

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño del proceso para la aplicación de un recubrimiento
biodegradable antimicrobiano para una fruta de exportación

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

David Eduardo Terán Parrales

Moisés Jorge Jácome Parra

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi madre Aura Parrales, mis hermanos Gabriel y Belén. Por todo ese apoyo incondicional y su ejemplo durante mi formación como individuo y profesional.

David Eduardo Terán Parrales

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico en primera instancia a mi madre Lcda. Celeste Parra, que fue el pilar fundamental durante todo este proceso de aprendizaje, a mi hermana Ing. Andrea Jácome por todo su apoyo incondicional.

Se lo dedico a Dios, ya que sin él no seríamos nada; finalmente se lo dedico a mi mejor amigo Jonathan Panchana y su familia por todo el apoyo y cariño brindado.

Moisés Jorge Jácome Parra

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Pro-Frutas, por su confianza y generosidad al darnos la oportunidad de intervenir beneficiosamente en su proceso de producción.

David Eduardo Terán Parrales

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a mi querida ESPOL, y a todas las personas que intervinieron para que este proyecto se realice.

Moisés Jorge Jácome Parra

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución. David Eduardo Terán Parrales y Moisés Jorge Jácome Parra damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



David Eduardo Terán Parrales



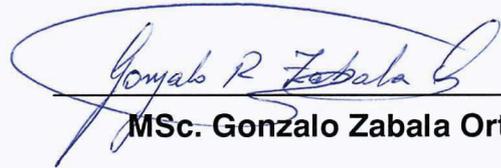
Moisés Jorge Jácome Parra

EVALUADORES



MSc. Jorge Marcial Hernández

PROFESOR DE LA MATERIA



MSc. Gonzalo Zabala Ortiz

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La Escuela Superior Politécnica del Litoral tiene como objetivo el desarrollo tecnológico para mejorar la competitividad del mercado ecuatoriano en otros países, con este objetivo se propuso como proyecto de investigación el diseño del proceso para la aplicación de un recubrimiento biodegradable antimicrobiano para fruta fresca (naranja), para impedir la proliferación de las bacterias en el pedúnculo de la fruta y daño en su fisionomía, permitiendo que pueda ser exportado como fruto fresco a continentes como: Europa y Asia.

Se obtuvo como resultados que se podría proteger hasta 438 kg naranjas por hora. Para el diseño de este sistema se utilizó las normas NTE INEN 2 303 y PRT INEN 220. Entre los componentes principales del sistema se tiene un reservorio de acero inoxidable de 280 mm diámetro y 260 mm altura con un sistema de 6 paletas por una tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgadas, para el sistema de aspersión se requieren 7 boquillas H1/4VV con ángulo de 65° una presión de 1.7 Bar y un caudal de 0.2 litros por minuto c/u y para el sistema de secado se requiere un extractor de 100 CFM. El sistema de automatización está a cargo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Comunicaciones (FIEC).

Palabras Clave: Naranja, Sistema de Aspersión, Producción y Sistema de Secado

ABSTRACT

The ESPOL has as objective the technological development to improve the competitiveness of the Ecuadorian market in other countries, with this objective it was proposed as a research project the design of the process for the application of a biodegradable antimicrobial coating for fresh fruit (naranjilla), to avoid the proliferation of bacteria in the peduncle of the fruit and the damage in its physiognomy, which allows its export as fresh fruit to continents such as: Europe and Asia.

The result was that up to 438 kg of naranjilla per hour could be protected. For the design of this system, the standards NTE INEN 2 303 and PRT INEN 220 were used. Among the main components of the system, there is a stainless-steel tank of 280 mm in diameter and 260 mm in height with a system of 6 pallets by piping system. $\frac{3}{4}$ inches, for the sprinkler system requires 7 H1 / 4VV nozzles with an angle of 65° at a pressure of 1.7 Bar and a flow rate of 0.2 liters per minute c / u and for the drying system requires a 100 CFM extractor. The automation system was design up for students of the Faculty of Electrical Engineering and Communications (FIEC).

Keywords: *Naranjilla, irrigation system, production and drying system*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del proyecto	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
1.4.1 Naranjilla o Solanum Quitoense.....	2
1.4.2 Clasificación de las Naranjillas para la Exportación.....	3
1.4.3 Flujo interno de fluido viscoso en tuberías	4
1.4.4 Numero de Reynolds	5
1.4.5 Perdidas de cabezal de presión en flujo interno de tuberías	6
1.4.6 Pérdida en tuberías por accesorios	6
1.4.7 Transferencia de Calor por convección	7
1.4.8 Sistema de Aspersión para lavado de Frutas y Hortalizas.....	7
1.4.9 Sistema de Secado por medio De Aire	7
1.4.10 Patrones de aspersión	8
CAPÍTULO 2.....	10
2 Metodología	10

2.1	Metodología de Diseño.....	10
2.1.1	Requerimientos de Diseño.....	10
2.1.2	Levantamiento de Información.....	11
2.1.3	Descomposición Funcional	11
2.1.4	Carta Morfológica.....	11
2.2	Matriz de Decisión referente al Reservorio de Protector Antimicrobiano.....	14
2.2.1	Matriz de Decisión del Reservorio	14
2.2.2	Matriz de Decisión Referente al Calentamiento del Reservorio	15
2.2.3	Matriz de Decisión Referente al Agitamiento del Reservorio	16
2.3	Matriz De Decisión Referente al Sistema de Aspersión	18
2.3.1	Matriz Decisión Referente a la Banda Transportadora para Alimento	18
2.3.2	Matriz Decisión Referente a las válvulas de aspersión para el sistema.....	19
2.4	Matriz De Decisión Referente al Sistema de Secado	20
2.5	Diseño de Bandeja Porta Naranjillas	21
2.6	Embalaje de Frutas y Hortalizas.....	22
2.7	Diseño Conceptual	23
2.8	Cálculos Representativos:.....	24
2.8.1	Cálculo de Producción de Naranjilla	24
2.8.2	Cálculo de la Velocidad de Banda Transportadora.....	24
2.8.3	Cálculo de Sector Circular al ser rociado con el líquido protector.....	25
2.8.4	Selección de Boquilla Rociadoras del líquido protector	27
2.8.5	Selección de Bomba	31
2.8.6	Calculo de Sistema de Secado	38
CAPÍTULO 3.....		47
3	Resultados Y ANÁLISIS	47
3.1	Resultados	47

3.1.1	Tanque de Almacenamiento	47
3.1.2	Tuberías del Distribución y Accesorios	48
3.1.3	Boquillas de Aspersión	49
3.1.4	Sistema de Distribución de Fluido.....	50
3.1.5	Sistema de Secado.....	51
3.1.6	Diseño de Gaveta Transportadoras de Naranjilla	52
3.2	Costos	53
3.2.1	Análisis económico del proyecto.....	53
CAPÍTULO 4.....		56
4	Conclusiones Y Recomendaciones	56
4.1	Conclusiones.....	56
4.2	Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AWS	American Welding Society
API	American Petroleum Institute
FBT	Flat Blade Turbine
ISO	International Organization for Standardization
SAE	Society of Automotive Engineers
AISI	American Iron and Steel Institute
UARTs	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
SMAW	Shielded Metal Arc Welding

SIMBOLOGÍA

g	Gramos	MHz	Megahertz
l	Litros	GB	Gigabytes
m	Metro	σ	Esfuerzo
mm	Milímetro	ρ	Densidad
in	Pulgadas	\emptyset	Diámetro
ft	Pies	W	Watts
s	Segundos	Re	Número de Reynolds
min	Minutos	Nq	Número de bombeo
V	Voltios	Np	Número de potencia
mV	Milivoltios	P	Potencia
A	Amperios	Pa	Pascal
mA	Miliamperios	MPa	Megapascal
mAh	Miliamperios hora	μ	Viscosidad dinámica
HP	Caballo de fuerza	τ	Torque
°C	Grados Celsius	ξ	Vorticidad
°K	Grados Kelvin	Cp	Calor específico
ppm	Partes por millón	k	Conductividad térmica
mg/l	Miligramos por litro	h	Coefficiente convectivo
rpm	Revoluciones por min	Nu	Número de Nusselt
GHz	Gigahertz	Pr	Número de Prandtl

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fluido Viscoso en Tubería	5
Figura 1.2 Sistema por Tambor Rotatorio	7
Figura 1.3 Sistema de Secado por Túnel	8
Figura 1.4 Boquilla de Aspersión.....	9
Figura 2.1 Diagrama de Flujo	10
Figura 2.2 Diseño de Bandeja Porta Naranja.....	21
Figura 2.3 Sistema de Embalaje de Fruta	22
Figura 2.4 Diseño Conceptual	23
Figura 2.5 Posición de Boquillas	23
Figura 2.6 Ancho de Roció	27
Figura 2.7 Parámetro de Boquilla	28
Figura 2.8 Tipo de Boquilla.....	28
Figura 2.9 Características de Boquilla	29
Figura 2.10 Angulo de Boquilla.....	30
Figura 2.11 Tabla de Boquillas que cumplen las condiciones	30
Figura 2.12 Factor K para Codos	33
Figura 2.13 Factor K para Electro Válvulas	34
Figura 2.14 Factor K para Válvulas de Retención	35
Figura 2.15 Factor K para Conexión	35
Figura 2.16 Factor K para Caudalímetro	36
Figura 2.17 Factor K para Tee	37
Figura 3.1 Diseño de Tubería para el Sistema Total	49

Figura 3.2 Boquilla y Su disposición en el Sistema de Aspersión	49
Figura 3.4 Modelación de Secado de Naranjillas por Extracción de Aire	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Medidas de la Naranja	3
Tabla 1.2 NTE INEN 2 303:2009	4
Tabla 1.3 Regímenes de fluido según el rango de número de Reynolds	5
Tabla 2.1 Requerimientos de Diseño	11
Tabla 2.2 Carta Morfológica	12
Tabla 2.3 Comparación de los diferentes tipos de Reservorios	15
Tabla 2.4 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Calentamiento	16
Tabla 2.5 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Movimiento	17
Tabla 2.6 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Aspersión	18
Tabla 2.7 Comparación de los diferentes tipos de Sistema de Aspersión	19
Tabla 2.8 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Secado	20
Tabla 2.9 Propiedades del Agua	44
Tabla 2.10 Propiedades de la Naranja	44
Tabla 3.1 Especificaciones del tanque	47
Tabla 3.2 Especificaciones del sistema de agitación	47
Tabla 3.3 Especificaciones del Sistema de Calentamiento	48
Tabla 3.4 Especificaciones del Sistema de Tuberías y Accesorios	48
Tabla 3.5 Especificaciones del Sistema de aspersión	50
Tabla 3.6 Especificaciones Técnica de Bomba Centrífuga de Distribución	50
Tabla 3.7 Sistema de Secado	51
Tabla 3.8 Sistema de Secado	52
Tabla 3.9 Diseño de Gaveta de Naranja	53
Tabla 3.10 Costo De Materiales Y Piezas Mecánicas	54

Tabla 3.11 Costo De Mano De Obra Calificada.....	55
Tabla 3.12 Costo Totales de la Maquina	55

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Plano del Sistema General

PLANO 2 Plano del Sistema de Aspersión

PLANO 3 Sistema de Secado

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Hoy en día la empresa exportadora requiere disminuir el tiempo degenerativo de las naranjillas cuando es preparada para la exportación de la misma; esto se debe principalmente a que durante el proceso de empaquetamiento es necesario remover el pedúnculo de la fruta, provocando una pérdida de cascara y protección natural de la fruta, aunque sea en pequeña proporción, dicha área expuesta acelera considerablemente la degradación de la fruta acortando su vida útil, trayendo como consecuencia que no sea aceptada en los mercados internacionales porque no cumple con los estándares reglamentarios.

1.2 Justificación del proyecto

Dar paso a la exportación de fruto fresco para mejorar la competitividad de productores nacionales en el mercado internacional.

El país mantiene en la actualidad una sólida relación comercial para exportación de productos, denominado productos de exportación tradicionales, tales como: banano, cacao entre otros; algo semejante ocurre con los demás productos, denominados productos de exportación no tradicionales, pero cuyo mercado está aún en desarrollo y crecimiento, es aquí donde aparece la oportunidad y necesidad de generar una relación de exportación con mercado de España promoviendo a su vez el desarrollo comercial en nuestro país.

Este propósito requiere a su vez el aumento de la capacidad de producción, para satisfacer la eminente demanda, lo que amerita optimización de tiempos de producción y un adecuado acondicionamiento de los productos, específicamente; asegurar su vida útil para mantenerse y que resista el transporte, empaquetamiento y envío de la fruta; ofreciendo tiempo considerable de consumo para el cliente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseño de una línea de producción y aplicación de un recubrimiento biodegradable-activo con la finalidad de extender el tiempo de vida útil de una fruta de exportación no tradicional.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un reservorio metálico en el cual se deposite el líquido protector con un sistema de agitación y calefacción para evitar la pérdida de las propiedades de este.
- Diseñar un sistema de aplicación vía aspersión del líquido acuoso en la corona de la fruta y el 40% de la superficie de esta para que se mantenga inocuo y sin bacterias.
- Diseñar un sistema de secado usando aire tal que las frutas queden con la capa de protección sin que pierdan sus propiedades naturales.
- Validar los resultados obtenidos mediante simulación computacional.
- Elaborar planos de diseño para el sistema propuesto.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Naranjilla o Solanum Quitoense

Es una fruta que se cultiva en el Noroccidente y la amazonia del país contiene vitamina A y ácido ascórbico, se ha establecido que por cada hectárea tiene aproximadamente 2000 plantas. Este sistema de producción corresponde a pequeños agricultores; a continuación, en la Tabla 1.1 se presenta los estándares de producción que debe cumplir dicha fruta.

Esta producción se ve limitada por dos grandes enfermedades que son: antracnosis que se origina por un hongo denominado Colletotricum Gloeosporioide y la marchitez que es causado por la bacteria Pseudomona Solanacearum; misma que han provocado que los agricultores produzcan un híbrido natural llamado Solanum Quitoense y Solanum Sessiliflorum que reemplacen a la fruta natural ya que tiene mayor tolerancia a esta problemática.

Tabla 1.1 Medidas de la Naranja [Guía BPA de Naranja.indd]

Calibre	Masa (g)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Longitud (mm)
Naranja Híbrido Puyo			
Grande	>80	>50	>47
Mediana	80-50	50-45	47-43
Pequeña	<50	<45	<43
Naranja de jugo			
Grande	>130	>68	>55
Mediana	130-80	68-60	55-45
Pequeña	<80	<60	<45

1.4.2 Clasificación de las Naranjas para la Exportación

Cada fruta tiene su sistema de clasificación para la exportación, en este caso la naranja se clasifica de 3 formas mostradas a continuación:

- Grado Extra: Son aquellas naranjas que cumplen con las características generales de exportación, su forma y su color deben ser característicos de la variedad. No deben presentarse defectos salvo superficiales pero que no afecten el aspecto general del producto, su calidad y estado de conservación:
- Grado I: Estas frutas deben poseer el color y forma característicos de la variedad, y solo se permitirá los productos con defectos leves que no afecten el producto, su calidad y su estado de conservación:
 - a) Defectos Leves en la Forma (Alargamiento o deformaciones)
 - b) Defecto leve por sombramiento (color) de la fruta cuando está en contacto con el arbusto y cicatrices superficiales producidos por plagas que en conjunto no deben exceder el 10%
- Grado II: Son aquellas naranjas que no cumplen con los estándares anteriores pero que pueden ser utilizadas debido a que cumplen con los requisitos mínimos; y solo se permite los siguientes defectos:
 - a) Defectos en la Forma (Alargamiento o deformaciones)

- b) Defecto por sombramiento (color) de la fruta cuando está en contacto con el arbusto y cicatrices superficiales producidos por plagas que en conjunto no deben exceder el 10%.

Tabla 1.2 NTE INEN 2 303:2009

	Madurez Fisiológica		Madurez Comercial		Método de Ensayo
	Min	Max	Min	Max	
Acidez Titulable %					NTE INEN 381
Naranja Híbrida Puyo	1.8	-		< 1.8	
Naranja de jugo	2.4	-	-	< 2.4	
Sólidos Solubles Totales					NTE INEN 380
Naranja Híbrida Puyo	-	8.0	> 8.0	-	
Naranja de jugo	-	6.0	>6.0	-	
Índice de madurez					
Naranja Híbrida Puyo	-	4.5	> 4.5	-	
Naranja de jugo	-	2.5	> 2.5		

En la siguiente tabla 1.2 se presenta las diferentes etapas de madurez presentes en la naranja, las mismas que se toman de parámetro para su exportación.

1.4.3 Flujo interno de fluido viscoso en tuberías

Los fluidos viscosos internos son aquellos que se encuentran limitados por la superficie del sólido que los posee; para formas como tuberías y ductos se considera que en las paredes la velocidad vale cero por su rozamiento, desarrollándose una capa límite sobre las paredes del tubo como se muestra en la Figura 1.1 donde U_0 representa la velocidad.

