



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química

Trabajo final de Ingeniería en Alimentos

"Planta elaboradora de licuados de fruta"

Autores:

Avilés, Valeria María
Ledesma, María Julieta
Martorella, Jéssica Romina
Pasqualini, Luciano
Pereyra, Luciana

Tutores:

del Valle, Carlos
Juanes, Francisco

Diciembre 2002



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Nº INVENTARIO	11818
FECHA	18.11.2010

Agradecimientos

a nuestros tutores, Carlos del Valle y Francisco Juanes, por guiarnos en la realización de este proyecto.

a la ingeniera Ana Cantalupi, por su entera predisposición para atender nuestras consultas.

a nuestras familias, por su apoyo constante.

y a todos aquellos que aportaron su granito de arena para la realización de este proyecto...



Índice

	Página
▪ Agradecimientos.....	3
Cuerpo I	
▪ Introducción.....	15
▪ Capítulo I	
□ Diagrama de flujo.....	25
□ Diagrama tecnológico.....	35
□ Referencias del diagrama tecnológico.....	37
□ Distribución en planta.....	39
□ Referencias de la distribución en planta.....	41
□ Esquema de la distribución en planta.....	43
▪ Capítulo II “Línea principal de elaboración de licuados”	
□ Almacenamiento de fruta fresca.....	47
-Especificaciones de diseño.....	47
-Cámara de almacenamiento de kiwis y duraznos	48
-Cámara de almacenamiento de frutillas y frambuesas.....	49
-Equipo seleccionado para esta operación.....	49
□ Lavado de la fruta.....	51
□ Selección de la fruta.....	53
□ Pulpado de la fruta.....	55
-Triturador-desmenuzador de frutas.....	55
-Despulpador.....	55
-Tamizadora-refinadora.....	55
□ Mezclado de pulpa de fruta con ácido ascórbico.....	57
-Especificaciones de diseño.....	57

-Equipo seleccionado para esta operación.....	58
□ Almacenamiento de leche parcialmente descremada.....	61
-Especificaciones de diseño.....	61
-Equipo seleccionado para esta operación.....	61
□ Mezclado de leche con aditivos.....	63
-Especificaciones de diseño.....	64
-Estimación de la temperatura final del producto.....	65
-Equipos seleccionados para esta operación.....	67
□ Mezclado de leche y pulpa de fruta.....	69
-Especificaciones de diseño.....	69
-Tanque para la obtención del licuado con azúcar.....	69
-Tanque para la obtención de licuado con edulcorante no nutritivo.....	70
-Temperatura de salida del producto.....	70
-Sistema de control para esta operación.....	71
-Equipo seleccionado para esta operación.....	72
□ Esterilización del licuado.....	73
-Especificaciones de diseño.....	73
-Esterilizador.....	73
-Enfriador.....	74
-Resumen.....	75
-Equipo seleccionado para esta operación.....	76
□ Almacenamiento de licuado esterilizado.....	77
-Especificaciones de diseño.....	77
□ Envasado aséptico.....	79
-Equipo seleccionado para esta operación.....	79
□ Almacenamiento de producto final.....	81
■ Capítulo III: “Línea de congelado de pulpa de fruta”	
□ Pasteurización de la pulpa de fruta.....	87
-Especificaciones de diseño.....	87
-Pasteurizador de pulpa.....	88
-Enfriador de pulpa.....	89

-Equipo seleccionado para esta operación.....	90
□ Envasado de pulpa.....	93
-Equipo seleccionado para esta operación.....	93
□ Congelado de pulpa de fruta.....	95
-Especificaciones de diseño.....	95
-Tiempo de congelación.....	96
-Equipo seleccionado para esta operación.....	96
-Desmoldadora.....	97
□ Almacenamiento de la pulpa de fruta congelada.....	99
-Especificaciones de diseño.....	99
-Equipo seleccionado para esta operación.....	100
□ Sistema de descongelado de la pulpa de fruta.....	101
-Especificaciones de diseño.....	101
-Sistema de control para esta operación.....	102
-Equipo seleccionado para esta operación.....	103
-Tanque pulmón para pulpa de fruta.....	103
-Equipo seleccionado para esta operación.....	104
▪ Capítulo IV: “Estimaciones económicas”	
□ Cálculo de la inversión.....	107
-Inversión Fija.....	107
-Capital de trabajo e Inversión total.....	109
□ Costo total del producto.....	111
-Costos de fabricación.....	111
-Gastos generales.....	113
□ Rentabilidad.....	115
-Método de la TIR.....	115
-Tiempo de repago.....	115

Cuerpo II

▪ Diagrama de flujo.....	3
--------------------------	---

-Equipo seleccionado para esta operación.....	90
□ Envasado de pulpa.....	93
-Equipo seleccionado para esta operación.....	93
□ Congelado de pulpa de fruta.....	95
-Especificaciones de diseño.....	95
-Tiempo de congelación.....	96
-Equipo seleccionado para esta operación.....	96
-Desmoldadora.....	97
□ Almacenamiento de la pulpa de fruta congelada.....	99
-Especificaciones de diseño.....	99
-Equipo seleccionado para esta operación.....	100
□ Sistema de descongelado de la pulpa de fruta.....	101
-Especificaciones de diseño.....	101
-Sistema de control para esta operación.....	102
-Equipo seleccionado para esta operación.....	103
-Tanque pulmón para pulpa de fruta.....	103
-Equipo seleccionado para esta operación.....	104
▪ Capítulo IV: “Estimaciones económicas”	
□ Cálculo de la inversión.....	107
-Inversión Fija.....	107
-Capital de trabajo e Inversión total.....	109
□ Costo total del producto.....	111
-Costos de fabricación.....	111
-Gastos generales.....	113
□ Rentabilidad.....	115
-Método de la TIR.....	115
-Tiempo de repago.....	115
Cuerpo II	
▪ Diagrama de flujo.....	3

▪ Capítulo I: "Línea principal de elaboración de licuados"

□ Almacenamiento de fruta fresca.....	19
-Cámara de refrigeración de kiwis y duraznos frescos	20
-Cálculo de la potencia del equipo.....	22
-Cámara de refrigeración de frutillas y frambuesas frescas	28
-Cálculo de la potencia del equipo.....	29
□ Mezclado de pulpa de fruta con ácido ascórbico.....	33
-Dimensiones del tanque.....	34
-Potencia necesaria.....	35
-Tiempo de mezclado.....	36
-Requerimientos de nitrógeno.....	37
□ Almacenamiento de leche parcialmente descremada.....	41
-Dimensiones del tanque.....	41
-Potencia de agitación necesaria.....	41
□ Mezclado de leche con aditivos.....	45
-Diseño de los equipos.....	46
-Etapa 1.....	46
-Etapa 2.....	49
-Etapa 3.....	53
-Resumen.....	54
-Estimación de la temperatura final del producto.....	55
□ Mezclado de leche y pulpa de fruta.....	59
-Tanque para la obtención de licuado con azúcar.....	59
-Determinación de dimensiones geométricas y tipo de agitador.....	59
-Cálculo de la potencia de agitación.....	61
-Determinación del tiempo de mezclado.....	62
-Tanque para la obtención de licuado con edulcorante no nutritivo.....	63
-Estimación de la temperatura de salida del producto.....	64
-Sistema de control para esta operación.....	65
□ Esterilización del licuado.....	71
-Diseño del esterilizador.....	71

-Diseño del enfriador.....	82
-Resumen.....	85
□ Almacenamiento de licuado esterilizado.....	89
-Diseño del tanque.....	89
□ Almacenamiento del producto final.....	93
□	
▪ Capítulo II: “Línea de congelado de pulpa de fruta”	
□ Pasteurización de la pulpa de fruta.....	103
-Diseño del pasteurizador de pulpa.....	104
-Diseño del enfriador de pulpa.....	112
-Resumen.....	119
□ Congelado de la pulpa de fruta.....	123
-Diseño del congelador de placas.....	124
-Determinación del tiempo de congelación.....	125
□ Almacenamiento de la pulpa de fruta congelada.....	131
-Determinación de las dimensiones de la cámara.....	131
-Cálculo de la potencia necesaria del equipo.....	135
□ Sistema de descongelado de la pulpa de fruta.....	141
-Cálculo del tiempo requerido para la descongelación.....	142
-Características del sistema de descongelado.....	146
-Sistema de control para la operación.....	148
-Tanque pulmón para pulpa de fruta.....	150
▪ Capítulo III: “Estimaciones económicas”	
□ Cálculo de la Inversión.....	157
-Cálculo de la Inversión fija.....	157
-Cálculo del capital de trabajo e Inversión total.....	163
□ Estimación del costo total del producto.....	165
-Costos de fabricación.....	166
-Gastos generales.....	169

□ Estimación de la rentabilidad.....	175
-Cálculo de la rentabilidad por el método de la TIR.....	176
-Tiempo de repago.....	178
▪ Capítulo IV: “Trámites necesarios para producir y comercializar alimentos”	
□ Trámites necesarios para producir y comercializar alimentos.....	183
-Habilitación e inscripción del establecimiento.....	183
-Obtención del Registro Provincial de producto alimenticio (R.P.P.A).....	186
-Aprobación de envases.....	187
-Registro de una marca de fantasía.....	187
-Rotulación del alimento envasado.....	187
-Obtención del código de barras.....	188
-Categorización de la empresa.....	188
-Certificación de Aptitud Ambiental.....	193
▪ Capítulo V: “Implementación de un sistema H.A.C.C.P. para la elaboración de licuados de fruta”	
□ Implementación de un sistema H.A.C.C.P. para la elaboración de licuados de fruta.....	199
-Introducción.....	199
-Descripción del producto.....	201
-Elaboración de un diagrama de flujo.....	202
-Análisis de peligros.....	204
-Determinación de puntos críticos de control.....	206
-Límites críticos, sistemas de monitoreo y acciones correctivas.....	207
-Sistema de documentación.....	211
▪ Capítulo VI: “Tratamiento de efluentes y residuos sólidos”	
□ Reglamentación para el tratamiento de efluentes.....	215

-Informe de evaluación de riesgos y manual de gestión de residuos.....	216
-Informe de evaluación de riesgos.....	216
-Manual de gestión de residuos y de materias primas e insumos.....	218
□ Tratamiento de efluentes y residuos sólidos.....	219
-Fuentes y caracterización de los residuos líquidos.....	219
-Fuentes y caracterización de los residuos sólidos.....	219
-Principales impactos ambientales generados por la planta.....	220
-Prevención de la contaminación.....	220
-Métodos para el control de la contaminación.....	221
-Tratamiento y disposición de los residuos sólidos.....	222
-Resumen.....	222
▪ Anexo	
□ Sección : Estimación de propiedades de la pulpa y licuados de fruta.....	227
□ Sección: Cálculo del tiempo de enfriamiento de la fruta.....	229
□ Sección: Cálculo del requerimiento de ácido ascórbico.....	233
□ Sección: Caracterización reológica de las pulpas de fruta y licuados.....	235
□ Sección: Estimación de propiedades de la leche.....	241
□ Sección : Envases.....	243
□ Sección: Mano de obra.....	245
□ Sección: Servicios.....	249

Cuerpo III

- Cotizaciones y catálogos
- Tablas, gráficos y formularios

Cuerpo I

Introducción

La industria láctea argentina ha experimentado un importante desarrollo desde la década del noventa hasta la actualidad. Esto ha permitido que grandes y pequeñas empresas se consoliden, poniendo énfasis en perfeccionar la calidad de producción, diversificar sus productos y aumentar su valor agregado para ganar un porcentaje mayor de consumidores.

El consumo de productos lácteos a nivel mundial sigue una tendencia orientada hacia productos naturales y frescos, quesos untables y blandos, leches fluidas (especialmente UAT) y “funcionales” con agregado de calcio o bacterias específicas, concentrados proteicos, etc¹.

Hoy en día existe una gran diversidad de alimentos lácteos, sin embargo, aún quedan muchos productos a base de leche que pueden desarrollarse para satisfacer las necesidades de los consumidores.

Por las razones expuestas se decidió diseñar una planta elaboradora de licuados de fruta a base de leche. Éstos son alimentos naturales, con propiedades beneficiosas para la salud del consumidor y que pueden orientarse hacia un amplio sector de la población.

El hecho de contener fruta le da al licuado una importante ventaja. La misma no sólo hace que un alimento se vea mejor y tenga mejor sabor sino que además hace sentir bien al consumidor acerca de lo que está ingiriendo. Actualmente, cada vez es mayor la cantidad de personas que eligen alimentos por estar hechos con frutas y/o vegetales². Otro aspecto beneficioso desde el punto de vista de la inserción y comercialización del producto es que el licuado es un alimento conocido en todo estrato social, que se consume en forma casera, por lo que no sería necesario incorporarlo como algo desconocido sino, poner énfasis en promocionar sus ventajas nutricionales y la facilidad de adquirirlo “listo para beber”.

Los licuados representan un producto con alto valor nutritivo ya que aportan los nutrientes de la fruta y los de la leche. Es conocida la importancia que se le atribuye al consumo de jugos pulposos y frutas en general. Estos productos poseen fibras vegetales beneficiosas al tránsito intestinal para eliminar sustancias indeseables³, alto valor energético debido a sus azúcares muy asimilables y una proporción equilibrada respecto a las dosis de cada componente (proteínas, vitaminas, sales minerales, etc.). El consumo de frutas provoca una mayor eliminación de ácido úrico y favorece la digestión ya que estimula la secreción de jugos gástricos⁴. Por otro lado, la leche cubre un alto porcentaje de los requerimientos diarios de calcio, proteínas y vitaminas (A, D). A su vez se recomienda ingerir lácteos descremados

por su menor proporción en grasas saturadas y en consecuencia su menor implicancia en enfermedades cardiovasculares e hiperlipidemias (colesterol), entre otras.

En la Argentina no existe producción de licuados a escala industrial. Hay productos similares como los yogures licuados con frutas de La Serenísima, Sancor, Parmalat; o las leches con sabor a naranja, manzana, frutilla, etc, las cuales no contienen pulpa de fruta. Se obtuvo información de que la empresa Milkaut lanzó al mercado en el año 2.000 un producto a base de leche parcialmente descremada, azúcar, pulpa de banana, carragenina y saborizantes⁵, sin embargo dicho producto no se está comercializando actualmente en Mar del Plata.

Definición del producto

Se decidió que el licuado de frutas frescas a base de leche estará compuesto por:

- Pulpa de fruta fresca.
- Leche parcialmente descremada (1,5% de materia grasa).
- Azúcar o edulcorante no nutritivo, según el grupo poblacional al que se apunte.
- Pectina cítrica
- Ácido ascórbico
- Otros aditivos (colorantes, reguladores de pH, etc.)

Las proporciones de los componentes y posibles aditivos a agregar se determinaron mediante pruebas experimentales e investigación bibliográfica.

En el Código Alimentario Argentino⁶ (C.A.A.) no está definido el producto como tal, pero sí se establecen los requisitos que deben cumplir la leche y la pulpa y jugo de fruta. En los artículos 555, 558, 559, 559 bis, 559 tris, 562 están fijadas las condiciones que debe cumplir la leche parcialmente descremada pasteurizada. Éstas serán evaluadas al momento de la recepción de la misma.

Cabe mencionar que la denominación de pulpa usada corresponde a lo que el C.A.A. llama pulpa y jugo de fruta definido en el artículo 1.051.

