3)}{110 \text{ Pa} * s}$$

$$N_R = 0.1886$$

El resultado del cálculo del Número de Reynolds es menor a 2,000 por lo que el fluido es **laminar**. Utilizando la forma del factor de pérdida para fluidos laminares (f) encontramos su valor y se incluye dentro del cálculo de la cabeza de pérdida mayores y menores.

$$f = \frac{64}{N_R}$$

$$f = \frac{64}{0.1886}$$

$$f = 339.29$$

Las pérdidas por fricción (h_{fL}) están relacionadas con la longitud total de la tubería (L) que debe recorrer el fluido después de la bomba. Las pérdidas menores (h_{fA}) corresponden a las pérdidas en codos, llaves, entradas y salidas de la tubería.

Pérdidas mayores:

$$h_{fL} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{fL} = 339.29 * \frac{55m}{0.0975m} * \frac{(0.1480m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2}$$

$$h_{fL} = 213.72m$$

Pérdidas menores:

Factor de pérdida (K):

- Codo 0.9
- Válvula de Mariposa 2
- Entrada a bomba 0.5
- Salida de tubería 0

$$h_{fA} = n_{codos} * K_{codo} * \frac{V^2}{2g} + n_{valv} * K_{valv} * \frac{V^2}{2g} + K_i * \frac{V^2}{2g} + K_o * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{fA} = 7 * 0.9 * \frac{(0.1480m/s)^2}{2 * 9.81} + 1 * 2 * \frac{(0.1480m/s)^2}{2 * 9.81} + 2 * \frac{(0.1480m/s)^2}{2 * 9.81} + 0$$

$$h_{fA} = 0.03m$$

En donde K_i y K_o representan el factor de pérdida en la entrada y la salida respectivamente y g representa la gravedad. El valor cero de K_o se debe a que no hay ninguna restricción a la salida. Se puede observar que las pérdidas menores son mínimas comparadas con las pérdidas por fricción debido a la longitud del trayecto que debe viajar el fluido. La pérdida total en la tubería es

$$h_L = 213.72m + 0.03m$$

$$h_L = 213.75m$$

Con esta información podemos ahora encontrar la altura necesaria de la bomba, utilizando la ecuación de la energía, para encontrar finalmente la potencia necesaria que se debe transmitir al fluido, cumpliendo con las condiciones necesarias.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V^2}{2g} + h_b = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V^2}{2g} + h_L + h_T$$

Tomando como punto de medición 1 la superficie del fluido dentro del tanque cuando contiene solamente una altura de 0.2 m del fondo (altura mínima de operación), la única fuerza ejercida es la columna hidrostática del jarabe debido a que el tanque no es presurizado. Además la velocidad es cero ya que el fluido se encuentra estático en el punto 1 y la altura de referencia es $z_1 = 0$.

El punto de medición 2 es la salida del fluido al final de la tubería, donde la presión es igual a la atmosférica. Esto permite anular el factor de presión en ambos lados de la ecuación, debido a que son idénticos. Finalmente se obtiene la altura necesaria de la bomba.

$$h_b = z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

$$h_b = (-3.2) + \frac{(0.1480 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81} + 213.75m$$