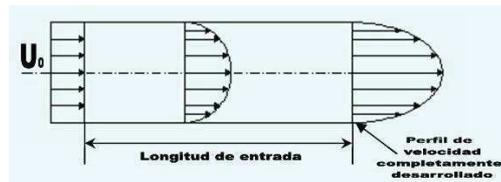


Figura 1.1 Fluido Viscoso en Tubería

[http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-153.htm]

1.4.4 Numero de Reynolds

Es un factor adimensional obtenido mediante la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas de un fluido, tiene vital importancia en casi todas las aplicaciones de la mecánica de fluidos y su expresión matemática es:

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu} \quad (1.1)$$

De la ecuación (1.1) se entiende: ρ es la densidad del fluido, U es la velocidad promedio, L es la longitud característica y μ es la viscosidad dinámica del fluido.

Durante la operación, el valor del número de Reynolds caracteriza el régimen del fluido mediante la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Regímenes de fluido según el rango de número de Reynolds para flujo interno de tuberías. (White, 2017)

Rango de Re	Descripción del régimen
$0 < Re < 1$	Laminar, altamente viscoso, movimiento de arrastre.
$1 < Re < 100$	Laminar, alta dependencia de Re.
$100 < Re < 10^3$	Laminar, efectos de la teoría de capa límite.
$10^3 < Re < 10^4$	Transición a turbulento.
$10^4 < Re < 10^6$	Turbulento, dependencia moderada de Re.
$10^6 < Re < \infty$	Turbulento, poca dependencia de Re.

Cabe recalcar que la forma en que el número de Reynolds determina los regímenes Laminar, Transición y Turbulento pueden variar según la

geometría donde atraviesa el fluido, como platos, placas, superficies aerodinámicas, esferas y más.

1.4.5 Pérdidas de cabezal de presión en flujo interno de tuberías

A medida que un fluido se desplaza en una tubería, con lleva pérdida de energía y presión, esto a su vez se ve refleja como la variación de su Línea de Gradiente Hidráulico, HGL (Hydraulic Grade Line) (White, 2017), esto se refleja como un cabezal de presión, cuya expresión matemática es:

$$h_f = f \frac{L V^2}{d 2g} \quad (1.2)$$

Los términos en la ecuación (1.2) representan L: Longitud de la tubería, d: diámetro de la tubería, V: velocidad promedio en la tubería, g la gravedad y f es el factor de fricción de Darcy.

Para régimen laminar el factor de fricción de Darcy se calcula mediante el número de Reynolds como se muestra en la ecuación (1.2) tomando como longitud característica el diámetro de la tubería:

$$f_{lam} = \frac{64}{Re_d} \quad (1.3)$$

Para regímenes turbulentos se puede emplear de forma general el Diagrama de Moody, o la ecuación implícita en término de f y el número de Reynolds con respecto al diámetro de la tubería mediante la ecuación (1.4) denominada ecuación de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\epsilon/d}{3.7} + \frac{2.51}{Re_d f^{1/2}} \right) \quad (1.4)$$

1.4.6 Pérdida en tuberías por accesorios

También conocidas como *pérdidas menores*, y son asociadas a los accesorios, como uniones, codo, tee, válvulas, acoples, contracciones o expansión, entre otros; que se colocan necesariamente en el sistema de tubería como se muestra en la ecuación (1.2).

Las pérdidas menores, junto con los cabezales de pérdida expuestos en la sección 1.4.5, permiten tomar la ecuación (1.2) y generar una expresión para la pérdida total de presión en la tubería:

$$\Delta h_{total} = h_f + \sum h_m = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{fL}{d} + \sum K \right) \quad (1.5)$$

Aquí el valor K es el coeficiente de pérdida correspondiente a cada accesorio usado en el sistema y su geometría.

1.4.7 Transferencia de Calor por convección

Es un mecanismo que consiste principalmente en un flujo externo o interno, como principal agente encargado de la transferencia de calor.

1.4.8 Sistema de Aspersión para lavado de Frutas y Hortalizas

Consiste en hacer pasar la materia prima a través de aspersores o duchas de agua a presión, lo que remueve eficientemente la suciedad y la arrastra con el agua, reduciendo la posibilidad de recontaminación. La eficiencia del lavado por aspersión depende de (Presión del agua, Temperatura del agua, Otros factores) como se observa en la figura 1.2.

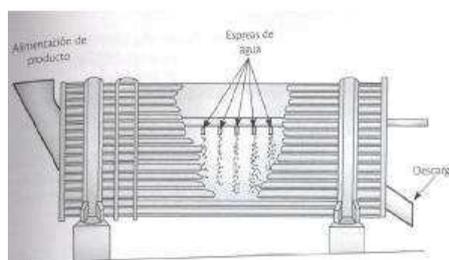


Figura 1.2 Sistema por Tambor Rotatorio

[<https://es.scribd.com/document/244685447/Metodo-de-lavado-para-frutas-y-hortalizas-docx>]

1.4.9 Sistema de Secado por medio De Aire

Este modelo sirve para pequeños emprendimientos industriales. Consiste en un túnel horizontal elevado con una base rígida de hierro y una cobertura transparente de lámina de polietileno de larga duración, igual que el tipo carpa. El túnel está dividido en sectores alternantes de colector y secador. Los primeros tienen la función de calentar el aire, que luego en los últimos es utilizado para el secado de los productos en las bandejas. El aire circula

en forma horizontal a través de todo el túnel, ingresa por un extremo y sale por el otro, generalmente con la ayuda de un ventilador eléctrico. En sitios sin energía eléctrica está apoyado por una chimenea ubicada en la salida del secadero. El aparato es una construcción modular plana con marco rígido, compuesta de dos chapas, con una capa de aislante térmico. Esta estructura se coloca sobre caballetes. Las bandejas de secado son removibles y se pueden estirar lateralmente como los cajones de una cómoda. Por la altura relativamente grande de las bandejas es posible secar también productos que ocupan mucho volumen, tales como hierbas o flores como se observa en la figura 1.3. La entrada y la salida del aire están protegidas con una malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos. El secadero se calienta a una temperatura de 20 a 25°C superior a la temperatura ambiental. Para un mejor aprovechamiento del secadero, se puede agregar un sistema de calefacción auxiliar.



Figura 1.3 Sistema de Secado por Túnel

[<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>]

1.4.10 Patrones de aspersion

Para sistemas rociadores, existen tres principales tipos: de abanico plano, de cono hueco y cono lleno.

Disponemos de una amplia gama de boquillas, que permiten resolver cualquier problema de pulverización. A continuación, se describen las categorías principales:



Figura 1.4 Boquilla de Aspersión

[<http://horizonteadigital.com/casafe-informe-tipos-boquillas/>]

Aspersión Cono Vacío: tipo A

Las partículas se distribuyen uniformemente para formar la superficie exterior de un cono. Por tanto, el área cubierta por el chorro sobre un plano perpendicular será una circunferencia cuyo diámetro será proporcional a la distancia de la boquilla y al ángulo de esta como se observa en la figura 1.4.

Aspersión Cono Lleno: tipo B

En este tipo de chorro, la parte interna del cono está uniformemente constituida por partículas líquidas. El área cubierta por la boquilla es perpendicular al chorro, y en este caso, es un círculo cuyo diámetro está en función de la distancia y del ángulo de aspersión como se observa en la figura 1.4.

Aspersión Chorro Plano: tipo C

En este caso, el área cubierta es perpendicular al chorro con una forma de elipse alargada cuya anchura es función de la distancia entre la boquilla y el área a cubrir. La dimensión longitudinal es función de la distancia, así como del ángulo de aspersión como se observa en la figura 1.4.

Atomizadores: tipo E

En estas boquillas, el aire comprimido se mezcla con el líquido, produciendo una atomización muy fina como se observa en la figura 1.4.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

2.1 Metodología de Diseño

Para alcanzar los objetivos propuestos de tienen diferentes formas metodologías de diseño, por lo cual se va a mostrar a continuación en la figura 2.1 cómo será la metodología seleccionada:

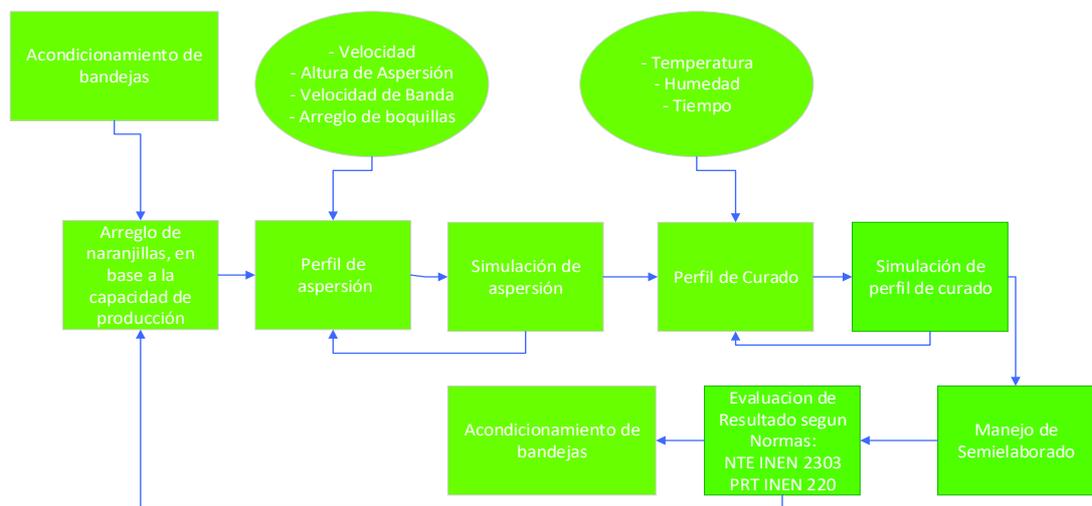


Figura 2.1 Diagrama de Flujo acerca de la metodología de diseño

2.1.1 Requerimientos de Diseño

La máquina rociadora de protección para naranjillas deberá constar con los siguientes parámetros y especificaciones de diseño como se observa en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Requerimientos de Diseño

Capacidad nominal de almacenamiento	10 litros
Rango de temperatura del tanque	(30 – 40) °C
Capacidad de Producción	(500 Kg/H)
Tipo de Secado	Convección Natural
Material de construcción	Acero inoxidable 316
Dimensiones en el espacio	Max 10x4 m
Tipo de montaje	Fácil
Tipo de operación	Línea
Tiempo de funcionamiento	Continuo
Mantenimiento	Fácil
Otros	

2.1.2 Levantamiento de Información

Para el diseño de esta máquina se tomarán en cuenta los conocimientos previos adquiridos, así como las limitaciones presentadas por el jefe de la planta garantizando de esta forma la selección correcta y viable para el desarrollo de esta.

2.1.3 Descomposición Funcional

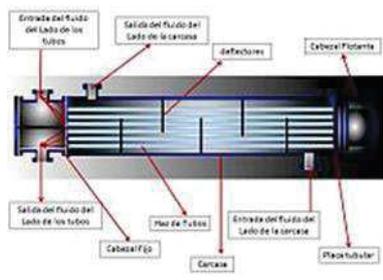
La máquina debe cumplir con las siguientes especificaciones funcionales:

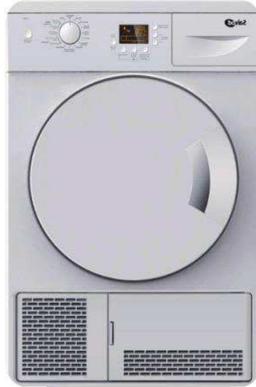
- Tipo de Tanque de Almacenamiento de Líquido Protector
- Sistema de Agitación en el Tanque de Almacenamiento
- Sistema de Calentamiento en el Tanque de Almacenamiento
- Sistema de Aspersión
- Tipo de Motor para la Banda Transportadora
- Sistema de Secado de Naranjillas

2.1.4 Carta Morfológica

En la Tabla 2.2 Carta Morfológica se muestran las diferentes alternativas propuestas para cada función:

Tabla 2.2 Carta Morfológica

	Alternativa # 1	Alternativa # 2	Alternativa # 3
Tipo de Reservorio de Almacenamiento	 <p>Tanque Vertical Fuente: (Mecalux,2018)</p>	 <p>Tanque Horizontal Fuente: (Theme, s.f.)</p>	 <p>Tanque Base Cónica Fuente: (Interinox, 2018)</p>
Tipo de Calentamiento	 <p>Camisa de Agua Caliente Fuente: (http://www.geocities.ws)</p>	 <p>Intercambiador de Calor Flujo Externo Fuente: (http://www.climayoreo.com)</p>	 <p>Resistencia Electricas Fuente: (https://www.termokew.mx)</p>
Sistema de agitación	 <p>Agitador de Paletas Fuente: (GRAU, 2016)</p>	 <p>Agitación por Imanes Fuente: (http://www.ub.edu/talq/es/node/288)</p>	

<p>Tipo de Motor</p>	 <p>Motor Eléctrico sin Variación de Frecuencia Fuente: (BricoGeek, s.f.)</p>	 <p>Servomotores Fuente: (EcuRed, 2016)</p>	 <p>Motor Acoplado con Variación de Frecuencia Fuente: (García, 2013)</p>
<p>Sistema de Aspersión</p>	 <p>Aspersión por abanico plano Fuente: (https://www.intagri.com)</p>	 <p>Aspersión por cono hueco Fuente: (https://www.intagri.com)</p>	 <p>Aspersión por cono lleno Fuente: (https://www.intagri.com)</p>
<p>Sistema de Secado</p>	 <p>Secado Por Aire Fuente: (http://pdf.directindustry.es)</p>	 <p>Secado Por Condensación Fuente: (www.hipercor.es)</p>	 <p>Absorción Fuente: (http://www.directindustry.es)</p>

2.2 Matriz de Decisión referente al Reservorio de Protector Antimicrobiano

2.2.1 Matriz de Decisión del Reservorio

Para la selección del reservorio, se necesita tener en cuenta los parámetros necesarios para la correcta selección de este. El fluido contendrá el protector antimicrobiano, el cual debe estar a un rango de temperatura 30°C a 40°C y el flujo en constante movimiento para evitar que se coagule.

Dentro de los criterios a considerar son:

- *Material de Reservorio (25%)*, presentar un material que cumpla con las especificaciones técnicas del cliente
- *Capacidad del Tanque (25%)*, presentar un sistema que se encargue de redistribuir el fluido dentro del tanque.
- *Costo de Diseño (20%)*, presentar un diseño que cumpla con la especificación del cliente.
- *Diseño de Tanque (20%)*, presentar un sistema que controle la temperatura para evitar que se coagule el líquido protector.
- *Mantenimiento (10%)*, que se presente un sistema de fácil limpieza y mantenimiento accesible.

Tabla 2.3 Comparación de los diferentes tipos de Reservorios

Criterio	Tipos de Reservoirio					
	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Material de Reservoirio (20%)	8	1.6	8	1.6	6	1.2
Capacidad de Tanque (20%)	9	1.8	9	1.8	9	1.8
Costo de Diseño (25%)	8	2.0	6	1.5	4	1.0
Diseño de Tanque (10%)	6	0.6	8	0.8	4	0.4
Mantenimiento (25%)	8	2.0	7	1.75	5	1.25
Total (100%)	39	8.0	38	7.45	28	5.65

En la Tabla 2.3 se presenta las alternativas más frecuentes para el diseño del tanque reservoirio como se puede observar en la misma, la mejor opción es la alternativa 1 un tanque reservoirio vertical de acero inoxidable, pero cabe destacar que la alternativa del tanque de forma vertical también representa una buena opción para nuestro diseño.

2.2.2 Matriz de Decisión Referente al Calentamiento del Reservoirio

Para la selección del sistema de calentamiento, se necesita tener en cuenta los parámetros necesarios para la correcta selección de este.

Dentro de los criterios a considerar son:

- *Sensibilidad de Medición (15%)*, debido a que nuestro reservoirio almacenara un líquido inocuo y antimicrobiano se necesita mantener un rango temperatura específica para su correcto uso.
- *Adquisición (25%)*, que el sistema sea de fácil adquisición en el mercado y no se tenga que exportar de otros países.

- *Costo (35%)*, debido al límite económico que posee nuestro proyecto debe seleccionarse el sistema más económico.
- *Consumo Energético (5%)*, presentar un sistema que controle la cantidad de energía consumida por el sistema.
- *Mantenimiento (20%)*, que se presente un sistema de fácil limpieza y mantenimiento accesible.

Tabla 2.4 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Calentamiento

Criterio	Tipos de Calentamiento					
	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Sensibilidad de Medición (15%)	8	1.2	8	1.2	6	0.9
Adquisición (35%)	4	1.4	5	1.75	9	3.15
Costo (25%)	4	1.0	5	1.25	9	2.25
Consumo Energético (5%)	5	0.25	5	0.25	8	0.4
Mantenimiento (20%)	5	1.0	5	1.0	9	1.8
Total (100%)	26	4.85	28	5.45	41	8.5

En la Tabla 2.4 se presenta las alternativas más frecuentes para el diseño del sistema de calentamiento del reservorio como se puede observar en la misma, la mejor opción es la alternativa 3 (resistencias eléctricas) debido a su bajo costo y fácil adquisición, aunque su única limitación es que no tiene buena sensibilidad para medir temperatura.