Debe hacerse mención del artículo 3° del C.A.A. que se refiere a todos aquellos productos alimenticios que no están expresamente definidos en el mismo y que, sin embargo, pueden ser aprobados mediante este artículo siempre y cuando no contravengan ninguna norma de la referida publicación.

Materias primas e insumos

Para la elaboración del producto se requerirán las siguientes materias primas e insumos:

- Frutas frescas: durazno, kiwi, frutilla y frambuesa.
- Leche parcialmente descremada pasteurizada
- Azúcar
- Edulcorantes no nutritivos
- Pectina cítrica
- Ácido ascórbico
- Otros aditivos



Localización de la planta

Para la localización de la planta se eligió la ciudad de Mar del Plata. Esta ciudad es un punto estratégico en cuanto a turismo y cercanía de proveedores. Posee una producción fruti-hortícola importante y forma parte de las principales cuencas lecheras de la región, lo cual facilita el aprovisionamiento de las materias primas y permite relaciones fluidas proveedor-productor.

Capacidad de producción

Considerando el contexto económico del país, no se justifica emprender un proyecto a gran escala, sino que resulta conveniente la instalación de una fábrica artesanal. Debe entenderse por artesanal a una industria de bajo volumen de producción sin que esto implique una producción carente de tecnología. Por lo tanto se diseñará una planta artesanal cuya capacidad de producción será de 1.000 litros diarios de licuado. Para decidir el volumen de producción se tomó como base el consumo anual per cápita de yogur en el país (producto considerado de competencia directa) y se apuntó a restar un 15% de ese consumo y transferirlo al nuevo producto en el mercado marplatense.

El producto está dirigido a niños, adolescentes, jóvenes y adultos. Estos consumidores tendrán la opción de adquirirlo con agregado de azúcar o edulcorante no nutritivo según su preferencia.

Aprovisionamiento de materias primas

Para la elaboración del licuado se adquirirá la leche parcialmente descremada, homogeneizada, pasteurizada, ya que el volumen de producción propuesto no justifica el procesado de leche desde el tambo. Ésta será almacenada en un tanque refrigerado hasta el momento de su uso.

La fruta fresca se adquirirá principalmente de productores pertenecientes al partido de General Pueyrredón (Mar del Plata, Batán, El Coyunco, etc). Las frutas elegidas se cosechan durante gran parte del año, aunque existe estacionalidad. Para asegurar una producción de toda la línea de productos será necesario comprar la fruta en los meses de mayor oferta, procesarla y almacenar la pulpa congelada.

Etapas del proceso y alternativas tecnológicas

Considerando el nivel competitivo de los mercados, es fundamental incorporar tecnología que permita el máximo aprovechamiento posible de los insumos y logre un alto rendimiento. El proceso de producción debe ser bien planificado dado que de ello dependen los rendimientos, costos y calidad final del producto que se obtenga. Con este objetivo se desarrollan en detalle las etapas del proceso, identificando y analizando sus principales variables.

En términos generales la obtención de la pulpa de fruta se realiza de la siguiente manera:

1. Recepción y almacenamiento de la materia prima.
2. Lavado: eliminación de sustancias diversas que contaminan al alimento, dejando su superficie en condiciones adecuadas para su tratamiento posterior.
3. Selección: separación de la materia prima afectada por podredumbre y otros defectos.
4. Pelado: eliminación del material no comestible.
5. Descarozado.
6. Triturado o molienda: obtención de la pulpa.

7. Inactivación enzimática: desactivación de oxidasas y pectinasas.
8. Enfriado y congelado: conservación de la pulpa.

Según la fruta a procesar podrán omitirse algunos de los pasos antes mencionados.

Al recibir la fruta se deberá tener un control adecuado para asegurar la calidad de la misma. En el caso de que la fruta no sea procesada en forma inmediata será almacenada en una cámara frigorífica a su temperatura y humedad relativa óptima, las cuales variarán dependiendo del tipo de fruta.

El lavado de las frutas se realizará por métodos húmedos. De acuerdo a la fruta a tratar se podrá emplear uno o varios de los siguientes métodos: lavado por inmersión, por aspersión y/o cepillado utilizando para ello agua clorinada. Para esta operación se seleccionó un equipo de lavado por inmersión que se utilizará para tratar las cuatro variedades de fruta.

La selección será realizada en forma manual en una cinta transportadora de rodillos.

Para algunas frutas será necesario extraer las hojas y el pedúnculo, pudiendo realizarse de forma manual o mecánica.

En cuanto a la etapa de pelado, las opciones varían según la fruta a tratar. Los duraznos pueden pelarse a) a mano, b) con agua hirviendo o vapor, c) con álcalis, d) pelado cáustico en seco con calor infrarrojo y e) con ácidos⁷. Los kiwis pueden pelarse con los métodos a), c) y e) mencionados para el durazno y también por abrasión y pelado a cuchillo. Los métodos que emplean ácidos o álcalis están dejándose de usar debido a la necesidad de tratar el efluente que generan. La opción más conveniente es el pelado con vapor. Las ventajas de este método son: un bajo consumo en agua, escasas pérdidas de peso en el producto y un buen aspecto de los alimentos tratados.

La máquina que se utilice para el descarozado no debe lesionar el carozo, sino liberarlo de la pulpa. Existen máquinas de rodillo que hacen este trabajo por aplastamiento que pueden ser empleadas en muchas frutas⁴.

El triturado se hará mecánicamente. Para esta operación se seleccionó una línea de equipos que permite la obtención de la pulpa sin necesidad de pelarla, quitarle el pedúnculo y/o carozo. Por esta razón se prescindirá de una máquina peladora y de una descarozadora.

Luego de la trituración la pulpa será almacenada en un tanque pulmón. Para prevenir la oxidación de la pulpa se puede aplicar vacío en el tanque o trabajar en una atmósfera reducida en oxígeno inyectando nitrógeno. Este método puede realizarse por barrido del

oxígeno, o primero aplicando vacío y luego inyectando nitrógeno. La aplicación de vacío se descarta por su elevado costo. Se decidió trabajar bajo atmósfera modificada por barrido del oxígeno con nitrógeno.

Luego de esta operación, parte de la pulpa será destinada para la elaboración del licuado y otra parte será sometida a una inactivación enzimática y congelada para luego ser procesada en los meses que no se dispone de fruta fresca.

La inactivación enzimática se puede llevar a cabo mediante tratamientos térmicos o métodos no térmicos. En el tratamiento calórico el tiempo y la temperatura será variable para cada fruta. El proceso puede realizarse con un equipo que disponga vapor directo inicial e indirecto posteriormente, o bien, un circuito cerrado en un intercambiador de calor. En ambos casos será efectuado en el menor tiempo posible hasta lograr 90° C aproximadamente³. Los intercambiadores de calor, en especial para pasteurizar la pulpa, son particularmente efectivos, económicos e higiénicos. Debido al reducido tiempo de exposición al calor afectan muy poco las características organolépticas de la fruta. Los hay tubulares o de placas, y es aconsejable el acoplamiento de una zona de enfriamiento a la salida del mismo⁴.

Dentro de los métodos no térmicos más conocidos se encuentran: irradiación y altas presiones. Estas técnicas están en procesos de desarrollo en Estados Unidos y Japón, por lo que su implementación puede resultar costosa teniendo en cuenta la envergadura de este proyecto⁸.

De las alternativas mencionadas para la pasteurización de la pulpa se optó por la utilización de un intercambiador de calor de superficie raspada.

La congelación de la pulpa de fruta se puede realizar en congeladores lentos, que incluyen las cámaras de congelación y los almacenes de mantenimiento de congelación; congeladores semi-rápidos, entre éstos están los túneles de aire forzado y los congeladores de placas; congeladores rápidos, que corresponden a los congeladores de lecho fluidizado y finalmente los congeladores ultra-rápidos que corresponden a los congeladores criogénicos. Se optó por envasar la pulpa en bolsas de polietileno y realizar el congelamiento en un congelador de placas. De esta manera se evita la formación de cristales de hielo grandes que pueden provocar daños en las células alterando la calidad del producto.

La pulpa congelada será almacenada en una cámara a -18°C. La descongelación de la misma se hará por inmersión de las bolsas en agua a 10°C.

La pulpa, proveniente de la trituradora o del descongelado según corresponda, se mezclará con la leche y aditivos. Existen dos opciones para este proceso. Una de ellas consiste en inyectar la pulpa de fruta a una línea por donde circule leche. La otra alternativa se basa en utilizar un tanque agitado de mezclado con dos alimentaciones: la leche pasteurizada refrigerada y la pulpa. El contacto entre ellas debe ser rápido⁹. Para esta etapa se seleccionó la última opción.

Luego del mezclado debe realizarse un tratamiento térmico de esterilización para prolongar la vida útil del producto y garantizar su inocuidad. El mismo se llevará a cabo en un intercambiador de placas. Para evaluar el comportamiento del producto luego de dicho tratamiento y frente al agregado de los demás ingredientes se realizaron ensayos de laboratorio.

El proceso finaliza con el envasado aséptico del producto en envases de 1.000 y 250 cm³ de cartón laminado y su posterior almacenamiento en un depósito de producto terminado.

Factores de éxito del proyecto

El proyecto cuenta con varios aspectos positivos que pueden ayudar a que éste sea puesto en marcha. Uno de ellos es la industrialización de un producto de gran aceptación que hasta el momento sólo se consume en forma casera o en el ámbito gastronómico. Además se elaborarán sabores no tradicionales que diferencian al producto y pueden captar el interés del consumidor. A esto se suma el hecho que el producto podrá adquirirse durante todo el año. Por último el proyecto puede ser beneficioso para productores fruti-hortícolas de la zona ya que podrán vender frutas que actualmente no logran introducir en el mercado. El procesamiento de las frutas crea la categoría de fruta para industria. Cabe citar el ejemplo de la papa en nuestra zona. Hasta la llegada de industrias de procesamiento del tubérculo los productores no contaban con otra salida de su producción que no fuera el mercado fresco. Esta posibilidad le ofrece al productor frutícola otra opción y hasta lo puede incentivar para participar del proyecto que se presenta, ya sea en forma indirecta, proveyendo la materia prima, o en forma directa con participación societaria en el mismo.

Bibliografía

1. Anónimo. www.sagpya.mecon.gov.ar/03/lacteos/01_productos/lacteos/lacteos_02.htm.
2. A. Elizabeth Sloan. Fruti Frenzy. Food technology. Vol 55 N° 12, 14, 2001.
3. Ing. agr. Bonino, F.A; ing. agr. Mei, A.O; ing. agr. Bonino, R.F; ing. agr. Aranda, D.E. Elaboración de jugos, pulpas y concentrado de frutas y hortalizas mediante nuevo procedimiento. Patente CITEF.INTI. Congreso mundial de tecnología de alimentos, Buenos Aires, Argentina, 1984.
4. Ing. Agr. Mei, A.O. Pulpas, cremas, pulpas concentradas y néctares de durazno 2^{da} parte. Instituto de ciencia y tecnología de alimentos (I.C.T.A). Facultad de ciencias agrarias.
5. Nuevos lanzamientos. Alimentos Procesados. Vol 19, N° 12, 18., 2000.
6. Desrosier, N.W. Elementos de tecnología en alimentos. Compañía editorial Continental S.A. México, 1998.
7. Felllows, P. Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, 1994
8. Código Alimentario Argentino. Edición 2001.
9. Cantalupi, A.M. Fac. de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Comunicación personal.

Capítulo I

Diagrama de flujo

(Ver Cuerpo II, página 3)

Para poder determinar las cantidades de materia prima a utilizar y las proporciones de cada aditivo a agregar se tuvieron en cuenta la estacionalidad de las frutas y los costos promedio de cada una. En función de estas dos características se decidió el porcentaje a procesar de cada fruta.

Debido a que el durazno y la frutilla son las frutas más económicas y los gustos más tradicionales se fijó un porcentaje a procesar de 35% del total de la producción anual de licuado para cada una de estas frutas. Para el kiwi y la frambuesa la producción será un 15% de la total.

La planta funcionará 8 horas por día, 6 días por semana. Considerando un año laborable de 300 días y los porcentajes a procesar de cada fruta se obtuvo que se elaborarán aproximadamente 105 días al año licuado de durazno, 105 días licuado de frutilla, 45 días licuado de kiwi y 45 días licuado de frambuesa.

Por cuestiones de practicidad y de limpieza de los equipos se va a procesar una fruta distinta cada día, por lo cual se trabajará 2 días a la semana en la elaboración de licuado de durazno, 2 días en licuado de frutilla, 1 día en licuado de frambuesa y 1 día en licuado de kiwi. La producción diaria de licuado será de 1.000 l de los cuales 600 l corresponden a licuado con azúcar y 400 l, a licuado con edulcorante no nutritivo.

Debido a la estacionalidad fue necesario considerar que durante los meses en los cuales haya oferta de fruta se deberá procesar más cantidad de fruta para cubrir el faltante de los meses en donde no pueda comprarse. La producción de licuados por día será la misma (1.000 litros) pero una parte de la pulpa elaborada será pasteurizada y se mantendrá en una cámara a una temperatura inferior a 0°C. Cuando se utilice pulpa congelada para elaborar licuado será necesario aumentar su temperatura hasta temperaturas de refrigeración para lo cual las bolsas de pulpa congelada serán sumergidas en agua a 10°C. Una vez descongelada, la pulpa podrá mezclarse con la leche y aditivos de la misma manera que la pulpa sin congelar.

La pulpa será aditivada con ácido ascórbico (a la pulpa de kiwi no se le agregará ácido ascórbico ya que la fruta posee naturalmente una cantidad suficiente). La cantidad de ácido ascórbico que se agregará es del 0,11% p/p

El balance de masa para la etapa de mezclado de la leche con la pulpa, azúcar y pectina es:

$$m_{\text{licuado}} = m_{\text{azúcar/edulcorante no nutritivo}} + m_{\text{pectina}} + m_{\text{leche}} + m_{\text{pulpa}}$$

A partir de los balances de masa se calcularon las cantidades de leche y pulpa de fruta necesarias. La cantidad de fruta requerida para obtener la masa de pulpa calculada se determinó teniendo en cuenta porcentajes de pérdidas determinados experimentalmente.

Como ya se ha mencionado, durante la época de oferta de las frutas se procesará una cantidad mayor que la requerida para elaborar los 1.000 litros diarios de licuado. La cantidad total de fruta que debería procesarse diariamente en dicha época es la siguiente:

Durazno: durante 44 días se procesarán 59.850 Kg de fruta, es decir, 1.360 Kg durazno/día.

Kiwi: durante 22 días se utilizarán 19.360 Kg, es decir 880 Kg de kiwi/ día .

Frutilla: los 51.450 Kg de fruta se procesarán en 44 días por lo que diariamente se utilizará 1.170 Kg de frutilla.

Frambuesa: los 22.770 Kg de fruta se procesarán en 22 días, es decir que por día se utilizarán 1.035 Kg de frambuesa.

A continuación se presentan los diagramas de flujo para la elaboración de los licuados. Dichos diagramas corresponden a la época del año en donde parte de la pulpa de fruta de utiliza para elaborar el producto y otra parte se congela.

