



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME DE PROYECTO

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO
DE PRODUCCIÓN DE DULCES.**

**PARA ACREDITAR SU
RESIDENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTA
CARLOS ALBERTO PÉREZ LÓPEZ
NO. CONTROL 05270427**

INGENIERÍA MECÁNICA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

JUNIO 2011

ÍNDICE

1 CAPITULO I GENERALIDADES	3
1.1 Justificación	4
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos:	5
2 CAPITULO II DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
2.1 Caracterización del área en que se participo	7
2.2 Problema a resolver.....	8
3 CAPITULO III MARCO TEÓRICO.....	9
3.1 Mecánica de fluidos.....	10
3.1.1 Densidad de un cuerpo	10
3.1.2 Altura o carga de presión	10
3.1.3 Coeficiente de Viscosidad.....	11
3.1.4 Ecuación de continuidad	12
3.1.5 Ecuación de la energía	12
3.1.6 Aplicación del Teorema de Bernoulli	13
3.1.7 Número de Reynolds en tubos	14
3.1.8 Velocidad crítica.....	15
3.1.9 Flujo Laminar.....	15
3.1.10 Perdidas De Carga Flujo Laminar	15
3.1.11 Principios Físicos de la Pulverización Hidráulica.....	16
3.1.12 Tipos de boquillas	18
3.2 Mecanismos y leyes fundamentales de la transferencia de calor	24
3.2.1 La transferencia de calor.....	24
3.2.2 Conducción.....	25
3.2.2.1 Conductividad Térmica	26
3.2.2.2 Ecuación general de conducción de calor. Caso estacionario (paredes cilíndricas y espesor crítico de aislamiento).....	28
3.2.2.3 Cilindros.....	28
3.2.2.4 Espesor crítico de aislamiento	29
3.2.3 Convección	30
3.2.4 Radiación.....	32
3.3 Mecánica de materiales	33
3.3.1 Esfuerzos.....	33
3.3.2 Carga permisible y esfuerzo permisible. Factor de seguridad	34
3.3.3 Selección de un factor de seguridad adecuado.....	34
3.3.4 Esfuerzos de recipientes de pared delgada	35
3.4 Instrumentación	36
3.4.1.1 Válvula de globo	37
3.4.1.2 Válvula de Angulo	37
3.4.1.3 Válvula de tres vías.....	37
3.4.1.4 Válvula de jaula.....	37
3.4.1.5Válvula de compuerta	38
3.4.1.6 Válvula de bola	38
3.5 Escala Baumé.....	38
3.6 Rueda de Ginebra.....	40

4 CAPITULO IV PROCEDIMIENTO.....	44
4.1 Recolección de datos en dulces Fabi:.....	45
4.2 Selección de un pulverizador.	45
4.3 Diseño de dosificador de caramelo.....	47
4.4 Diseño del sistema de enfriamiento.	55
CAPITULO V RESULTADOS.	57
CONCLUSIÓN.....	60
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES.....	62
ANEXOS.....	63
Anexo A.....	64
Anexo B.....	66

INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el diseño de una maquinaria para el proceso de producción de paletas de caramelo en la empresa *dulces Fabi*. La producción de dulces, se realiza en 5 etapas que son: El roció de antiadherente en los moldes de paletas, la dosificación de caramelo los moldes de paletas, colocación de los “palitos” en los caramelos, el enfriamiento de los caramelos y la extracción de la paleta de caramelo del molde.

Para la mecanización de la producción de paletas en la empresa *dulces Fabi*, se eligieron tres etapas, la cuales son: el rociado de antiadherente en los moldes, la dosificación del caramelo en los moldes y el enfriamiento del caramelo. Estas son consideradas actividades fundamentales para poder elevar la producción de dulces y reducir el tiempo por unidad de producto.

El rociado de antiadherente en los moldes, es de importancia fundamental ya que sin esta se pegarían las paletas a los moldes siendo un desperdicio de caramelo, de molde de tiempo y de dinero. Esta se planea llevar acabo mediante pulverizadores que rociaran con glicerina comestible los moldes antes de que se les ponga el caramelo líquido.

La dosificación del caramelo en los moldes, sin duda es el corazón de toda la producción, pues aquí recae la calidad y cantidad de caramelo que lleva cada paleta, además de ser una tarea de suma importancia, se generan complicaciones por el recipiente que contiene el caramelo, pues este permite que descienda la temperatura del caramelo y este se cristalice en el recipiente que lo contiene y no en el molde

El enfriamiento del caramelo, lleva acabo actualmente por convección natural por lo que el tiempo de enfriamiento es relativamente lento, al disminuir el tiempo de solidificación del caramelo, será mas veloz el proceso.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Justificación:

La demanda de paletas y de diferentes dulces que realiza la empresa *dulces Fabi* se incrementa a finales y principios de año, por lo cual, las horas de actividad se elevan hasta 18 horas diarias de trabajo continuo. Además, dicha empresa pretende aumentar su área de distribución y llegar a lugares más lejanos, por lo cual, aumentará de manera considerable la demanda de dulces en todo el año. Actualmente estos dulces se hacen de manera artesanal; Para que *dulces Fabi* pueda crecer, ser competitiva y poder satisfacer a un mercado creciente. Se requiere la introducción de una maquinaria para automatizar el proceso de producción de paletas que tengan diferentes presentaciones con mayor calidad, menor costo y tiempo de producción.

Por lo cual la empresa opta por adquirir este tipo de sistema (automatización), buscando la máxima eficiencia y menor costo.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Diseñar la maquinaria para automatizar tres etapas de la elaboración de paletas las cuales son: La aplicación de un antiadherente, la dosificación de caramelo en los moldes, y la solidificación del caramelo.

1.2.2 Objetivos específicos:

1. Realizar investigación en diferentes fuentes bibliográfica para la obtención de las características físicas del caramelo, en su estado líquido. Además de maquinarias que se dediquen a realizar la producción de caramelos
2. Seleccionar un pulverizador para la etapa de la aplicación del antiadherente.
3. Obtener un diseño del dosificador de caramelo.
4. Obtener diseño del sistema de enfriamiento para la solidificación de caramelo.
5. Evaluar y optimizar el modelo que se escogió.
6. Selección de material a utilizar en cada etapa, considerando la relación costo beneficio.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL

PROBLEMA.

2.1 Caracterización del área en que se participo

La empresa *dulces Fabi* se fundó en Berriozábal Chiapas en el año 2000, con la elaboración de los dulces de manera artesanal, vendiendo sus productos a las pequeñas empresas, cerca de los 2 años después de su apertura se aventuró a la distribución de dulces a mayoreo en empresas grandes. La distribución de su producto creció pero la manera de fabricar las golosinas se mantiene hasta la actualidad.

Sr. Francisco Javier Albores Soto es el propietario de la empresa *dulces Fabi* y el supervisor de producción es sr. Christian Medina Soto, quienes con ayuda de los empleados llevan acabo la producción de los diferentes tipos de dulces.

En la Figura 2.1 se muestra el organigrama de la empresa *dulces Fabi*.

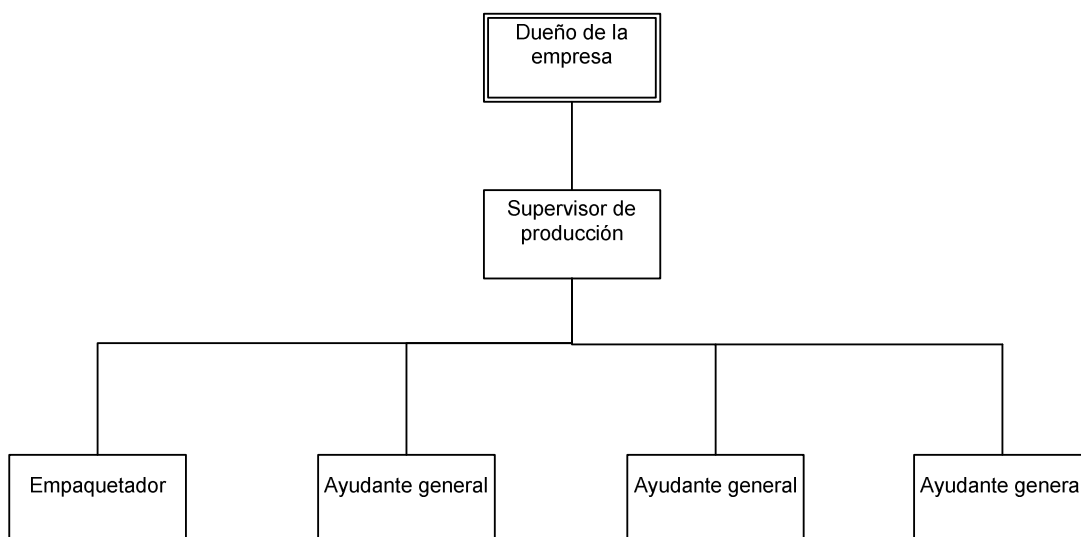


Figura 2.1 Organigrama de la empresa *dulces Fabi*

Actualmente dulces Fabi esta ubicada en, el municipio de Berriozábal, Chiapas. Dirección; Callejón los Sabinos san Miguel sin numero Cp. 29130.

En la Figura 2.2 se muestra el área destinada a la instalación de la maquinara que se diseñará para la empresa *dulces Fabi*.

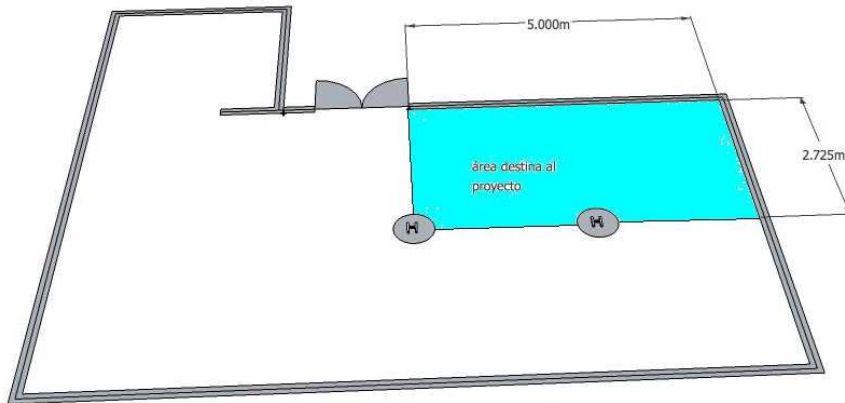


Figura 2.2 instalaciones donde se pretende realizar el proyecto

2.2 Problema a resolver.

Diseñar una maquina que sea capaz de producir paletas en serie, con un peso de de 20 de caramelo gramos, tomando en cuenta perdidas considerables.

2.3 Alcances y limitaciones

El presente trabajo solo consta del diseño, no se va realizar un prototipo físico. Por lo que no se puede comprobar de manera experimental los resultados obtenidos, ni realizar modificaciones de índole correctiva.

Las dimensiones que se consideran para el diseño, será limitada por un espacio dado por la empresa dulce Fabi, por lo cual no puede expandirse ya que la obra civil está realizada y en funcionamiento.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO.

En este apartado se presentan los conceptos de mayor importancia para poder diseñar tres etapas de la maquinaria para la elaboración de paletas. Estas tres etapas son: rociado de antiadherente, la dosificación de caramelo y el sistema de enfriamiento de caramelo.

3.1 Mecánica de fluidos.

Fluidos. Son sustancias capaces de fluir y que se adaptan a la forma del recipiente que los contiene. Cuando están en equilibrio, los fluidos pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes. Todos los fluidos son compresibles a cierto grado y ofrecen poca resistencia.

Los fluidos pueden dividirse en líquidos y gases. Las diferencias esenciales entre estos son: los líquidos son prácticamente incompresibles y los gases son compresibles, por lo que muchas veces hay que tratarlos como tales, los líquidos ocupan un volumen definido y tienen superficies libres mientras que una masa de gas dada se expande hasta ocupar las partes del recipiente que los contenga.

3.1.1 Densidad de un cuerpo

Una de las propiedades físicas más importantes de un material es la densidad. Está representada por el símbolo griego ρ (rho) y se denota como sigue.

La densidad = ρ (ro)= unidad de masa sobre unidad de volumen (M/L³)

3.1.2 Altura o carga de presión h

La altura de presión h representa la altura de una columna de fluido homogéneo de la presión y está dada de la siguiente manera.

$$h = \frac{\rho(kg / m^2)}{\omega(kg / m^3)}$$

EC.1

donde P es la presión, w es el peso específico que es el resultado de multiplicar la densidad del fluido y la gravedad.

3.1.3 Coeficiente de Viscosidad

Una propiedad muy importante para los fluidos se introducirá como consecuencia de la ley de viscosidad de Newton. Para un flujo bien ordenado en el que las partículas de fluido se mueven en líneas rectas y paralelas (flujo paralelo), la ley establece que para ciertos fluidos conocidos como fluidos newtonianos, el esfuerzo cortante (τ), sobre una interfaz tangente a la dirección de flujo es proporcional a la tasa de cambio de la velocidad con respecto a la distancia, donde la diferenciación se toma en una dirección normal a la interfaz. Matemáticamente se establece como:

$$\tau \propto \frac{dV}{dy} \quad \text{EC.2}$$

Donde V es la velocidad y y la distancia.