2.2.3 Matriz de Decisión Referente al Agitamiento del Reservorio

Para la selección del sistema de agitamiento del reservorio, se necesita tener en cuenta los parámetros necesarios para la correcta selección de este.

Dentro de los criterios a considerar son:

- *Sistema de Movimiento (15%)*, debido a que nuestro reservorio almacenara un líquido inocuo y antimicrobiano se necesita mantener el movimiento el fluido porque tiende a cambiar de estado y perder propiedades físicas.
- *Adquisición (25%)*, que el sistema sea de fácil adquisición en el mercado y no se tenga que exportar de otros países.
- *Costo (35%)*, debido al límite económico que posee nuestro proyecto debe seleccionarse el sistema más económico.
- *Consumo Energético (5%)*, presentar un sistema que controle la cantidad de energía consumida por el sistema.
- *Mantenimiento (20%)*, que se presente un sistema de fácil limpieza y mantenimiento accesible.

Tabla 2.5 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Movimiento

Criterio	Tipos de Sistema de Agitación			
	Opción 1		Opción 2	
	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Sistema de Movimiento (15%)	6	0.9	6	0.9
Adquisición (35%)	8	2.5	5	1.75
Costo (25%)	7	1.75	5	1.25
Consumo Energético (5%)	5	0.25	6	0.3
Mantenimiento (20%)	5	1.0	7	1.4
Total (100%)	31	6.4	29	5.6

En la Tabla 2.5 se presenta las alternativas más frecuentes para el diseño del sistema de agitación del reservorio como se puede observar en la misma, la mejor opción es la alternativa 1 (paletas) debido a su bajo costo y fácil adquisición, aunque su única limitación es el mantenimiento que debe hacerse cada periodo de tiempo, ya que es más corto que el de imanes.

2.3 Matriz De Decisión Referente al Sistema de Aspersión

2.3.1 Matriz Decisión Referente a la Banda Transportadora para Alimento

Para la selección para el sistema de la banda transportadora, se necesita tener en cuenta los parámetros necesarios para la correcta selección de este. Dentro de los criterios a considerar son:

- *Sistema de Movimiento (35%)*, debido a que se analizara los diferentes tipos de banda transportadora es necesario contemplar las más comunes
- *Costo (15%)*, debido al límite económico que posee nuestro proyecto debe seleccionarse el sistema más económico
- *Consumo Energético (25%)*, presentar un sistema que controle la cantidad de energía consumida por el sistema
- *Mantenimiento (25%)*, que se presente un sistema de fácil limpieza y mantenimiento accesible

Tabla 2.6 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Aspersión

Criterio	Tipos de Banda Transportadora					
	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Sensibilidad de Movimiento (35%)	3	1.05	8	2.8	8	2.8
Costo (15%)	8	1.2	6	0.9	6	0.9
Consumo energético (25%)	8	2.0	5	1.25	6	1.5
Mantenimiento (25%)	8	2.0	5	1.25	8	2.0
Total (100%)	27	6.25	24	6.2	28	7.2

En la Tabla 2.6 se presenta las alternativas más frecuentes para el diseño del sistema de banda transportadora como se puede observar en la misma, la mejor

opción es la alternativa 3 (Motor Acoplado Con Variación De Frecuencia) debido a combina ambos sistemas ayudan a tener mayor aceptación ya que solo se está considerando acoplar un motor que ya exista.

2.3.2 Matriz Decisión Referente a las válvulas de aspersión para el sistema

Para la selección de las válvulas de aspersión, se necesita tener en cuenta los parámetros necesarios para la correcta selección de este.

Dentro de los criterios a considerar son:

- *Capacidad de Aspersión (35%)*, debido a que se necesita un aspersor puntual se requiere del sistema de válvulas con mayor precisión
- *Costo (15%)*, debido al límite económico que posee nuestro proyecto debe seleccionarse el sistema más económico
- *Consumo Energético (25%)*, presentar un sistema que controle la cantidad de energía consumida por el sistema
- *Mantenimiento (25%)*, que se presente un sistema de fácil limpieza y mantenimiento accesible

Tabla 2.7 Comparación de los diferentes tipos de Sistema de Aspersión

Criterio	Tipos de Aspersión					
	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Capacidad de Aspersión (35%)	8	2.8	3	1.05	10	3.5
Costo (15%)	6	0.9	8	1.2	5	0.75
Consumo Energético (25%)	5	1.25	9	2.25	6	1.5
Mantenimiento (25%)	4	1.0	5	1.25	7	1.75
Total (100%)	23	5.95	25	5.75	28	7.5

En la Tabla 2.7 se presenta las alternativas más frecuentes para el sistema de aspersión como se puede observar en la misma, la mejor opción es la alternativa 3 (cono lleno) debido a que se necesita rosear las naranjillas en un 40% de su superficie con un alto nivel de eficiencia

2.4 Matriz De Decisión Referente al Sistema de Secado

Para la selección para el sistema de secado, se necesita tener en cuenta los parámetros necesarios para la correcta selección de este.

Dentro de los criterios a considerar son:

- *Cambio de Temperatura (35%)*, debido a que se necesita que la fruta no sufra cambios bruscos de temperatura se debe elegir los sistemas óptimos y de cambios no tan drásticos.
- *Costo (15%)*, debido al límite económico que posee nuestro proyecto debe seleccionarse el sistema más económico
- *Consumo Energético (25%)*, presentar un sistema que controle la cantidad de energía consumida por el sistema
- *Mantenimiento (25%)*, que se presente un sistema de fácil limpieza y mantenimiento accesible

Tabla 2.8 Comparación de los diferentes tipos de sistema de Secado

Criterio	Tipos de Secado					
	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Cambio de Temperatura (35%)	9	3.15	5	1.75	4	1.4
Costo (15%)	8	1.2	6	0.9	6	0.9
Consumo Energético (25%)	9	2.25	5	1.25	5	1.25
Mantenimiento (25%)	6	1.5	5	1.25	6	1.5
Total (100%)	32	8.1	21	5.15	21	5.05

En la Tabla 2.8 se presenta las alternativas más frecuentes para el diseño de secado como se puede observar en la misma, la mejor opción es la alternativa 1 (Sistema de Secado por Aire) ya que se necesita que la temperatura no tenga cambio brusco sea un sistema económico, es por esto por lo que se dieron estos resultados.

2.5 Diseño de Bandeja Porta Naranjillas

Para el diseño de las bandejas porta naranjillas se tiene que tener en cuenta la forma de la naranjilla estandarizadas y el arreglo que se desea, para lo cual se tomaron en cuentas las especificaciones del cliente sobre la cantidad de producción debe ser 500Kg por cada hora; además deben considerarse los diferentes procesos que sufren las naranjillas cuando son sometidas a exportación, como son: movilización, manipulación y temperaturas bajas.

Se tiene como tentativa la siguiente forma de colocación de naranjillas, así como el material de esta que debe ser acero inoxidable para alimentos; para lo cual se muestra a continuación el diseño realizado como se observa en la Figura 2.2.

Norma Aplicadas

Para el diseño de nuestra bandeja se tomará como referencia la norma NTE INEN 2303-2009 de naranjillas, dicha norma trata sobre las características que presentan las mismas y su clasificación según tamaño y peso, además de clasificarlas según su nivel de madurez para el proceso correspondiente de exportación



Figura 2.2 Diseño de Bandeja Porta Naranjilla

2.6 Embalaje de Frutas y Hortalizas

Con el desarrollo incesante de las nuevas tecnologías y las diferentes formas que tienen en la actualidad los consumidores para obtener frutas frescas, es por esto por lo que al tener un mercado tan competitivo se debe dar el mejor cuidado para las frutas de exportación es por esto por lo que se considera la siguiente norma para el proceso de embalaje y transporte, como se muestra en la siguiente figura 2.3

Norma Aplicada

Para el transporte de nuestras frutas nos vamos a basar en la norma INEN 1735(1989) que trata sobre el embalaje de madera para frutas, misma que indica que la misma debe ser aserrada, alisada, limpia, seca, corteza sana y libre de defectos que afecten la resistencia mecánica, considerando que el contenido de

humedad no puede ser mayor que el 20%, para más información por favor revisar la norma presente.

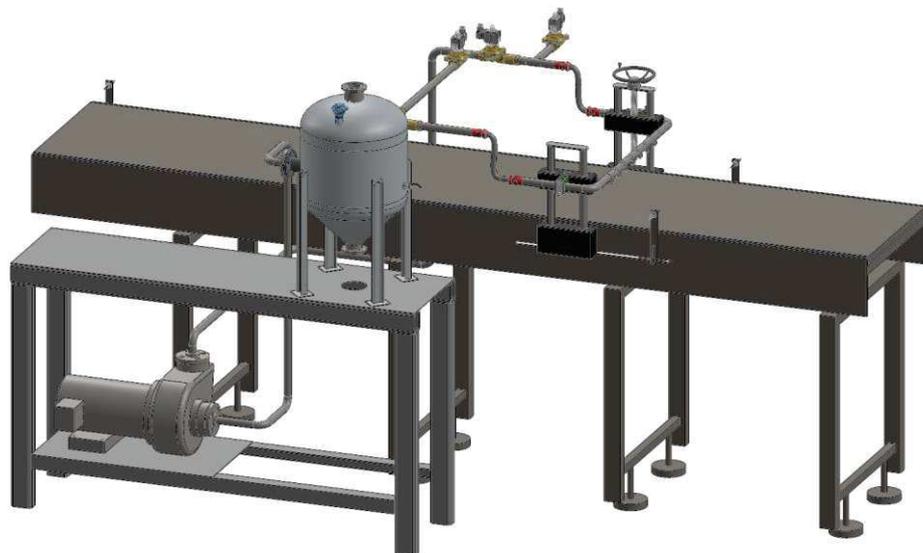


Figura 2.3 Sistema de Embalaje de Fruta

[<http://www.interempresas.net/Envase/FeriaVirtual/Producto-Caja-para-expedicion-de-frutas-y-verduras-127459.html>]

2.7 Diseño Conceptual

A continuación, se mostrará en la figura 2.4 como será nuestra maquina rociadora de líquido protector para naranjillas.



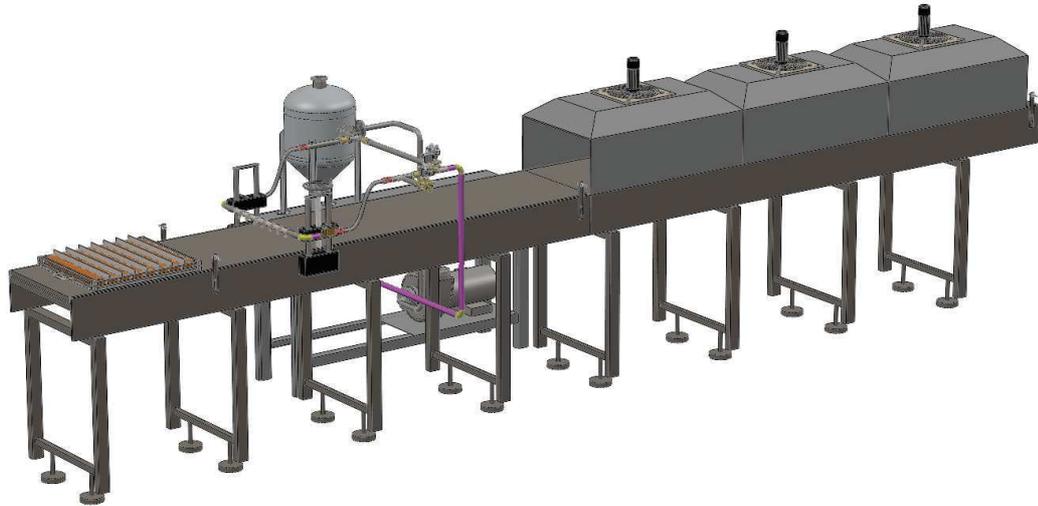


Figura 2.4 Diseño Conceptual

2.8 Cálculos Representativos:

2.8.1 Cálculo de Producción de Naranjilla

En el caso de la máquina, esta producirá 1 gavetas por minutos, entonces vamos a corroborar si la misma cumple con los requerimientos solicitados.

Se sabe que por cada gaveta se tendrá un arreglo de 7x8 es decir 56 naranjillas

Dónde:

C.P: Capacidad de Producción

m: masa de Naranjilla Normada

$$C.P. = \frac{(\#nar / \text{min}) \times m \times 1 \times 60}{1000} = 436.8 \frac{Kg}{H}$$

2.8.2 Cálculo de la Velocidad de Banda Transportadora

Para el cálculo de la velocidad se necesita conocer el valor de la capacidad de producción con el largo que tiene cada gaveta

Dónde:

b: Largo de la gaveta

$$v = C.P \times b$$

$$v = 1 \frac{gav}{\text{min}} \times 10 (0.608 \text{ m} + 10 \text{ cm})$$

$$v = 7.08 \frac{m}{min} \approx 7 \frac{m}{min}$$

2.8.3 Cálculo de Sector Circular al ser rociado con el líquido protector

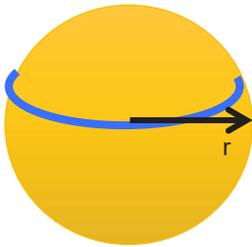
Para el cálculo de la cantidad de líquido protector que se debe colocar en la fruta de exportación debe primero obtener la cantidad de área superficial a cubrirse por lo que se tomara en cuenta las siguientes afirmaciones.

Asumimos:

- Naranja será una figura geométrica esférica y solo se cubrirá el 40%
- El diámetro de la naranja será de 68 mm

Ecuaciones:

Área de una superficie esférica



Donde:

A= Área de la Fruta (mm^2)

r= Radio (mm)

$$A = 4\pi r^2$$

$$A = 4\pi(34 \text{ mm})^2$$

$$A = 14526.7 \text{ mm}^2$$

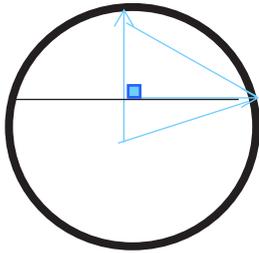
Se considera que solo se cubrirá el 40% se obtiene el siguiente resultado

$$A_p = 40\% A$$

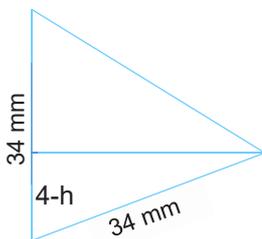
$$A_p = 40\% (14526.7 \text{ mm}^2)$$

$$A_p = 5810.7 \text{ mm}^2$$

Por medio del uso del teorema de Pitágoras de Triángulos Semejantes tenemos la siguiente expresión



Realizando el correspondiente análisis tenemos las siguientes expresiones para calcular la altura que tendrá nuestra área de protección y su correspondiente longitud de acción



De la ecuación de área de un casquete esférico se obtendrá la expresión de h en función de r

Dónde:

A: Área de Casquete Esférico (mm^2)

h = Altura (mm)

$$A = 2\pi r h$$

$$h = \frac{A}{2\pi r}$$

$$h = \frac{0.4 (4\pi r^2)}{2\pi r}$$

$$h = 0.8r$$

Aplicamos Teorema de Pitágoras

$$r_{40\%} = \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

$$r_{40\%} = \sqrt{r^2 - (r - 0.8r)^2}$$

$$r_{40\%}^2 = r^2 - (0.2r)^2$$

$$r_{40\%}^2 = 0.96r^2$$

$$r_{40\%} = \sqrt{0.96r^2}$$

$$r_{40\%} = \sqrt{0.96(34 \text{ mm})^2}$$

$$r_{40\%} = 33.31 \text{ mm}$$

Se puede concluir que el diámetro que se necesita rociar será:

$$\varnothing_{40\%} = 2 r_{40\%}$$

$$\varnothing_{40\%} = 2 (33.31 \text{ mm})$$

$$\varnothing_{40\%} = 66.6 \text{ mm} \approx 67 \text{ mm}$$

Se lo redondea para de esta forma asegurar que se va a cubrir el 40% de la naranjilla ya que como no siempre se tendrá un solo tamaño de naranjilla se está manejando una holgura de trabajo considera.