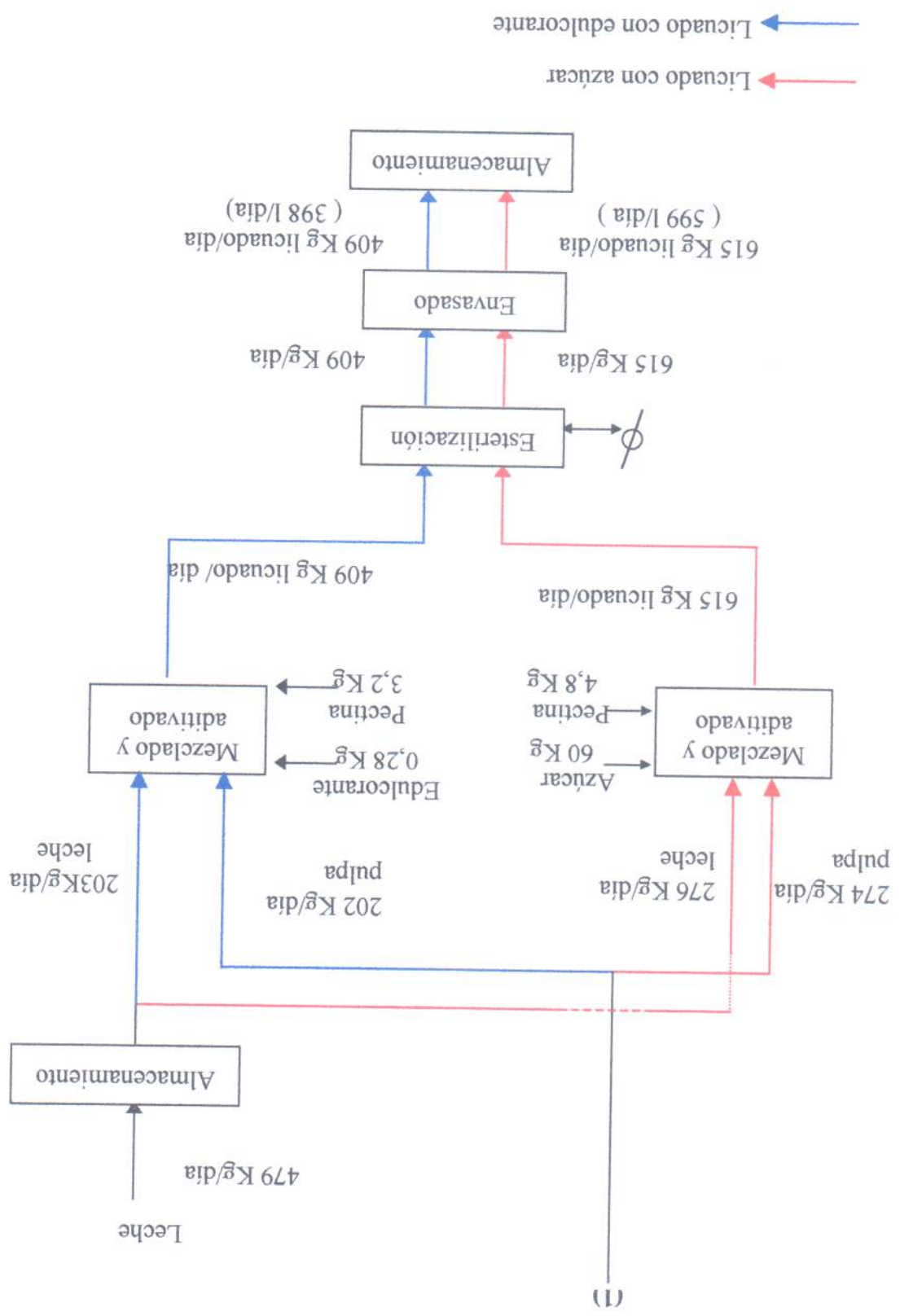


Diagrama de flujo para obtención de licuado de frambuesa

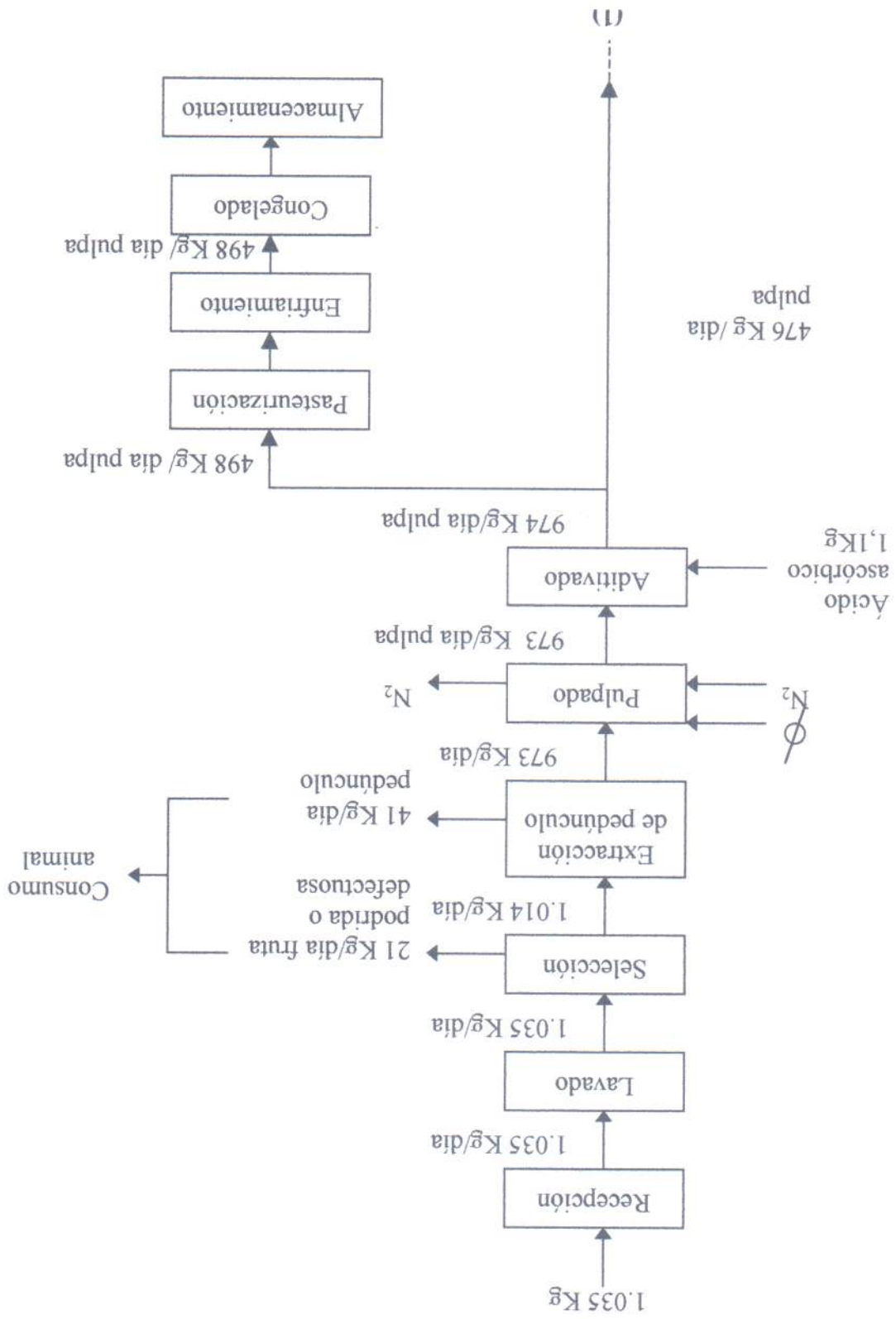
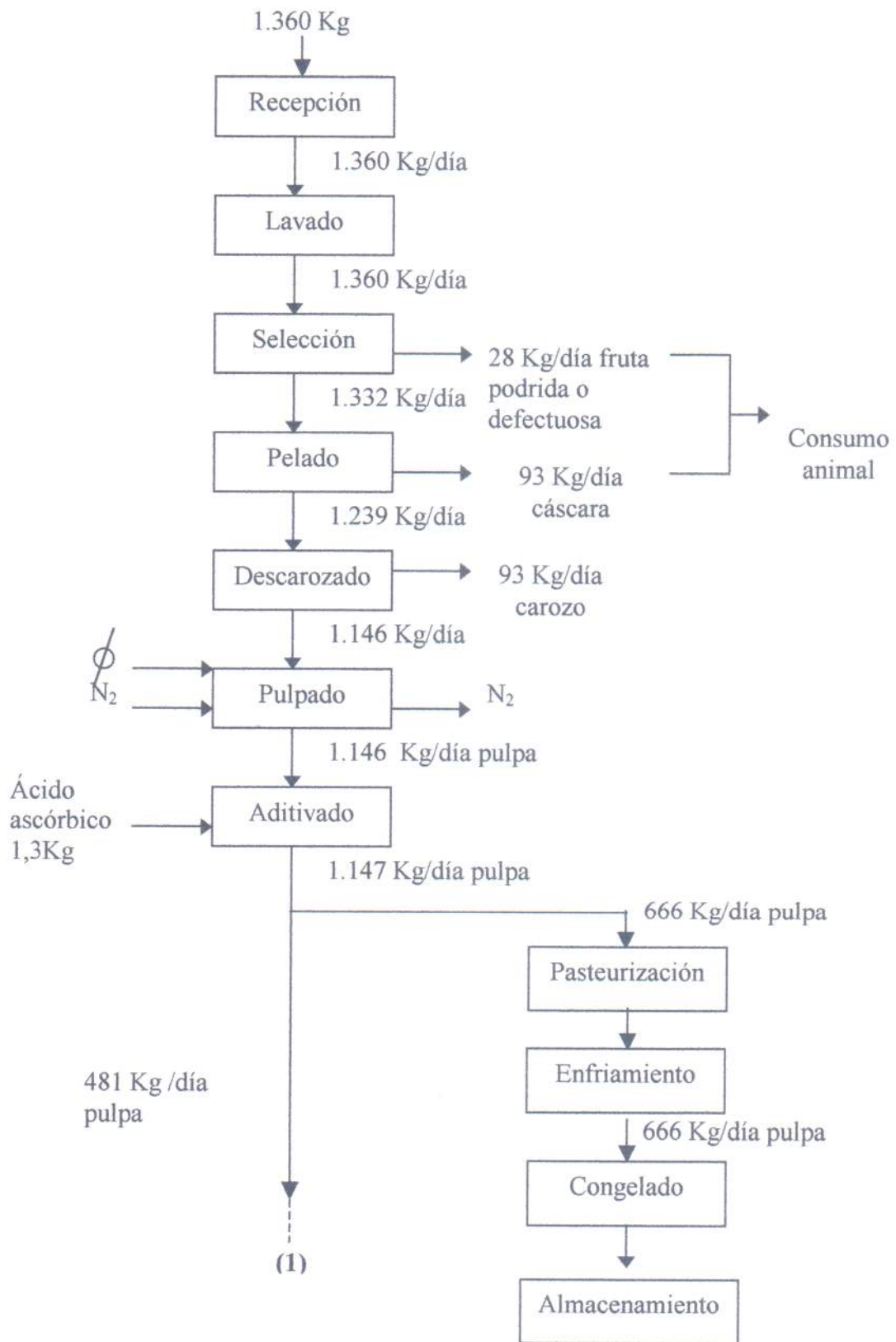


Diagrama de flujo para la obtención de licuado de durazno



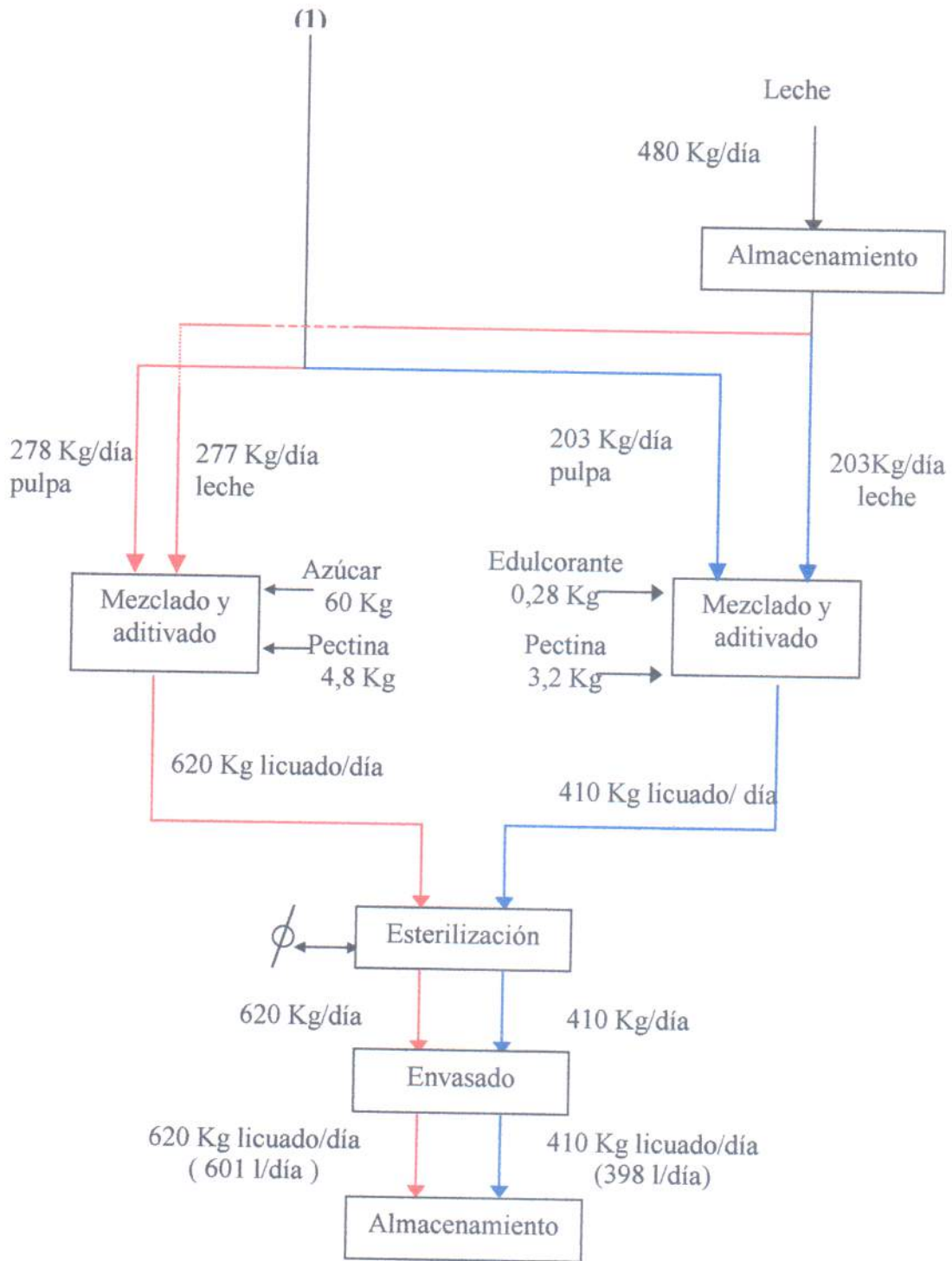
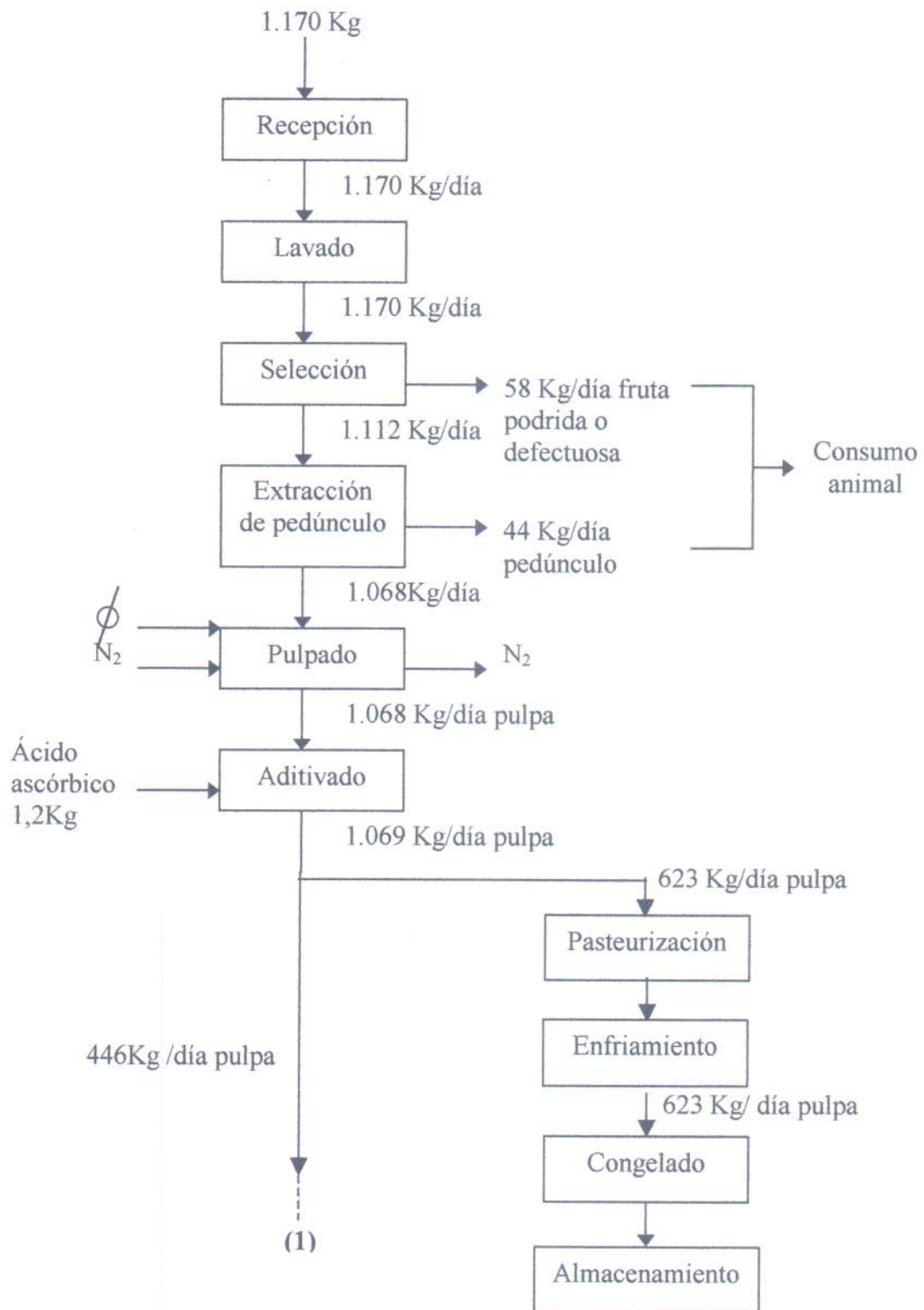