En la Figura 3.1 se puede apreciar con más detalle esta relación. Se escoge un área infinitesimal en el flujo que sea paralela al eje de velocidad horizontal, como se muestra. Se dibuja la normal "y" a esta área y se grafican las velocidades del fluido en puntos a lo largo de la normal, formando de esta manera un perfil de velocidad. La pendiente del perfil hacia el eje "y" en la posición correspondiente al elemento de área es el valor dV/dy , el cual se relaciona, tal como se planteó anteriormente, con el esfuerzo cortante τ presente en la interfaz, representado en la Figura 3.1.

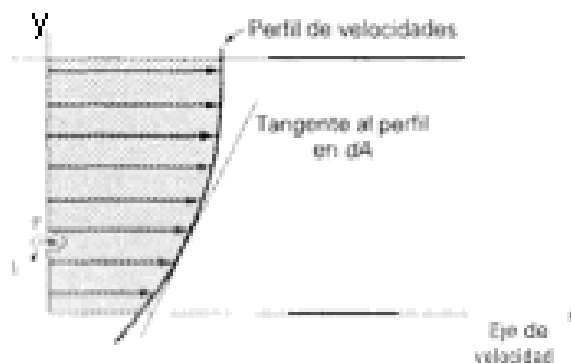


Figura 3.1
Flujo paralelo bien ordenado

Al insertar el coeficiente de proporcionalidad en la ley de viscosidad de Newton se llega a la siguiente expresión

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad \mu = \frac{\tau}{dv/dy} \quad \text{EC 3}$$

donde μ se conoce como el coeficiente de viscosidad dinámica, el cual tiene dimensiones (F/L²) T o M/LT. En el sistema de unidades CGS, la unidad de viscosidad es el poise, que corresponde a 1 g/cms. El centipoise es 1/100 de un poise. La unidad SI para la viscosidad es 1 kg s/m². Ésta no tiene un nombre en particular y es 10 veces mayor que el poise, como se deduce utilizando las unidades básicas. En el sistema USCS, la unidad del coeficiente de viscosidad es 1 slug/pies y en el sistema SI no tiene nombre.

A la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido se la conoce como viscosidad cinemática:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{EC. 4}$$

3.1.4 Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad es una consecuencia del principio de la conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa del fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo es constante. Esta puede calcularse como sigue:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{constante} \quad \text{EC. 5}$$

Donde ρ_1 es la densidad del fluido en el punto 1, A_1 es el área del ducto en punto 1, V_1 es la velocidad promedio del fluido en el punto 1, ρ_2 es la densidad del fluido en el punto 2, A_2 es el área de del ducto en el punto 2 y V_2 es la velocidad promedio del fluido en el punto 2.

Para fluidos incompresibles y para todo los casos prácticos en que $p_1=p_2$ la ecuación se transforma.

$$Q=A_1V_1=A_2V_2=\text{constante} \quad \text{EC. 6}$$

Donde p_1 y p_2 es el peso específico del fluido respectivamente en el punto 1 y 2.

3.1. 5 Ecuación de la energía

Se obtiene la ecuación de la energía al aplicar al flujo fluido el principio de conservación de la energía.

La energía que posee un fluido en movimiento esta integrada por la energía interna y las energías debidas a la presión, a la velocidad y a su posición en el espacio. En la dirección del flujo, el principio de la energía se traduce en la siguiente ecuación, al hacer el balance de la misma:

Energía en la sección 1 + energía añadida - energía perdida – energía extraída = energía en la sección 2

Esta ecuación, en los flujos permanentes de fluidos incompresibles con variaciones en su energía interna es despreciable, se reduce a

$$\left(\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1\right) + HA - HL - HE = \left(\frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2\right) \quad \text{EC 7}$$

Donde P_1 es la presión en el punto 1, P_2 es la presión en el punto 2, g es la gravedad, V_1 es la velocidad promedio del fluido en el punto 1, V_2 es la velocidad promedio del fluido en punto 2.

La ecuación anterior se conoce con el nombre de teorema de Bernoulli. Las unidades de cada término son Kg m/Kg de fluido o bien en metros de fluidos. Prácticamente, todos los problemas que entrañar fluidos se resuelven básicamente con esta ecuación.

3.1.6 Aplicación del Teorema de Bernoulli

La aplicación del teorema de Bernoulli debe hacerse de forma racional y sistemática. El procedimiento sugerido es el siguiente:

1. Dibujar un esquema del sistema, seleccionando y marcando cada una de las secciones rectas bajo consideración.
2. Aplicar la ecuación de Bernoulli en la dirección del flujo. Seleccionar el plano de referencia para cada una de las ecuaciones escritas. Se escoge para esto el punto menor de elevación para que no existan signos negativos, reduciendo así los errores.
3. Calcular la energía de aguas arriba en la sección 1. La energía se mide en m columna de líquido.
4. Añadir, en metros de fluido, toda energía adicionada al fluido mediante cualquier dispositivo mecánico.
5. Restar en metros de fluido, cualquier energía perdida durante el flujo
6. Restar en metros de fluido, cualquier energía extraída mediante dispositivo mecánicos.
7. Igualar la anterior suma algebraica a la suma de las alturas de presión, de velocidad y topográfica o elevación en la sección 2.

Si las dos alturas de velocidad son desconocidas, relacionarlas mediante la ecuación de continuidad.

3.1.7 Número de Reynolds en tubos

Se forma una capa límite en la entrada. Tal vez la capa límite llena la totalidad del tubo y se dice que el flujo se encuentra totalmente desarrollado. Si el flujo es laminar, se observa un perfil de velocidad parabólico. Cuando el flujo es turbulento se observa un perfil más obtuso, como se muestra en la Figura 3.2.

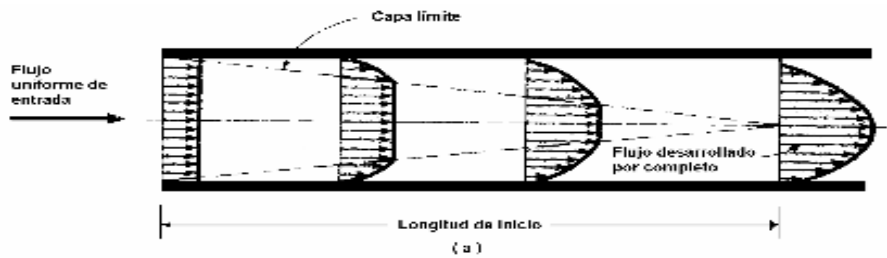


Figura 3.2: Perfil de velocidades para un flujo laminar en un tubo

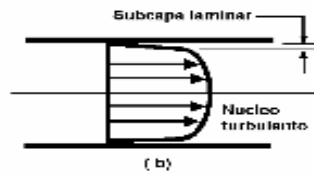


Figura 3.2 Perfil de velocidades para un flujo turbulento en un tubo.

Para un tubo, el número de Reynolds esta dada como sigue:

$$R_E = \frac{Vd\rho}{\mu} \quad \text{o} \quad R_E = \frac{Vd}{\nu} \quad \text{EC 8}$$

Donde μ es la viscosidad dinámica, ν es la viscosidad cinemática, V es la velocidad, d es el diámetro interno de la tubería.

3.1.8 Velocidad crítica

La velocidad crítica es de interés práctico para el ingeniero es aquella velocidad por debajo de la cual toda turbulencia es amortiguada por la acción de la viscosidad del fluido. La experiencia demuestra que un límite superior para el régimen laminar, en tuberías, viene fijado por un valor de número de Reynolds alrededor de 2000, en la mayoría de los casos prácticos.

3.1.9 Flujo Laminar

En el flujo laminar las partículas fluidas se mueven según trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o laminas. Los módulos de las velocidades de capas adyacentes no tiene el valor. El flujo laminar esta gobernado por la ley que relaciona la tensión cortante con la velocidad de formación angular, es decir, la tensión cortante es igual al producto de la viscosidad del fluido con el gradiente de las velocidades. La viscosidad del fluido es la magnitud física predominante y su acción amortigua cualquier tendencia de turbulencia.

3.1.10 Perdidas De Carga Flujo Laminar

En el flujo laminar la pérdida de carga viene dada por la formula de Hagen-Poiseuille, su expresión es:

$$\text{Perdida de carga} = \frac{32(\text{viscosidad } \mu) (\text{longitud } L \text{ m}) (\text{velocidad media } V)}{(\text{Pesos específicos } w)(\text{Diámetro en m})^2}$$

$$\text{Perdida de carga} = \frac{32\mu LV}{wd^2} \quad \text{EC 9}$$

En función de la viscosidad cinemática $\frac{\mu}{w} = \nu/g$ se obtiene:

$$\text{Perdida de carga} = \frac{32\nu LV}{gd^2} \quad \text{EC 10}$$

3.1.11 Principios Físicos de la Pulverización Hidráulica

El líquido forzado a presión alcanza velocidad en la boquilla que pone en contacto el circuito de líquido con la atmósfera que lo rodea. La oposición del aire atmosférico, junto con el choque entre los filetes de líquido es la causa de la formación de gotas.

El caudal de líquido que sale por la boquilla, dentro de los valores de presión que habitualmente se utilizan, viene definido por una expresión matemática del tipo:

$$Q = \mu A (2gxh)^{1/2} \quad \text{EC. 11}$$

donde Q es el caudal de la boquilla en L/min.; η es el coeficiente de caudal de boquilla, que depende de la forma de ésta (valores del orden de 0.16 a 0.64); A es el área de la salida de la boquilla en mm²; g es la gravedad; h la altura de presión.

La finura de las gotas formadas es tanto mayor cuanto menor es el coeficiente de boquilla [η] cuanto mayor es la presión de trabajo [p] utilizada.

Para los tamaños comercializados de boquillas cónicas, con orificio de salida circular, los diámetros medios (VMD), utilizando agua, varían de la siguiente manera:

Presión [bar.]	Tamaño VMD [μm]	gotas
2.5	225 - 425	
5	150 - 325	
10	110 - 275	

Tabla 3.1 Presión y tamaño de las gotas

La influencia de la presión se manifiesta menos a medida que el caudal aumenta. Las altas presiones, además, carecen de interés en el aspecto económico.

El límite, por tanto, de la gota que se puede producir con este sistema es algo menor a 100 μm , utilizando para ello orificios de pequeñas dimensiones perfectamente mecanizados. La reducción del diámetro de la boquilla lleva implícito al peligro de obstrucción.

Hay que destacar la importancia que tiene que todas las boquillas sean iguales y trabajen a la misma presión para conseguir en ellas la misma población de gotas y uniformidad de dosificación.

Para regular el caudal de una boquilla basta modificar la presión de trabajo, pero si se quieren mantener igual finura de gotas se deben regular juntos y en el mismo sentido diámetros y presiones. Así, con una boquilla de 1 mm. de diámetro trabajando a 5 bar.

Con este sistema de pulverización, las gotas reciben una cantidad de energía cinética que les permite alcanzar por sí solas al objeto. Esta energía procede de la necesaria para la pulverización, suministrada en forma de presión en el líquido.

La energía para la pulverización expresada en julios depende de la presión de trabajo y matemáticamente puede calcularse por la expresión:

$$E \text{ [Julios]} = \text{volumen [m}^3\text{]} \times \text{presión [N/m}^2\text{]}$$

$$1 \text{ litro} = 0.001 \text{ m}^3; 1 \text{ N/m}^2 = 105 \text{ bar.}$$

$$E = 0.001 \times 105 \times p = 100 \times p$$

donde E es la energía necesaria para la pulverización (julios) por litro de producto pulverizado; p es la presión de trabajo de la boquilla (bar.)

Las gotas alcanzan una velocidad que les puede permitir llegar a su destino manteniendo una energía residual suficiente para penetrar en el interior del objeto. A mayor presión, mayor velocidad de salida y superior energía cinética en el líquido, pero cada gota se desplaza individualmente y su trayectoria está regida por las leyes que explican el comportamiento de un proyectil en la atmósfera.

3.1.12 Tipos de boquillas

En el mercado se encuentran diferentes tipos de boquillas, de manera que se puedan conseguir las más apropiadas para cada tipo de aplicación. La distribución superficial producida y el tamaño de las gotas para un determinado nivel de presión del líquido que llega a la boquilla son los parámetros que determinan los criterios de selección.

Boquillas de hendidura, abanico o chorro plano:

En ellas el orificio de salida no es circular, sino alargado en forma de hendidura. La pulverización se consigue por el choque de dos láminas líquidas convergentes en las proximidades de la hendidura. El chorro de pulverización es un chorro cónico muy aplastado, con forma de pincel y ángulo entre 80° y 100°, con gotas más gruesas en los extremos del abanico. El aumento de la presión entre 1 y 4 bar. Incremento sensiblemente su caudal, el ángulo de abertura del chorro y su aplastamiento, pero modifica poco la finura de pulverización.