$$h_b = 210.54m$$

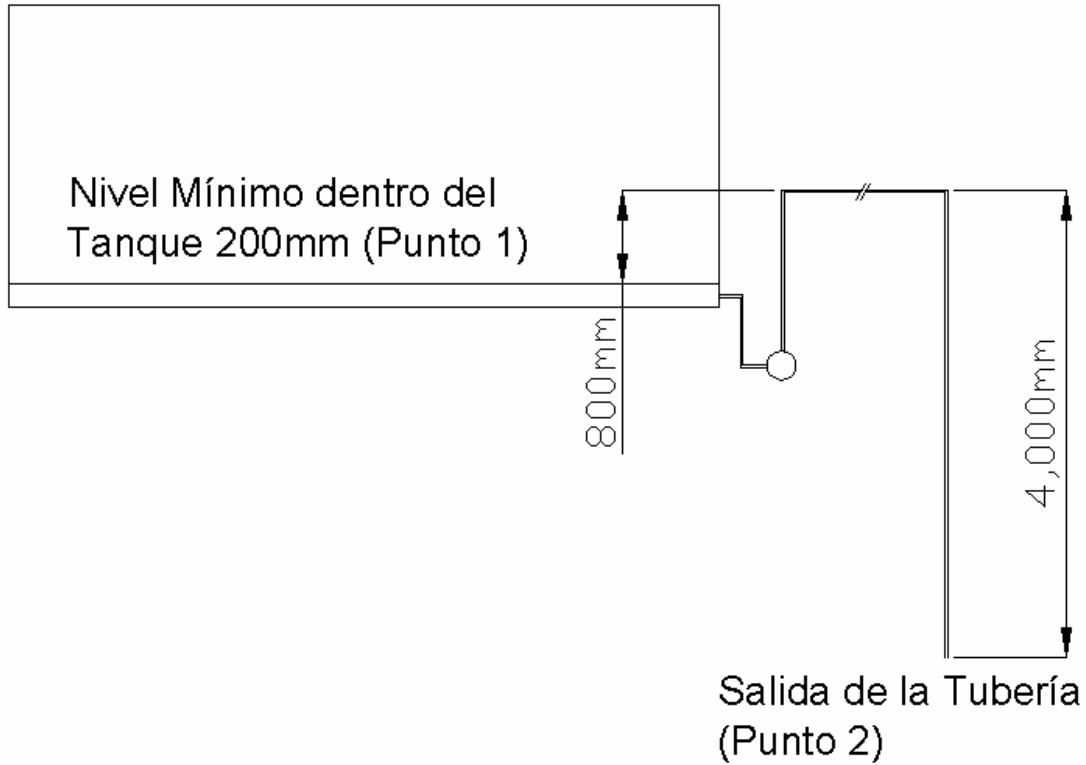


Figura 16. *Diagrama de Altura Mínima de Operación*

Finalmente se encuentra la potencia necesaria

$$P_B = \gamma Q h_b$$

$$P_B = (1,411 \text{ N/m}^3)(0.0012 \text{ m}^3/\text{s})(210.54 \text{ m})$$

$$P_B = 3,564.94 \text{ W}$$

$$P_B = \frac{3,564.94 \text{ W}}{745.7} = 4.78 \text{ HP}$$

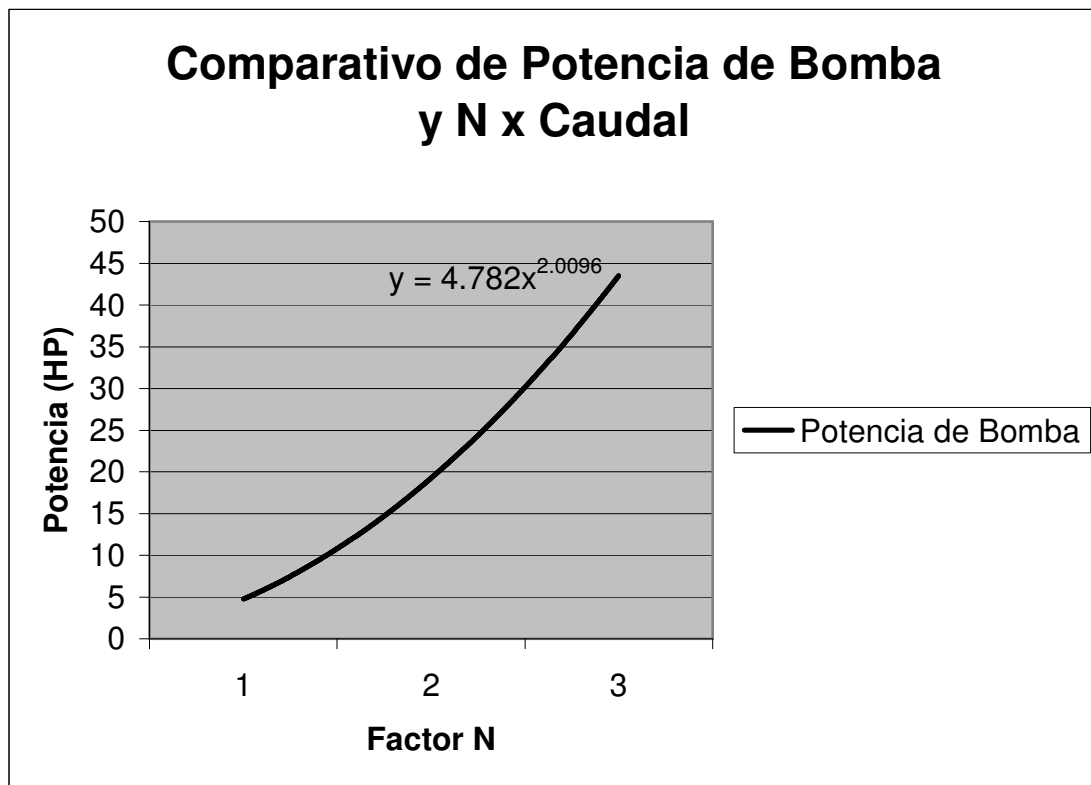
2. Incremento comparativo de Potencia e Incremento de Caudal

Al incrementarse el caudal dentro del sistema el caballaje necesario del motor de la bomba se incrementa potencialmente. Al ingresar los datos calculados y generar la

gráfica en una hoja electrónica (ver APÉNDICE) obtenemos la línea de tendencia, la cual es exactamente igual a la gráfica real. La ecuación de tendencia es

$$y = 4.782x^{2.0096}$$

en donde y representa la potencia necesaria, expresada en caballos (HP) y x representa el valor del caudal en m³/s.