Diagrama de flujo para la obtención de licuado de frutilla



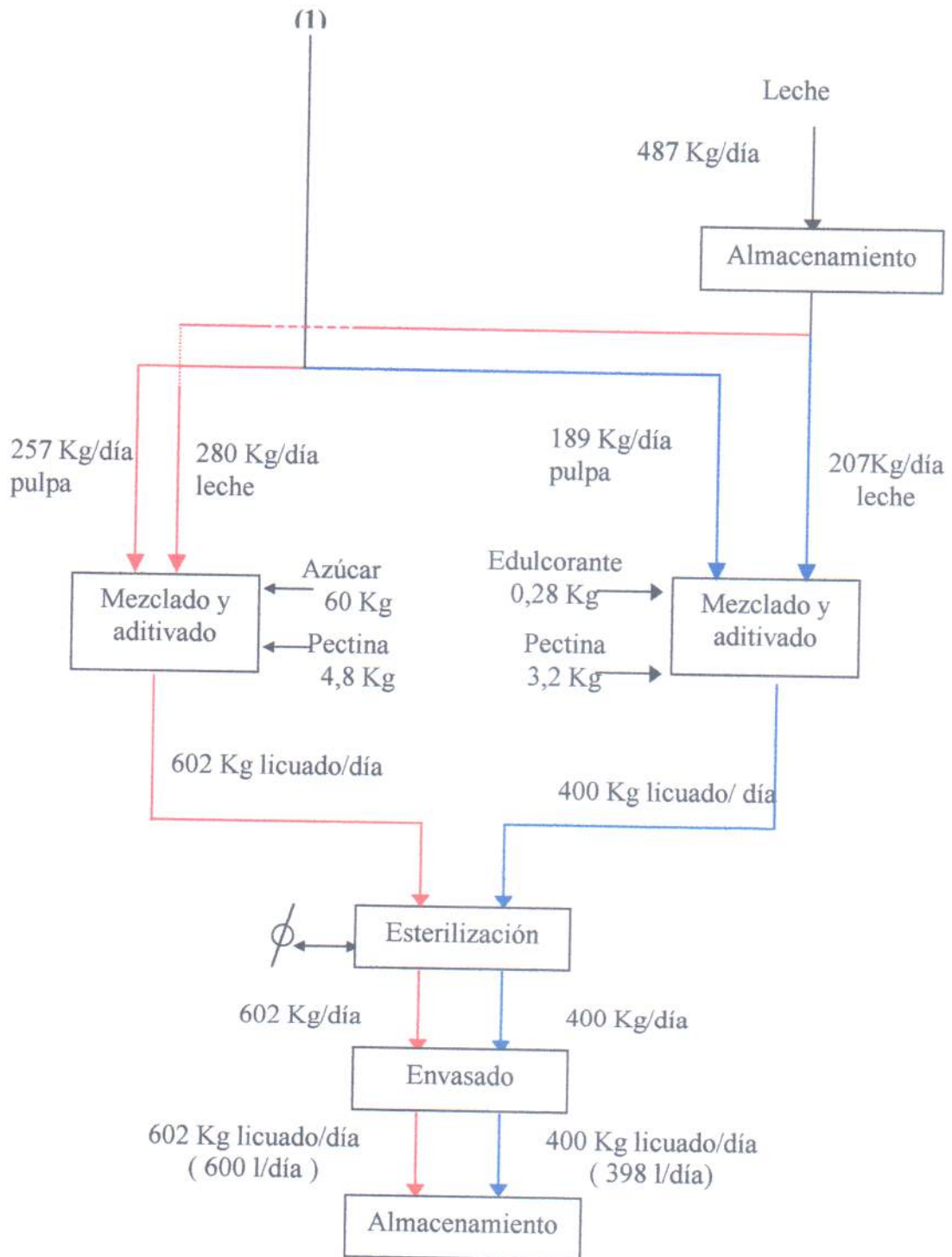
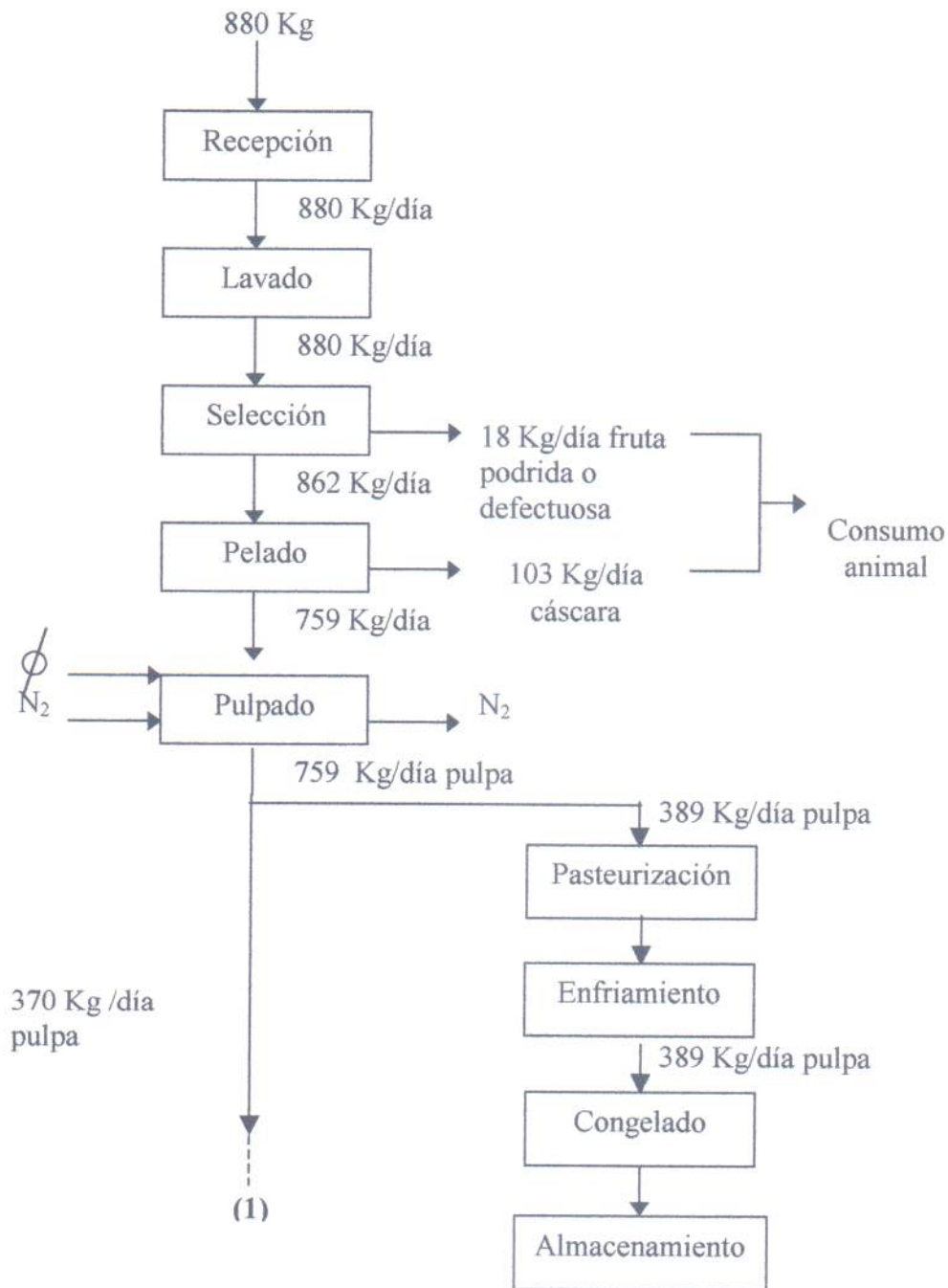
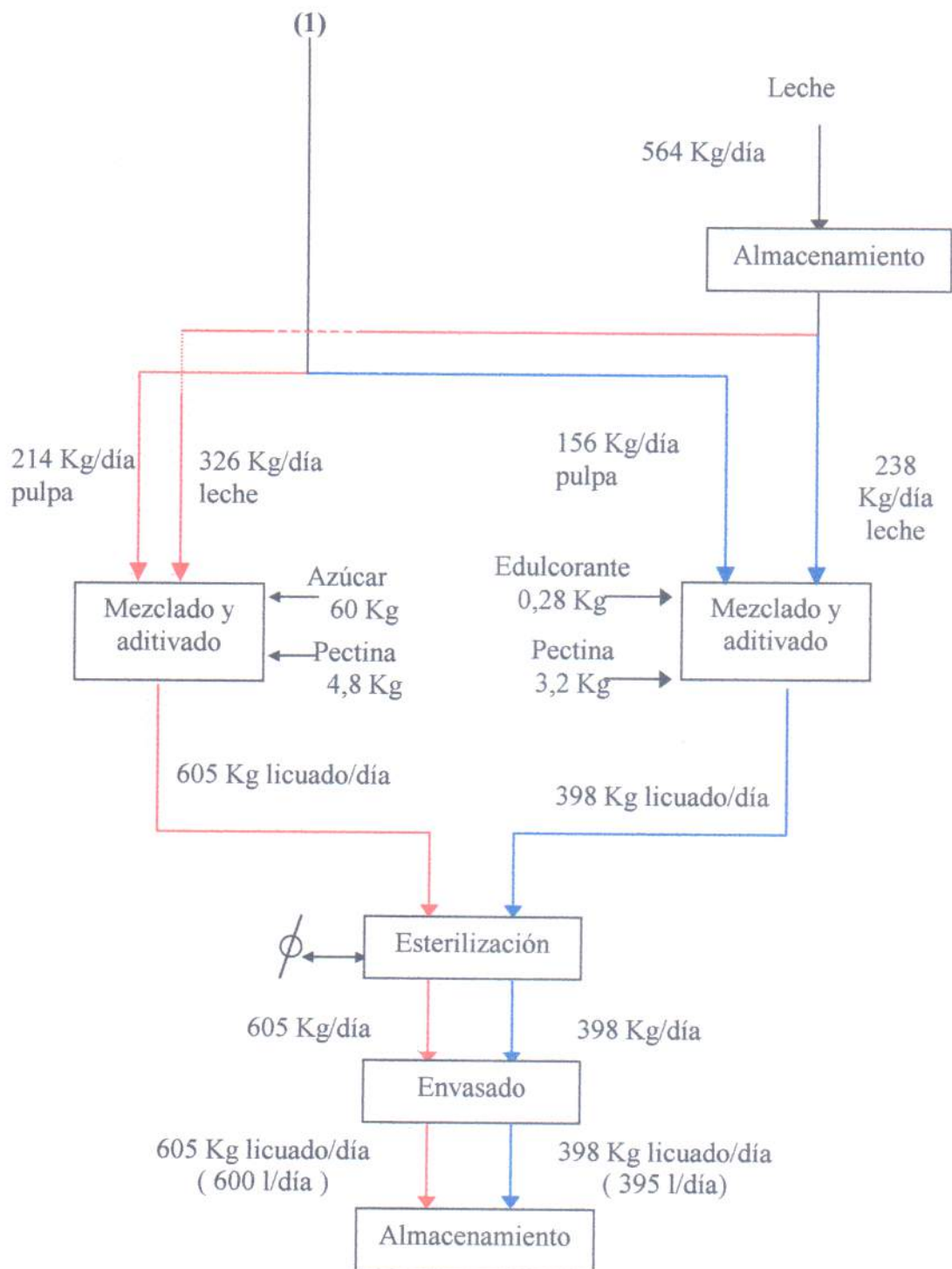
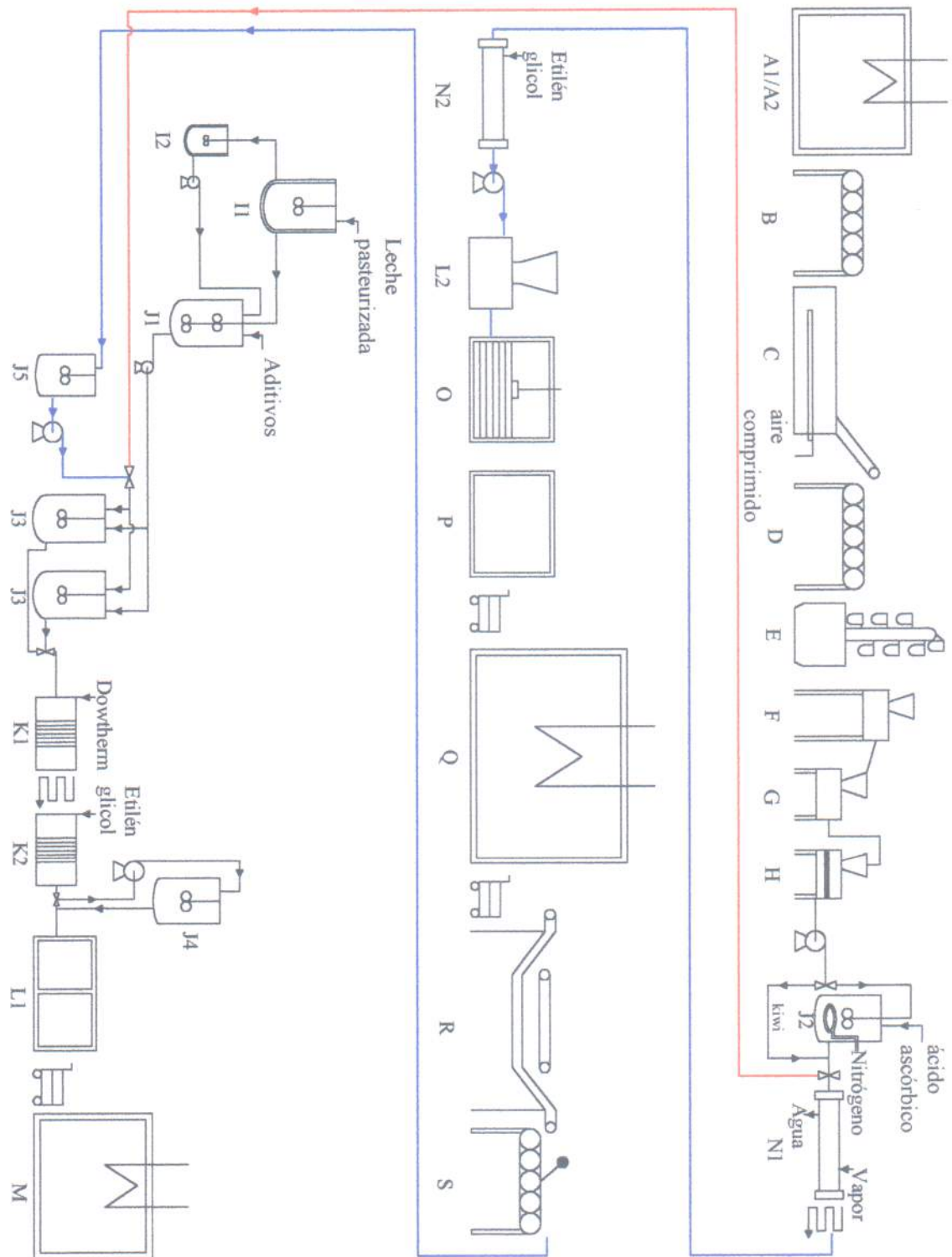