2.8.4 Selección de Boquilla Rociadoras del líquido protector

A continuación, por medio del uso de un software vamos a calcular la boquilla que cumple con las condiciones descritas anteriormente:

En la figura 2.5 podemos observar la posición de las boquillas que se utilizaran para rociar las gavetas

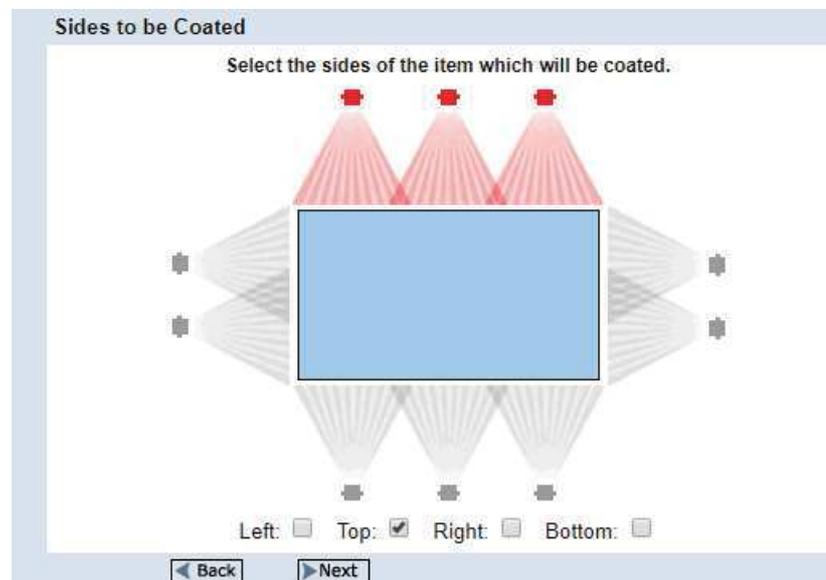


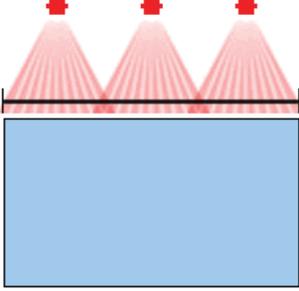
Figura 2.5 Posición de Boquillas

[<http://www.ispray.com/application-coating>]

En la figura 2.6 se puede observar que se colocó el diámetro que se obtuvo para el 40% de una naranjilla, puesto que ya se conoce que se va a colocar 7 boquillas debido a las pérdidas que se tuvieron si se lo hace para toda la gaveta

Item Dimensions

Enter the width of each side to be coated.



Top Width:

Width is expressed in: Inches Meters

Figura 2.6 Ancho de Roció

[<http://www.ispray.com/application-coating>]

En la figura 2.7 podemos observar cómo se define los valores del espesor que tendrá la capa protectora, la distancia que se tendrá entre la boquilla y la naranjilla, además de considera la velocidad a la que se moverá la gaveta y la densidad que tiene nuestro liquido protector

Coating Properties

Enter desired coating properties.

Coating Thickness: in mm

Top Side Spraying Distance: in m

Conveyor Speed: ft/min m/min

Specific Gravity of Coating Material:
(enter a specific gravity value above or select from list below)

Figura 2.7 Parámetro de Boquilla

[<http://www.ispray.com/application-coating>]

En la figura 2.8 se seleccionará si la boquilla que se utilizara será hidráulica o de aire atomizado

Nozzle Type

Indicate your choice of nozzle type, Hydraulic or Air Atomizing, below.

Hydraulic Applications (liquid pressure line only)	Air Atomizing Applications (liquid and air pressure lines)
<ul style="list-style-type: none">• Spray Coating• Die Lubrication• Web Spraying	<ul style="list-style-type: none">• Lubricant Applications• Moisturizing Corrugated• Spraying Viscous



Hydraulic: Air Atomizing:

Figura 2.8 Tipo de Boquilla

[<http://www.ispray.com/application-coating>]

En la figura 2.9 se procede a seleccionar el material de la boquilla, el acople que tendrá y su respectivo diámetro

Nozzle Options

Select nozzle options from the lists below.

Nozzle Material:

Nozzle Inlet Connection:

 Nozzle Inlet Connection Size:

Click 'Next' to select nozzle spray angle and capacity size.

Figura 2.9 Características de Boquilla

[<http://www.ispray.com/application-coating>]

En la figura 2.10 se seleccionará el ángulo que tendrá la boquilla a utilizarse

Select Spray Angle

Select a Spray Angle and Capacity Size from the list below.

Note: Selecting a smaller Spray Angle will allow for the use of more nozzles producing more uniform coverage.

Top

	Spray Angle	Capacity Size	Nozzles Req	Flow per Nozzle GPM / l per min	Required Pressure psi / bar
<input type="radio"/>	110	1	1	0.05 / 0.20	11 / 0.8
<input checked="" type="radio"/>	65	67	1	0.05 / 0.20	25 / 1.7
<input type="radio"/>	73	154	1	0.05 / 0.20	5 / 0.3
<input type="radio"/>	80	50	1	0.05 / 0.20	45 / 3.1
<input type="radio"/>	95	1	1	0.05 / 0.20	11 / 0.8

Figura 2.10 Angulo de Boquilla
[\[http://www.ispray.com/application-coating\]](http://www.ispray.com/application-coating)

En la figura 2.11 se observa que el software nos muestra las diferentes boquillas que cumplen nuestras condiciones y se seleccionó la primera; además podemos observar que nos entrega el flujo másico y la presión que necesita para que trabaje dicha boquilla.

Coating Module

Side to Coat
 Top

Surface Width
 Top: 0.067 m.

Coating Properties
 Coating Thickness: 1 mm.
 Top Spraying Distance: 0.2 m.
 Conveyor Speed: 2 m/min.
 Specific Gravity: 0.995

Nozzle Type
 Hydraulic

Nozzle Properties
 Material: 316 Stainless Steel
 Inlet Connection: Male NPT
 Inlet Connection Size: 1/4

Spray Angle
 Top Spray Angle: 65 deg

Selection Summary

Click Add to RFQ to request a quotation for this system.

After viewing a Spec page, use your browser's "Back" button to return to the module.

Top Side

Spray Angle: 65 deg Flow per Nozzle: 0.05 GPM (0.2 litre/min)
 Capacity Size: 67 Required Pressure: 25 psi (1.7 bar)
 Quantity: 1

	Spec	Ordering Number	Description
<input checked="" type="radio"/>	<input type="button" value="View"/>	H1/4VV-316SS650067	VeeJet Spray Nozzles, Standard Spray, Small Capacity
<input type="radio"/>	<input type="button" value="View"/>	H1/4VV-316SS650067	VeeJet Spray Nozzles, Standard Spray, Small Capacity

Figura 2.11 Tabla de Boquillas que cumplen las condiciones
[\[http://www.ispray.com/application-coating\]](http://www.ispray.com/application-coating)

2.8.5 Selección de Bomba

Cálculo del Caudal

En base a los resultados obtenidos anteriormente se calcula la cantidad de líquido que se necesita para rociar la primera fila de naranjillas; considerando que el decaimiento de la presión dentro de este proceso es despreciable se toma en cuenta la siguiente ecuación:

Dónde:

Q_t : Caudal Total del Sistema (*lts/min*)

Q_1 : Caudal de Boquilla (*lts/min*)

$$Q_t = 7xQ_1$$

$$Q_t = 7x 0.2 \text{ lts/min} = 1.4 \text{ lts/min}$$

Cálculo de la Velocidad del Líquido

Dónde:

A_c : Área de la Tubería Transversal (m^2)

v_f : Velocidad de Fluido (*m/s*)

$$v_f = \frac{Q_t}{A_c}$$

$$v_f = \frac{0.0000233 \text{ m}^3/\text{s}}{(\pi(21 \times 10^{-3})^2/4) \text{ m}^2}$$

$$v_f = 0.067 \text{ m/s}$$

Análisis de Perdidas en el Sistema de Aspersión

Calculo para perdidas del Sistema

Aplicando la ecuación de Bernoulli tenemos el siguiente sistema de ecuaciones

Dónde:

h_s : Cabezal del Sistema (*m*)

P_A : Presión Atmosférica (*Bar*)

ρ : Densidad del Fluido (*g/cm³*)

Z_A : Altura del Reservorio (*m*)

$$h_s + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + h_{L,T}$$

$$h_s = \frac{P_1 - P_A}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 - Z_A + h_{L,T}$$

Calculo de la Perdida en las Boquillas

Calculo de la Velocidad de las Toberas

El diámetro nominal de la boquilla se obtuvo por medio del software de selección

$$v_1 = \frac{Q}{\text{Area de Tobera}}$$

$$v_1 = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$v_1 = \frac{3.3 \times 10^{-6}}{\pi \frac{(0.036 * 25.4 \times 10^3)^2}{4}}$$

$$v_1 = 5.02 \text{ m/s}$$

Calculo de Reynolds

Puesto que no se sabe qué tipo de fluido sea de trabajo vamos a calcular el correspondiente mediante los datos facilitados por los compañeros de Ing. en Alimento $\gamma = 100 \text{ rpm}$ o 5.088 cp

Dónde:

γ : Viscosidad Cinemática ($g/cm \text{ s}$)

$$Re = \frac{\rho v_f D}{\gamma}$$

$$Re = \frac{(0.995 \text{ g/cm}^3) (0.067 \text{ m/s}) (21 \times 10^{-3} \text{ m})}{(0.05088 \text{ g/cm s})}$$

$$Re = \frac{(995 \text{ kg/m}^3) (0.067 \text{ m/s}) (21 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}{(0.005088 \text{ kg/m s})}$$

$$Re = 275$$

Calculo del Factor de Darcy

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

$$f = \frac{64}{275}$$

$$f = 0.23$$

Calculo del Factor K

-Para todos los cálculos de perdida se considera el Factor de Fricción será 0.025

Codo de 90 Grados

Para calcular las perdidas en el codo vamos a usar la Figura 2.12 para calcular el factor y obtener la perdida de cabezal en este accesorio.

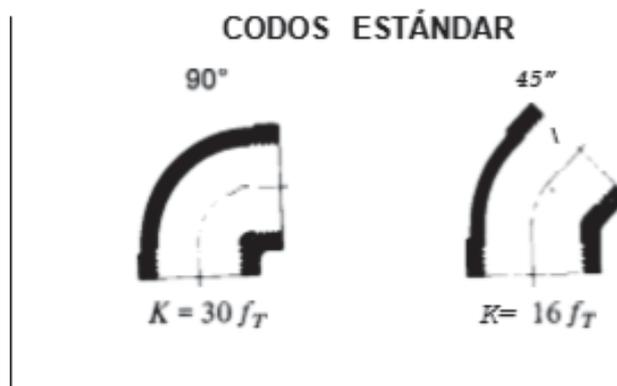


Figura 2.12 Factor K para Codos [Flujo de Fluidos en Tuberías y Accesorios]

Dónde:

f_T : Factor de Fricción

$$K = 10 \times 30 f_T$$

$$K = 10 \times 30 \times (0.025)$$

$$K = 7.5$$

Electroválvula

Para calcular las perdidas en la electroválvula vamos a usar la Figura 2.13 para calcular el factor y obtener la perdida de cabezal en este accesorio.

VÁLVULAS DE GLOBO Y ANGULARES

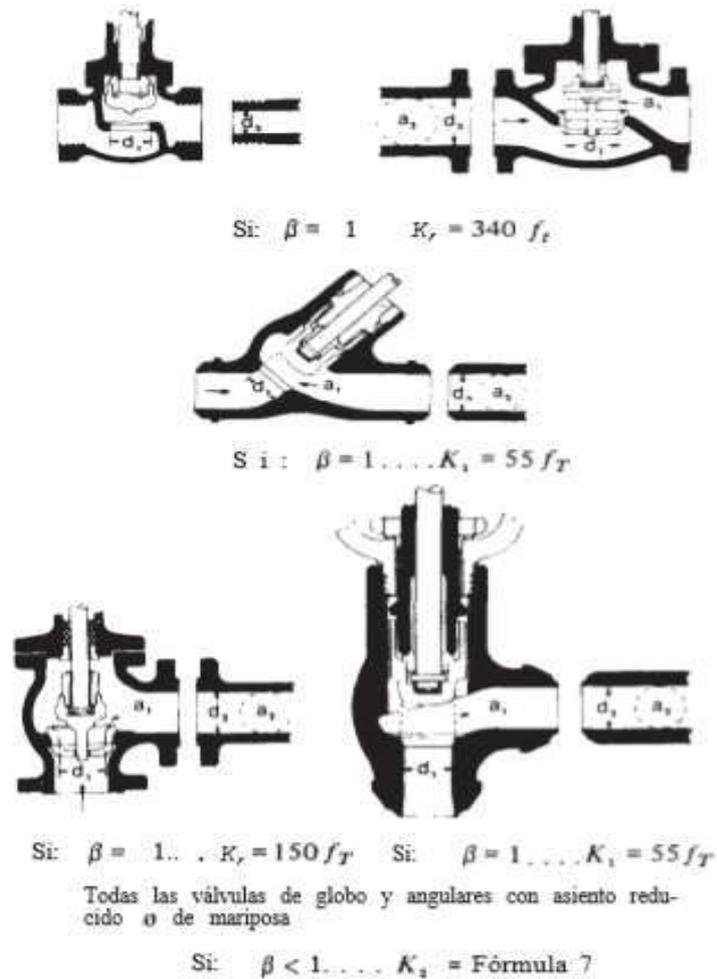


Figura 2.13 Factor K para Electroválvulas [Flujo de Fluidos en Tuberías y Accesorios]

Dónde:

f_T : Factor de Fricción

$$K = 1 \times 150 f_T$$

$$K = 1 \times 150 \times (0.025)$$

$$K = 3.75$$

Válvula Check

Para calcular la perdida en la válvula check vamos a usar la Figura 2.14 para calcular el factor y obtener la perdida de cabezal en este accesorio.

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO OSCILANTE

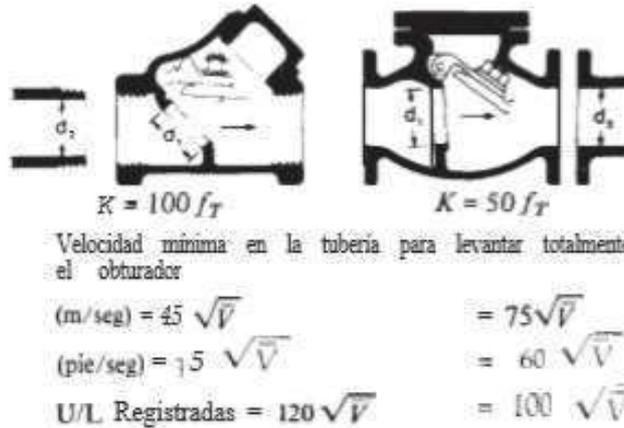


Figura 2.14 Factor K para Válvulas de Retención [Flujo de Fluidos en Tuberías y Accesorios]

Dónde:

f_T : Factor de Fricción

$$K = 2 \times 100 f_T$$

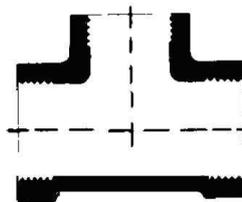
$$K = 2 \times 100 \times (0.025)$$

$$K = 5$$

Conexión

Para calcular las perdidas en la conexión vamos a usar la Figura 2.15 para calcular el factor y obtener la pérdida de cabezal en este accesorio.

CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"



Flujo directo $K = 20 f_T$

Flujo desviado a 90° . . $K = 60 f_T$

Figura 2.15 Factor K para Conexión [Flujo de Fluidos en Tuberías y Accesorios]

Dónde:

f_T : Factor de Fricción

$$K = 4 \times 5 f_T$$

$$K = 4 \times 5 \times (0.025)$$

$$K = 0.13$$

Caudalímetro

Para calcular las pérdidas en la conexión vamos a usar la Figura 2.16 para calcular el factor y obtener la pérdida de cabezal en este accesorio.

Dónde:

f_T : Factor de Fricción

$$K = 1 \times 8 f_T$$

$$K = 1 \times 8 \times (0.025)$$

$$K = 0.2$$

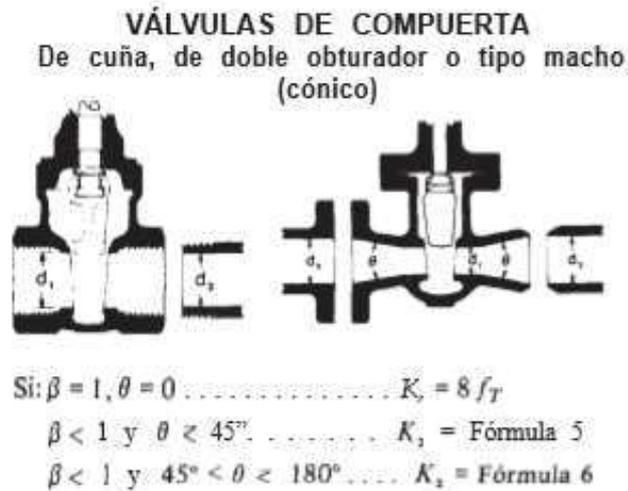
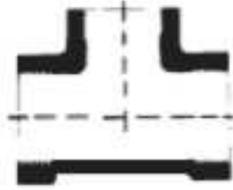


Figura 2.16 Factor K para Caudalímetro [Flujo de Fluidos en Tuberías y Accesorios]

Tee

Para calcular las pérdidas en Tee vamos a usar la Figura 2.17 para calcular el factor y obtener la pérdida de cabezal en este accesorio.

CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"



Flujo directo $K = 20 f_T$

Flujo desviado a 90° . . $K = 60 f_T$

Figura 2.17 Factor K para Tee [Flujo de Fluidos en Tuberías y Accesorios]

Dónde:

f_T : Factor de Fricción

$$K = 9 \times 20 f_T$$

$$K = 9 \times 20 \times (0.025)$$

$$K = 0.5$$

Desvió de 90 Grados

$$K = 1 \times 60 f_T$$

$$K = 1 \times 60 \times (0.025)$$

$$K = 1.5$$

Pérdidas Totales Serán: 22.96 m

Calculo de h_f

Dónde:

h_f : Perdidas en la Tubería (m)

f : Factor de Darcy

l : Longitud del sistema (m)

$$h_f = + \frac{v^2}{2g} \left(\frac{f l}{D} + \sum K \right)$$

$$h_f = \frac{(0.067 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \left(\frac{(0.23)(3.87 \text{ m})}{21 \times 10^{-3} \text{ m}} + \sum 22.96 \right)$$

$$h_f = \frac{(0.0677 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \left(\frac{(0.23)(3.87 \text{ m})}{21 \times 10^{-3} \text{ m}} + 22.96 \right)$$

$$h_f = \frac{(0.067 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \quad (23)$$

$$h_f = 0.005 \text{ m}$$

Ahora podemos obtener el valor de perdida en el sistema

$$h_s = \frac{P_1 - P_A}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 - Z_A + h_{L,T}$$

$$h_s = \frac{1.7000 \text{ N/m}^2}{995 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} + \frac{(5.02 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} - 0.7 \text{ m} + 0.05 \text{ m}$$

$$h_s = 17.43 \text{ m} + 1.28 \text{ m} - 0.7 \text{ m} + 0.05 \text{ m}$$

$$h_s = 18.06 \text{ m}$$

Calculo de Potencia Mecánica

$$P_r = \rho g Q_t h_f$$

$$P_r = (995 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) (0.0000233 \text{ m}^3/\text{s}) (18.06 \text{ m})$$

$$P_M = 4.10 \frac{\text{N m}}{\text{s}}$$

$$P_M = 0.176 \text{ HP}$$

Potencia Requerida

$$P_r = \frac{0.176 \text{ HP}}{0.70\% \text{ Eficiencia}}$$

$$P_r = 0.25 \text{ HP}$$

2.8.6 Calculo de Sistema de Secado

Calculo de Calor Disipado que sufre la naranjilla

Consideramos a cada naranjilla como una esfera para el sistema de estudio

Datos:

$$T_f = ? \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$L = 0.608 \text{ m}$$

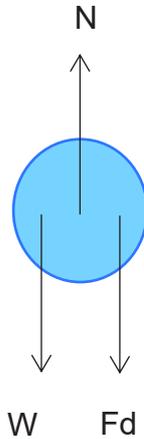
$$A = 0.537 \text{ m}$$

$$T_\infty = 25^\circ\text{C}$$

$$v_\infty = ? \text{ m/s}$$

$$P_\infty = 101.3 \text{ KN/m}^2$$

Podemos asumir que la naranjilla se encuentra en equilibrio y se obtiene el siguiente diagrama de cuerpo libre



Dónde:

F_D : Fuerza de Arrastre (N)

N: Normal (N)

W: Peso (N)

ρ_N : Densidad de Naranjilla (Kg/mm^3)

C_D : Coeficiente de Arrastre

ρ_A : Densidad Aire (Kg/mm^3)

$$\sum F_y = 0$$

$$N = W + F_D$$

$$N = \rho_N * \frac{\pi}{6} D^3 + C_D \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) \left(\rho_A * \frac{v^2}{2} \right)$$

Con esta ecuación vamos a considera que se cumple la Ley de Stokes

$$C_D = \frac{24}{Re} = \frac{24}{\frac{v * D}{\gamma}} = \frac{24 * \gamma}{v * D}$$

Consideramos que $Re = 0.5$ debido a que $Re \propto v$

$$v = 0.15 \frac{mm}{s}$$

Para lo cual se tomó las siguientes consideraciones, para la interpolación de h y v

Dónde:

P_r = Numero de Prandtl

Re = Numero de Reynolds

μ = Viscosidad Dinámica (P)

$$0.71 \leq P_r \leq 380$$

$$3.5 \leq Re \leq 76000$$

$$1 \leq \frac{\mu}{\mu_s} \leq 3.2$$

Calculo de Calor Disipado que sufre la gaveta

Para el análisis de la gaveta vamos a encontrar la cantidad de calor que se pierda considerando de manera idealizada al arreglo de frutas como si fuera una superficie plana rectangular

Dónde:

A: Área de Secado (m^2)

e: Espesor (m)

ΔT : Variación de Temperatura (K)

C_p : Calor Especifico del Agua ($\frac{J}{Kg K}$)

$$Q = C_p A e \rho \Delta T$$

$$Q = \left(4.18 \frac{J}{Kg K}\right) (0.608 * 0.537 m * m) (0.001 m) (995 kg/m^3) (40 - 25)K$$

$$Q = 20 KJ/min = 333 w/s$$

Aplicando la conservación de energía y disipación de calor; para poder equipar y considera que todo el calor que pierde el agua lo adquiere el aire que circula para remover el calor de las naranjillas.

Dónde:

Q_r = Calor Removido ($\frac{W}{s}$)

\bar{h} = Coeficiente de Convección ($\frac{W}{m^2 K}$)

$$Q = Q_r$$

$$Q = \bar{h} L \Delta T$$

$$\bar{h} = Q/L \Delta T$$

$$\bar{h} = 333 \left(\frac{W}{S}\right) / (3m \times (25 - 40))$$

$$\bar{h} = 7.4 \frac{W}{m^2 K}$$

Para el calcula del caudal que se necesita extraer se obtiene de la siguiente formula.

Dónde:

V= Volumen de la caja de secado

$$Q_T = V \times A$$

$$Q_T = 0.35 \text{ m}^3 / \text{min} \times 8 \text{ m}^2$$

$$Q_T = 98.88 \text{ ft}^3 / \text{min}$$

$$W = \rho g Ht Q$$

$$W = 0.6 \text{ Hp}$$

Potencia Requerida

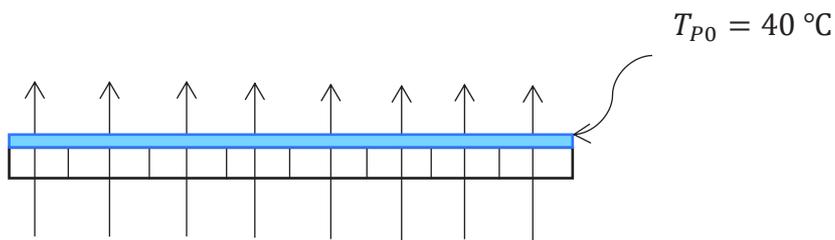
$$P_r = \frac{0.6 \text{ HP}}{0.85\% \text{ Eficiencia}}$$

$$P_r = 1 \text{ HP}$$

Cálculo de Transferencia de Calor del Líquido Protector a la Naranja

Proceso de Secado

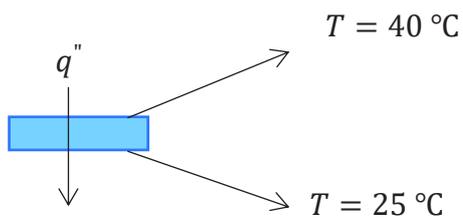
Para el proceso de secado de las naranjillas de manera individual vamos a considerar como si el aire que se extrae por el ventilador para por medio de cada naranjilla, cuando se les coloca el recubrimiento biodegradable y tienen la siguiente temperatura superficial.



Considerando que en cada naranjilla hay conducción se tiene la siguiente expresión tomando cada una como objeto de estudio.

Considerando:

- Estado estable



Dónde:

K : Coeficiente de Conductividad Térmica ($\frac{W}{m K}$)

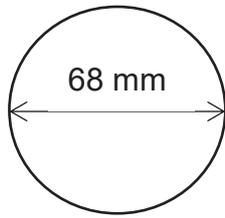
L : Longitud Total de la capa de recubrimiento (m)

$$q'' = -K \frac{\Delta T}{L}$$

$$q'' = -\left(0.6307 \frac{W}{m K}\right) \frac{-15 K}{1 \times 10^{-3} m}$$

$$q'' = 9.4 \frac{kW}{m^2}$$

Considerando que el área de contacto es aproximadamente el 40% del área total tenemos lo siguiente



$$A = 0.40 A_t$$

$$A = 0.40 (4 \pi r^2)$$

$$A = 0.40 (4 \pi (34 \times 10^{-3})^2)$$

$$A = 5.81 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

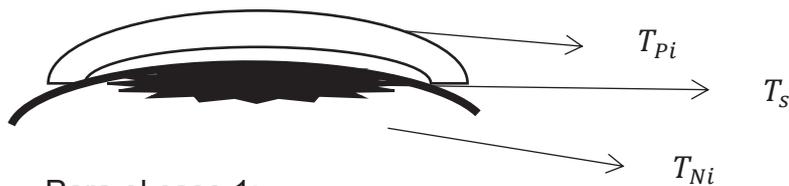
El calor transferido va a hacer igual

$$q = q'' A$$

$$q = 9.4 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} * 5.81 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$q = 55 \text{ W}$$

Luego la naranjilla se calienta como un sólido seminfinito



Para el caso 1:

Dónde:

$T_{(x,t)}$: Temperatura de Naranjilla en función del espesor ($^{\circ}\text{C}$)

T_s : Temperatura del Líquido Protector ($^{\circ}\text{C}$)

T_i : Temperatura de la Naranjilla ($^{\circ}\text{C}$)

x : Profundidad de la Naranjilla (mm)

α : Transitividad (m^2/s)

t : Tiempo (s)

Para los correspondientes calcular vamos a usar los datos obtenidos de la tabla 2.9

Tabla 2.9 Propiedades del Agua

[Tablas de Transmisión de Calor, Universidad de Sevilla]

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	$\beta \cdot 10^3$ (1/K)	Pr
0.001	1005	4.213	1766	1.757	567.2	0.1339	-0.08021	13.12
5	1004	4.201	1506	1.500	574.8	0.1363	0.01135	11.00
10	1003	4.191	1300	1.297	583.0	0.1387	0.08744	9.348
15	1001	4.184	1135	1.134	591.4	0.1412	0.15230	8.033
20	999.5	4.180	1001	1.001	599.8	0.1436	0.20900	6.975
25	997.9	4.176	890.1	0.8920	608.0	0.1459	0.25940	6.114
30	996.2	4.175	797.6	0.8007	616.0	0.1481	0.3051	5.406
35	994.3	4.174	719.6	0.7238	623.6	0.1503	0.3470	4.817
40	992.4	4.174	653.3	0.6583	630.7	0.1523	0.3859	4.323
45	990.3	4.175	596.3	0.6022	637.4	0.1542	0.4225	3.906
50	988.1	4.177	547.1	0.5537	643.6	0.1559	0.4572	3.551
55	985.7	4.179	504.2	0.5115	649.3	0.1576	0.4903	3.245
60	983.2	4.182	466.6	0.4746	654.4	0.1592	0.5221	2.981
65	980.6	4.184	433.5	0.4420	659.1	0.1606	0.5528	2.752
70	977.9	4.188	404.1	0.4132	663.2	0.1620	0.5827	2.551
75	975.0	4.191	378.0	0.3877	666.9	0.1632	0.6118	2.375
80	971.9	4.195	354.6	0.3648	670.2	0.1644	0.6402	2.219
85	968.8	4.199	333.6	0.3443	673.0	0.1654	0.6682	2.081
90	965.5	4.204	314.6	0.3259	675.5	0.1664	0.6958	1.958
95	962.1	4.209	297.5	0.3092	677.5	0.1673	0.7230	1.848
100	958.5	4.214	281.9	0.2941	679.3	0.1682	0.7501	1.749

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

Para la naranjilla vamos a basarnos en los datos observados en la tabla 2.10

Tabla 2.10 Propiedades de la Naranjilla

[Propiedades de Naranjilla, Tesis de grado: Evaluación y adecuación de un tanque con agitador y chaqueta]

Parámetros	PROCESO DE CALENTAMIENTO		PROCESO DE ENFRIAMIENTO	
	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Masa Producto	880	Kg	880	Kg
T° inicial	30	°C	95	°C
T° calentamiento	95	°C	-	-
T° enfriamiento	-	-	30	°C
Propiedades Termodinámicas	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Cp	3,96933	Kj/kg.°C	3,96933	Kj/kg.°C
K	0,59684	W/m°C	0,5528	W/m°C
u	0,00118	Pa·seg	0,00044	Pa·seg
ρ	1030	Kg/m ³	987	Kg/m ³
Rd	0,0009	m ² .°C/W	0,0009	m ² .°C/W
u/u _e	1	adimensional	1	adimensional

$$\frac{T_{(x,t)} - T_s}{T_i - T_s} = \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \right)$$

$$q''_s(t) = \frac{K(T_s - T_i)}{\sqrt{\pi \alpha t}}$$

$$T_s = \frac{\sqrt{K_P * \rho_P * C_P} * T_{Pi} + \sqrt{K_N * \rho_N * C_N} * T_{Ni}}{\sqrt{K_P * \rho_P * C_P} + \sqrt{K_N * \rho_N * C_N}}$$

$$\sqrt{0.667 \frac{W}{m K} * 992.4 \frac{Kg}{m^3} * 4.174 \frac{kJ}{Kg K} * 40^\circ C} +$$

$$T_s = \frac{\sqrt{0.59684 \frac{W}{m K} * 976.257 \frac{Kg}{m^3} * 3.96933 \frac{kJ}{Kg K} * 25^\circ C}}{\sqrt{0.667 \frac{W}{m K} * 992.4 \frac{Kg}{m^3} * 4.174 \frac{kJ}{Kg K}} + \sqrt{0.59684 \frac{W}{m K} * 976.257 \frac{Kg}{m^3} * 3.96933 \frac{kJ}{Kg K}}}$$

$$+ \sqrt{0.59684 \frac{W}{m K} * 976.257 \frac{Kg}{m^3} * 3.96933 \frac{kJ}{Kg K}}$$

$$T_s = 305.878 K = 32.72^\circ C$$

$$\frac{T_{(x,t)} - T_s}{T_i - T_s} = \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \right)$$

$$T_{(x,t)} = T_s + (T_i - T_s) \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \right)$$

$$T_{(x,t)} = 32.72^\circ C + (25^\circ C - 32.72^\circ C) \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{1.54x10^{-7} t}} \right)$$

$$T_{(x,t)} = 32.72^\circ C + 7.73 \operatorname{erf} \left(\frac{1.27412 x}{t} \right)$$

Para ambos cuerpos, la penetración es en mm

$$\delta_P = 2.3 \sqrt{\alpha t} = 2.3 \sqrt{1.523x10^{-7} \frac{m^2}{s} t} = 0.898 \sqrt{t} \text{ mm}$$

$$\delta_N = 2.3 \sqrt{\alpha t} = 2.3 \sqrt{1.54x10^{-7} \frac{m^2}{s} t} = 0.911 \sqrt{t} \text{ mm}$$

Asumiendo que a la naranjilla le toma 15 s llegar desde que se le aplica el protector hasta el secado se obtiene que:

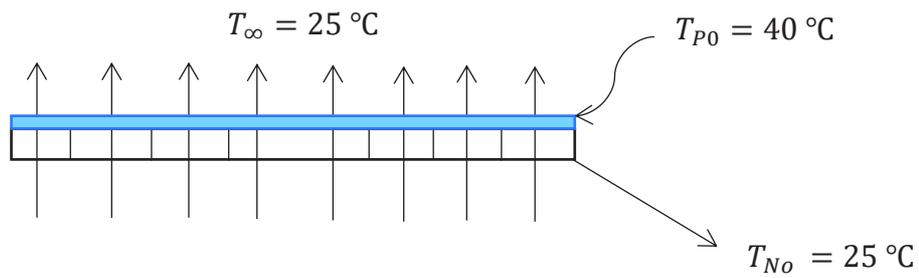
$$\delta_N = 0.911 \sqrt{t} \text{ mm} = 3.5 \text{ mm}$$

Para el protector la profundidad máxima es de 1 mm

$$T_N(3.5 \text{ mm}, 15 \text{ s}) = 25.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_N(1 \text{ mm}, 15 \text{ s}) = 35.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para seguridad se tomará $T_N = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_P = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ despreciando la conducción como solido semiinfinito.



No habrá transferencia de calor entre las naranjillas y el aire puesto que $\Delta T = 0$

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados

3.1.1 Tanque de Almacenamiento

Para el sistema del tanque de almacenamiento se obtuvieron los siguientes resultados, mismos datos fueron obtenidos de un trabajo hecho anteriormente ya que cumplía con las normas y las especificaciones técnicas propuestas por el cliente. En la Tabla 3.1 podemos observar todos estos valores:

Tabla 3.1 Especificaciones del tanque

[<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38970>]

Especificación	Detalle de fabricación
Capacidad total	14 litros
Capacidad nominal	10 litros
Diámetro	280 mm
Altura del cuerpo	260 mm
Material	Acero AISI SAE 304
Espesor	1 mm

La Tabla 3.2. Muestra las especificaciones del sistema de agitación y el eje que satisfacen los requerimientos.