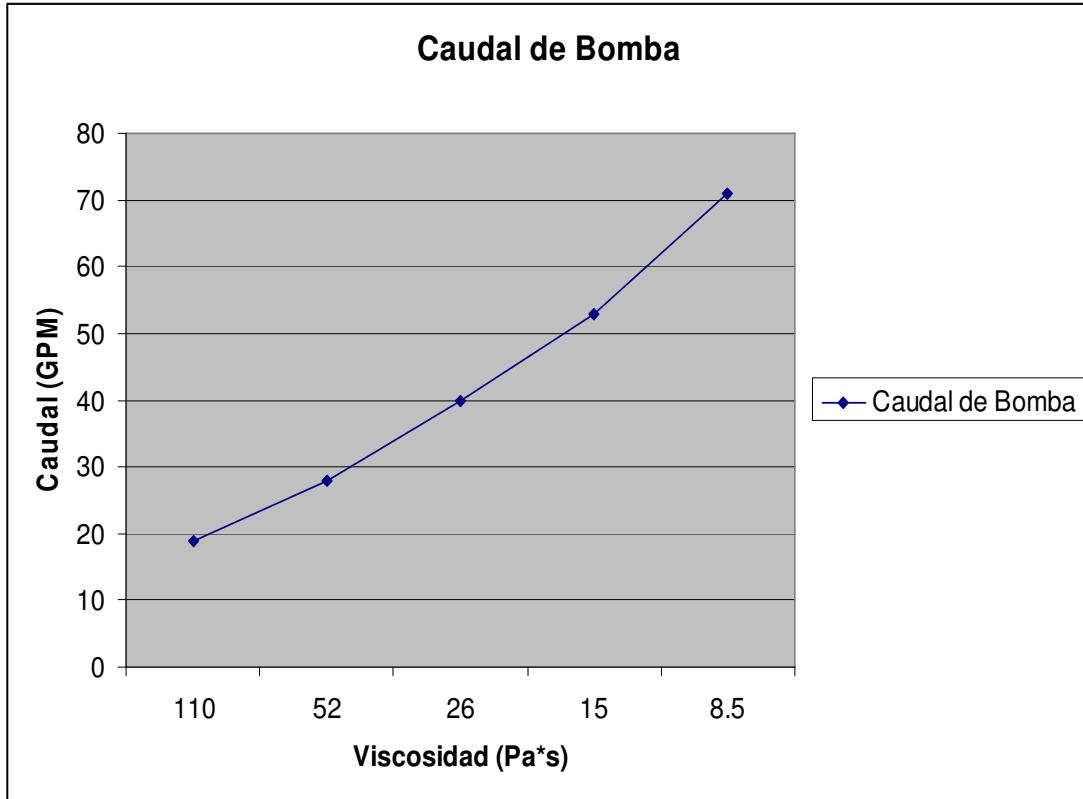
Gráfica 1. Comparativa Potencia de Bomba y Caudal

Esta tendencia se aplica a las condiciones de operación establecidas para el diseño de la instalación. Si se desea un mayor caudal al actual, sin cambiar el equipo es necesario variar las condiciones del jarabe de maíz para que éste fluya con mayor rapidez. La solución para conseguir este incremento en la velocidad es disminuir la viscosidad del fluido. Como se puede observar en la tabla de datos físicos de los jarabes de maíz al incrementarse la temperatura se reduce de gran manera la viscosidad.

El tanque contenedor ISO viene equipado con un serpentín para la transferencia de calor al producto, de igual manera la bomba está provista de una chaqueta con la misma función que el serpentín. La única sección física del sistema que no posee un sistema de calefacción es la tubería de acero inoxidable que transporta el jarabe y que eleva la altura necesaria de la bomba. Si se aumenta la temperatura en el fluido cuando viaja en la tubería se pueden reducir las pérdidas por fricción y por ende aumentar el caudal con el mismo equipo instalado.

Utilizando las distintas temperaturas en el rango de 100 a 140° F se utilizan sus respectivos valores de viscosidad del jarabe de maíz Clearsweet 43/44.5 para calcular el caudal máximo utilizando la misma potencia de 5 HP. Las fórmulas necesarias para calcular los flujos son las mismas que se utilizaron en la sección “Potencia Requerida de la Bomba” en este mismo capítulo. Es de esperarse que, trabajando con la viscosidad más baja (8,500 cp), se alcance el caudal máximo de trabajo debido a una menor resistencia y fricción con las paredes de la tubería. Este valor asciende a 71 GPM (ver Grafica 2) y es el flujo máximo que se logra reduciendo la viscosidad y manteniendo el mismo motor de 5 HP. Este valor es casi 4 veces el caudal nominal por lo que es factible el incremento de velocidad en el mismo sistema con un mínimo de inversión.

Es necesario hacer notar que arriba de los 140° F el jarabe de maíz se cristaliza y oscurece su color. Al mismo tiempo arriba de esta temperatura empieza a perder algunas propiedades físicas y químicas (por ejemplo la dulzura) que son características del fluido e importantes para el proceso productivo.



Gráfica 2. *Comparativa Caudal y Viscosidad*

C. Selección de Equipo

Según las características de la producción es necesario que el fluido sea despachado en cantidades fijas por cada revolución de la bomba y que ésta soporte los cambios de presión. Además, se debe tomar en cuenta que el jarabe de maíz posee una alta viscosidad a temperatura ambiente, cambiando según la temperatura y provocando bruscos cambios de presión. El tipo de bomba que cumple los requisitos es de ***desplazamiento positivo rotatoria de engranes***, ya que puede manejar fluidos con altas viscosidades. Este tipo de bomba succiona el fluido desde el depósito y lo transporta por el espacio entre los dientes de los engranajes al puerto de descarga, en donde se entrega a alta presión al sistema. Es necesario que la cabeza de la bomba sea enchaquetada para poder inyectarle vapor o agua caliente que ayude a la fluidez del jarabe de maíz, además de facilitar el arranque del sistema después del enfriamiento del producto.