Proporcionan generalmente gotas de tipo medio, con presiones entre 2 y 4 bar., lo que las hace las más indicadas para aplicar herbicidas o siempre que se desee una buena distribución superficial sobre cultivos de poco desarrollo foliar. El perfil superficial de distribución de líquido es generalmente triangular, por lo que para conseguir una cobertura uniforme se recomienda el solapamiento de los chorros. También se comercializan boquillas de abanico con perfil de distribución uniforme, especialmente diseñadas para trabajar separadas en aplicaciones en bandas. Algunos fabricantes ofrecen boquillas de doble salida, lo que da lugar a dos chorros planos idénticos.

Por solapamiento de chorros de boquillas contiguas, en las condiciones anteriormente señaladas se pueden conseguir una alta uniformidad de distribución, pero deben estar montados de manera que los chorros de boquillas contiguas no choquen, para lo que se les da una ligera inclinación respecto al plano transversal en que están situadas.

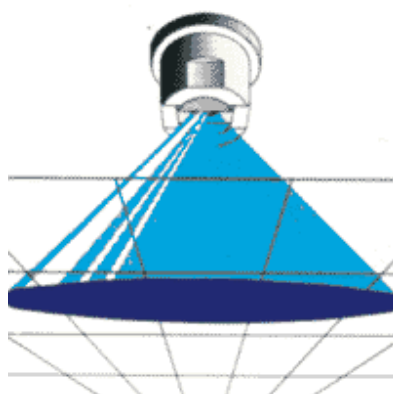


Figura 3.3 Boquilla de chorro plano

Boquillas de turbulencia o de chorro cónico (cono hueco y cono lleno):

Estas boquillas dividen el líquido al convertir su energía potencial bajo presión en velocidad, por variaciones bruscas de sección y de dirección. Este movimiento, en forma de torbellino, lo provoca una cámara helicoidal o una hélice giratoria y un orificio calibrado en la placa de salida a la atmósfera. El propio movimiento helicoidal que toma el líquido en la boquilla se mantiene en el chorro de pulverización, dando lugar a un chorro cónico de gotas, más gruesas y con más cantidad de líquido en el exterior, y muy pocas y mucho más finas en el interior (cono hueco). En las cono lleno, en la parte interior del chorro se mantiene una pulverización abundante. El aumento de presión de la presión de trabajo modifica poco su caudal, pero aumenta la finura de pulverización. La finura de la población de gotas formada, en comparación con otros tipos de boquillas, hace que sean recomendadas cuando se busca fuerte penetración y cubierta densa sobre el vegetal. Se recomiendan para la aplicación de insecticidas y fungicidas, tanto en cultivos bajos como en los de gran desarrollo foliar (en los pulverizadores hidroneumáticos, también conocidos como atomizadores), con presiones entre 5 y 15 bar.

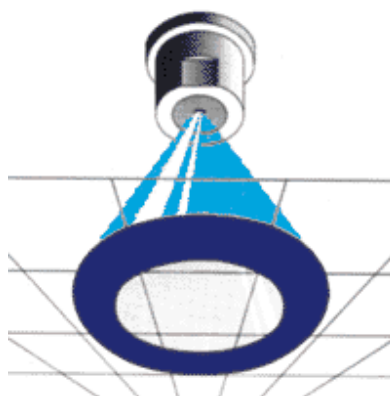


Figura 3.4 Boquilla de chorro cónico

Boquillas deflectoras, de choque, o de espejo:

Proporcionan un perfil de distribución homogéneo y se pueden utilizar sin solapamiento para conseguir una distribución uniforme. Frente a la salida calibrada se presenta una superficie pulida e inclinada respecto a chorro (espejo) que provoca el estallido del mismo y su pulverización según un chorro plano de gran ángulo de abertura. Dan gotas gruesas de baja deriva y tradicionalmente se han venido aconsejando para tratamientos sobre suelo desnudo con abonos líquidos, o para herbicidas de acción sistémica en bajo volumen de agua. Con el mismo concepto de la pulverización por choque, recientemente han aparecido en el mercado unas boquillas de baja deriva, especialmente diseñadas para sustituir a las de abanico en la aplicación de todo tipo de herbicidas.

Las boquillas detectaras tienen una gran resistencia a la abrasión, pero es muy importante dejar de utilizarlas cuando se desgastan, ya que entonces la pulverización es mediocre y el reparto irregular. En las de diseño convencional, se trabaja generalmente a baja presión, pero los caudales nominales suelen ser altos, sólo se recomiendan para aplicaciones de herbicidas sistémicos (como el glifosato), en bajo volumen de agua, o bien abonos líquidos densos, ya que por la forma del orificio de salida permiten el paso de partículas gruesas.

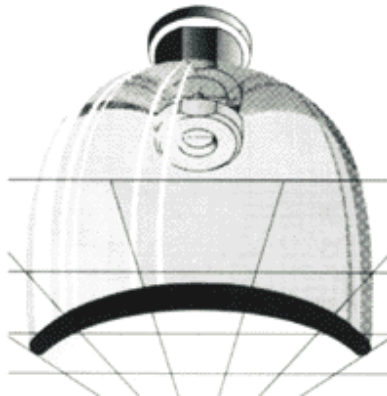


Figura 3.5 Boquilla de espejo

De tres orificios, o chorros múltiples:

Está constituida por una placa perforada con un orificio calibrado, sobre el que se coloca un cuerpo de plástico con tres o más perforaciones sobre una circunferencia que tiene su centro en línea con el orificio de la placa.

Salen tres chorros idénticos con una sucesión de gotas gruesas (0,5 a 2 mm.) y cuyo impacto sobre el suelo produce una distribución aceptable para distribución de abonos líquidos. Las presiones de trabajo están entre 1 y 3 bar. Sin riesgo de obstrucción, incluso con productos densos. No son apropiadas para la aplicación de productos fitosanitarios

BOQUILLAS CERÁMICAS

A continuación se muestran diferentes tipos de boquillas y el espectro de rocío que caracteriza a cada una de las diferentes boquillas.













AXI	APM	AVI	ATR
			
Boquilla Abanico	Boquilla Espejo	Boquilla Antideriva	Boquilla Turbulencia
			
			
80° - 100°	120° - 60°	80° - 110°	80°
Tabla de gasto	Tabla de gasto	Tabla de gasto	Tabla de gasto

Tabla 3.2 Diferentes boquillas cerámicas

Para efectos de diseños se seleccionó, la boquilla abanico cerámica, por las características dadas en la Tabla 3.3.

BOQUILLAS DE CERAMICA CHORRO PLANO (ABANICO)

<p>Hecho en poliacetal con núcleo de cerámica a 99% de tenor de alúmina; Excelentes para aplicaciones en área total; Altura mínima de la barra para boquillas distanciadas a 50 cm.: 50 cm. para serie de 80°; 35 cm. para serie de 110°; 30 cm. para serie de 120°; En caso de obstrucciones, la entrada de la cámara puede ser removida para facilitar la limpieza;</p>		
SERIE BD BAJA DERIVA	SERIE AD ANTI-DERIVA	SERIE ADGA ANTI-DERIVA DE GRAN ANGULO
Características Técnicas	Características Técnicas	Características Técnicas
<p>Presión de trabajo recomendada de 15 a 60 lbf/pul2 ;</p> <p>Angulo de chorro de 110° a la presión de 15 lbf/pul2 ;</p> <p>Cuando es utilizado en baja presión, de 15 a 30 lbf/pul2, generan gotas medianas, disminuyendo la deriva;</p> <p>Puede trabajar también con presiones de 31 a 60 lbf/pul2, generando gotas pequeñas para mejorar la cobertura foliar.</p>	<p>Presión de trabajo recomendada de 30 a 60 lbf/pul2;</p> <p>Angulo de chorro de 110° a la presión de 15 lbf/pul2;</p> <p>Producen gotas grandes, cuando se trabaja con presiones de 30 a 45 lbf/pul2, de 46 a 60 lbf/pul2 hacen gotas medianas;</p> <p>Las boquillas de la serie AD, aprobadas según las normas internacionales. Son fabricadas en cerámica de alta resistencia al desgaste, lo que permite excelente uniformidad de caudal entre boquillas;</p> <p>Reducen la deriva substancialmente.</p>	<p>Presión de trabajo recomendada de 15 a 60 lbf/pul2;</p> <p>Angulo de chorro de 120° a la presión de 15 lbf/pul2;</p> <p>Producen gotas grandes, cuando se trabaja con presiones de 15 a 45 lbf/pul2, de 46 a 60 lbf/pul2 hacen gotas medianas;</p> <p>Reducen la deriva substancialmente;</p> <p>Las boquillas de la serie ADGA, aprobadas según normas internacionales, son fabricadas con cerámica de alta resistencia al desgaste, lo que permite excelente uniformidad de caudal entre boquillas.</p>

Tabla 3.3 especificaciones de boquillas para la pulverización

De acuerdo con las pruebas hechas por el Dr. Novak y otros de la Universidad de Oregon en los Estados Unidos, la vida útil de una boquilla de cerámica puede ultrapasar 1000 horas de trabajo, conforme los factores relacionados abajo:

- Presión: Cuanto mayores, más acelera el desgaste.
- Tipo de producto: Cuanto más abrasivo, mayor será el desgaste.
- Calidad del agua: Cuanto más impura, más rápido será el desgaste.
- Limpieza: Jamás utilice objetos metálicos o puntiagudos. En caso de obstrucciones use chorro de aire, agua limpia o cepillo de dientes, para no damnificar las boquillas.

3.2 Mecanismos y leyes fundamentales de la transferencia de calor

3.2.1 La transferencia de calor

Se define calor como la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. Un análisis termodinámico se interesa en la cantidad de transferencia de calor conforme un sistema pasa por un proceso, de un estado de equilibrio a otro.

La ciencia que trata la determinación de las velocidades de esas transferencias de energía es la transferencia de calor. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

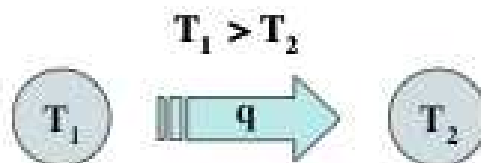


Figura 3.6 Dirección de la transferencia de calor

El calor puede transferirse en tres modos diferentes:

- Conducción,
- Convección, y
- Radiación.

Todos los mecanismos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja. Como se muestra en la Figura 3.3.

3.2.2 Conducción

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los líquidos y gases la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red y al transporte de energía por parte de los electrones libres.

La velocidad de la conducción de calor a través de un medio depende de:

- La configuración geométrica
- Espesor del material
- Tipo de material
- Diferencia de temperatura

Considere una conducción de estado estacionario de calor a través de una pared plana grande de espesor $\Delta x = L$ y área A , como se muestra en la Figura 3.4 La diferencia de temperatura de uno a otro lado de la pared es $\Delta T = T_2 - T_1$.

La velocidad de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de esta y el área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa.

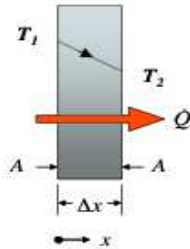


Figura 3.7 Transferencia de calor a través de una pared plana con espesor Δx y área A

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \text{EC. 12}$$

donde k es la conductividad térmica, A es el área de la pared plana, \dot{Q}_{cond} es la transferencia de calor

3.2.2.1 Conductividad Térmica

La conductividad térmica k es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. Por ejemplo, $k = 0.608 \text{ W/(mC)}$, para el agua y $k = 80.2 \text{ W/(mC)}$, para el hierro a la temperatura ambiente. Esto indica que el hierro conduce el calor 100 veces más rápido que el agua.

La conductividad térmica de un material se puede definir como la velocidad de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura.

Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor y un valor bajo indica que es un mal conductor o que es un aislante.

Material	Densidad (kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m·K)
Chapa de Aluminio	2.700	2,04
Hormigón	2.400	1,63
Vidrio plano	2.500	0,81
Ladrillo macizo	1.600	0,81
Tejas (plana)	1.800	0,76
Yeso (placas)	1.000	0,44
Hormigón liviano	1.000	0,36
Nieve compactada	300	0,23
Madera (pino)	700	0,17
Lana de vidrio	11	0,041
Lana de vidrio	15	0,038
Lana de vidrio	35	0,038
Lana de vidrio	50	0,032
Lana de vidrio	70	0,031
Lana de vidrio	100	0,032
Poliuretano rígido	35	0,020
Poliuretano proyectado	30	0,024

Tabla 3.4 Conductividad térmica de algunos materiales

Fuente: Norma IRAM 11601. (Argentina)

3.2.2.2 Ecuación general de conducción de calor. Caso estacionario (paredes cilíndricas y espesor crítico de aislamiento)

Dentro de la categoría de los sistemas unidimensionales, se pueden encontrar diversas formas físicas distintas: los sistemas cilíndricos y esféricos son unidimensionales cuando la temperatura en el cuerpo es solo función de la distancia radial e independiente del ángulo azimutal o de la distancia axial.