Diagrama de flujo para elaboración de licuado de kiwi







Referencias del diagrama tecnológico

- A1: cámara refrigerada de almacenamiento de kiwi y durazno
- A2: cámara refrigerada de almacenamiento de frutilla y frambuesa
- B: cinta transportadora de fruta
- C: lavadora
- D: cinta de selección
- E: elevador a cangilones
- F: triturador
- G: despulpador
- H: tamizadora refinadora
- I1: tanque de almacenamiento de leche
- I2: tanque calentamiento de leche
- J2: tanque de mezcla de pulpa con ác. ascórbico
- J1: tanque de mezcla de leche con aditivos
- J3: tanque de mezcla de leche aditivada con pulpa
- K1: esterilizador de licuado
- K2: enfriador de licuado
- L1: envasadora aséptica
- J4: tanque de almacenamiento de licuado
- M: almacén de producto final
- N1: pasteurizador de licuado
- N2: enfriador de licuado
- O: congelador de placas
- L2: envasadora de pulpa
- P: desmoldadora
- Q: cámara de almacenamiento de pulpa congelada
- R: sistema de descongelado
- S: cinta con cortador
- J5: tanque de almacenamiento de pulpa descongelada

Distribución en planta

En el esquema que se presenta se observa el área de producción de la planta de elaboración de licuados de fruta y el sector administrativo. La totalidad del área productiva está dispuesta en la planta baja, mientras que el área administrativa se encuentra separada de producción en el primer piso.

Como puede observarse, el terreno que ocupa la fábrica requiere necesariamente de una salida a la calle y de una calle lateral que permitan la entrada de materias primas e insumos necesarios (frutas, leche, aditivos varios, envases, bolsas de polietileno, combustible), la descarga del producto final y la salida de residuos sólidos (restos de frutas y bolsas de polietileno rotas).

La planta dispone de una zona “sucia”, a la izquierda del esquema, que abarca desde el ingreso de las frutas a las cámaras hasta la salida de la pulpa de la línea de pulpado. En esta zona se generan efluentes por el lavado de las frutas y residuos sólidos provenientes de la selección y de la línea de pulpado. Estos residuos sólidos son orgánicos: frutas en mal estado, cáscaras, hojas, pedúnculos, insectos, etc, por lo cual se los recogerá en un depósito de residuos. Se analizará la posibilidad de aprovechar los mismos para venderlos como materia prima para alimentos balanceados de animales. En cuanto a los efluentes del lavado, se trata básicamente de agua con barro o detergentes, la cual deberá ser tratada de acuerdo a los requerimientos que establece Obras Sanitarias en el ámbito municipal y a las normas provinciales correspondientes.

La zona sucia se halla separada de la zona “limpia” por medio de tabiques y la comunicación entre ambas zonas está delimitada por una cortina sanitaria. A su vez, esta última zona consta de dos sectores: un sector en donde se elabora el licuado (centro del esquema) y otro sector (a la derecha del esquema) en el que se acondiciona la pulpa para posteriormente congelarla y mantenerla en la cámara de congelado hasta su utilización.

Cabe destacar que la etapa de esterilización y envasado del licuado se halla separada físicamente de la etapa de mezcla por medio de una pared debido a especificaciones de seguridad.

En el primer piso se encuentran las oficinas de personal administrativo, los baños y vestuarios del personal de producción, los baños del personal administrativo, el comedor, etc.

El ingreso de todo el personal a la fábrica se realiza por dos entradas ubicadas al frente del edificio, en la planta baja. El personal administrativo sube por una escalera (AB3) hacia las oficinas del primer piso. El personal de producción sube al primer piso por otra escalera (AB2) hacia los vestuarios (AB7) y baja al sector de producción por la escalera que le corresponda (Y) según si su trabajo es en la zona “sucia” o en la zona “limpia”. Ninguna persona de la zona “sucia” puede ingresar a la zona “limpia” y viceversa. Ambas escaleras cuentan con una cortina sanitaria.

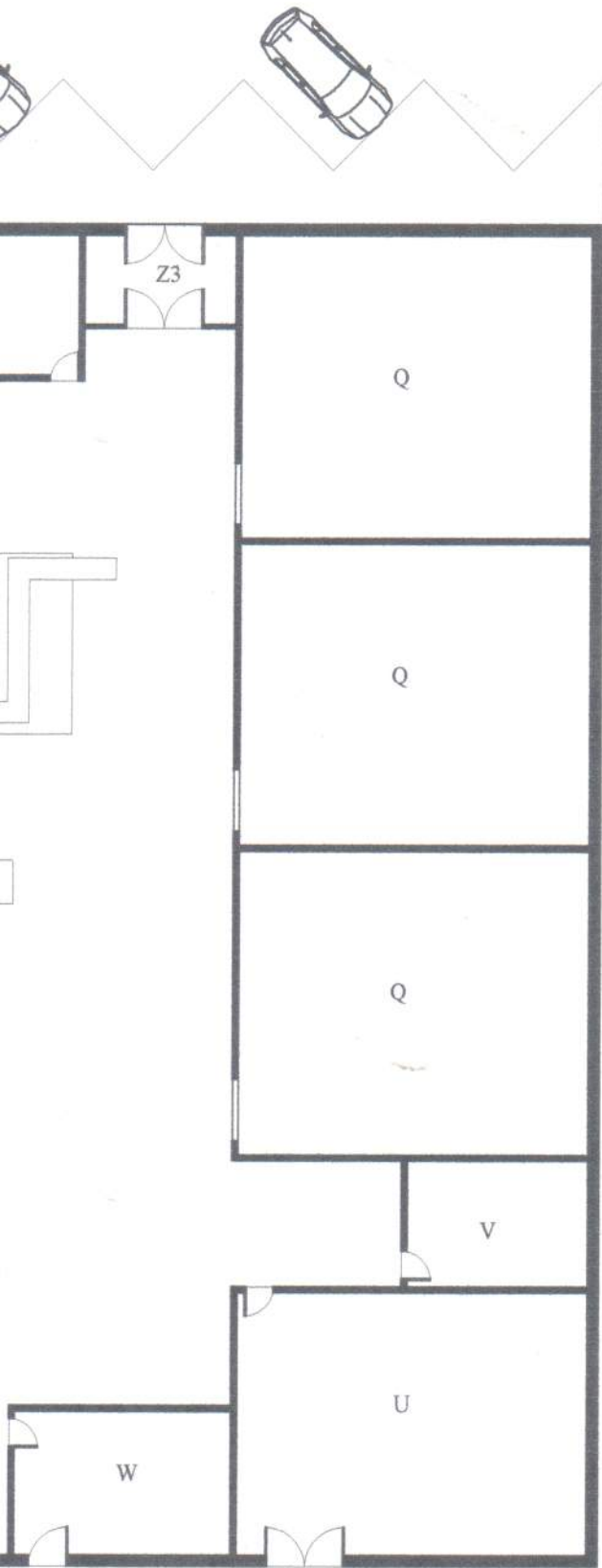
Referencias de la distribución en planta

- A1: cámara refrigerada de almacenamiento de kiwi y durazno
- A2: cámara refrigerada de almacenamiento de frutilla y frambuesa
- B: cinta transportadora de fruta
- C: lavadora
- D: cinta de selección
- E: elevador a cangilones
- F: triturador
- G: despulpador
- H: tamizadora refinadora
- I1: tanque de almacenamiento de leche
- I2: tanque de calentamiento de leche
- J2: tanque de mezcla de pulpa con ác. ascórbico
- J1: tanque de pre mezcla de aditivos
- J3: tanque de mezcla de leche con pulpa
- K1: esterilizador de licuado
- K2: enfriador de licuado
- L1: envasadora aséptica
- J4: tanque de almacenamiento de licuado
- M: almacén de producto final
- N1: pasteurizador de pulpa
- N2: enfriador de pulpa
- O: congelador de placas
- L2: envasadora de pulpa
- P: desmoldadora
- Q: cámara congelado
- R: sistema de descongelado
- S: cinta con cortador
- J5: tanque de almacenamiento de pulpa descongelada
- T: sala de caldera
- U: taller

- V: depósito de marcos
- W: depósito de aditivos
- X: laboratorio
- Y: filtro sanitario
- Z1: salida de bolsas
- Z2: salida de cáscara
- Z3: salida de emergencia
- AB1: contenedor de fruta descartada.
- AB2: entrada de operarios
- AB3: entrada de personal administrativo
- AB4: recepción
- AB5: oficinas
- AB6: sala de reuniones
- AB7: vestuario
- AB8: comedor
- AB9: baños de administrativos



calle lateral

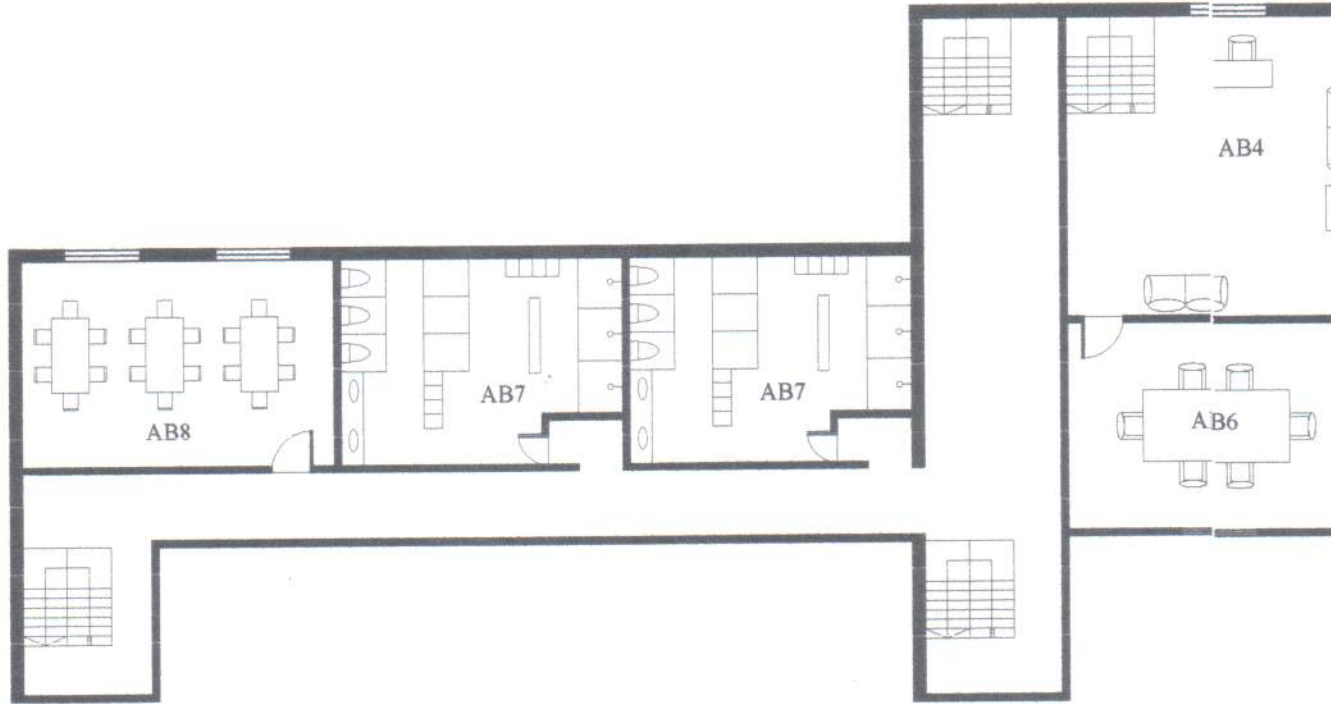


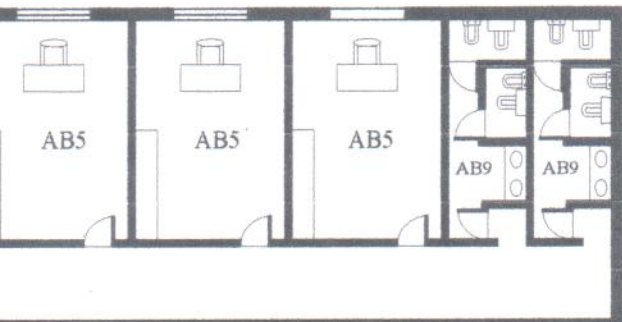
Planta Baja

1m

10m







Planta Alta

1m

10m



Capítulo II

“Línea principal de elaboración de licuados”

Almacenamiento de fruta fresca

(Ver Cuerpo II, página 19)

La planta dispondrá de dos cámaras de refrigeración para almacenar las frutas frescas que no serán procesadas inmediatamente después de ser recibidas de los proveedores. Fueron diseñadas para un tiempo de almacenamiento no mayor a una semana.