Datos de bomba (ver Apéndice):

Marca:	VIKING PUMP, INC.
Modelo No.:	LL225(P)-RV-STL-FTD
Máx. RPM:	70
Presión de Descarga:	100 PSI
Diámetro de Entrada/Salida:	3"
Tipo de Entrada/Salida:	Puerto tipo pestaña (Flange)
Material de carcasa:	Hierro Fundido
Material de rotor y eje:	Acero

Basándose en el dato encontrado se escoge el motor más cercano de mayor potencia, el cual según los estándares del mercado es un motor de 5 HP.

Datos de Motor:

Marca:	LEESON
Modelo No.:	N184T17FB43A
RPM:	1760
Marco:	184T
Jaula:	TEFC
Voltaje:	230-460 V
Fase:	3 AC
Frecuencia:	60 Hz
HP:	5

Para poder acoplar el motor y la bomba es necesaria una caja reductora, la cual debe reducir la velocidad de salida del motor (1760 RPM) a la velocidad de rotación de la bomba (70 RPM). La relación de velocidades angulares es:

$$\frac{1760RPM}{70RPM} = 25.13$$

Debido a que la rotación del motor es constante, se debe buscar una caja reductora de engranajes que tenga una relación cercana a 25.13:1. En el mercado la caja de engranajes más cercana posee una relación de 25.23:1, lo que nos reduciría la velocidad de rotación a 69.75 RPM aproximadamente, lo que es aceptable.

Datos de Caja:

Marca:	SEW EURODRIVE
Tipo.:	R77AD3
Radio:	25.23:1

Para poder controlar con precisión la velocidad de rotación de la bomba y evitar que cualquier variación en la viscosidad del fluido, sobre todo en el jarabe de maíz Clearsweet 43/44.5, pueda dañar o fracturar los engranajes, es necesaria la instalación de un inversor de frecuencia eléctrico. El inversor trifásico hace posible controlar la frecuencia de entrada al motor dentro del rango de 0 a 60 Hz, en cualquier dirección de giro. Esto ayuda al operador a liberar el rotor de la bomba de cualquier atrancamiento y de incrementar gradualmente la velocidad de bombeo asegurándose de calentar la tubería en su totalidad y liberar los residuos de jarabe de maíz frío dentro de la misma.

Para la selección del inversor es necesario solamente tomar en cuenta los siguientes datos del motor: potencia, voltaje, frecuencia y su fase.

Datos del inversor:

Marca:	LEESON
Fase:	3
HP:	5

Voltaje de Entrada:	460-480 V
Amperaje de Salida:	7.6
Peso:	9 LBS

Para mantener el aire que circula dentro del tanque a presión atmosférica con grado sanitario se utiliza un filtro de aire de luz ultravioleta (UV) la cual mata cualquier bacteria que quiera ingresar al tanque. Además, el equipo de purificación de aire consta de un filtro y una turbina que funciona como inyector y extractor para permitir la circulación de aire fresco dentro de los contenedores.

D. Diseño de Instalación

1. Distribución en Planta

La planta de producción está distribuida en tres diferentes áreas: nave de producción, bodega de insumos y bodega de producto terminado.

- La primera tiene un área de 2,484 m², en donde se distribuye todo el equipo disponible para la manufactura de los productos terminados.
- La bodega de insumos, en donde se encuentra la mayor parte de la materia prima que se utiliza en el proceso productivo, posee un área de 714 m² y está ubicada a un costado de la nave de producción para facilitar el acceso.
- La bodega de producto terminado se encuentra a un costado, al igual que la de insumos, facilitando la salida del producto de la línea de empaque. Actualmente es parte de la nave de producción, pero la construcción de la nueva bodega se está llevando a cabo y posee un área de almacenaje de 616 m², a solamente un nivel.

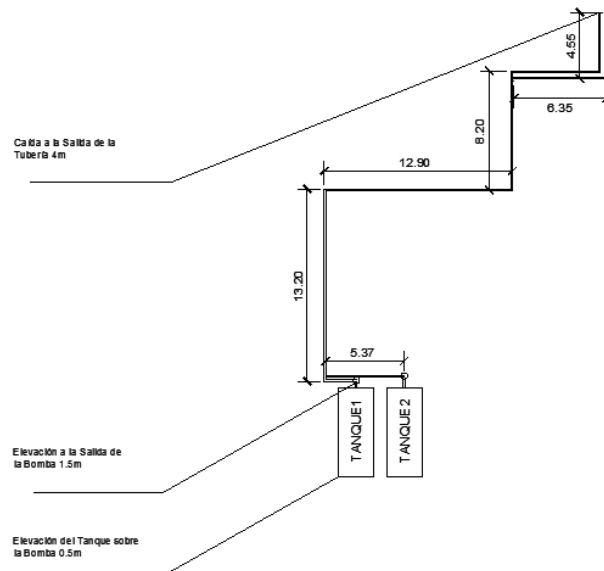


Figura 17. *Planta de Producción*

2. Obra Civil

Es necesario para la instalación de los tanques reforzar el suelo donde se van a instalar ya que el peso máximo que alcanzan es de 33TM. Aprovechando la estructura que poseen los contenedores debido a su funcionalidad como contenedores marítimos, se debe construir una plataforma de soporte, según las regulaciones ISO.