En algunos problemas bidimensionales, el efecto de una segunda coordenada espacial puede ser tan pequeño como para justificar que se desprecie, y el problema del flujo de calor multidimensional puede aproximarse mediante un análisis unidimensional. En estos casos, las ecuaciones diferenciales se simplifican y se llega a una solución mucho más sencilla.

3.2.2.3 Cilindros

Considérese un cilindro largo de radio interior r_i , radio exterior r_e , y longitud L , ver Figura 3.8:

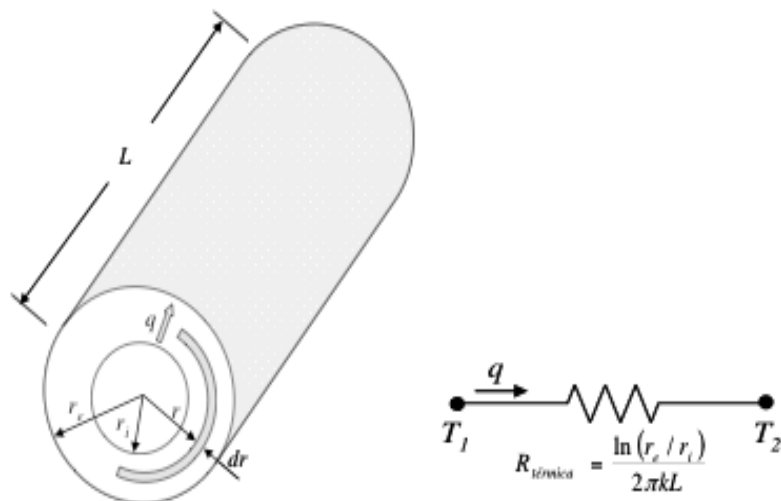


Figura 3.8 Perdida de calor en un cilindro

Este cilindro se somete a una diferencia de temperatura $T_i - T_e$, y se plantea la pregunta de cuál será el flujo de calor. En un cilindro cuya longitud sea muy grande

comparada con su diámetro, se puede suponer que el calor fluye solo en dirección radial, con lo que la única coordenada espacial necesaria para definir el sistema es r . De nuevo, se utiliza la ley de Fourier empleando la relación apropiada para el área. El área para el flujo de calor en un sistema cilíndrico es.

$$A_r = 2\pi L \dots 1$$

de modo que la ley de Fourier se escribe

$$q_r = -kA_r \frac{dT}{dr} = -k[2\pi L] \frac{dT}{dr} \dots 2$$

sustituyendo la ecuación 1 en 2 y con las condiciones

$$T = T_i \text{ en } r = r_i$$

$$T = T_e \text{ en } r = r_e$$

entonces:

$$q = \frac{2\pi k L (T_i - T_e)}{\ln(r_e / r_i)} = \frac{T_i - T_e}{\frac{\ln(r_e / r_i)}{2\pi k L}}$$

EC 13

3.2.2.4 Espesor crítico de aislamiento

Considérese una capa aislante que podría instalarse alrededor de una tubería circular, como se muestra en la Figura 3.6. La temperatura interna del aislante está fijada en T_b y la superficie externa a un contorno convectivo a T^∞ .

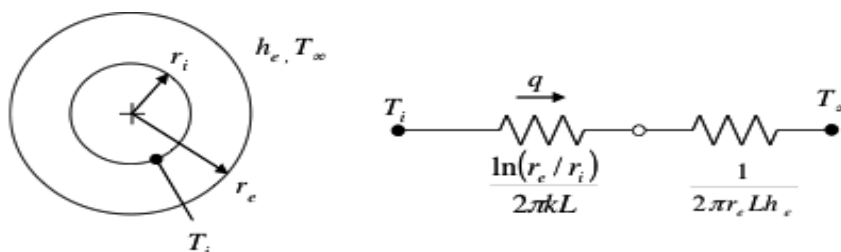


Figura 3.9 Espesor crítico de aislamiento.

Según el circuito térmico de transferencia de calor es:

$$q = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{\ln(r_e / r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{2\pi r_e L h}}$$

Ahora se analiza esta expresión para determinar el radio exterior de aislamiento r_e que hace máxima la transferencia de calor. La condición para conseguir el máximo.

$$\frac{dq}{dr_e} = 0 = \frac{-(T_i - T_\infty)\left(\frac{1}{kr_e} - \frac{1}{hr_e}\right)}{\frac{\ln(r_e / r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{2\pi r_e L h}}$$

Lo que conduce al resultado.

$$r_e = \frac{k}{h}$$

EC. 14

Comparación del coeficiente de conductividad térmica entre diferentes materiales.

3.2.3 Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprenden los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento del fluido mayor es la transferencia de calor por convección.

En ausencia de cualquier movimiento masivo del fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura.

Considere el enfriamiento de un bloque caliente al soplar aire frío sobre su superficie superior. La energía se transfiere primero a la capa de aire adyacente al bloque, por conducción. En seguida esta energía es acarreada alejándola de la superficie, por convección; es decir, por los efectos combinados de la conducción dentro del aire, que se debe al movimiento aleatorio de moléculas se éste, y del movimiento masivo o macroscópico de ese aire que remueve el aire calentado cercano a la superficie y lo reemplaza por otro más frío.

Existen dos fenómenos de transferencia de calor por convección:

a) Recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento ver Figura 3.10.

b) Se dice que es convección natural (o libre) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debido a la variación de la temperatura en ese fluido ver Figura 3.11.

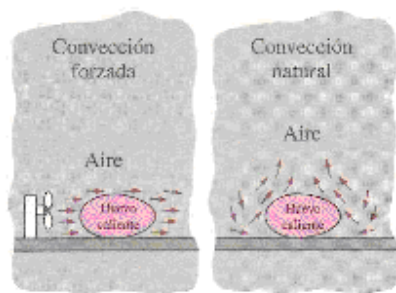


Figura 3.10
Transferencia de calor por convección

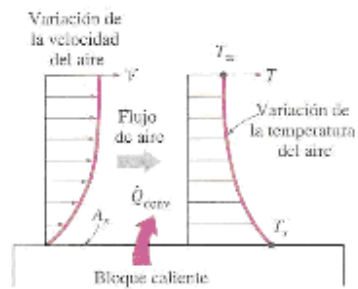


Figura 3.11
Transferencia de calor de una superficie caliente hacia el aire por convección

La rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento como:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad \text{EC 15}$$

En donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en, A_s es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, T_s es la temperatura de la superficie y T_∞ es la temperatura del fluido.

El coeficiente de transferencia de calor por convección h se determina en forma experimental considerando:

- La configuración geométrica de la superficie,
- La naturaleza del movimiento del fluido, y
- Las propiedades y la velocidad del fluido.

Tipo de convección	h , W/(m ² °C)
Convección libre de gases	2-25
Convección libre de líquidos	10-1000
Convección forzada de gases	25-250
Convección forzada de líquidos	50-20000
Ebullición y condensación	2500-100000

Tabla 3.5 Valores típicos del coeficiente transferencia de calor por convección

“Algunos no consideran a la convección como un mecanismo fundamental de transferencia de calor ya que, en esencia, es conducción de calor en presencia de un movimiento de fluido. Pero todavía se necesita dar un nombre a este fenómeno combinado, a menos de que se desee seguir refiriéndose a el como conducción con movimiento de fluido. Resulta práctico reconocer a la convección como un mecanismo separado de transferencia del calor, a pesar de los argumentos válidos en su contra”.

3.2.4 Radiación

La radiación es la energía emitida por la materia en la forma de ondas electromagnéticas (o fotones), como resultado de los cambios en las configuraciones de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de energía por radiación no requiere la presencia de un medio interpuesto. De hecho, la transferencia de energía por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en el vacío. De esta manera llega a la tierra la energía del sol.

Todos los cuerpos a una temperatura arriba del cero absoluto emiten radiación térmica.

La velocidad máxima de radiación que puede ser emitida desde una superficie a una temperatura T_s (en K° o R°) se expresa por la ley de Stefan-Boltz man como:

$$\dot{Q}_{emitida,max} = \sigma A_s T_s^4 \quad \text{EC 16}$$

Donde $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/M}^2 \text{ K}^4$ o bien $\sigma = 0.1714 \times 10^{-8} \text{ BTU/h.Ft}^2 \text{ R}^4$ es la constante de Stefan-Boltzman.

La superficie idealizada que emite radiación a esta velocidad máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por éste es la radiación del cuerpo negro (figura 3.6).

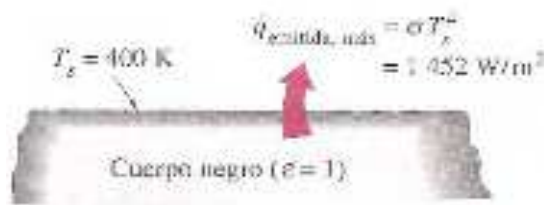


Figura 3.6 Cuerpo negro

3.3 Mecánica de materiales

3.3.1 Esfuerzos

Las fuerzas por unidad de área, o la intensidad de la fuerza distribuida a través de una sección dada, se llama esfuerzo (σ) sobre esa sección y se representa con la letra griega σ (sigma). El esfuerzo en un elemento con área transversal A sometido a una carga axial P se obtiene por lo tanto al dividir, la magnitud P de la carga entre el área A :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{EC 17}$$

3.3.2 Carga permisible y esfuerzo permisible. Factor de seguridad

La máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales de uso es considerablemente mas pequeña que la carga última .esta carga mas pequeña se conoce como la carga permisible y, en ocasiones, como la carga de trabajo o carga de diseño. Así, solo una fracción de la capacidad última de carga del elemento se utiliza cuando se aplica la carga permisible. El remanente de de capacidad portadora de carga del elemento se mantiene en reserva para asegurar su desempeño seguro. La razón de la carga última a la carga permisible se emplea para definir el factor de seguridad.

Se obtiene como:

Factor de seguridad =F.S=carga ultima/carga permisible

Una definición alterna del factor de seguridad se basa en el uso de esfuerzos:

Factor de seguridad =F.S=esfuerzo ultimo/esfuerzo permisible

3.3.3 Selección de un factor de seguridad adecuado.

La selección de un factor de seguridad apropiado para una determinada aplicación de diseño requiere un acertado juicio por parte del ingeniero basado en muchas consideraciones como las siguientes:

- Variaciones que pueden ocurrir en las propiedades del elemento bajo consideración. La composición, resistencia y dimensiones del elemento están pequeñas variaciones durante la manufactura.
- Numero de cargas que pueden esperarse durante la vida de la estructura o maquina. Para la mayoría de materiales el esfuerzo último disminuye al aumentar el número de aplicación de carga.
- Tipos de carga que sean planeados para el diseño o que puedan ocurrir en el futuro. Muy pocas situaciones de carga se conocen con certeza. La mayoría de carga de

diseño es aproximación. Además, las alteraciones futuras o cambios en el uso pueden introducir cambios en la carga real.

- Tipos de fallas que pueden ocurrir. Los materiales frágiles comúnmente fallan de manera repentina.
- Incertidumbre debido a los métodos de análisis.
- Deterioro que puede ocurrir en el futuro por mantenimiento incorrecto o por causas naturales inevitable.
- Importancia del elemento dado a la integridad de la estructura completa.

3.3.4 Esfuerzos de recipientes de pared delgada

Los recipientes de pared delgada constituyen una aplicación importante del análisis de esfuerzo plano. Como su partes oponen poca resistencia ala flexión, puede suponer que la fuerza interna ejercidas sobre una parte de la pared son tangentes a la superficie del recipiente. Los esfuerzos resultantes en un elemento de pared delgada estarán contenidos en un plano tangente a la superficie del recipiente.

El análisis del esfuerzo del recipiente de pared delgada se limita a los dos tipos que se encuentran con mayor frecuencia: recipientes cilindros y esféricos.

Considere una recipiente cilindro de radio interior r y espesor de pared t , que contiene un fluido a presión se van a determinar los esfuerzos ejercidos sobre un pequeño elemento de perded con lados respectivamente paralelos y perpendicular al eje del cilindro. Debido a la simetría axial del recipiente y su contenido, es claro que no se ejerce esfuerzos cortantes sobre el elemento. Los esfuerzos normales σ_1 y σ_2 son por tanto esfuerzos principales. El esfuerzo σ_1 se conoce como esfuerzo tangencial o de costilla; el esfuerzo σ_2 es el esfuerzo longitudinal.