En el diseño de una cámara de refrigeración es preciso tener en cuenta factores inherentes a la materia prima como tipos y variedades de fruta a almacenar, temperaturas óptimas de almacenamiento y periodo de almacenamiento, tasa de respiración, sustancias eliminadas por las mismas, tipo de embalaje, etc.

En la planta se recibirán duraznos, kiwis, frutillas y frambuesas. Debido a que durante una gran parte del año (invierno y primavera) se recibirá sólo kiwi, una cámara diseñada para las cuatro frutas estaría sobredimensionada, sólo se justificaría su tamaño durante el verano en el que se recibirán 3 de las 4 frutas. Por otro lado, hay diferencias entre las cuatro frutas en cuanto a la susceptibilidad a la manipulación durante la descarga y el tipo de recipientes que se utilizan para almacenarlas. Es por eso que se decidió diseñar dos cámaras distintas: la primera para durazno y kiwi y la segunda para frutilla y frambuesa.

Especificaciones de diseño.

La cámara de almacenamiento de kiwi y durazno fue diseñada para almacenar la cantidad de fruta necesaria para dos días de producción de durazno (2.800 Kg) y la de frutilla y frambuesa, para almacenar 2.300 Kg de fruta correspondientes a la producción de un día de frutilla y uno de frambuesa.

La temperatura de ambas cámaras será de 0°C ya que es la temperatura óptima de refrigeración para las frutas y tendrá una humedad relativa ambiente de 90%¹.

Las cámaras tendrán una tronera para la carga de la fruta de 0,5m x 0,3m y contarán con paneles de poliestireno inyectado de 0,05m de espesor recubiertos con chapa zincada de 0,005m de espesor. Además, poseerán dos equipos forzadores de 0,5 HP cada uno.

Ambas cámaras poseen las mismas dimensiones las que se detallan a continuación:

Almacenamiento de fruta fresca

(Ver Cuerpo II, página 19)

La planta dispondrá de dos cámaras de refrigeración para almacenar las frutas frescas que no serán procesadas inmediatamente después de ser recibidas de los proveedores. Fueron diseñadas para un tiempo de almacenamiento no mayor a una semana.

En el diseño de una cámara de refrigeración es preciso tener en cuenta factores inherentes a la materia prima como tipos y variedades de fruta a almacenar, temperaturas óptimas de almacenamiento y periodo de almacenamiento, tasa de respiración, sustancias eliminadas por las mismas, tipo de embalaje, etc.

En la planta se recibirán duraznos, kiwis, frutillas y frambuesas. Debido a que durante una gran parte del año (invierno y primavera) se recibirá sólo kiwi, una cámara diseñada para las cuatro frutas sobredimensionada, sólo se justificaría su tamaño durante el verano en el que se recibirán 3 de las 4 frutas. Por otro lado, hay diferencias entre las cuatro frutas en cuanto a la susceptibilidad a la manipulación durante la descarga y el tipo de recipientes que se utilizan para almacenarlas. Es por eso que se decidió diseñar dos cámaras distintas: la primera para durazno y kiwi y la segunda para frutilla y frambuesa.

Especificaciones de diseño.

La cámara de almacenamiento de kiwi y durazno fue diseñada para almacenar la cantidad de fruta necesaria para dos días de producción de durazno (2.800 Kg) y la de frutilla y frambuesa, para almacenar 2.300 Kg de fruta correspondientes a la producción de un día de frutilla y uno de frambuesa.

La temperatura de ambas cámaras será de 0°C ya que es la temperatura óptima de refrigeración para las frutas y tendrá una humedad relativa ambiente de 90%.

Las cámaras tendrán una tronera para la carga de la fruta de 0,5m x 0,3m y contarán con paneles de poliestireno inyectado de 0,05m de espesor recubiertos con chapa zincada de 0,005m de espesor. Además, poseerán dos equipos forzadores de 0,5 HP cada uno.

Ambas cámaras poseen las mismas dimensiones las que se detallan a continuación:

como un túnel de refrigeración que utilizará un equipo extractor de una potencia de 8 HP para lograr la disminución mencionada, y el resto del período de almacenamiento será una cámara de mantenimiento a 0°C que requerirá una potencia de 3HP, a pesar de utilizar el mismo equipo extractor.

Cámara de almacenamiento de frutillas y frambuesas

Al igual que en el caso de la cámara de almacenamiento de kiwi y durazno esta cámara funcionará con un doble propósito. En este caso el equipo extractor será de 5 HP, aunque para la etapa de mantenimiento a 0°C se requieren 3,25 HP.

Equipo seleccionado para esta operación

Se optó por la adquisición de las cámaras propuestas por Arce y asociados S.A.

Bibliografía

1. Potter Norman, N; Hotchkiss Joseph H. Food Science, 5ta edición. Chapman & Hall. 1995.

Lavado de la fruta

(Ver cotización Cuerpo III, Sección "Cotizaciones y catálogos")

La planta contará con una lavadora para remover de la fruta posibles contaminantes, restos de tierra, pesticidas e insecticidas, reducir la carga bacteriana, etc. previo a su ingreso a la línea de inspección y pulpado.

A continuación se muestra un esquema del equipo.

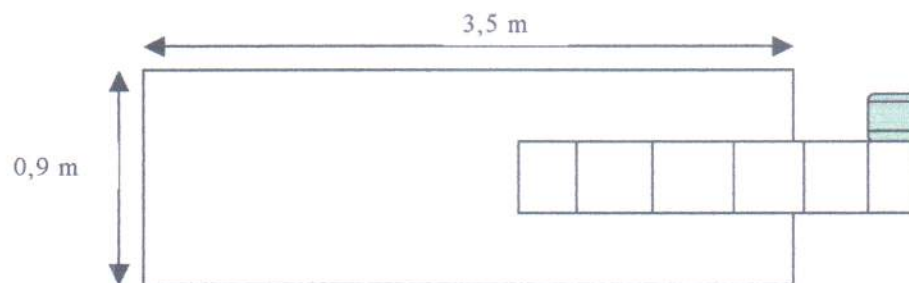


Figura 2: Vista superior de la lavadora de fruta

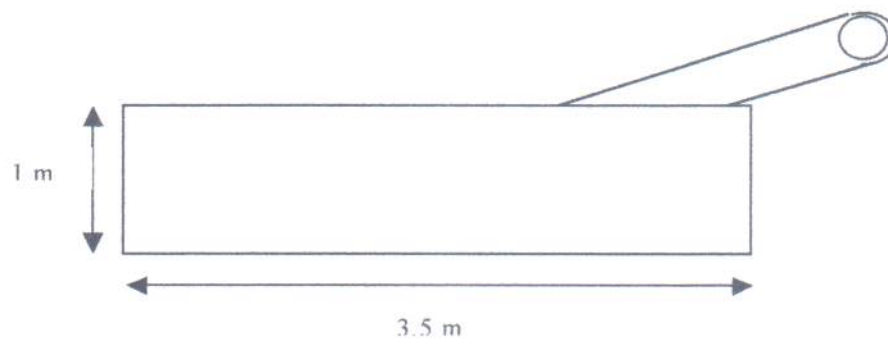


Figura 3: Vista lateral de la lavadora

Equipo seleccionado para esta operación

Se seleccionó una lavadora elevadora propuesta por Klaus S.A, construida totalmente en acero inoxidable AISI 304 con pulido sanitario. Posee una cuba de lavado con remoción de agua producida por inyección de aire a presión. La extracción de los frutos se realiza por medio de un elevador a cangilones planos de material plástico de diseño especial. Tiene una capacidad de producción de 1.200 Kg de fruta fresca / hora. Sus dimensiones son 3,5 m x 0,9 m x 1 m. Cuenta con una potencia instalada de 3,5 HP.

Selección de la fruta

(Ver Cuerpo III, Sección "Cotizaciones y catálogos")

Se contará con una cinta de inspección con el objetivo de poder descartar la fruta que no sea apta para la elaboración de la pulpa por presentar podredumbre e infestaciones entre otros. Esta operación será realizada por operarios ubicados a ambos lados de la cinta. La fruta descartada será dispuesta en un contenedor y de acuerdo a sus características será destinada a la elaboración de alimentos de consumo animal u otro fin.

Luego de la selección la fruta es transportada al triturador por medio de un elevador a cangilones planos. Este elevador posee una bacha que funciona como pulmón.

Equipo seleccionado para esta operación

Ambos equipos serán provistos por Klaus S.A.

La cinta de inspección está construida totalmente en acero inoxidable AISI 304 con pulido sanitario. Posee una tolva lateral para desechos, los que se extraen por medio del retorno inferior de la cinta transportadora. La banda de transporte es con rodillos giratorios. Tiene una capacidad de producción de 1.200 Kg de fruta fresca por hora. Sus dimensiones son 1 m x 4 m, y cuenta con una potencia instalada de 1 HP.

El elevador a cangilones está totalmente construido en acero inoxidable AISI 304 con pulido sanitario. Posee tolva pulmón de carga y banda elevadora a cangilones planos de material plástico de diseño especial. Tiene una capacidad de producción de 1.200 Kg de fruta fresca por hora. Cuenta con una potencia instalada de 1 HP.

Pulpado de la fruta

(Ver Cuerpo III, Sección "Cotizaciones y catálogos")

La línea de pulpado consta de los siguientes equipos:

- 1) Triturador desmenuzador de frutas,
- 2) Despulpador,
- 3) Tamizadora – refinadora.

1) Triturador desmenuzador de frutas

Es un equipo apto para frutas de carozo y/o pepitas, totalmente construido en acero inoxidable AISI 304, con pulido sanitario. Posee tolva de carga y descarga del mismo material. Posee un mando con motor blindado de 3 HP.

2) Despulpador

Equipo compuesto por una tamizadora con malla con tajos de 0,005 x 0,02 m, totalmente construida en acero inoxidable AISI 304. El cuerpo tamizador va montado sobre una estructura sostén construida en acero estructural SAE 1.010, pintada con pintura epoxídica.

El cuerpo tamizante esta constituido por dos sólidos cabezales en cuyo centro se encuentra montado un eje longitudinal que contiene paletas regulables, pudiéndose dar mayor o menor aproximación a los tamices. El eje se soporta sobre tres puntos de rodadura para evitar las flexiones producidas por el tiro de las correas. El cuerpo está recubierto por un capot de acero inoxidable y con tapas frontales desmontables de fácil accionamiento. Cuenta con una potencia instalada de 4 HP. Sus dimensiones son 0,6 m x 0,6 m x 1 m.

3) Tamizadora – refinadora

Es un equipo compuesto por una tamizadora con malla perforada de diámetro 1,3 mm, con respaldo de refuerzo, totalmente construida en acero inoxidable AISI 304. Su cuerpo esta montado sobre una estructura sostén construida en acero estructural SAE 1.010, pintada con pintura epoxídica.

El cuerpo tamizante está construido por dos sólidos cabezales en cuyo centro se encuentra montado un eje longitudinal que contiene paletas regulables, pudiéndose dar mayor o menor aproximación a los tamices. El eje se soporta sobre tres puntos de rodadura para

evitar las flexiones producidas por el tiro de las correas. El tamiz esta recubierto por un capot de acero inoxidable y con tapas frontales desmontables de fácil accionamiento. Incluye un tamiz de refinado con perforaciones de diámetro 0,5 mm, de características constructivas similares al cuerpo tamizador de 1,3 mm. Cuenta con una potencia instalada de 5 HP. Sus dimensiones son 0,6 m x 0,6 m x 1 m.

Los equipos antes mencionados serán provistos por Klaus S.A.

Mezclado de pulpa de fruta con ácido ascórbico

(Ver Cuerpo II, página 33)

La pulpa de fruta (exceptuando la de kiwi) será aditivada con ácido ascórbico. Esta operación se llevará a cabo en un tanque de acero inoxidable bajo una atmósfera de nitrógeno. La atmósfera de nitrógeno y la incorporación del ácido evita que ocurran reacciones de oxidación en la pulpa de fruta que pueden dar origen a colores y sabores desagradables¹.

Especificaciones de diseño

El nitrógeno ingresará al tanque de mezclado mediante difusores colocados en el fondo del mismo. De esta forma no sólo se desplazará al aire que ocupa el espacio de cabeza del tanque sino también al aire que está en forma de burbujas dentro de la pulpa. Se consideró que para lograr el barrido del aire será suficiente utilizar un volumen de nitrógeno equivalente a cuatro veces el espacio total mencionado anteriormente, es decir $1,8 \text{ m}^3$. Las condiciones de presión y temperatura del nitrógeno serán 1 atm y 15°C respectivamente.

La pulpa de fruta que se destine a congelación será pasteurizada a 90°C durante 3 minutos. Se desea que luego de este tratamiento haya un 0,1% (P/V) de ácido ascórbico en la pulpa. Durante el tratamiento térmico la degradación del ácido ascórbico es despreciable por lo que es suficiente agregar 0,1% de ácido a la pulpa. Para tener cierto margen de seguridad se decidió agregar 0,11% de ácido ascórbico.

El diseño del tanque de mezclado se realizó utilizando las propiedades y cantidades necesarias de pulpa de durazno. En el tanque se mezclarán $1,11 \text{ m}^3$ de pulpa con aproximadamente $0,003 \text{ m}^3$ de solución de ácido ascórbico.

Las dimensiones características del tanque de mezclado se calcularon utilizando las relaciones geométricas estándar². Dichas dimensiones se presentan en la figura 4

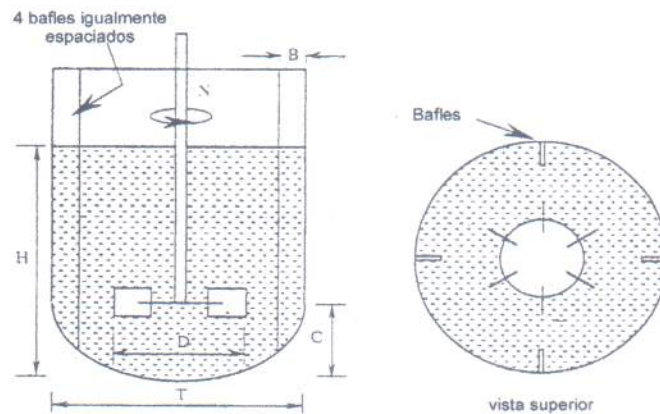


Figura 4: Dimensiones características de un tanque de mezclado.