Tabla 3.2 Especificaciones del sistema de agitación

[<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38970>]

Especificaciones	Detalle de fabricación o selección
Tipo de impulsor	Turbina "vertical blade"
Número de aspas	6
Diámetro del agitador	112 mm
Potencia del impulsor	0,5 HP
Tasa de circulación interna	$0,012 \text{ m}^3/\text{s}$
Velocidad lineal superficial	0,19 m/s
Número de baffles	4
Diámetro del eje	16 mm
Material del eje e impulsor	Acero AISI SAE 304

La Tabla 3.3. Muestra las especificaciones del sistema de calentamiento que satisface los requerimientos.

Tabla 3.3 Especificaciones del Sistema de Calentamiento

[<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38970>]

Especificaciones	Detalle
Método de calentamiento	Resistencia externa
Flujo de calor	14,76 W
Área de transferencia de calor	0,062 m ²
Tiempo de calentamiento	2,46 s
Coefficiente global de transferencia de calor	625 W/m ² * °K

3.1.2 Tuberías del Distribución y Accesorios

La Tabla 3.4 muestra las especificaciones del sistema de tuberías que se utilizarán en el sistema de aspersión del líquido protector para los dos estados de trabajos presentados durante el proceso además se detallarán la cantidad de accesorios necesarios para la unión y control del fluido de trabajo.

Tabla 3.4 Especificaciones del Sistema de Tuberías y Accesorios

Especificaciones	Detalle
Longitud Aspersión	3.87 m
Longitud de Recirculación	2.60 m
Diámetro	$\frac{3}{4}$ pulg.
Diámetro Nominal	21 mm
Cedula	40
Material	AISI 316L
Codos 90°	10
Electroválvulas (Compuerta)	1
Válvula Check	2
Acoples	4
Caudalímetro	1
Tee	9

En la Figura 3.1 podemos observar cómo es nuestro diseño de tuberías, para los 2 estados de trabajo, así como la distribución que tendrá los accesorios para el ensamblaje de la tubería

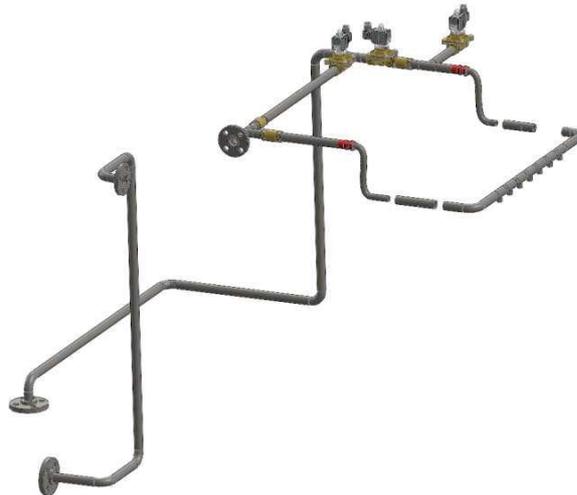


Figura 3.1 Diseño de Tubería para el Sistema Total

3.1.3 Boquillas de Aspersión

La Tabla 3.5 muestra las especificaciones técnicas del sistema aspersión que se utilizará para rociar las naranjillas en un 40% de su superficie, puesto que es en este porcentaje donde se encuentra la mayor proliferación de bacterias; entonces se obtuvo los siguientes resultados.

En la Figura 3.2 podemos observar en detalle como son las boquillas que se utilizarán, así como un dibujo de cómo será el sistema de colocación de las boquillas.,



Figura 3.2 Boquilla y Su disposición en el Sistema de Aspersión

Tabla 3.5 Especificaciones del Sistema de aspersión

Especificaciones	Detalle
Boquilla	Pulverización VeeJet
Modelo	HB1/4VV-316SS650067
Diámetro Nominal Aspersión	0.036 <i>pulg.</i>
Diámetro Conexión	1/4 <i>pulg.</i>
Caudal	0.2 lt/min
Presión	1.7 Bar.
Angulo de Spray	65°
Conexión	Macho BSPT
Material	AISI 316L
Longitud	0.09 m
Peso	0.75 Oz.

3.1.4 Sistema de Distribución de Fluido

En la Tabla 3.6 podemos observar las especificaciones técnicas que posee la bomba para que pueda trabajar los dos estados presentes en el sistema de aspersión, asegurándonos que con estas características el sistema opera de manera correcta las bombas

Tabla 3.6 Especificaciones Técnica de Bomba Centrífuga de Distribución

Especificaciones	Detalle
Potencia	1/8 HP
Voltaje AC	115 volts
Caudal de trabajo	1250 GPH
Presión de trabajo	20 / 8.7 Pies Presión
Descripción	BOMBAS DE ALTO CAUDAL
Modelo	WGP-65

En la Figura 3.3 podemos observar la bomba que se seleccionó para el sistema de distribución del líquido protector.



Figura 3.3 Bomba Centrifuga [Fuente: https://www.catalogodebombasdeagua.com/productos-bombas_utilitarias_1250gph_566409.html]

3.1.5 Sistema de Secado

En la Tabla 3.7 podemos observar la cantidad de extractores, así como sus características técnicas necesarias con las que funciona el sistema total para remover la cantidad de calor suficiente para que los compuestos protectores se puedan sedimentar de la mejor forma y se evite el proceso degenerativo.

Tabla 3.7 Sistema de Secado

Especificaciones	Detalle
Extractores	3 unidades
Modelo	WGP-65
Capacidad de Absorción	60 CFM
Potencia	0.6 HP
Volumen de Trabajo	1.05 m ³
Presión	1 m
Filtro	Normal

En la Tabla 3.8 podemos observar los resultados obtenidos para la fabricación de las 3 campanas de secados que se tuvo en nuestro sistema el espesor para todas las planchas son de 3 mm.

Tabla 3.8 Sistema de Secado

Especificaciones	Detalle
Material	AISI A316L
6 planchas	1m x 0.5m
2 planchas	0.7m x 0.3 m
3 planchas	0.5 m x 0.2 m
Tipo de Unión	Soldadura
Tipo de Soldadura	SMAW
Electrodo	6011

En la Figura 3.4 podemos observar como fue el proceso de secado para las naranjillas por medio de la modelación de un software especializado que mostro como se iba removiendo calor del sistema y como iba perdiendo temperatura hasta obtener la temperatura desea es decir la ambiental.

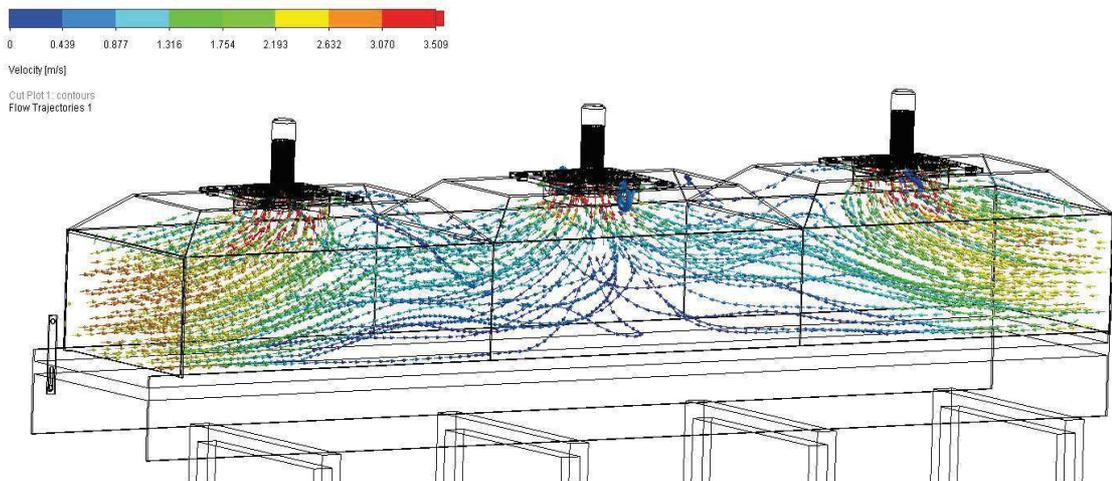


Figura 3.4 Modelación de Secado de Naranjillas por Extracción de Aire

3.1.6 Diseño de Gaveta Transportadoras de Naranja

En la Tabla 3.9 podemos observar todas las especificaciones técnicas, así como la cantidad de naranjillas, que pueden alcanzar dentro de cada una para que el sistema cumpla con las especificaciones presentadas por el cliente en reuniones anteriores.

Tabla 3.9 Diseño de Gaveta de Naranjillas

Especificaciones Técnicas	
Material	Acero Inoxidable 316L
Dimensiones	50x537x608 mm
Peso Cubeta	7.3 kg
Naranjillas [130g]*	56 unidades (7x8)
Peso naranjillas	7.3 kg
Peso total	14.6 kg
Velocidad	7 m/ min
Capacidad de producción	438 kg/h

3.2 Costos

3.2.1 Análisis económico del proyecto

Para los costos que se tendrán en el proyecto van a tomar como base una tabla en detalle en donde se nombre los implementos básicos necesarios para la construcción del sistema, para de esta forma tener una idea más clara sobre las piezas que se requieren y si su valor en el mercado es relativamente bajo.

Los precios que se presentaran en la tabla 3.10, fueron cotizados en el mercado ecuatoriano, teniendo la premisa de que deben ser piezas de fácil adquisición y de bajo costo; necesarias para la construcción de la máquina aspersion por medio del uso de boquillas VeeJet y un secado por extracción.

Tabla 3.10 Costo De Materiales Y Piezas Mecánicas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	CANT.		COSTO UNIT.	COSTO ÍTEM
1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	1	unid	\$1500,00	\$1500,00
2	TUBERÍA AISI 316L CEDULA 40	4	m	\$50,00	\$200,00
3	CODOS 90°	10	unid	\$ 25,00	\$250,00
4	ELECTROVÁLVULAS (COMPUERTA)	1	unid	\$ 150,00	\$150,00
5	VÁLVULA CHECK	2	unid	\$ 20,00	\$40,00
6	ACOPLES	4	unid	\$ 15,00	\$60,00
7	CAUDALIMETRO	1	unid	\$ 150,00	\$150,00
8	TEE	9	unid	\$ 30,00	\$270,00
9	TEE A 90°	1	unid	\$ 50,00	\$50,00
10	BOQUILLAS	7	unid	\$ 200,00	\$1400,00
11	MOTORREDUCTOR 0,25kW 50 RPM	1	unid	\$ 1550,00	\$1550,00
12	Extractores 100CFM 1HP	3	unid	\$ 340,00	\$1020,00
13	PLANCHA AISI 316L 1m x 0.5m x 3mm	6	unid	\$ 80,10	\$480,60
14	PLANCHA AISI 316L 0.7m x 0.3m x 3mm	2	unid	\$ 60,10	\$120,20
15	PLANCHA AISI 316L 0.7m x 0.3m x 3mm	3	unid	\$ 224,50	\$673,5
16	BANDA TRANSPORTADORA	1	unid	\$ 325,00	\$325,00
17	MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA ½ HP	1	unid	\$ 660,00	\$660,00
		A) COSTO TOTAL			\$8901,30
		MATERIALES:			

El costo que se va a considerar para la mano de obra será mostrado en la siguiente tabla 3.11, se tomó como referencia el listado de sueldos de la cámara de construcción.

Tabla 3.11 Costo De Mano De Obra Calificada

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	CANT.		COSTO UNIT.	COSTO DEL ÍTEM
1	SOLDADURA ACERO INOXIDABLE CON ELECTRODO	15	m	\$ 25,00	\$ 375,00
2	SOLDADURA TIG ACERO INOXIDABLE	8	m	\$ 47,00	\$ 376,00
4	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE MECÁNICO	1		\$ 2000,00	\$ 2000,00
		B) COSTO TOTAL MANO DE OBRA:			\$ 2.751,00

El costo total se obtiene considerando el diseño y la construcción de la máquina de desbarbado criogénico en Ecuador, considerando obreros nacionales por lo cual se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3.12 Costo Totales de la Maquina

Materiales		\$8.901,30
Mano de Obra		\$2.751,00
	Total, de Gastos Directos	\$11.652,30
	Total, de Gastos Indirectos	\$875,25
	IVA 12%	\$1.398,28
	Total, del Proyecto	\$13925.83

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseño del sistema de aspersión del líquido protector permite seguir con el desarrollo investigativo que se realiza en la ESPOL, cuyo papel fundamental es alcanzar el desarrollo de la industria de manera directa; puesto que permite trabajar de manera conjunta con estudiantes y docentes de diferentes facultades denominado trabajo multidisciplinario. Una de las fortalezas que presenta el equipo es el alto índice de trabajo en conjunto puesto que su rango de alcance no solo permitirá limitar su uso a una fruta de exportación sino poder aplicarlo en otras frutas que también se desean exportar debido a la versatilidad de diseño y los parámetros de este.

La vida útil que presenta la máquina de aspersión es prolongada puesto que se usa materiales inoxidables que tiene excelentes propiedades, además de que su mantenimiento es sencillo y de fácil acceso ya que cada parte del sistema trabaja de manera independiente, una de las debilidades que presenta este equipo es la cantidad de tiempo que requiere para la colocación de la fruta de exportación ya que no permite colocarlas de cualquiera manera sino un arreglo específico; gracias a los diferentes equipos de trabajo presente se ha logrado crear un diseño realmente innovador y de grandes aplicaciones en la ingeniería probando una vez más la calidad de estudiantes que prepara esta prestigiosa institución.

4.1 Conclusiones

- Se pudo modelar por medio del software como sería el sistema de aspersión y secado de la fruta, lo cual muestra que el sistema, así como el diseño cumplen con todos los requisitos propuestos.
- El tanque de almacenamiento cumple satisfactoriamente con todos los requerimientos propuestos por el cliente, debido a las propiedades que posee el líquido protector.
- Las gavetas de naranjilla tienen la capacidad de ser adaptadas para cualquier tamaño dándole una holgura de trabajo aceptable, para que en un futuro se pueda colocar otra fruta de exportación.

- Se demostró que la cantidad de aspersiones colocadas en la naranjilla es suficiente para protegerlas de la proliferación de bacterias, ya que los valores establecidos se encontraron dentro del rango definido por el cliente.
- El tiempo que se coloca la aspersiones tiene un alto índice de eficiencia ya que logramos superar el valor de la producción por hora requerida; además los sensores que posee el sistema nos permiten calibrar cualquier tipo de tamaño de fruta ya que se lo calibra para que trabaje bajo cualquier circunstancia.
- El sistema de secado cumple con los requerimientos planteados además nos asegura la eliminación del agua para que queden solo los sedimentos de la fórmula que nos brindaran el cuidado necesario de la fruta.
- La bomba de succión, así como las válvulas colocadas para controlar el fluido hacen trabajar el sistema de manera óptima, puesto que no se requiere de altos niveles de presión y en base al diseño planteado cumplen con las especificaciones técnicas.
- El tiempo que demora el líquido en llegar a la temperatura deseada es relativamente pequeño en comparación con el volumen que se está calentando lo cual evidencia la buena homogeneidad que proporciona el sistema de agitación.
- El sistema de control tipo ON/OFF utilizado para el pH fue eficiente al igual que los experimentos realizados para determinar los parámetros de operación de las bombas ya que se logró mantener el pH dentro del rango establecido.
- Mediante el uso del software se pudo modelar el proceso de secado dándonos resultados favorables, además se tuvo como resultado que era más favorable extraer aire para que el secado sea más uniforme.
- Se logró un diseño óptimo con fácil manejo y con un mantenimiento de bajo costo lo que representa una inversión muy buena, puesto si se llegase a dañar algún elemento, se los encuentra en el mercado de manera sencilla.

4.2 Recomendaciones

- Si se desea tener un tanque de almacenamiento más grande para producciones mayores es necesario que se considere el modelo principal o en el caso de que parezca un sistema muy costoso existen otros tanques de almacenamiento relativamente económicos.

- Retirar con cuidado las rejillas separadoras para que no retiren el líquido protector de las naranjillas puesto que para el proceso de secado solo debe estar la gaveta y la fruta a secar.
- En el caso de que se desea cubrir la fruta en su totalidad para evitar el arreglo de estas, solo debería programarse para que el sistema de aspersion se accione cuando pase la gaveta y así se tiene una aspersion continua de todas las naranjillas de la gaveta.
- Se puede modelar otro sistema de secado con sensores que midan la temperatura de las frutas internamente para corroborar que no se está perjudicando la fruta.
- Se debe contar con un sistema de aire comprimido en la planta, ya que se debe purgar las boquillas una vez hayan sido utilizadas y de esta forma evitar la sedimentación del líquido protector.