Para determinar el los esfuerzos de costilla σ_1 se retira una porción del recipiente y su contenido limitado por el plano xy y por dos planos paralelos al plano yz con una distancia Δx de separación entre ellos las fuerzas paralelas al eje z que actúan en el cuerpo libre así definido consisten en las fuerzas internas elementales $\sigma_1 dA$ en las secciones de pared y en las fuerzas de presión elementales $p dA$ ejercidas sobre la porción de fluido incluido en el cuerpo libre. Note que p es la presión manométrica de fluido, es decir, el exceso de la presión interior sobre la presión atmosférica exterior. Las resultante de las fuerzas internas

σ_1 dA es igual al producto de σ_1 y del área transversal $2t\Delta x$ de la pared, mientras que la resultante de la fuerza p dA es el producto de p y el área $2r \Delta x$ de la pared. Escribiendo la ecuación de equilibrio

$$\sum F_z = 0, \text{ se tiene}$$

$$\sigma_1(2t\Delta x) - p(2r\Delta x) = 0$$

y resolviendo para el esfuerzo de costilla.

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t} \quad \text{EC 18}$$

Para determinar el esfuerzo longitudinal σ_2 se realizara ahora un corte perpendicular al eje x y se considerará el cuerpo libre que consta del parte del recipiente y de su contenido.

Las fuerzas que actúan en este cuerpo libres son las fuerzas internas elementales σ_2 dA en la sección de la pared y las fuerzas elementales de presión p dA ejercidas sobre la porción de fluido incluido en el cuerpo libre. Notando que el área de la sección de fluido es πr^2 y el área de la sección de la pared puede obtenerse multiplicando la circunferencia $2\pi r$ del cilindro por su espesor de pared t , se escribe la ecuación de equilibrio.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sigma_1(2\pi r t) - p(\pi r^2) = 0$$

Y despejando el fuerza longitudinal σ_2

$$\sigma_2 = \frac{pr}{2t} \quad \text{EC 19}$$

Observe que

$$\sigma_1 = 2\sigma_2$$

3.4 Instrumentación

3.4.1 Tipos de válvulas

Las válvulas pueden ser de varios tipos según se el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador.

Las válvulas de movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje se clasifican como se especifica a continuación.

3.4.1.1 Válvula de globo

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

Recomendada para:

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

3.4.1.2 Válvula de Angulo

Esta válvula, permite obtener un flujo de caudal regular sin excesivas turbulencias y es adecuada para disminuir la erosión cuando esta es considerable por las características del fluido o por la excesiva presión deiferencias. El diseño de la válvula es idóneo para el centro de fluidos que vaporizan, para trabajar con grandes presiones diferenciales y par los fluidos que contienen sólidos en suspensión.

3.4.1.3 Válvula de tres vías

Este tipo de válvulas se emplea generalmente para mezclar fluidos o bien par derivar de un flujo de entrada dos de salida. Las válvulas de tres vías intervienen típicamente en el control de temperatura en los intercambiadores de calor.

3.4.1.4 Válvula de jaula

Consiste en un obturador cilíndrico que desliza en una jaula con orificios adecuados a las características del caudal deseadas en la válvula. Se caracterizan por el fácil desmontaje del obturador y por que se pueden incorporar orificios que permiten eliminar prácticamente el desequilibrio de fuerzas producido por la presión diferencial favoreciendo la estabilidad del funcionamiento. Por este motivo este tipo de obturador equilibrado se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con un alta presión diferencial.

3.4.1.5 Válvula de compuerta

Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano, o de su forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido. Por su disposición es adecuada generalmente para su control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene ventaja de presentar muy poca resistencia cuando esta en posición de apertura total.

3.4.1.6 Válvula de bola

El cuerpo de la válvula tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de esfera o de bola. La bola tiene un corte adecuado (usualmente en v) que se fija la curvatura característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. El cierre estanco se logra cuando un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula esta cerrada. En posición de la apertura total, la válvula equivale aproximadamente el 75% del tamaño de la tubería. La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión.

Una válvula de bola típica es la válvula macho que consiste en un macho de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería. El macho se ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de giro de 90° grados. Se utilizan generalmente en el control manual de todo o nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.

3.5 Escala Baumé

La escala Baumé es una escala usada en la medida de las concentraciones de ciertas soluciones (jarabes, ácidos). Fue creada por el químico y farmacéutico francés Antoine Baumé (1728–1804) en 1768 cuando construyó su aerómetro. Cada elemento de la división de la escalera Baumé se denomina grado Baumé y se simboliza por °B o °Bé.

La graduación de un aerómetro en grados Baumé se establece en referencia a una disolución acuosa de cloruro de sodio (NaCl) al 10% en masa y agua destilada. Se marca el valor 0 para el agua destilada y el valor 10 para la disolución al 10%, y se divide el espacio entre ambos en 10 grados Baumé. La escala se puede alargar por abajo para líquidos menos densos que el agua destilada ($\rho=1 \text{ g/cm}^3$). Para líquidos más densos que el agua la escala es un poco diferente: se mantiene el valor 0°Bé para el agua destilada y se pone el valor 15°Bé cuando el aerómetro está dentro de una disolución al 15% de cloruro de sodio. Esto hace que las dos escalas no se correspondan; por ejemplo los 25°Bé (densidad alta) no coinciden con los 25°Bé (densidad baja). Por esta razón se la considera una escala confusa y que debe eliminarse.

La relación entre la densidad, ρ , de la disolución y los grados Baumé se ha expresado de diversas formas durante el tiempo que se ha empleado. Actualmente a 20°C la relación entre la densidad, ρ , y los grados Baumé de una disolución viene dada por las siguientes relaciones:

Para líquidos más densos que el agua ($\rho > 1 \text{ g/cm}^3$):

$$\begin{aligned} \text{°Bé} &= 145 - 145/\rho && \text{EC. 20} \\ \rho &= 145/(145 - \text{°Bé}) \end{aligned}$$

Para líquidos menos densos que el agua ($\rho < 1 \text{ g/cm}^3$):

$$\begin{aligned} \text{°Bé} &= 140/\rho - 130 && \text{EC 21} \\ \rho &= 140/(130 + \text{°Bé}) \end{aligned}$$

Su ventaja es que permite evaluar la concentración de cualquier solución con una misma unidad (grados Baumé) y un mismo aparato (el aerómetro Baumé), pero hace falta emplear una tabla específica por determinar la concentración de cada tipo de sustancia. Se sigue empleando en la actualidad en la producción industrial de cerveza, vino, miel y ácidos concentrados.

3.6 Rueda de Ginebra

La rueda de Ginebra, también conocida como cruz de Malta, es un mecanismo que convierte un movimiento circular continuo en un movimiento circular intermitente. Consiste en un engranaje donde la rueda motriz tiene un pivote que alcanza un carril de la rueda conducida y entonces avanza un paso. La rueda motriz dispone además de un bloque circular que le permite completar el giro manteniendo la rueda conducida bloqueada.

El nombre deriva del primer dispositivo usado en relojes mecánicos, siendo Suiza y Ginebra importantes centros de manufactura relojera. También se le conoce como mecanismo de la cruz de Malta, debido a su parecido visual.

En la disposición más típica, la rueda motriz tiene cuatro carriles, por lo que la rueda conducida avanza un paso de 90° por cada giro de la rueda motriz. Si tiene n raíles, avanza $360/n^\circ$ por cada rotación completa.

La siguiente información se obtuvo de diversas fuentes.

Densidad del caramelo

El almíbar (del árabe al-maiba, un jarabe a base de membrillo) o sirope es una disolución sobresaturada de agua y azúcar, cocida hasta que comienza a espesar.

Características

La consistencia, que va desde un líquido apenas viscoso a un caramelo duro y quebradizo, depende de la saturación de azúcar en el agua y del tiempo de cocción. El almíbar se

emplea para conservas de frutas, para cubrir bizcochos y panqueques, para elaborar distintos tipos de caramelos y además forma la base de algunos postres, como el tocino de cielo, los sorbetes, los fondants y el merengue italiano.

El sirope también se ve representado por el sirope de arce. Hay tres métodos para determinar la consistencia del azúcar:

La clásica, que consiste en someter la mezcla a pruebas mecánicas: si hace hebras o bolas, etc.; La de densidad, utilizando un pesa jarabes; La de temperatura, utilizando un termómetro especial que tenga finamente graduada la zona de 100 a 200 °C.

Tipos

En función de estos tres parámetros se dan:

Tipos de almíbar

Clásico	Densidad	Temperatura	Prueba	Uso
Sirope	18-20°	100 °C	Forma película en la espumadera	
Hebra o Hilo flojo	29°	103 °C	Forma hebras si se enfría y estira	Conservas de fruta
Perla o Hilo fuerte	33-35°	105-110 °C	Forma hebras si se enfría y estira	Fondants y HYPERLINK "http://es.wikipedia.org/wiki/Glaseado" glaseados
Bola floja	37°	110-115 °C	Forma bola blanda entre los dedos	Fondants y caramelos blandos
Bola dura	38°	116-119 °C	Forma bola dura entre los dedos	Caramelos duros
Escarchado o Lámina	39°	122-126 °C	La bola se pega a los dientes	Fruta escarchada
Quebradizo	40°	129-132 °C	La bola no se pega a los dientes	Toffees
Caramelo	>40°	150-180 °C	Dejando caer una gota en mármol se queda dura	

Tabla 3.6 densidad del almíbar

Se obtiene la densidad del caramelo a la temperatura de trabajo de 145 °C, utilizando la ecuación para líquidos más densos que el agua

se obtienen

$$caramelo = 40^\circ$$

$$^\circ B = 145 - 145 / \rho$$

despejando

$$\rho = \frac{145}{145 - ^\circ B}$$

sustituyendo

$$\rho_c = \frac{145}{145 - 40}$$

$$\rho_c = 1.38 \text{ g/Cm}^3$$

Homogenizado unidades

$$\rho_c = (1.38 \frac{\text{g}}{\text{Cm}^3}) (\frac{\text{Kg}}{1000\text{g}}) (\frac{100\text{Cm}}{\text{m}})^3$$

$$\rho_c = 1.38 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$$

Donde ρ_c es la densidad del caramelo.

Calculando la viscosidad del caramelo (datos Bourne 1982).

Extrapolando con los datos una temperatura de 145 C° se obtiene una viscosidad

$$\mu_c = 2.94744 \text{ mPa/s}$$

Convirtiendo las unidades

$$\mu_c = \frac{2.94744 \times 10^{-3} \text{ Pa/s}}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$\mu_c = 3 \times 10^{-4} \text{ Kg} \cdot \text{s/m}^2$$

Se calcula la viscosidad cinemática para el caramelo a la temperatura de trabajo.

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

sustituyendo

$$v_c = \frac{\mu_c}{\rho_c} = \frac{(3 \times 10^{-4} \text{ Kg} \cdot \text{s}/\text{m}^2)(9.81 \text{ m}/\text{s}^2)}{1.38 \times 10^3 \text{ Kg}/\text{m}^3}$$

∴

$$v_c = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Aun falta encontrar características físicas de gran importancia, que solo se pueden obtener por experimentación.

Se realiza una investigación de mercado para maquina que fabrican dulces:

Máquina Depositadora



Figura 3.7
Maquina depositadora.

Máquina depositadora de chocolate, pulpas de frutas, gomitas, malvaviscos, productos de leche y caramelos. La capacidad de producción de esta máquina depositadora es de 10 hasta 40 golpes por minuto, dependiendo del gramaje y la forma del producto, es decir, 100 hasta 350 kilos por hora. Ver Figura 3.7. Se tiene de línea con 3 hasta 50 boquillas.

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO

En esta sección se describirá el procedimiento y las actividades realizadas para lograr el diseño de la maquinaria requerida para la producción de dulces en *dulces Fabi*. Además de apoyarnos con gráficos tablas y figuras que cumplan con la tarea de hacer el análisis mucho mas sencillo.

Para diseñar la maquinaria que permita la automatización del proceso de producción de paletas, se requiere dividir en etapas la elaboración de las paletas como se muestra en la Figura 4.1

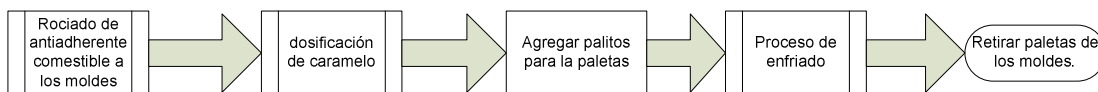


Figura 4.1 Grafica que representa las etapas para la producción de paletas.

Al dividir en etapas la producción de dulces se eligieron tres de ellas las cuales son:

- a) El rociado de antiadherente en los moldes: Es de importancia fundamental ya que sin esta se pegarían las paletas a los moldes siendo un desperdicio de caramelo, de molde, de tiempo y de dinero. Esta se planea llevar acabo mediante pulverizadores que rociaran con glicerina comestible los moldes antes de que se les ponga el caramelo líquido.
- b) La dosificación del caramelo en los moldes: Sin duda es el corazón de toda la producción, pues aquí recae la calidad y cantidad de caramelo que lleva cada paleta, además de ser una tarea de suma importancia.
- c) El enfriamiento del caramelo: se lleva acabo actualmente por convección natural por lo que el tiempo de enfriamiento es relativamente lento, al disminuir el tiempo de solidificación del caramelo, el proceso de producción se realizara en un tiempo menor.