La plataforma para los dos tanques consiste en 65 m² de piso de concreto con refuerzo de malla electro soldada 6x6, con una pendiente de 1% y acabado de cernido gris. Y 8 bases de concreto 0.40 x 0.40 x 1.00 m sobre zapata de cimentación de 1.00 x 1.00 x 0.40, para soportar un esfuerzo de 4,000 lb.

V. ANÁLISIS FINANCIERO

Para justificar el proyecto es necesario analizar los costos de instalación y el período en el cual se recupera la inversión. Primero se listan los costos unitarios y totales de los equipos, accesorios y gastos varios. Luego se lleva a cabo un flujo de caja donde se ingresa el monto ahorrado por la reducción de precio de la materia prima y el desperdicio, y el costo de utilización del sistema, para encontrar finalmente un saldo, positivo o negativo, que visualizado en el período estipulado nos muestre un resultado favorable o no favorable. A partir de este resultado se toma la decisión de llevar a cabo el proyecto o no.

A. Inversión Inicial para la Ejecución del Sistema Propuesto

<i>COSTO DE INSTALACIÓN</i>		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
1	Alquiler de grúa para instalación de tanques ISO.	Q6,250.00
1	Mano de Obra	Q15,000.00
1	Sub Contratista	Q8,000.00
TOTAL		Q29,250.00

<i>ACCESORIOS DE INSTALACIÓN</i>		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
25	Libra de Electrodo Inoxidable 3/32".	Q1,875.00
25	Libra de Electrodo Punto Café 1/8"	Q250.00
TOTAL		Q2,125.00

<i>EQUIPO, TUBERÍA Y ACCESORIOS</i>		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
4	Manguera PVC grado alimenticio 4" x 4 m; con acoples hembra y macho en extremos.	Q10,576.80
2	Bomba Viking modelo LL225 de desplazamiento positivo 5Hp, con variador Leeson.	Q109,359.43
1	Base para instalación de isotanques, incluyendo relleno y muro de contención.	Q24,000.00
115	Metro de tubería acero inoxidable, SS304L, pulida interna y externamente.	Q40,266.33
8	Válvulas de mariposa, tipo clamp, SS304, diámetro 4".	Q13,684.94
22	Codos 90° SS304, 4" diámetro, tipo clamp.	Q19,246.66
4	Tees SS304, diámetro 4", tipo clamp.	Q4,780.46
62	Férrula tipo clamp, p/soldar a tubería de 4" diámetro, SS304.	Q4,942.39
31	Abrazadera SS304, reforzada tipo clamp.	Q2,333.37
31	Empaque para clamp 4" de teflón.	Q1,066.34
4	Reductor de 3" (a flange) x 4" (terminal tipo sanitario)	Q7,473.96

2	Conexión de 4", con conexión hembra tipo sanitario en extremo.	Q5,038.64
55	Codo 90° 3/4" HN 150 psi Rosca NPT	Q294.02
15	Unión Universal 3/4" HN 150 psi Rosca NPT	Q276.86
10	Tees 3/4" HN 150 psi Rosca NPT	Q14.71
18	Niple HN Ced. 40 3/4" Corrido	Q62.82
18	Niple HN Ced. 40 3/4" x 4"	Q92.57
2	Reducidor Bushing 3/4" x 1/4" HN 150 psi Rosca NPT	Q5.88
6	Union Universal 1" HN 150 psi Rosca NPT	Q164.59
84	Metro Lineal Tubo HN 3/4" Ced. 40	Q1,874.92
84	Metro Lineal Tubo HN 1" Ced. 40	Q2,386.15
6	Válvula de bola 3/4"	Q758.82
2	Filtro Y 3/4" p/vapor	Q214.30
2	Válvula reductora de presión p/vapor 3/4" 30-140 psi	Q2,893.51
4	Válvula Cheque Y 3/4" 125 psi	Q795.38
2	Manómetro de metal 0-60 psi, Carátula de 2", 1/4" rosca NPT	Q125.64
10	Reducidor Bushing 1" x 3/4" HN 150 psi, rosca NPT	Q33.75

TOTAL

Q252,763.25

GRAN TOTAL

Q284,138.25

B. Flujo de Caja

El costo del proyecto va a ser aportado en su totalidad por los accionistas de la empresa. Para obtener el valor presente neto (VPN) del mismo, los flujos de caja se descontaron a una tasa de 24%, valor proporcionado por el Departamento de Finanzas de la empresa. Estos flujos se proyectaron a un plazo de cinco años (ver Tabla 2), pero debido a que se planean hacer mejoras y ampliaciones en la instalación en un período máximo de tres años, solamente estos se utilizaron para obtener el VPN.

Además del valor presente neto, se calculó la tasa interna de retorno (TIR) la cual puede definirse como el retorno que van a obtener los accionistas sobre el costo del proyecto. También se procedió a calcular el período de recuperación del proyecto, que es el tiempo en el que se recupera la inversión.

El VPN obtenido es Q 419,579.47 y la tasa interna de retorno es 104.32% (ver Tabla 3), con un período de recuperación de inversión de un año. De estos resultados podemos inferir que el proyecto en el período evaluado es rentable debido a que su VPN es mayor que cero lo que indica que además de recuperar la inversión se obtiene un retorno de 104.32% y la inversión se recupera en 11 meses y 11 días (0.94 año).