BIBLIOGRAFÍA

Guía BPA para Naranjilla. (2014). Obtenido del Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad AGRO: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/NARANJILLA/GU%C3%8DA%20de%20BPA%20para%20NARANJILLA.pdf>

Incropera F.; DeWitt D. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Inglaterra: Prentice Hall.

Boquilla de Aspersión. (2018). Obtenido de ISPRAY: <http://www.ispray.com/application-coating>

Guía Técnica de Cultivo. (2000). Obtenido del Directorio de Instituciones de Comercio Exterior : http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.sica.gov.ec/ContentPages/15122431.pdf

Tesis de Sistema De Control Diseño Mecánico Biorreactor. (2018). Amaya, Aguilera y Ramirez Obtenido de DSPACE ESPOL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38970>

Fruta Fresca. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana Obtenida del Instituto Ecuatoriano de Normalización: <http://www.normalizacion.gob.ec/>

Fluido Viscoso en Tuberías. (2016). Fenómenos de Transporte obtenido de: http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-153.htm

Regímenes de Fluidos (2017). Mecánica de Fluidos USA Mc Graw Hills

Método de Lavado y Secado de Frutas (2017)

Carletti, E. (2007). *Motores paso . Características básicas*. Obtenido de Motores paso : http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm

J.V. Sengers; T. R. Watson . (1986). Thermal Properties of Water. En J. Sengers, & T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. New Jersey.

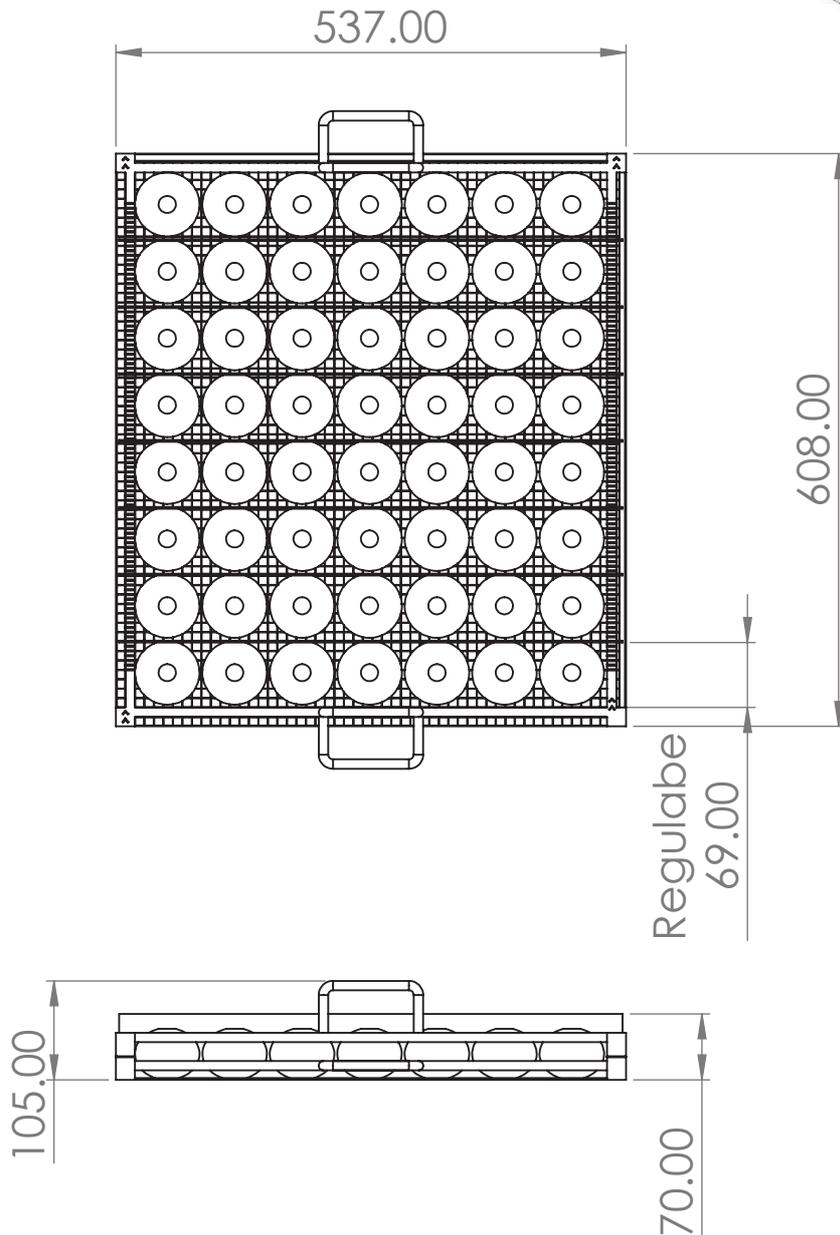
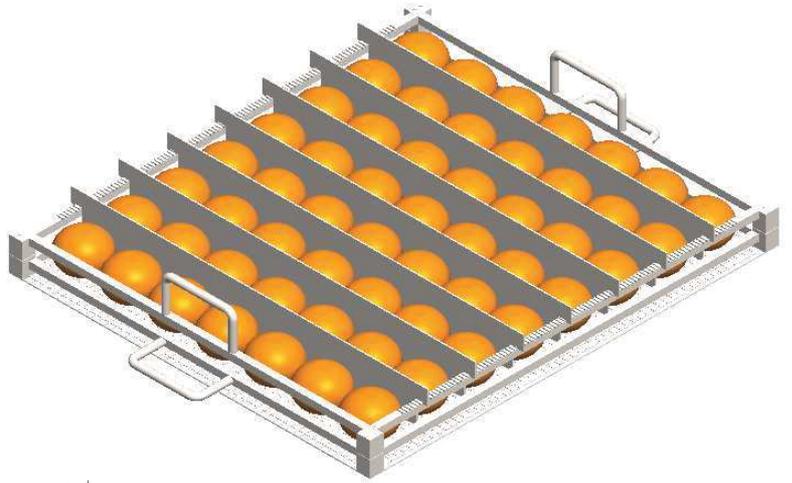
Collahuazo M., M. N. (22 de Septiembre de 2012). *Agitación en Fluidos Newtonianos*. Obtenido de SlideShare: <http://www.slideshare.net/MaryCollahuazo/fenomenos-agitacion>

NORTON, Robert, Diseño de Maquinas, 4ta, Edición Obtenida de: <http://es.slideshare.net/ElmerHernandez/diseo-de-maquinaria-norton-4-ed-espaol>

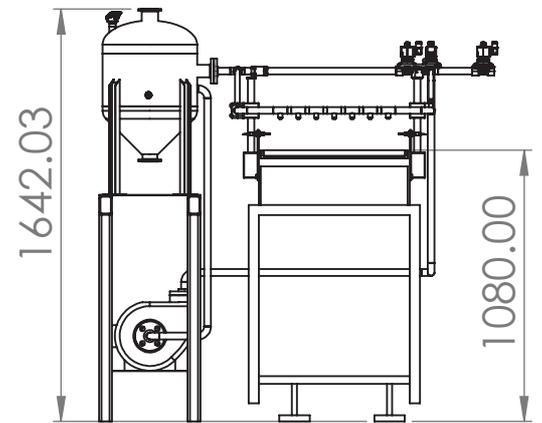
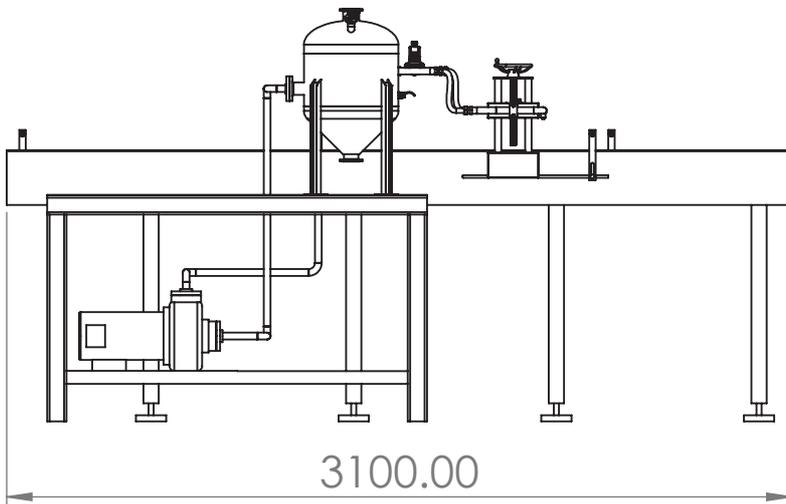
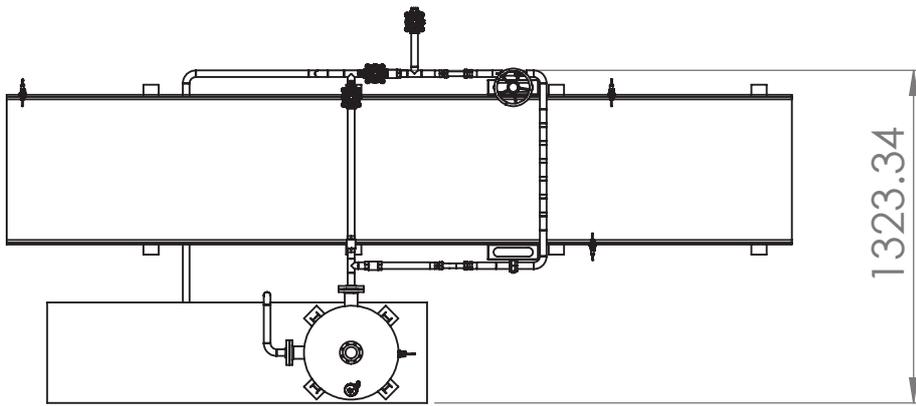
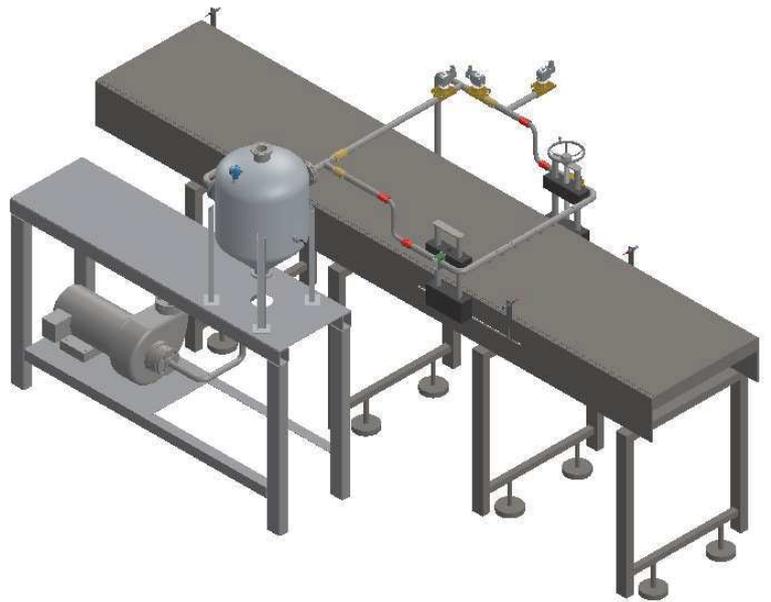
Tablas Termodinámica de Van Wylen. (2009). Obtenida de:
<https://s2wnvq.blu.livefilestore.com>

ANEXOS

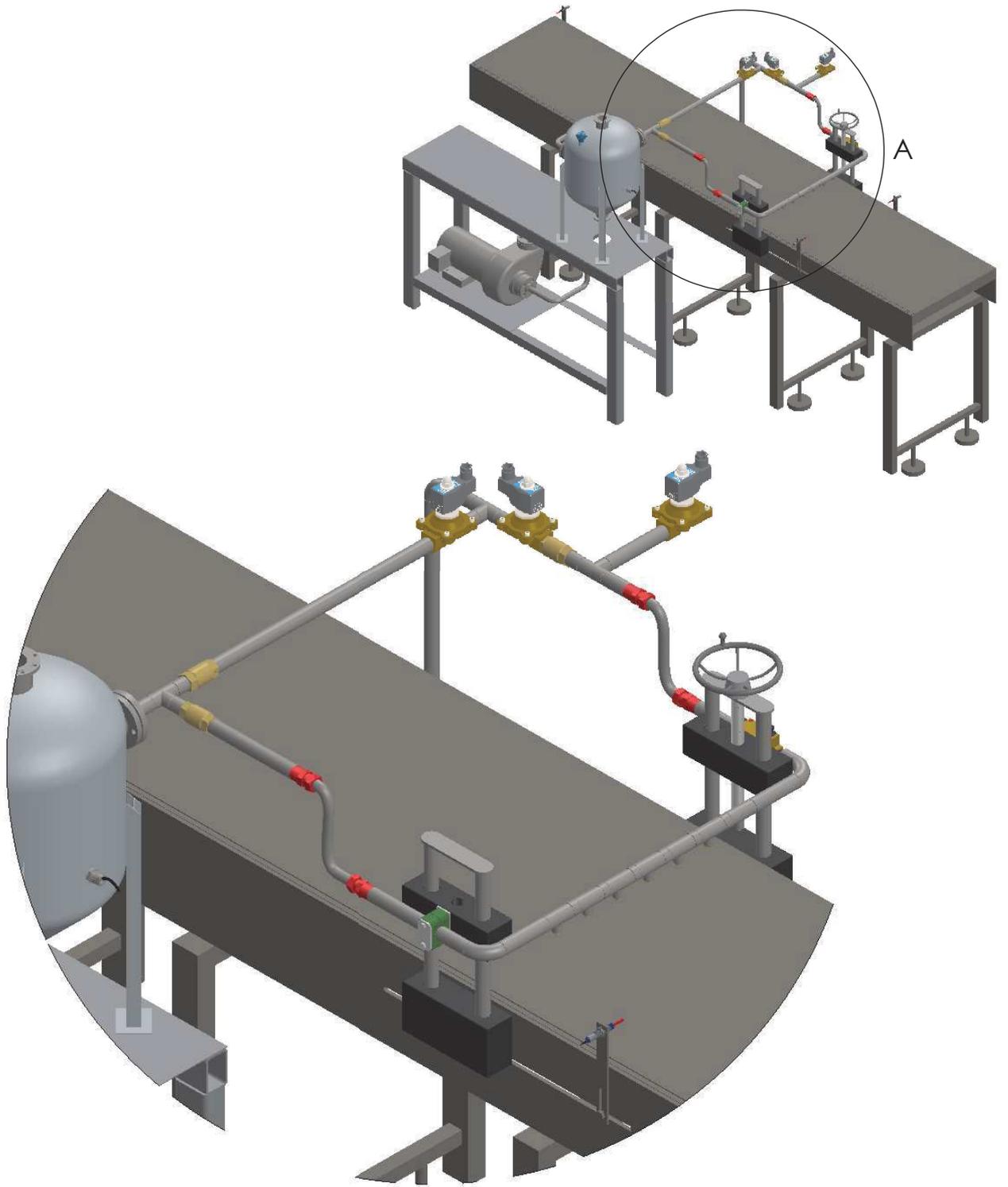
ANEXO A. Planos de Diseño del proceso para la aplicación de un recubrimiento biodegradable antimicrobiano para una fruta de exportación



				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L	
				1 mm	14 kg		
				Fecha	Nombre	Bandeja	Escala
			Dib.	D. Teran			
			Rev.				
				Apr.			
				ESPOL		Numero de Dibujo	Hoja
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Version)	1 de 7