4.1 Recolección de datos en dulces Fabi:

Los siguientes datos se obtuvieron directamente de la empresa dulces Fabi:

- La temperatura a la cual se comienza la deposición de caramelo en los moldes de paletas es de 145 °C la temperatura final es de 25 °C, el enfriamiento de dichas paletas ya en su molde es por convección natural y se lleva a cabo en un tiempo cercano a los 30 minutos.
- El operador le toma aproximadamente 45 minutos para colocar el caramelo líquido en 220 moldes.
- Peso promedio por paleta es de 20 gramos.
- Al antiadherente empleado para los moldes es glicerina comestible.

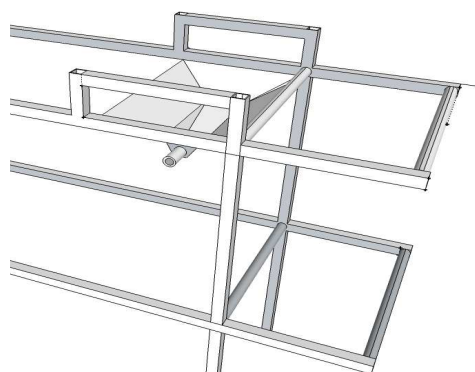
4.2 Selección de un pulverizador.

Para seleccionar el pulverizador se requiere saber la cantidad mínima de antiadherente necesario para que el caramelo no se adhiera a los moldes

Para esto se obtiene el área a la cual se debe aplicar el antiadherente, el espesor de la capa que cubrirá los moldes, además el tiempo en que el antiadherente estará en “contacto con el molde.”

Para esto se requiere conocer el caudal y la presión de trabajo.

Se busca un pulverizador que exista en el mercado que satisfaga este punto. En la siguiente Figura 4.2 se muestra la estructura donde se puede colocar dicho pulverizador, además de agregar un recolector de glicerina, el cual realizará la función de mandar la glicerina no utilizada a un contenedor, donde se encontrará la succión de la bomba, así disminuir pérdidas del fluido.



Se dispone a utilizar una boquilla hendidura, abanico o chorro plano, la elección de esta se debe al espectro de las gotas, se utilizarán dos boquillas para asegurar que el antiadherente se esparza en toda el área del molde. Se instalará como se muestra en la Figura 4.3

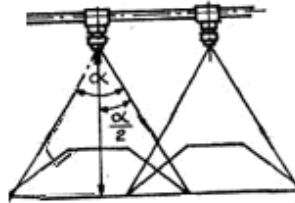


Figura 4.3 Esquema del pulverizador.

Se realiza el cálculo del caudal de la siguiente forma, dado que

$$Q=V*A$$

Se obtiene el área que será rociada, A es igual al ancho del molde X el largo

$$A=3.5*36=126 \text{ cm}^2$$

Se requiere un espesor de antiadherente de 2 mm y que sea esparcido en el molde en un tiempo de 1 segundo, este tiempo es el que la banda transportadora estará estática, ya que esta tendrá un movimiento intermitente. Por lo que se calcula el volumen de antiadherente y se divide entre el tiempo

$$Q=\text{volumen/tiempo}=(126/100^2*2/1000)/1=2.52E^{-5}m^3/s$$

Convirtiendo en litros/minutos

$$Q=(2.52E^{-5}m^3/s)(1000Lt/m^3)(60s/min.)$$

$$Q=1.512Lt/s$$

Considerando un tamaño de gota entre 150-325 μm y con el caudal previamente calculado se obtiene una presión de 5 bar. (ver Tabla 3.1)

Con esto se da por concluido el cálculo del pulverizador, resta calcular un sistema de bombeo que entregue un caudal de 1.512 Lt/S y genere 5 bar de presión.

Se selecciona la siguiente boquilla serie **ADGA ANTI-DERIVA DE GRAN ÁNGULO** y se pretende instalar dos boquillas de manera simétrica a con un ángulo de 120°. Para lograr un roció de glicerina comestible en todo el molde. Si sucede algún imprevisto o que la presión sea demasiada se puede regular, como se dijo en el marco teórico el caudal esta directamente relacionado con la presión.

4.3 Diseño de dosificador de caramelo

En el siguiente punto se trata el análisis del dosificador de caramelo, este tendrá la función de agregar la cantidad necesaria de caramelo en los moldes, con una velocidad sincronizada al movimiento de la banda que transportará los moldes. En la Figura 4.4 se muestra, la estructura que soportará el contenedor y en la Figura 4.5 se muestra el contenedor con los orificios adecuados para la instalación de las válvulas que controlaran, la apertura y el cierre.

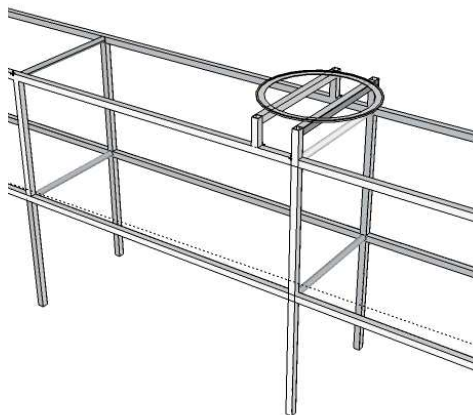


Figura 4.4
Estructura del contenedor



Figura 4.5
Contenedor de caramelo.

Para el inyector se selecciona la válvula de bola, por sus características mencionadas en el Tema 3.4.1.6. Se remplazará el mango de apertura y cierre de la válvula por un engrane. La apertura y cierre se realizará con un pistón, el vástago del pistón se le adicionará una

cremallera, así, se cambiará un movimiento lineal, por uno rotatorio, como se muestra en la Figura 4.6.

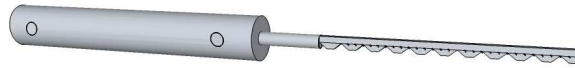


Figura 4.6 Pistón con cremallera

Se propone el siguiente modelo para el dosificador de caramelo, como se indica en la Figura 4.7. Y se inicia el análisis.

Se define las siguientes dimensiones para el modelo del dosificador de caramelo, que se va a analizar: altura de 0.4 m y un radio de 0.35 m. Se inicia calculando el flujo másico del dulce. Si el peso de cada paleta es de 20 gr. Se define un tiempo de 1 S para descargar ese peso en los moldes.

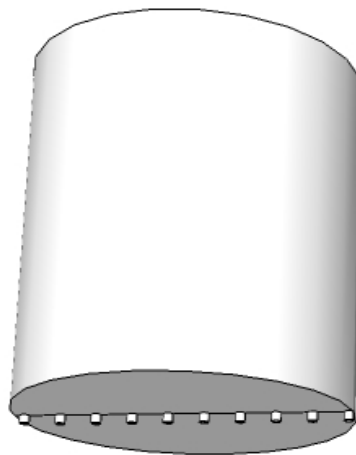


Figura 4.7 Deposito de caramelo

Por lo tanto, si el flujo másico de caramelo es:

$$\dot{m} = \frac{Kg_{\text{caramelo}}}{t_{\text{tempo}}}$$

$$\dot{m}_c = \frac{20 \times 10^{-3} \text{ Kg}}{1 \text{ s}} = 20 \times 10^{-3} \text{ Kg/s}$$

Se elige una válvula de bola de ¼ de pulgada (especificaciones en el Anexo A) se considera el diámetro interno para los cálculos siguientes:

Válvula de bola con una conexión final mediante accesorio de cierre frontal con junta teórica VCO con un diámetro de orificio igual a 4.8 mm. (0.188 pulgadas).

Se sabe que:

$$\dot{m} = Q\rho$$

$$\therefore$$

$$\dot{m}_c = A_o V \rho_c$$

Donde A_o es el área del orificio

$$A_o = \frac{\pi d_o^2}{4} = \frac{\pi (4.8 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4}$$

$$\therefore$$

$$A_o = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Donde d_o diámetro del orificio de la válvula de bola, despejando la velocidad de la ecuación del flujo másico del caramelo se obtiene:

$$V = \frac{\dot{m}_c}{\rho_c A_o} = \frac{20 \times 10^{-3} \text{ Kg/s}}{(1.38 \text{ Kg/m}^3)(1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}$$

$$\therefore$$

$$V = .805 \text{ m/s}$$

Por lo que con esta velocidad se llenara en un tiempo aproximado a 1 s los moldes con 20 gr. de caramelo, esto dependerá de gran medida a la velocidad del pistón que abra y cierre las válvulas.

Calculando el número de Reynolds

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

∴

$$Re = \frac{Vd_o}{\nu} = \frac{(0.805 \text{ m/s})(4.8 \times 10^{-3} \text{ m})}{2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 1932.37$$

Lo cual se traduce que el flujo de caramelo en el orificio de la válvula de bola es laminar. Se consideran las pérdidas por la velocidad despreciables

Ahora se calcula la presión agregada que es necesaria para mantener constante la velocidad de salida en el dosificador de caramelo.

Dado que

$$Q_1 = 10Q_2$$

$$A_1V_1 = 10A_2V_2$$

$$\frac{\pi \cdot 0.35^2}{4} V_1 = 10 \cdot (1.8 \times 10^{-5}) V_2$$

$$V_1 = \frac{10 \cdot (1.8 \times 10^{-5}) V_2 \cdot 4}{\pi \cdot 0.35}$$

∴

$$V_1 = 0.001506 \text{ m/s}$$

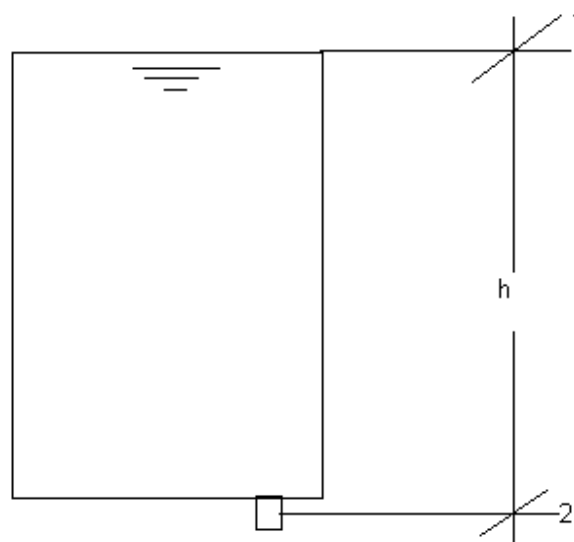


Figura 4.8 Diagrama del depositador de caramelo

Aplicando el teorema de Bernoulli. Para el cálculo de la presión agregada que es necesaria para obtener la velocidad de salida deseada.

$$\frac{P_{agre}}{w} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{w} = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{w}$$

$$\frac{P_{agre}}{w} = + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 - z_1 + \frac{P_2}{w}$$

si

$$\frac{P_2}{w} = h$$

y

$$Z_2 - Z_1 = h$$

se obtiene

$$\frac{P_{agre}}{w} = \frac{V_2^2}{2g}$$

donde

$$P_{agre} = \frac{V_2^2 * \rho * g}{2g}$$

∴

$$P_{agre} = 447.137 Pa$$

calculando la presión estática en el recipiente, como sigue,

$$P_2 = h * g * \rho$$

$$P_2 = 5.415 KPa$$

se obtiene la presión máxima de trabajo.

$$P_{max} = P_2 + P_{agre}$$

$$P_{max} = 5.862 KPa$$

Con esta presión se calculará el espesor del contenedor.

Calculo del espesor del depositador de Carmelo. Con la presión máxima en el recipiente que se obtuvo en el cálculo anterior, se puede obtener el esfuerzo máximo que soportara el dosificador de caramelo, con esto podemos calcular el espesor del recipiente, así escoger el espesor adecuado para reducir costos y se garantiza que soportara las fuerzas que se puedan ocurrir.

La estabilidad química del material con el que se fabricará el dosificador de caramelo, es un factor de gran importancia, ya que puede causar una reacción química con el caramelo, o con el medio ambiente produciendo corrosión las cuales serian perjudiciales para toda la elaboración de dulces. También se requiere que el material que se elija soporte los esfuerzos por la dilatación térmica debido a las temperaturas que se manejan y también tenga una baja conductividad térmica, un elevado esfuerzo ultimo a tensión, entre otras condiciones que afecten en el diseño.

Se calcula el espesor del material de la siguiente manera:

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t}$$

$$\sigma_1 = \frac{5.802 * 0.35}{t}$$

Se elije acero inoxidable 316 para el diseño del depositador de caramelo por los factores ya antes mencionados. Esfuerzo ultimo de la Aleación 6061-T6

$$S_{ut} = 260 \text{ Mpa}$$

Se selecciona un factor de seguridad tomando en consideración los puntos tratados en el Tema 3.3.3.

$$F.S = 4$$

$$\frac{S_{ut}}{\sigma_{perm}} = \frac{260 \text{ Mpa}}{4} = 65 \text{ Mpa}$$

si

$$\sigma_1 = \sigma_{perm}$$

sustituyendo

$$65 \text{ Mpa} = \frac{5.802 * 0.35}{t}$$

∴

$$t = 31 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$t = 31 \text{ mm}$$

Lo que se considera un espesor satisfactorio. Para que sea comercial se selecciona un espesor de 1mm, por lo que el dosificador de caramelo tendrá resistencia de sobra.