Tabla 2. Flujo de caja a cinco años

Rubro	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
TOTAL DE INVERSIÓN	Q284,138.25					
AHORRO						
Producto (ahorro en precio)		Q286,416.00	Q343,699.20	Q412,439.04	Q494,926.85	Q593,912.22
Desperdicio		Q27,323.90	Q32,788.68	Q39,346.41	Q47,215.69	Q56,658.83
Mano de Obra		Q2,562.00	Q3,074.40	Q3,689.28	Q4,427.14	Q5,312.56
GASTOS						
Electricidad		Q9,011.93	Q10,814.32	Q12,977.18	Q15,572.62	Q18,687.14
Mano de Obra		Q6,832.00	Q8,198.40	Q9,838.08	Q11,805.70	Q14,166.84
Flujo de Caja	-Q284,138.25	Q300,457.97	Q360,549.56	Q432,659.47	Q519,191.37	Q623,029.64
TIR	121%					

Nota: El primer año el consumo de Jarabe de Maíz es 1900 toneladas. Con un aumento del 20% anual.

Tabla 3. Flujo de caja a tres años

Rubro	AÑO			
	0	1	2	3
Total Inversión	Q284,138.25			
AHORRO				
Producto (ahorro precio)		Q286,416.00	Q343,699.20	Q412,439.04
Desperdicio		Q27,323.90	Q32,788.68	Q39,346.41
Mano de Obra		Q2,562.00	Q3,074.40	Q3,689.28
GASTOS				
Electricidad		Q9,011.93	Q10,814.32	Q12,977.18
Mano de Obra		Q6,832.00	Q8,198.40	Q9,838.08
Flujo de Caja	-Q284,138.25	Q300,457.97	Q360,549.56	Q432,659.47
TIR	104%			

Nota: El primer año el consumo de Jarabe de Maíz es 1900 toneladas. Con un aumento del 20% anual.

VI. CONCLUSIONES

- Para fluidos de alta viscosidad la temperatura de trabajo es de suma importancia. Cualquier diferencial en la temperatura puede afectar el trabajo y la eficiencia de todo el sistema, principalmente en la bomba y el motor. Este punto debe ser tomado en cuenta, sobre todo a la hora de calcular la capacidad del equipo, para que éste no quede por debajo de la capacidad necesaria en situaciones extremas que pueden suceder en el ambiente de trabajo donde se emplea la instalación.
- La reducción en el precio del producto y la disminución del desperdicio por manejo cubren el costo de instalación de los tanques en menos de un año. Además se debe tomar en cuenta que el mantenimiento periódico necesario para la instalación es mínimo y que los gastos anuales son menos del 8% del ahorro total
- El caudal del jarabe es un factor que afecta directamente las pérdidas mayores y menores durante el trayecto de despacho. Si se piensa duplicar la velocidad de despacho en el mismo sistema sin manipular de alguna forma la viscosidad del fluido, es necesario cuadruplicar la potencia necesaria del motor y se debe tomar en cuenta que la relación no es lineal sino potencial.
- Es posible que se encuentre la necesidad de cambiar la caja reductora para permitir una mayor velocidad de fluido. Está planificado un 20% de crecimiento anual y la compra de maquinaria nueva para la línea de cocción que demande una mayor velocidad de respuesta por parte del sistema. Si un cambio de la caja de engranajes no fuera la solución, es necesario el cambio del sistema completo de bombeo: cabeza, caja y motor. De este modo se podrá satisfacer una mayor demanda en menor tiempo y sin dañar el producto.

- El sistema puede acondicionarse para necesidades futuras con mayor demanda de caudal. De este modo se reduce la probabilidad de una nueva inversión para aumentar la capacidad de la instalación, a menos que se requiera un mayor flujo al máximo permitido con la menor viscosidad.
- El manejo del jarabe de maíz a granel reduce el contacto directo del producto, lo cual mejora el grado de higiene en el proceso productivo. Además, elimina cualquier riesgo corporal debido al mal manejo de los barriles y aumenta la velocidad de respuesta en el despacho de producto en la línea de producción.

VII. RECOMENDACIONES

- Utilizar un sistema de calefacción controlado para evitar cualquier incremento no deseado de presión. Sobre todo en la tubería, con el fin de poder reducir la viscosidad del jarabe, lo que permite incrementar el flujo aumentando la velocidad de respuesta. El agente térmico no debe calentar puntualmente la tubería para evitar cualquier cristalización del producto, sobre todo en estado estacionario. Si es posible se debe utilizar agua caliente en lugar de vapor, ya que el último es mucho más agresivo que el agua caliente. Se recomienda que se mantenga la viscosidad del fluido en un rango de 110,000 a 26,000 centipoise (100 a 120° F). Para evitar excesos de presión y cristalización del jarabe de maíz.
- Mejorar el método de medición para llevar un control con mayor exactitud del inventario. Se pueden utilizar medidores de nivel sónicos los cuales pueden mantener una relación no lineal entre la altura del fluido y la densidad del mismo, obteniendo como resultado el peso neto de producto. Otra opción es un medidor de flujo másico o volumétrico para llevar un control de salida y entrada al tanque, esta opción está orientada considerablemente a un mayor control de carga en la línea de producción. Además evita el riesgo de contacto directo con el producto y también de contaminación accidental del mismo. Al abrir y cerrar la escotilla por períodos prolongados aumenta la probabilidad del ingreso de cuerpos extraños y contaminantes al producto.
- Es necesario efectuar sistemas de control de calidad y contaminación para asegurar el estándar de producción. Además, son un índice para controlar el mantenimiento del sistema propuesto y la pureza del producto.
- Se recomienda instalar un inversor de frecuencia para poder manejar con mayor precisión la bomba y evitar cualquier problema a causa de jarabe de maíz frío (alta viscosidad). Además, es importante para el arranque gradual de la línea sin esforzar demasiado en el arranque al motor.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Streeter, V. et. al. Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill. Novena Edición. Colombia. 2000.