Las dimensiones obtenidas para este tanque son las siguientes:

$$H = T = 1,12 \text{ m}$$

$$C = 0,37 \text{ m}$$

$$D = 0,37 \text{ m}$$

$$L_t = 1,46 \text{ m}$$

Para llevar a cabo el mezclado se utilizará un agitador de hélice de paso cuadrado que requiere una potencia de 21 W (0,028 HP).

El tiempo de mezclado se calculó mediante una fórmula para hélices de paso cuadrado³. Se obtuvo un tiempo de mezclado de 6.162 segundos (103 minutos).

Equipo seleccionado para esta operación

Para llevar a cabo la mezcla se utilizará un tanque provisto por EQUITEC S.A. de acero inoxidable calidad AISI 304 de 0,003 m de espesor, formato cilíndrico vertical, techo y fondo cónicos.

Bibliografía

1. Fennema, O. R. Química de los alimentos. Ed. Acribia S.A., Zaragoza, 1.993.
2. Fryer, P.J. Chemical Engineering for the food industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.
3. Fox & Gex. Chemical Engineering Journal. Pág 559. Diciembre 1.956.

Almacenamiento de leche parcialmente descremada

(Ver Cuerpo II, página 41)

Se utilizará un tanque vertical encamisado para almacenar la cantidad de leche descremada (1,5 % de grasa) necesaria para tres días de producción. La leche llegará a la planta pasteurizada y refrigerada a 4°C. El tanque de almacenamiento será de acero inoxidable de 0,003 m de espesor. Por la camisa circulará agua a 4°C. Con el fin de evitar la separación de la materia grasa el tanque tendrá una agitación suave.

Especificaciones de diseño

El tanque tendrá una capacidad de 1,5 m³. Las dimensiones del mismo son:

$$H = T = 1,24 \text{ m.}$$

$$C = 0,4 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$L_t = 1,6 \text{ m}$$

Se utilizará una hélice de paso cuadrado que girará a 0,5 rps. La potencia de agitación requerida será 0,42 W.

Equipo seleccionado para esta operación

Para almacenar la leche se utilizará un tanque encamisado provisto por la empresa EQUITEC S.A. de acero inoxidable calidad AISI 304 de 0,003 m de espesor. El mismo posee cuerpo cilíndrico vertical y fondo y techo cónicos. La camisa es apta para el pasaje de agua con una presión de hasta 2,5 Kg/cm² (presión de prueba 4 Kg/cm²) y posee una sección equivalente a la de una cañería de diámetro nominal 1 ¼" (≈0,032 m).

Mezclado de leche con aditivos

(Ver Cuerpo II, página 45)

Para elaborar los licuados de fruta se mezclará en un tanque agitado la pulpa de fruta con leche parcialmente descremada espesada y endulzada. Para espesar la leche se utiliza pectina cítrica. En la planta se elaboran licuados con azúcar y licuados con edulcorante no nutritivo, por lo tanto una cantidad de la leche se endulzará con azúcar y otra parte, con edulcorante. El agregado de pectina cítrica se realiza por diversas razones. Éstas se basan en sus propiedades:

- Alto poder espesante: permite dar cuerpo al licuado.
- Buena capacidad de suspensión: evita que se separe la pulpa de fruta de la leche con lo que mejora el aspecto del producto.
- Protección de la caseína: evita que precipite esta proteína de la leche por el descenso de pH causado al agregar la pulpa de fruta.

El aditivado de la leche se realizará en tres etapas:

1. Calentamiento de una parte de la leche total necesaria para elaborar el licuado.
2. Mezclado de la leche de la etapa 1 con pectina y endulzante.
3. Agregado de la leche restante a la preparación de la etapa 2.

Este proceso se realizará dos veces por día, una para preparar leche endulzada con azúcar y la otra para preparar leche endulzada con edulcorante no nutritivo.

En la etapa 1 se calentarán $0,1\text{m}^3$ de leche desde una temperatura de 4°C hasta 90°C en un tanque encamisado que usa vapor saturado a 130°C como medio calefactor. El tanque poseerá agitación para lograr una distribución homogénea del calor.

La etapa 2 se llevará a cabo en un segundo tanque. Para lograr una buena disolución de la pectina se agregarán primero el endulzante y la pectina y luego la leche caliente y se mezclará con una fuerte agitación, manteniendo la temperatura entre 85 y 90°C . Cabe aclarar que de ser necesario el agregado de otros aditivos como pueden ser colorantes o reguladores del pH éstos se adicionarán en esta etapa junto con la pectina y el endulzante. La etapa 3 se realizará en el mismo tanque que la etapa 2.

Especificaciones de diseño

El diseño de los equipos para todas las etapas se realizó sobre la base de la cantidad de leche necesaria para elaborar licuado de kiwi con azúcar ya que este producto es el que requiere mayor cantidad de la misma ($0,315 \text{ m}^3$).

1) Etapa 1

El tanque para realizar esta operación será de acero inoxidable de $0,003 \text{ m}$ de espesor y en él se calentarán $0,1 \text{ m}^3$ de leche parcialmente descremada. Las dimensiones características del mismo son las siguientes:

$$B = 0,05 \text{ m}$$

$$C = 0,16 \text{ m}$$

$$D = 0,16 \text{ m}$$

$$H = 0,5 \text{ m}$$

$$T = 0,5 \text{ m}$$

El tanque poseerá 4 baffles. Por cuestiones operativas y para considerar posibles aumentos de la producción se fijó una altura del tanque un 30% superior a la altura de líquido, por lo tanto $L_t = 0,65 \text{ m}$.

La agitación del tanque se realizará con un agitador de hélice de paso cuadrado que girará a 1 rps y requiere una potencia de $0,034 \text{ W}$

Para calcular el tiempo de calentamiento se utilizó una expresión para el caso en que el fluido calefactor es isotérmico¹. Con la misma se determinó que el tiempo de calentamiento de la misma debe ser de 767 segundos (13 min).

2) Etapa 2

Para esta etapa se utilizará un tanque agitado de acero inoxidable de $0,002 \text{ m}$ de espesor el cual también se emplea en la etapa 3. Este tanque poseerá dos agitadores de hélice de paso cuadrado. Durante la etapa 3 ambos agitadores estarán en contacto con la preparación mientras que en la etapa 2 sólo lo estará el agitador más cercano a la base del tanque. Las dimensiones del tanque y la ubicación de los agitadores se detallan en la siguiente figura:

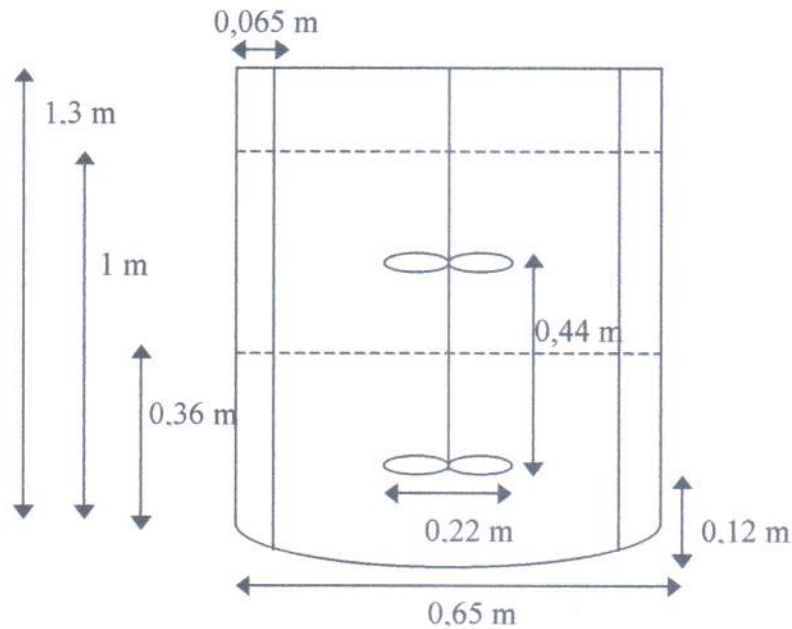


Figura 5: Dimensiones del tanque empleado en las etapas 2 y 3.

La potencia de agitación del tanque es de 25,6 W (0,034Hp).

Experimentalmente se determinó que bajo una agitación fuerte y manteniendo la temperatura de la preparación entre 85 y 90°C se logra la solubilización de la pectina en 600 segundos (10 min). Por lo tanto se tomó a este tiempo como el tiempo de mezcla en el tanque.

A partir de balances de energía se determinó que durante la etapa 2 las pérdidas de calor harán que la temperatura de la preparación disminuya en 0,74°C. Dado que esta variación es totalmente aceptable, ya que no influye en la disolución de la pectina, se decidió no aislar el tanque. Sin embargo debería tenerse en cuenta una medida de seguridad para protección de los operarios ya que la superficie del tanque estará a una temperatura elevada.

3) Etapa 3

Como ya se ha mencionado esta etapa consistirá en el agregado de la leche restante y se llevará a cabo en el mismo tanque de la etapa 2.

El tiempo de mezclado, calculado mediante una fórmula para hélices de paso cuadrado², es de 240 segundos (4 minutos).

Estimación de la temperatura final del producto

Al final de la etapa 2 se obtienen aproximadamente 0,1 m³ de leche espesada a 90°C. En la etapa 3 se agregará la leche restante a 4°C. Mediante balances de energía se calculó la

temperatura final de la preparación en la etapa 3. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1: *Temperatura de salida de la preparación de la etapa 3.*

	Preparación para licuado con azúcar	Preparación para licuado con edulcorante
Frutilla	35°C	47°C
Frambuesa	35 °C	48 °C
Kiwi	31 °C	42 °C
Durazno	35 °C	48 °C

En la siguiente tabla se resumen las características principales de los tanques involucrados en las tres etapas:

Tabla 2: *Dimensiones del tanque, tipo de agitador, potencia de agitación y tiempo de mezclado empleados en cada etapa del aditivado de la leche.*

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Dimensiones del tanque	T = 0,5 m H = 0,5 m C = 0,16 m D = 0,16 m B = 0,05 m L _t = 0,65 m	T = 0,65 m H ₂ = 0,36 m C ₂ = 0,12 m D = 0,22 m B = 0,065 m L _t = 1,3 m	H ₃ = 1 m C ₃ = 0,56 m
Características constructivas	Acero inoxidable 4 baffles Encamisado	Acero inoxidable 4 baffles	
Tipo de agitador	Una hélice de paso cuadrado	Dos hélices de paso cuadrado	
Potencia de agitación	0,034 W	25,6 W	
Tiempo de mezclado	767 segundos	600 segundos	240 segundos

Equipos seleccionados para la operación

Para realizar el calentamiento de la etapa 1 se utilizará un tanque encamisado provisto por la empresa EQUITEC S.A. de acero inoxidable calidad AISI 304 de 0,003 m de espesor. El mismo posee cuerpo cilíndrico vertical y fondo y techo cónicos. La camisa es apta para el pasaje de agua con una presión de hasta 2,5 Kg/cm² (presión de prueba 4 Kg/cm²) y posee una sección equivalente a la de una cañería de diámetro nominal 1 ¼” (≈0,032 m).

Para llevar a cabo las etapas 2 y 3 se utilizará un tanque de la misma marca de acero inoxidable calidad AISI 304 de 0,003 m de espesor, formato cilíndrico vertical y techo y fondo cónicos.

Bibliografía

1. Kern. Procesos de transferencia de calor. Compañía editorial Continental S.A, 1.965.
2. Fox & Gex. Chemical Engineering Journal. Pág 559. Diciembre 1.956.

Mezclado de leche y pulpa de fruta

(Ver Cuerpo II, página 59)

Esta operación se llevará a cabo en tanques agitados. Éstos están destinados a realizar la mezcla de la pulpa de fruta con la leche endulzada y espesada para obtener el licuado. La pulpa puede provenir directamente de la línea de pulpado o puede utilizarse pulpa descongelada. Los 1.000 litros diarios de licuado se procesarán en dos lotes. Un lote será de 400 l y el otro de 600 l correspondientes al licuado con edulcorante no nutritivo y con azúcar respectivamente. La planta contará con dos tanques para realizar esta operación. En uno de ellos se procesará el licuado con azúcar y en el otro, el endulzado con edulcorante no nutritivo.

Especificaciones de diseño

Tanque para la obtención de licuado con azúcar

El esquema de un tanque de mezclado con sus dimensiones características fue presentado en la operación de mezclado de ácido ascórbico con pulpa. Para este caso dichas dimensiones adoptan los siguientes valores:

$$T = 0,92 \text{ m} \quad C = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 0,92 \text{ m} \quad L_t = 1,17 \text{ m}$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

Como agitador se seleccionó una turbina Rushton de discos de 6 palas planas.

Se decidió colocar 4 placas deflectoras en el tanque. Estas placas se deben colocar con una separación de la pared de 0,065 m.

A continuación se muestra un esquema de la turbina¹:

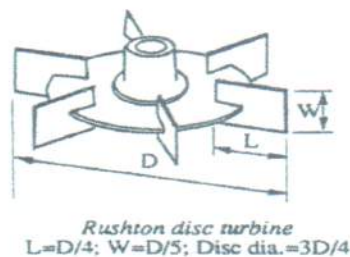


Figura 6: Turbina Rushton

Las dimensiones de la turbina son las siguientes:

$$L = 0,075\text{m}$$

$$D_d = 0,225 \text{ m}$$

Mezclado de leche y pulpa de fruta

(Ver Cuerpo II, página 59)

Esta operación se llevará a cabo en tanques agitadores. Estos están destinados a realizar la mezcla de la pulpa de fruta con la leche endulzada y espesada para obtener el licuado. La pulpa puede provenir directamente de la línea de pulpado o puede utilizarse pulpa descongelaada. Los 1.000 litros diarios de licuado se procesarán en dos lotes. Un lote será de 400 l y el otro de 600 l correspondientes al licuado con edulcorante no nutritivo y con azúcar respectivamente. La planta contará con dos tanques para realizar esta operación. En uno de ellos se procesará el licuado con azúcar y en el otro, el endulzado con edulcorante no nutritivo.

Especificaciones de diseño

Tanque para la obtención de licuado con azúcar

El esquema de un tanque de mezclado con sus dimensiones características fue presentado en la operación de mezclado de ácido ascórbico con pulpa. Para este caso dichas dimensiones adoptan los siguientes valores:

$$T = 0,92 \text{ m} \quad C = 0,3 \text{ m} \\
H = 0,92 \text{ m} \quad L_t = 1,17 \text{ m} \\
D = 0,3 \text{ m}$$

Como agitador se seleccionó una turbina Rushton de discos de 6 palas planas. Se decidió colocar 4 placas deflectoras en el tanque. Estas placas se deben colocar con una separación de la pared de 0,065 m.

A continuación se muestra un esquema de la turbina:

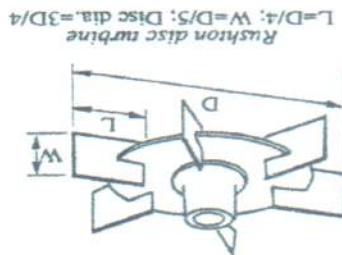


Figura 6: Turbina Rushton

Las dimensiones de la turbina son las siguientes:
 $L = 0,075 \text{ m}$
 $D_p = 0,225 \text{ m}$

espesada y endulzada que estará a una temperatura de entre 31 y 35°C en los casos de licuados con azúcar y de entre 42 y 48°C en los licuados con edulcorante.