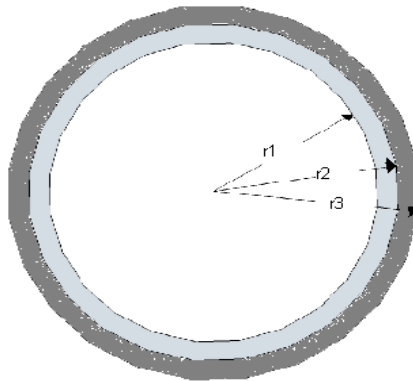


Figura 4.9 Representación del dosificador de caramelo

Calculo de radio crítico de aislamiento. Se considera a h que es el coeficiente de calor convección, como convección natural y se toma el valor máximo de la Tabla 3.5, donde que k es la conductividad térmica de la aleación de acero inoxidable 316 tomada del Anexo B.

$$r_e = \frac{167}{25} = 6.68m$$

Con esta información se procede, con el caculo del espesor del aislante. Apoyándose en la Figura 4.9 se llega la siguiente ecuación.

$$q = \frac{2\pi kL(T_i - T_e)}{\ln(r_e / r_i)} = \frac{T_1 - T_3}{\frac{\ln(r_2 / r_1)}{2\pi kAL} + \frac{\ln(r / r_2)}{2\pi KBL}}$$

$$= \frac{145 - 25}{\frac{\ln(.176 / .175)}{2\pi * 167 * .45} + \frac{\ln(r / .176)}{2\pi * .024 * 0.45}}$$

$$q = \frac{18.0956}{\ln(r) + 1.73727}$$

Se obtiene como resultado la ecuación de transferencia de calor en función de r, donde r es el radio del aislante se tabula esta ecuación para observar el intercambio de calor entre el

medio ambiente y el depositador con diferentes espesores de aislante representado en la Tabla 4.1

Valor de r en m	Perdida de calor Watts
0.176	141.97
0.196	168.13
0.206	114.97
0.216	88.36
0.226	72.368
0.236	61.687
0.246	54.02
0.256	48.295
Tabla 4.1 relación de radio del aislante con respecto a la pérdida de calor.	

Se elije el radio de aislante por una relación costo beneficio. Un radio de aislante de 0.226 m o sea.

$$t_{ais} = r - r_2$$

∴

$$t_{ais} = 0.05m$$

Un espesor de aislante de 5 cm. Que conlleva una pérdida de calor de 72.368 watts.

4.4 Diseño del sistema de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento bajará la temperatura del caramelo lo suficiente para que se solidifique en forma parcial para que la paleta no se rompa al momento de que se extraiga del molde, así se logrará un enfriamiento rápido y no se detendrá la producción además de que no se expandirá el área de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento el cual se llevara acabo por, convección forzada. Aumentado el gradiente de temperatura y disminuyendo el tiempo de enfriamiento. En la Figura 4.10 se muestra una posibilidad de cómo puede ser realizada

Se propone una estructura que dará soporte y movilidad a los componentes de la maquinara que requiere *dulces Fabi*.

La estructura que tiene que resistir el peso de los componentes del caramelo y que dará soporte a todo el diseño; también deberá ser estudiado, para asegurar su correcto funcionamiento, como se muestra en la Figura 4.11. Además de que esta estructura debe tener un buen criterio de diseño a la hora de seleccionar el factor de seguridad para su construcción, así no se elevará demasiado el costo inicial y se tendrá confianza en su resistencia a las condiciones de trabajo. Los materiales se elegirán una vez que se haga el prototipo.



Figura 4.11
Esquema de la estructura

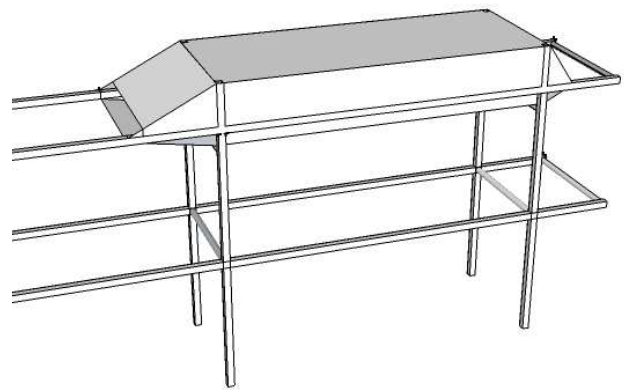


Figura 4.10
Sistema de enfriamiento para la solidificación del caramelo

El transporte de los moldes a través de cada etapa, se realizara con una cadena unida a una rueda de ginebra lo que permitirá que esta tenga un movimiento intermitente, y no se tenga que instalar algún dispositivo electrónico que haga al motor trabajar de esa forma. A continuación se muestra una rueda de ginebra.

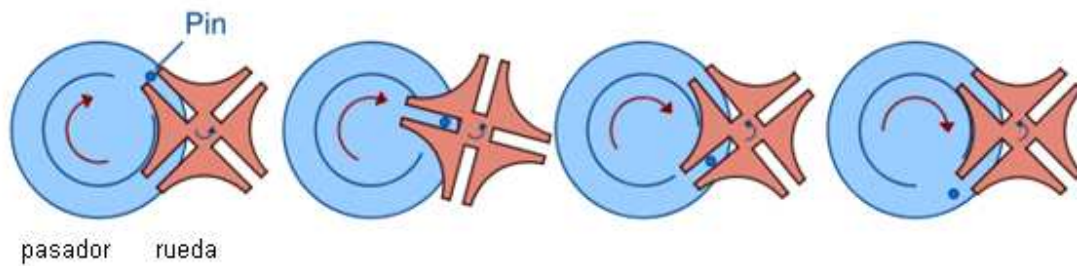


Figura 4.12 Rueda de ginebra

Ahora para que las paletas puedan tener diferentes presentaciones, y la maquina no sufra cambios, se decidió que con diferentes configuraciones de moldes en donde se deposita el caramelo para que el caramelo tome la forma del recipiente por ejemplo ver Figura 4.14

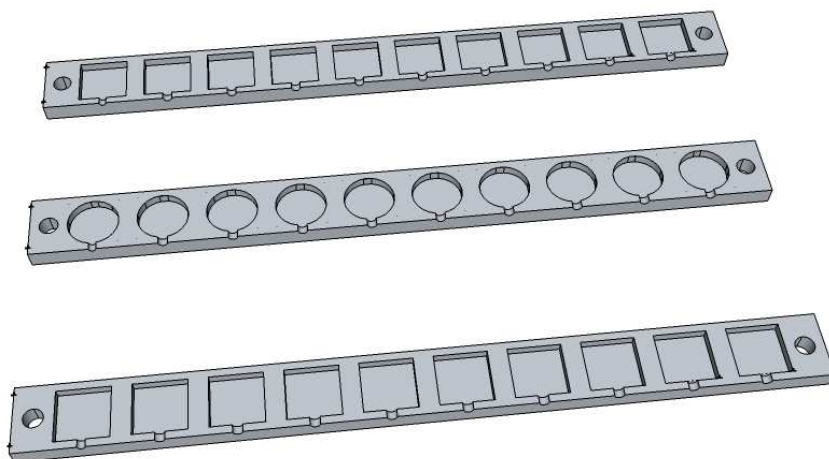


Figura 4.12
Moldes para paletas de caramelo.

CAPITULO V

RESULTADOS.

A continuación se muestra ya en conjunto la maquinaria que se encargara de cumplir el objetivo de este proyecto Figura 5.1.

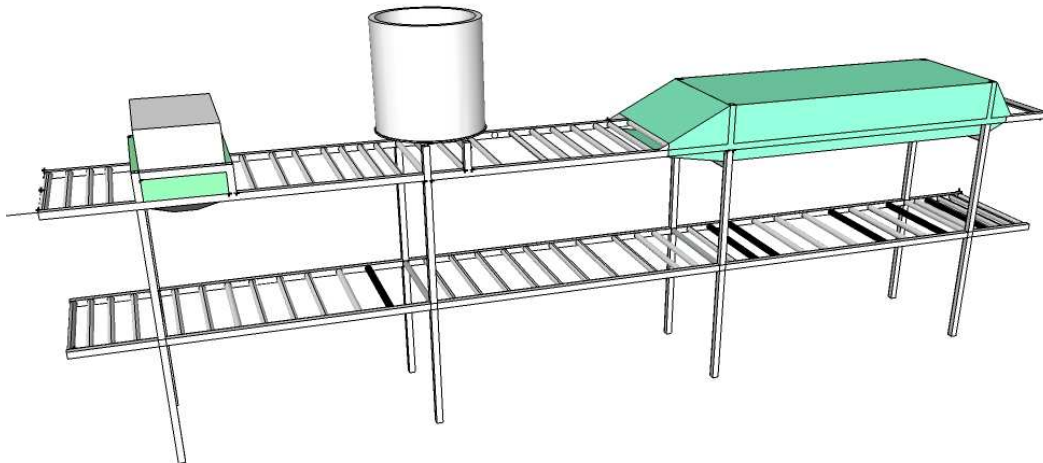


Figura 5.1 Representación del diseño final

Se presenta parte del diseño final pues aun falta por calcular el sistema de enfriamiento, en la siguiente la Figura 5.2 se muestra el dosificador de caramelo acotado y con la selección del material además de la boquilla a utilizar.

El pulverizador elegido son boquillas abanico, trabajaran a 5 bar. de presión. Se elige la siguiente boquilla serie **ADGA ANTI-DERIVA DE GRAN ÁNGULO** y se pretende instalar dos boquillas de manera simétrica a con un ángulo de 120°.

Para el dosificador obtenemos el siguiente resultado. Con una altura de 0.45 m y un diámetro de 0.35 m, un espesor de pared igual a 1 mm, de material acero inoxidable 316 con un espesor de aislante de 5 Cm.

En la siguiente figura se muestra el depositador acotado.

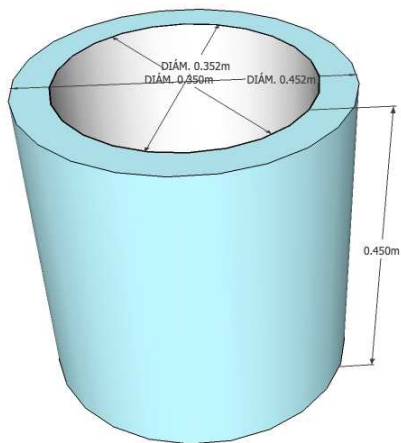


Figura 5.2 depositado con aislante.

CONCLUSIÓN

Aun cuando el presente trabajo no esta terminado se puede deslumbrar el camino, por el cual se debe de seguir para obtener el diseño de una maquinaria que realice los procesos de rociado de antiadherente, dosificación del caramelo y el enfriamiento de este, lo cual conlleva al aumento de la producción de paletas, facilita dicha producción, disminuye costos de producción, costos de operación, mano de obra, mejorando la calidad del producto y disminuye el tiempo de la producción de dulces en la empresa *dulces Fabi*. Por lo que la empresa *dulces Fabi* aumenta su rentabilidad y mejora sus estándares de producción.

De manera personal este trabajo demuestra parte de los conocimientos adquiridos en la carrera de ing. Mecánica aplicados a un trabajo de diseño, buscando siempre el menor costo con la mayor eficiencia.

RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones sugeridas y necesarias se encuentran

- Implementar un sistema electrónico para el control de toda la maquinaria, esto haría necesario la instalación de sensores.
- Realizar el cálculo del sistema de bombeo para el sistema de aspersión.
- Proponer y hacer una serie de experimentos para encontrar las propiedades físicas del caramelo, con ello se puede trabajar con datos confiables y necesarios para continuar con los cálculos.
- Hacer el diseño del sistema de enfriamiento, en este se busca la solidificación de cierto espesor del caramelo, lo suficiente para que pueda ser retirado del molde y no pierda la forma del molde ni se flexione o rompa.
- Este trabajo solo abarca tres etapas repetitivas para la producción de paletas, las cuales son el agregar a los moldes un antiadherente, la dosificación de caramelo en los moldes y el enfriamiento de estos. Pero se pueden incrementar a futuro las siguientes etapas la unión de los palitos de plástico a las paletas, ya que en este caso se considera que este trabajo será realizador por personal humano, de la misma manera se puede implementar una forma de retirar las paletas de los moldes ya fríos y pasar a ser envueltas y empaquetadas.
- Proponer diferentes tipos de moldes para aumentar el atractivo de las paletas.
- Realizar análisis estructural que dará soporte a toda la maquinaria, en este trabajo solo se hace mención de el y se propone una posibilidad mas no se realizo el análisis

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

Elaboración de caramelos de todas clases, E Hollín, 2 ED, Editorial Sintet, S.A.