Mott, Robert L. Mecánica de Fluidos Aplicada. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.. Cuarta Edición. México. 1996.

Fox, R. et. al. Introducción a la Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill. Cuarta Edición. México. 1997.

Cengel, Y. et. al. Termodinámica. Tomo I. McGraw-Hill. Segunda Edición. México. 1996.

Cengel, Y. et. al. Termodinámica. Tomo II. McGraw-Hill. Segunda Edición. México. 1996.

Beer, F. et. al. Mecánica de Materiales. McGraw-Hill. Segunda Edición. México. 1997

Beer, F. et. al. Mecánica Vectorial para Ingenieros. McGraw-Hill. Quinta Edición. México. 1990.

Artículos de Internet.

Manuales de proveedores de equipo y maquinaria.

IX. APENDICE

A. Capacidad de Tanque Contenedor

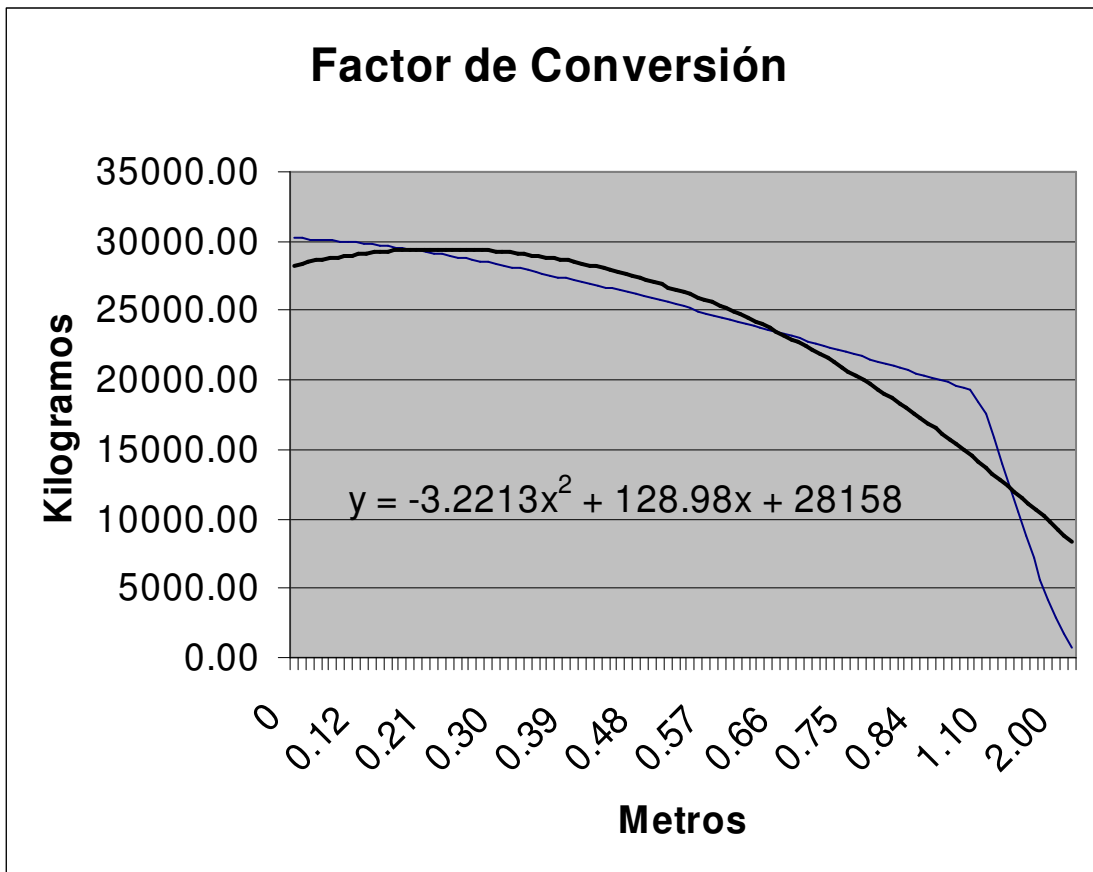
1. Tabla de Calibración

MT	LT	GL	LB	KG
0	21205	5609.79	66419.89	30190.86
0.05	21185	5604.50	66357.25	30162.39
0.06	21165	5599.21	66294.60	30133.91
0.07	21140	5592.59	66216.30	30098.32
0.08	21111	5584.92	66125.46	30057.03
0.09	21078	5576.19	66022.10	30010.04
0.10	21042	5566.67	65909.33	29958.79
0.11	21002	5556.08	65784.04	29901.84
0.12	20960	5544.97	65652.49	29842.04
0.13	20915	5533.07	65511.53	29777.97
0.14	20867	5520.37	65361.19	29709.63
0.15	20817	5507.14	65204.57	29638.44
0.16	20755	5490.74	65010.37	29550.17
0.17	20710	5478.84	64869.42	29486.10
0.18	20654	5464.02	64694.01	29406.37
0.19	20595	5448.41	64509.21	29322.37
0.20	20535	5432.54	64321.27	29236.94
0.21	20472	5415.87	64123.94	29147.24
0.22	20408	5398.94	63923.47	29056.12
0.23	20342	5381.48	63716.74	28962.15
0.24	20275	5363.76	63506.88	28866.76
0.25	20206	5345.50	63290.75	28768.52
0.26	20135	5326.72	63068.36	28667.44
0.27	20063	5307.67	62842.84	28564.93
0.28	19989	5288.10	62611.05	28459.57
0.29	19914	5268.25	62376.13	28352.78
0.30	19837	5247.88	62134.94	28243.16
0.31	19759	5227.25	61890.62	28132.10
0.32	19680	5206.35	61643.17	28019.62
0.33	19599	5184.92	61389.46	27904.30
0.34	19517	5163.23	61132.61	27787.55
0.35	19434	5141.27	60872.63	27669.38
0.36	19350	5119.05	60609.52	27549.78
0.37	19264	5096.30	60340.15	27427.34
0.38	19178	5073.54	60070.77	27304.90
0.39	19090	5050.26	59795.13	27179.61
0.40	19001	5026.72	59516.36	27052.89
0.41	18911	5002.91	59234.46	26924.75

MT	LT	GL	LB	KG
0.42	18820	4978.84	58949.42	26795.19
0.43	18728	4954.50	58661.25	26664.20