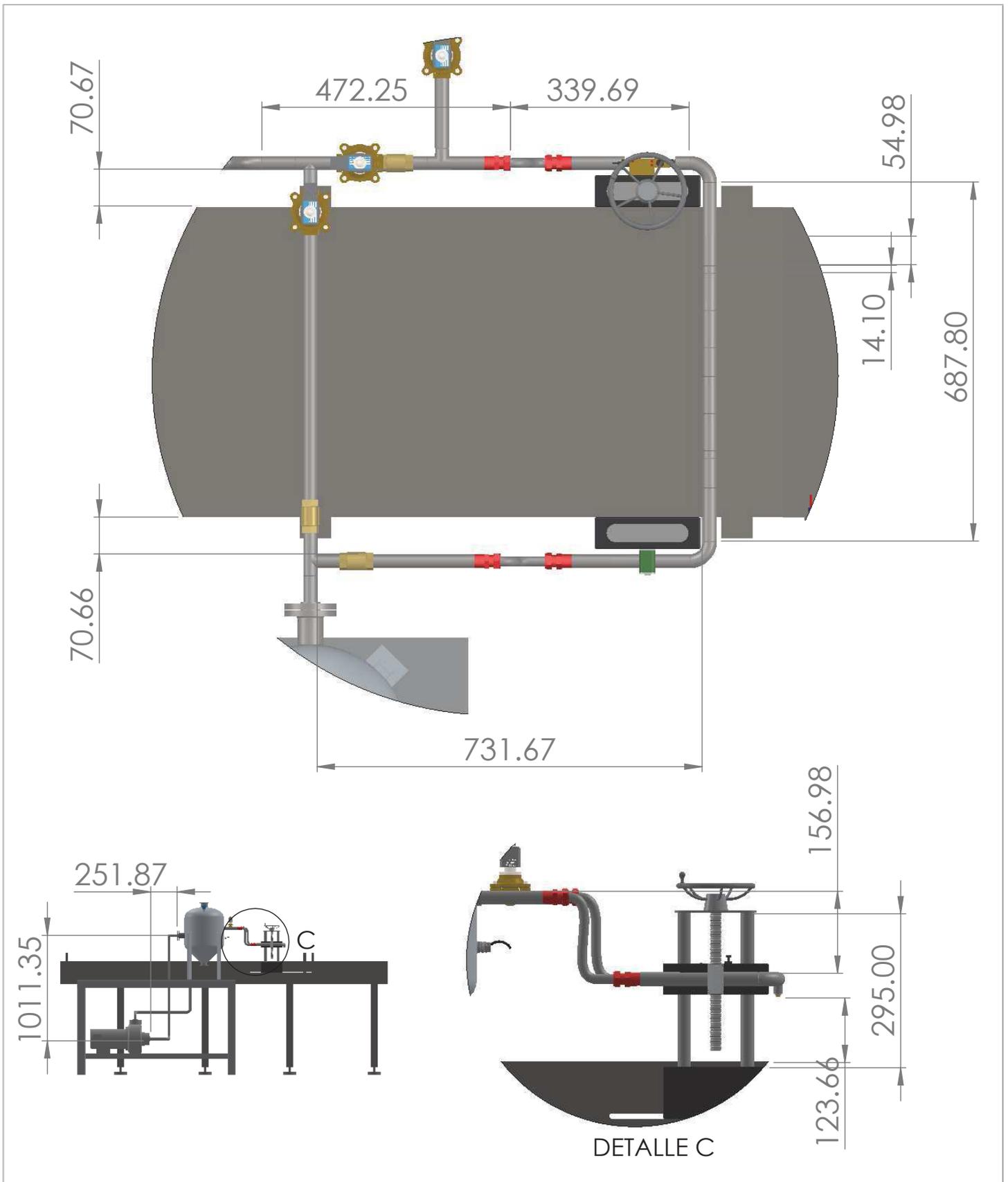


				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L		
						Apersor	Escala	
				Dib.	Fecha		Nombre	
				Rev.			D. Teran	
				Apr.				
				ESPOL			Hoja	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				2 de 7	

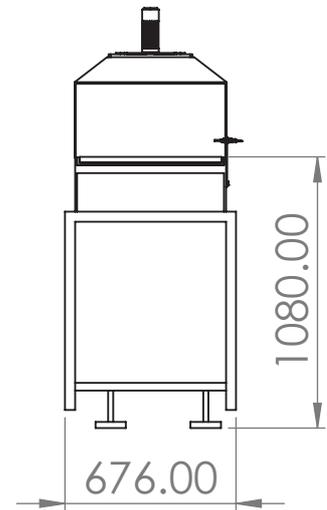
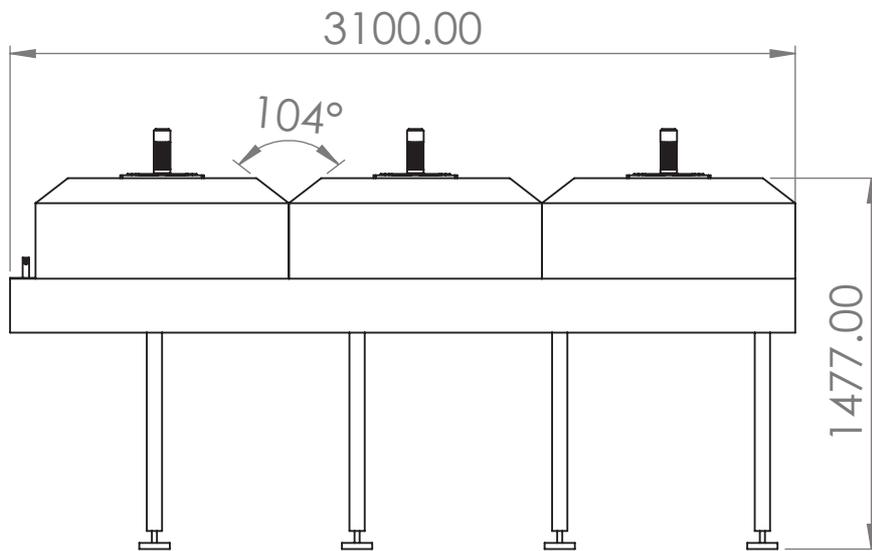
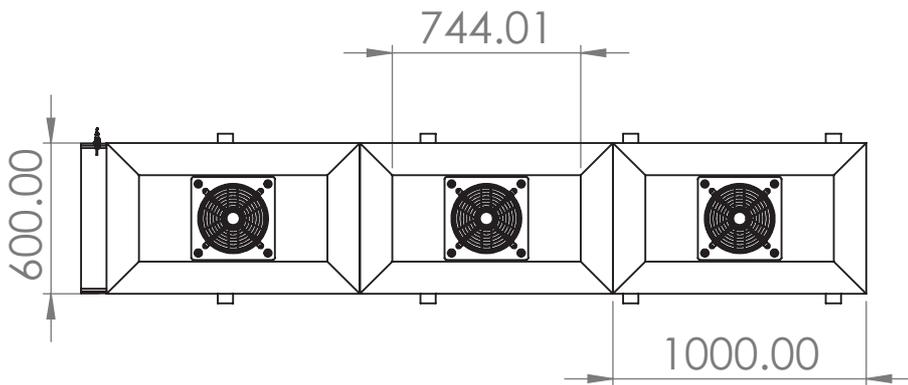
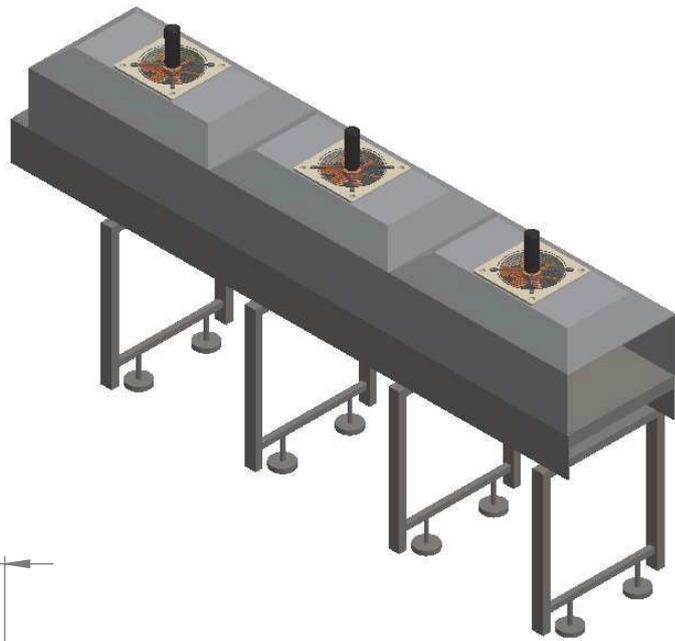


DETALLE A
ESCALA 1 : 10

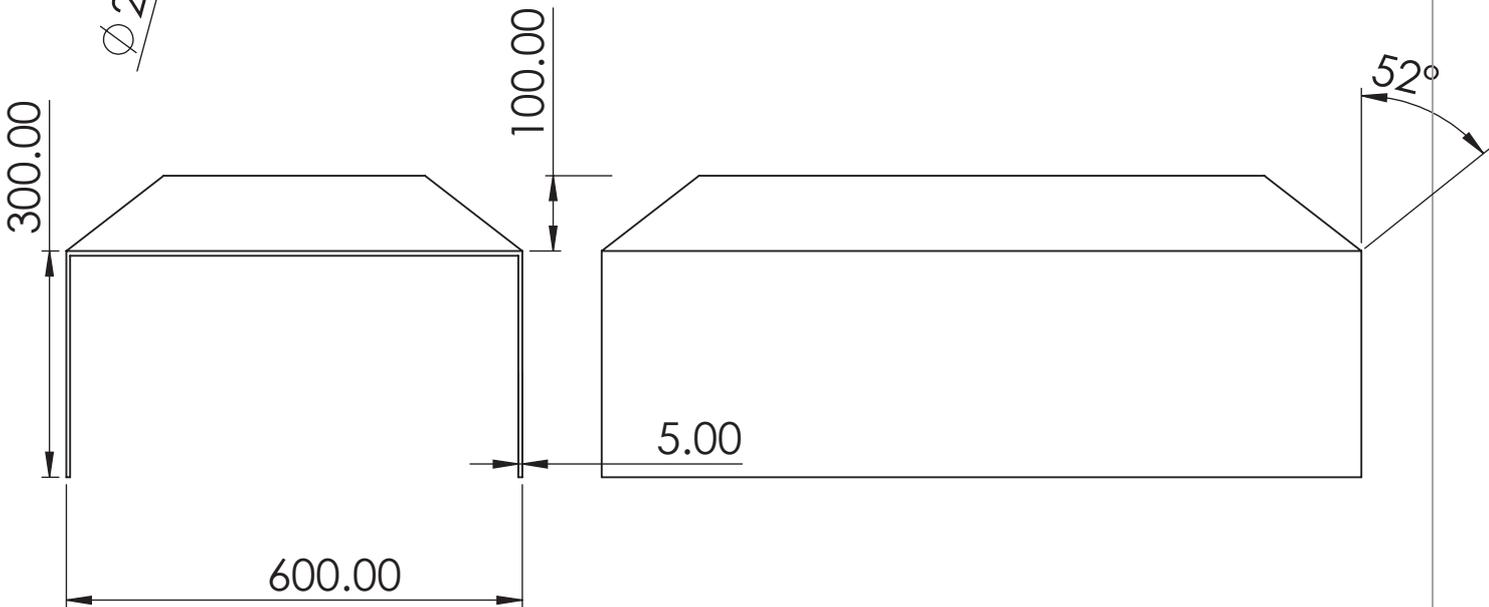
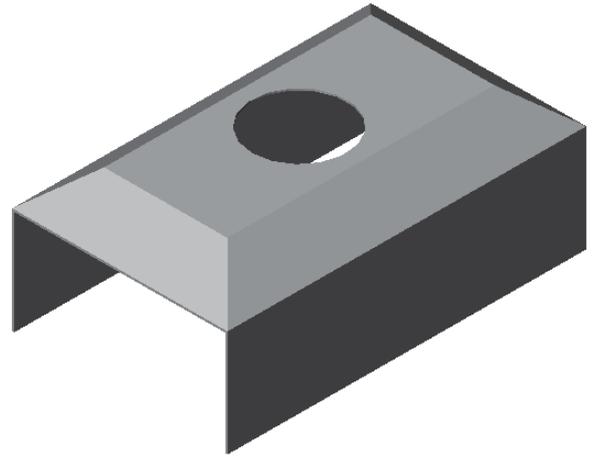
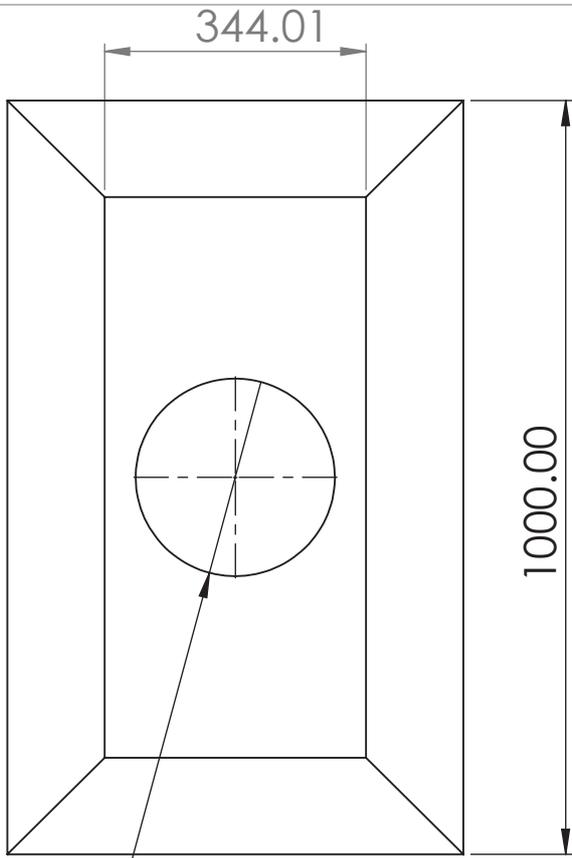
				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L	
						Boquillas	Escala
							Hoja
							3 de 7
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	ESPOL			



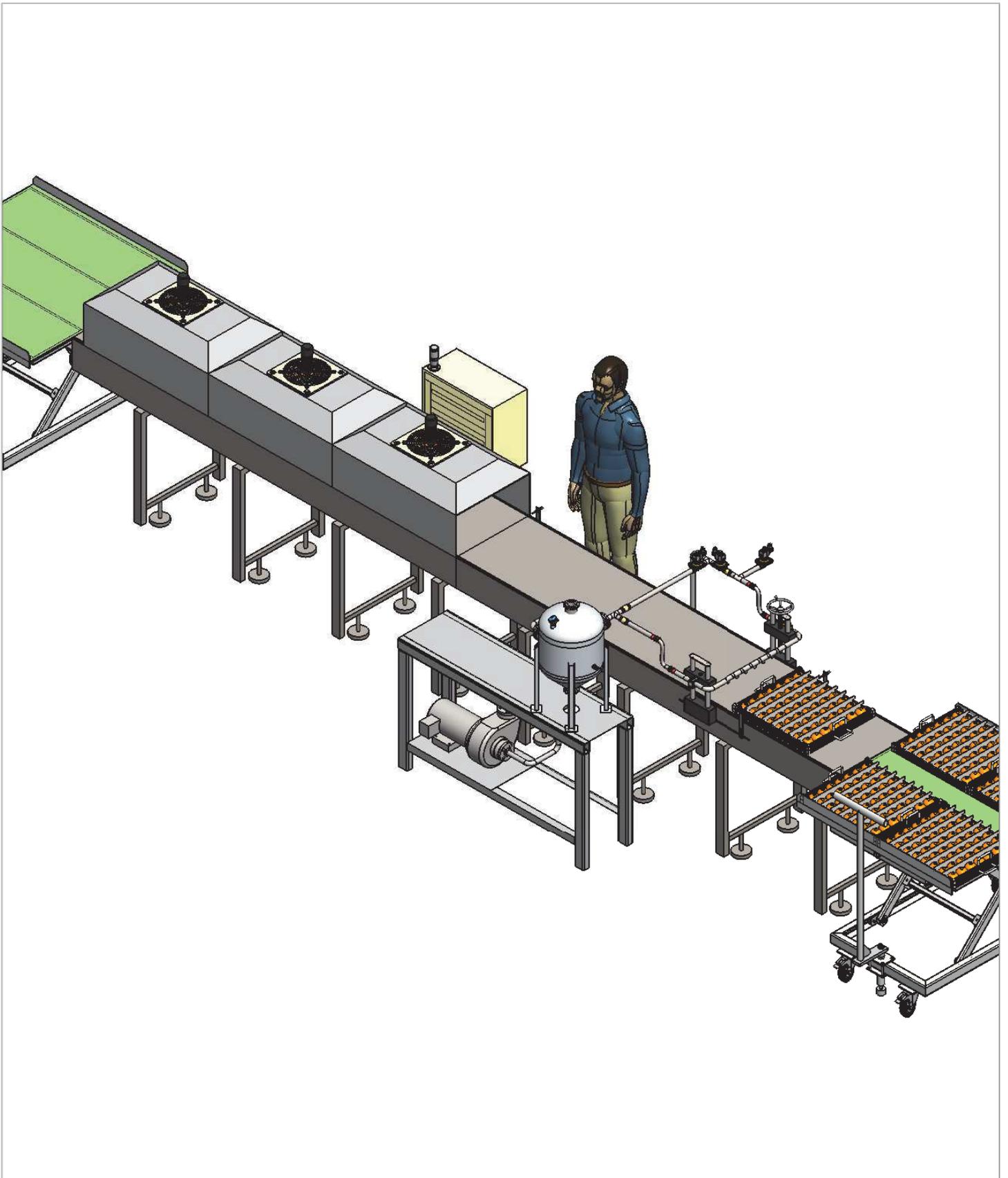
				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L	Escala
						Boquillas - 2	Hoja 4 de 7
				Fecha	Nombre		
				Dib.	D. Teran		
				Rev.			
				Apr.			
				ESPOL			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L	
						Secado	Escala
				Fecha	Nombre		
				Dib.	D. Teran		
				Rev.			
				Apr.			Hoja
				ESPOL			5 de 7
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L	
						Horno	
						Escala	
						Hoja	
						6 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	ESPOL			
				Fecha	Nombre		
				Dib.	D. Teran		
				Rev.			
				Apr.			



				Tolerancias	Peso	Acero AISI 316L	
					Fecha	Nombre	Sistema Completo
				Dib.		D. Teran	
				Rev.			
				Apr.			Escala
				ESPOL			Hoja
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				7 de 7