Mecánica de materiales, Ferdinand P. Berr, E .Russell, Jr, John T. DeWolf, 4 ED, Mc Graw Hill

Mecánica de fluidos, Irving H. Chames, 3 ED, MC Graw Hill

Mecánica de los fluidos e hidráulica, Ronald V. Giles, 3 ED, Mc Graw Hill

Mecánica de los fluidos, Pedro Fernández Diez, Departamento de ingeniería eléctrica y energética, universidad de Cantabria.

Transferencia de calor, J.P. Colmes, 8 ED, Mc Graw Hill

La automatización de la fabricación de alimentos, Iam Mc Farlane, 1 ED, A Madrid Vicente editores.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Alm%C3%ADbar>

<http://www.oym.com.mx/valvularoscada/valvularoscada.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_Baum%C3%A9

<http://patentados.com/patentes/A23G3/20.html>

<http://www.maquiventa.com/kaulitz.htm>

http://www.pasqualinonet.com.ar/el_azucar.htm

<http://pneumatica.be/>

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/villar03/parte03/03-12.html

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/accesorioshidraulicos/losdiferentestiposdeboquillas/losdiferentestiposdeboquillas.html>

<http://www.caisacv.com.mx/magnojet/mag02.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano>

ANEXOS

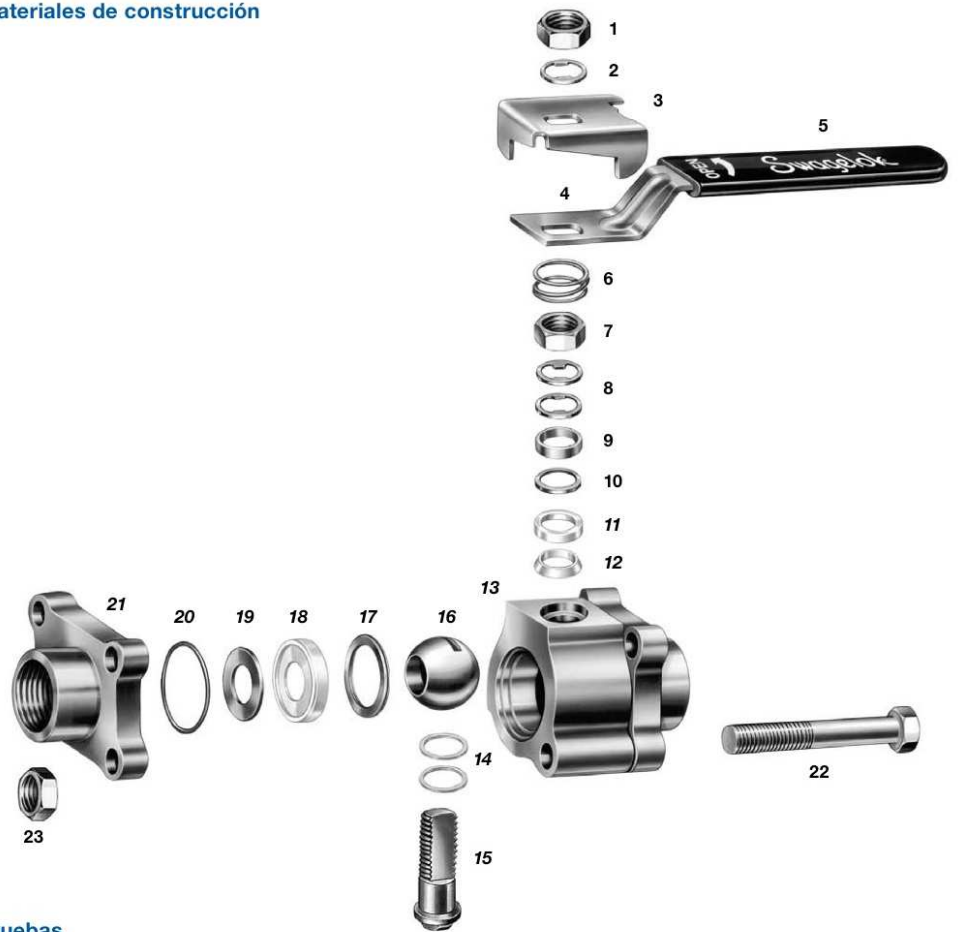
Anexo A. Válvulas de bola

www.swagelok.com.mx

Válv
Servic
aplica

Válvulas de bola serie 60 5

Materiales de construcción



Serie

- Tamaño
- Material
- Válvula
- Diseño
- Empaque

Pruebas

Válvulas con asiento plástico

Cada válvula de bola serie 60 es probada en fábrica con nitrógeno a 69 bar (1000 psig) o a su máxima presión de servicio, si ésta es menor que 69 bar (1000 psig). Los asientos tienen un caudal de fugas máximo admisible de 0,1 cm³/min. estándar.

Las válvulas se someten a prueba de fugas en la carcasa con nitrógeno a 69 bar (1000 psig) o a su máxima presión de servicio si es inferior a la presión de prueba, con un requisito de fuga no detectable utilizando un detector de fugas líquido.

Las válvulas de las series 67 y 68 con la marca CE se someten a prueba de fugas en la carcasa a 1,5 veces la máxima presión de servicio.

Válvulas con asiento metálico y válvulas de 3 vías con asiento de PEEK

Cada válvula de bola serie 60 es probada en fábrica con nitrógeno a 3,4 bar (50 psig) para la integridad del cierre en los asientos, según la Especificación FCI 70-2 Clase VI.

Las válvulas se someten a prueba de fugas en la carcasa con nitrógeno a 69 bar (1000 psig) o a su máxima presión de servicio si es inferior a la presión de prueba, con un requisito de fuga no detectable utilizando un detector de fugas líquido.

Las válvulas de las series 67 y 68 de acero inoxidable con la marca CE se someten a prueba de fugas en la carcasa a 1,5 veces la máxima presión de servicio.

Válvulas para aplicaciones especiales

Algunas válvulas pueden tener diferentes requisitos de prueba, según se describe en la sección **Válvulas para aplicaciones especiales**.

Limpieza y embalaje

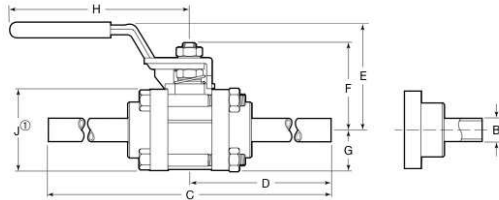
Cada válvula de bola de la serie 60 es limpiada y embalada de acuerdo con la especificación de *Limpieza y Embalaje Estándar (SC-10)*, MS-06-62. También está disponible la limpieza y embalaje de acuerdo a la especificación de *Limpieza y Embalaje Especial (SC-11)*, MS-06-63, para asegurar el cumplimiento de los requisitos de limpieza establecidos por ASTM G93, Nivel C. Para ampliar la información, póngase en contacto con su Representante autorizado de ventas y servicio Swagelok.

Swagelok

Dimensiones

Conexiones finales mediante extensión de tubo

Las extensiones de tubo están disponibles para válvulas de acero inoxidable únicamente. El material de la extensión de tubo es acero inoxidable 316L. Consulte **Información de pedido** en la página 8.

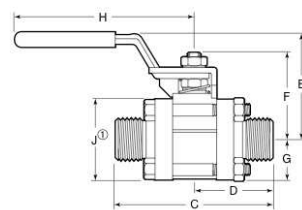


Tamaño	Espesor de pared	Referencia	Orificio mm (pulg.)	C _v	Dimensiones, mm (pulg.)							
					B	C	D	E	F	G	H	J ^①
1/4 pulg.	0,035 pulg.	SS-62TW4T35-3	4,6 (0,180)	1,1	6,4 (0,250)	206 (8,12)	103 (4,05)	42,2 (1,66)	32,0 (1,26)	17,3 (0,68)	60,2 (2,37)	34,3 (1,35)
3/8 pulg.	0,035 pulg.	SS-62TW6T35-3	7,1 (0,281)	3,8	9,5 (0,375)	206 (8,12)	103 (4,05)	42,2 (1,66)	32,0 (1,26)	17,3 (0,68)	60,2 (2,37)	34,3 (1,35)
1/2 pulg.	0,049 pulg.	SS-63TW8T49-3	10,2 (0,402)	7,2	12,7 (0,500)	216 (8,51)	108 (4,26)	59,7 (2,35)	45,5 (1,79)	22,6 (0,89)	114 (4,50)	45,2 (1,78)
1/2 pulg.	0,065 pulg.	SS-63TW8T65-3	9,4 (0,370)	6,1	12,7 (0,500)	216 (8,51)	108 (4,26)	59,7 (2,35)	45,5 (1,79)	22,6 (0,89)	114 (4,50)	45,2 (1,78)
3/4 pulg.	0,065 pulg.	SS-65TW12T65-3	15,7 (0,620)	18	19,1 (0,750)	242 (9,53)	121 (4,77)	74,7 (2,94)	64,0 (2,52)	31,8 (1,25)	152 (6,00)	63,5 (2,50)
1 pulg.	0,065 pulg.	SS-65TW16T65-3	22,1 (0,870)	36	25,4 (1,000)	242 (9,53)	121 (4,77)	74,7 (2,94)	64,0 (2,52)	31,8 (1,25)	152 (6,00)	63,5 (2,50)
1 1/2 pulg.	0,065 pulg.	SS-67TW24T65-3	31,8 (1,250)	100	38,1 (1,500)	267 (10,5)	134 (5,27)	102 (4,03)	79,8 (3,14)	38,9 (1,53)	232 (9,14)	77,7 (3,06)
2 pulg.	0,065 pulg.	SS-68TW32T65-3	38,1 (1,500)	130	50,8 (2,000)	287 (11,3)	144 (5,65)	106 (4,16)	85,3 (3,36)	44,2 (1,74)	232 (9,14)	88,1 (3,47)

① Altura y ancho de las bridas de las series 63 a 68. La altura de la brida de la serie 62 es 40,4 mm (1,59 pulg.); el ancho es la dimensión J.

Conexiones finales mediante accesorios de cierre frontal con junta tórica VCO y accesorios de cierre frontal con junta plana metálica VCR

Las conexiones finales mediante accesorios de cierre frontal, necesitan un mínimo desplazamiento axial para facilitar la instalación y mantenimiento. Los racores VCO contienen juntas tóricas de FKM fluorocarbono. Consulte **Información de pedido** en la página 8



Tamaño	Referencia	Orificio mm (pulg.)	C _v	Dimensiones, mm (pulg.)						
				C	D	E	F	G	H	J ^①
Accesorios de Cierre Frontal con Junta Tórica VCO										
1/4 pulg.	SS-62TVCO4	4,8 (0,188)	1,2	66,0 (2,60)	33,0 (1,30)	42,2 (1,66)	32,0 (1,26)	17,3 (0,68)	60,2 (2,37)	34,3 (1,35)
1/2 pulg.	SS-63TVCO8	10,3 (0,406)	7,5	82,6 (3,25)	41,1 (1,62)	59,7 (2,35)	45,5 (1,79)	22,6 (0,89)	114 (4,50)	45,2 (1,78)
Accesorios de Cierre Frontal con Junta Plana Metálica VCR										
1/4 pulg.	SS-62TVCR4	4,8 (0,188)	1,2	62,7 (2,47)	31,2 (1,23)	42,2 (1,66)	32,0 (1,26)	17,3 (0,68)	60,2 (2,37)	33,5 (1,32)
1/2 pulg.	SS-63TVCR8	10,3 (0,406)	7,5	92,2 (3,63)	46,0 (1,81)	59,7 (2,35)	45,5 (1,79)	22,6 (0,89)	114 (4,50)	44,5 (1,75)

Las válvulas con conexiones finales VCR o VCO tienen capacidades de servicio diferentes según el accesorio de conexión al sistema; consulte los catálogos *Accesorios de cierre frontal con junta plana metálica* y *Accesorios de cierre frontal con junta tórica Swagelok, MS-01-24S y MS-01-28S*.

① Altura y ancho de las bridas de las series 63. La altura de la brida de la serie 62 es 40,4 mm (1,59 pulg.); el ancho es la dimensión J.

Anexo B. Propiedades físicas de la acero inoxidable 316

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 316 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Se añade molibdeno para aumentar la resistencia a la corrosión especialmente en entornos que contienen cloruros. El bajo contenido en carbono de la aleación 316L otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.

Propiedades Eléctricas

Resistividad Eléctrica (μOhmcm) 70-78

Propiedades Físicas

Densidad (g cm^{-3}) 7,96

Punto de Fusión ($^{\circ}\text{C}$) 1370-1400

Propiedades Mecánicas

Alargamiento (%) <60

Dureza Brinell 160-190

Impacto Izod (J m^{-1}) 20-136

Módulo de Elasticidad (GPa) 190-210

Resistencia a la Tracción (MPa) 460-860

Propiedades Térmicas

Coefficiente de Expansión Térmica @20-100C ($\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$) 16-18

Conductividad Térmica a 23C ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$) 16,3