0.44	18685	4943.12	58526.56	26602.98
0.45	18634	4929.63	58366.81	26530.37
0.46	18540	4904.76	58072.38	26396.54
0.47	18445	4879.63	57774.81	26261.28
0.48	18349	4854.23	57474.12	26124.60
0.49	18252	4828.57	57170.29	25986.49
0.50	18154	4802.65	56863.32	25846.96
0.51	18056	4776.72	56556.36	25707.44
0.52	17956	4750.26	56243.13	25565.06
0.53	17855	4723.54	55926.77	25421.26
0.54	17754	4696.83	55610.41	25277.46
0.55	17549	4642.59	54968.30	24985.59
0.56	17445	4615.08	54642.54	24837.52
0.57	17341	4587.57	54316.78	24689.45
0.58	17236	4559.79	53987.89	24539.95
0.59	17130	4531.75	53655.87	24389.03
0.60	17023	4503.44	53320.72	24236.69
0.61	16916	4475.13	52985.57	24084.35
0.62	16807	4446.30	52644.15	23929.16
0.63	16699	4417.72	52305.86	23775.39
0.64	16589	4388.62	51961.31	23618.78
0.65	16479	4359.52	51616.76	23462.16
0.66	16369	4330.42	51272.21	23305.55
0.67	16257	4300.79	50921.40	23146.09
0.68	16146	4271.43	50573.71	22988.05
0.69	16033	4241.53	50219.77	22827.17
0.70	15920	4211.64	49865.82	22666.28
0.71	15807	4181.75	49511.87	22505.40
0.72	15693	4151.59	49154.79	22343.09
0.73	15578	4121.16	48794.58	22179.36
0.74	15463	4090.74	48434.37	22015.62
0.75	15347	4060.05	48071.03	21850.47
0.76	15231	4029.37	47707.68	21685.31
0.77	15115	3998.68	47344.34	21520.15
0.78	14998	3967.72	46977.86	21353.57
0.79	14880	3936.51	46608.25	21185.57
0.80	14763	3905.56	46241.78	21018.99
0.81	14644	3874.07	45869.04	20849.56
0.82	14526	3842.86	45499.43	20681.56
0.83	14407	3811.38	45126.69	20512.13
0.84	14287	3779.63	44750.81	20341.28
0.85	14167	3747.88	44374.94	20170.43
0.86	14047	3716.14	43999.07	19999.58
0.87	13927	3684.39	43623.20	19828.73
0.88	13806	3652.38	43244.19	19656.45

MT	LT	GL	LB	KG
0.89	13685	3620.37	42865.19	19484.18
0.90	13563	3588.10	42483.05	19310.48
0.95	12952	3426.46	40569.23	18440.56
1.00	12336	3263.49	38639.75	17563.52
1.10	11091	2934.13	34740.06	15790.94
1.20	9842	2603.70	30827.85	14012.66
1.30	8600	2275.13	26937.57	12244.35
1.40	7377	1951.59	23106.79	10503.09
1.50	6186	1636.51	19376.25	8807.39
1.60	5039	1333.07	15783.53	7174.33
1.70	3949	1044.71	12369.35	5622.43
1.80	2933	775.93	9186.96	4175.89
1.90	2009	531.48	6292.74	2860.34
2.00	1199	317.20	3755.60	1707.09
2.10	536	141.80	1678.90	763.14

2. Gráfica de Conversión Metro a Kilogramo



B. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