Para cada uno de estos casos la temperatura del licuado se calculó mediante balances de energía. No se presentaron diferencias importantes de temperatura entre los distintos sabores de licuado.

A continuación se muestran los resultados obtenidos :

Tabla 4 : *Temperatura de salida del licuado*

Pulpa proveniente de sistema de descongelado		Pulpa proveniente de la línea de pulpado	
L. con azúcar	L. con edulcorante	L. con azúcar	L. con edulcorante
19°C	25°C	25°C	31°C

Sistema de control para esta operación

La mezcla de leche espesada con la pulpa de fruta es un proceso discontinuo por lo tanto debe utilizarse un control SERVO.

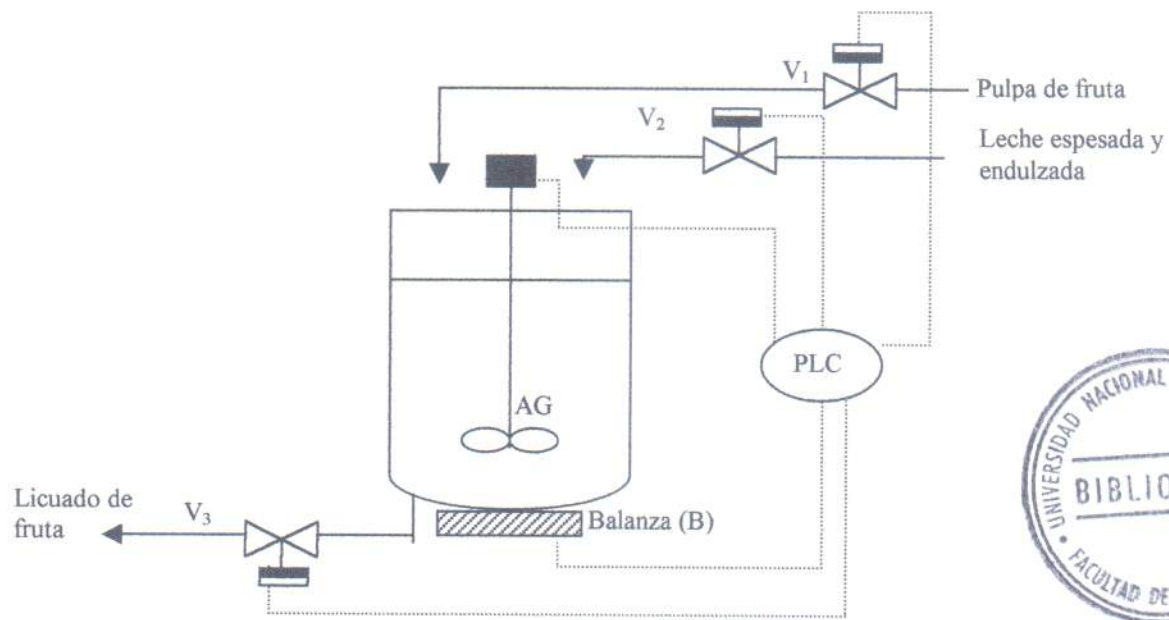


Figura 7: *Esquema del sistema de control de los tanques de mezclado de leche y pulpa de fruta.*

Se utilizará un controlador lógico programable (PLC) que recibirá señales de la balanza. La balanza estará calibrada de forma que marque 0 (cero) cuando el tanque de mezclado esté vacío. El controlador PLC enviará señales para modificar la apertura de las válvulas solenoides V_1 , V_2 y V_3 . También controlará la puesta en marcha de la balanza y del motor del agitador.

Las tres válvulas del sistema de control serán válvulas solenoides de propósito general **OMEGA** de la serie SV-1.400.

Se utilizará un timer industrial **OMEGA** modelo PTC-1A.

La balanza será una celda de carga **OMEGA** de la serie LCJA.

Equipo seleccionado para esta operación

Se optó por la compra de dos tanques de mezcla propuestos por la empresa EQUITEC S.A. de acero inoxidable calidad AISI 304 de 0,003 m de espesor, formato cilíndrico vertical y techo y fondo cónicos.

Bibliografía

1. Fryer, P. J. Chemical Engineering for the Food Industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.
2. Smith, J.C ; Mc Cabe, L. Operaciones básicas de la ingeniería química. Ed. Reverté S.A.1.973.

Esterilización del licuado

(Ver Cuerpo II, página 71)

Una vez obtenido el licuado debe ser esterilizado. El objetivo de esta operación es eliminar la carga microbiana que puede estar compuesta tanto por microorganismos que se encuentran en forma vegetativa como esporulada que podrían crecer en el producto en las condiciones en que se va a almacenar. De este modo se aumenta la vida útil del producto.

La esterilización del licuado se realiza en dos intercambiadores de placas. En uno de ellos se calienta el producto hasta la temperatura de esterilización y en el otro se lo enfría hasta una temperatura de 20°C. El tiempo de esterilización transcurre en una cañería aislada ubicada entre los dos equipos.

Se seleccionaron intercambiadores de este tipo ya que éstos proporcionan una gran área de transferencia en un pequeño volumen y pueden ser modificados para ajustarse a diferentes requerimientos simplemente cambiando la forma o el número de placas. Además de ser compactos y versátiles son relativamente baratos y pueden ser usados con fluidos viscosos y no newtonianos¹.

Especificaciones de diseño

Esterilizador

El licuado ingresará al intercambiador a una temperatura de 18°C y será calentado hasta 130°C. Para ello se utilizará un fluido térmico sintético denominado Dowtherm J que ingresará al equipo a 140°C y saldrá del mismo a 90°C. La configuración del equipo es de dos pasos para ambos fluidos. Por lo tanto, la circulación de las corrientes en el equipo es la que se indica en la figura 8:

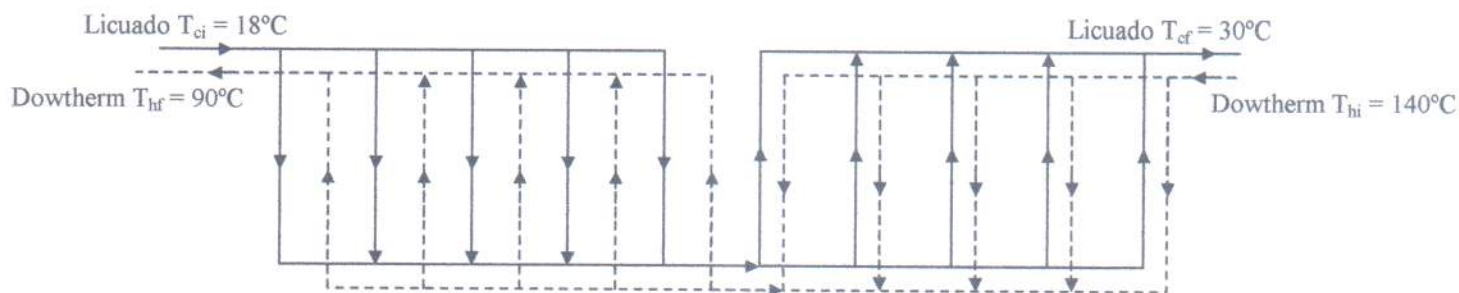


Figura 8: *Circulación de las corrientes en el equipo*

Las placas a utilizar son del tipo espina de pescado y tienen 1m de alto; 0,25 de ancho¹ y una separación de 5×10^{-3} m. El ángulo de inclinación de las corrugaciones es de 50°.

Diariamente el equipo esterilizará $0,4 \text{ m}^3$ de licuado con edulcorante no nutritivo y $0,6 \text{ m}^3$ de licuado con azúcar. El equipo fue diseñado para manejar un caudal de $0,52 \text{ Kg/s}$ de cualquiera de los dos licuados siguiendo el método propuesto por Hewitt en el libro *Process Heat Transfer*¹. Los cálculos se realizaron para placas con un ángulo de inclinación de las corrugaciones de 30° y luego se hicieron correcciones para obtener los resultados correspondientes a un ángulo de inclinación de 50° . Aplicando el procedimiento del método mencionado se obtuvo que el equipo deberá tener 99 placas con un ángulo de inclinación de las corrugaciones de 50° .

La caída de presión del fluido térmico será de 4.395 Pa y la del licuado será de 19.739 Pa .

El tiempo de esterilización se determinó tomando como base el proceso de esterilización de leche entera y considerando una reducción de microorganismos en el licuado de 10^5 . Cabe aclarar que esta consideración deberá ser corroborada en pruebas piloto. De esta forma se obtuvo que el tiempo de esterilización deberá ser de 18 segundos. Por lo tanto, luego de ser calentado a 130°C en el intercambiador de placas, el licuado circulará durante 18 segundos por una cañería. Ésta tendrá un diámetro nominal de $3'' \text{ Sh } 40^2$ y una longitud de 2 m.

Durante su permanencia en la cañería el licuado no podrá sufrir un descenso de temperatura superior a $0,1^\circ\text{C}$ por lo que la cañería deberá estar aislada. Se seleccionó como aislante lana mineral de un espesor mínimo de $0,06 \text{ m}$.

Enfriador

El licuado esterilizado será enfriado hasta 20°C en un intercambiador de placas de dos pasos para ambos fluidos. Como fluido refrigerante se utilizará solución acuosa de etilén glicol al 20 % que ingresará al equipo a -8°C y saldrá del mismo a 15°C .

Las placas a utilizar son del tipo espina de pescado y tienen 1 m de alto; $0,25$ de ancho¹ y una separación de $5 \times 10^{-3} \text{ m}$. El ángulo de inclinación de las corrugaciones es de 30° . El equipo se diseñó para manejar un caudal de $0,52 \text{ Kg/s}$ de licuado.

Para el diseño del equipo se empleó el mismo procedimiento que el usado para el esterilizador. En este caso, el equipo deberá tener 46 placas con un ángulo de inclinación de las corrugaciones de 30° .

La caída de presión del etilén-glicol será de 5.167 Pa y la del licuado, de 11.124 Pa .

Resumen

Tabla 5: Características operacionales y de los equipos involucrados en la esterilización de los licuados.

	Esterilización	Enfriamiento
Temperatura de entrada de fluidos (°C)	Licuado: 18 Dowtherm J: 140	Licuado: 20 Etilén glicol 20%: -8
Temperatura de salida de fluidos (°C)	Licuado: 130 Dowtherm J: 90	Licuado: 130 Etilén glicol 20%: 15
Cantidad de placas	99	46
Tipo de placas	Espina de pescado 1m x 0,25 m Separación e/ placas 0,005 m Ángulo corrugaciones: 50°	Espina de pescado 1m x 0,25 m Separación e/ placas 0,005 m Ángulo corrugaciones: 30°
Caída de presión (Pa)	Licuado: 19.739 Dowtherm J: 4.395	Licuado: 11.124 Etilén glicol 20%: 5.167
Caudales a manejar (Kg/s)	Licuado: 0,52 Dowtherm J: 2,14	Licuado: 0,52 Etilén glicol 20%: 2,55

	Cañería entre esterilizador y enfriador
Dimensiones	2 m de largo DN = 3" Sh 40
Aislante	Lana mineral de 0,0555 m de espesor
Tiempo de residencia	18 segundos

Equipo seleccionado para la operación

Para realizar esta operación se seleccionaron dos intercambiadores de placas sanitarios THERMALINE INC™ modelo T13-ALCS provistos por HERITAGE Company.

Bibliografía

1. Hewitt, G.F; Shires, G.L; Bott, T.R. Process Heat Transfer. CRC Press, 1.994
2. Perry, J.H. Chemical Engineers' Handbook, 4^{ta} Edición. McGraw-Hill, 1.963.

Almacenamiento de licuado esterilizado

(Ver Cuerpo II, página 89)

Ante cualquier falla que pudiera ocurrir en la envasadora aséptica o en el sistema esterilizador-enfriador, el licuado será almacenado en un tanque pulmón aséptico hasta solucionar el inconveniente. El tanque será de acero inoxidable de 0,002 m de espesor y tendrá agitación suave para evitar la separación de fases en el producto.

Especificaciones de diseño

El tanque tendrá una capacidad de 600 l y sus dimensiones serán:

$$C = 0,31 \text{ m}$$

$$D = 0,31 \text{ m}$$

$$T = 0,92 \text{ m}$$

$$H = 0,92 \text{ m}$$

Se consideró una altura del tanque un 10% superior a la altura de líquido, por lo tanto $L_t = 1 \text{ m}$.

Se utilizará un agitador de hélice de paso cuadrado que girará a 0,5 rps y que requiere un potencia de 1,5 W

Bibliografía

1. Fryer, P. J. Chemical Engineering for the Food Industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.

Envasado aséptico

(Ver Cuerpo III, sección "Cotizaciones y catálogos")

Luego del proceso de esterilización los licuados serán trasladados a través de un tubo de llenado hacia la máquina envasadora. El objetivo de esta etapa es asegurar que la inocuidad lograda en la esterilización se conserve durante la vida útil del producto.

Equipo seleccionado para esta operación

La envasadora Tetra Brik AsepticTBA/3 será provista por Tetra Pak.. Se trata de un sistema aséptico donde en el interior del material de envase se aplica peróxido de hidrógeno, asegurando una distribución uniforme por toda la superficie del material. El material de envase adquiere luego forma de tubo, se sellan los cantos del tubo, pasa por un calefactor que vaporiza el peróxido de hidrógeno asegurando, en combinación con la sobrepresión de aire estéril caliente, la extracción de los restos de peróxido y una esterilidad completa en el interior del tubo del material.

A continuación se muestra un esquema de la envasadora



Figura 9: *Esquema de la envasadora aséptica.*

Almacenamiento de producto final

(Ver Cuerpo II, página 93)

La planta contará con un almacén de producto final que tendrá una capacidad para acumular dos días de producción de cada variedad de licuado.

De la producción diaria de licuados, el 40% se envasará en cajas de cartón tipo brik con tapa de 1 litro de capacidad; mientras que el restante 60% será envasado en recipientes de ¼ litro del mismo tipo.

Se optó por envases cuyas medidas se detallan a continuación:

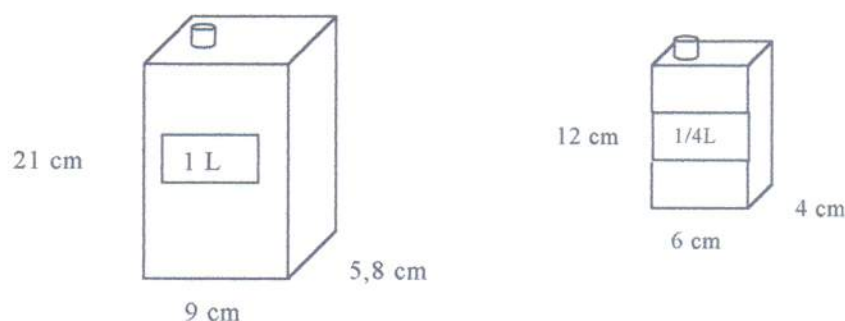


Figura 10: Dimensiones de los envases

En la tabla 6 se presenta un detalle de la cantidad de envases diarios a almacenar para las dos variedades de licuado (azúcar o edulcorante).

Tabla 6: Cantidades aproximadas de envases diarios a almacenar.

Con azúcar		Con edulcorante	
Envase de ¼ litro	Envase de 1 litro	Envase de ¼ litro	Envase de 1 litro
1.440	240	960	160

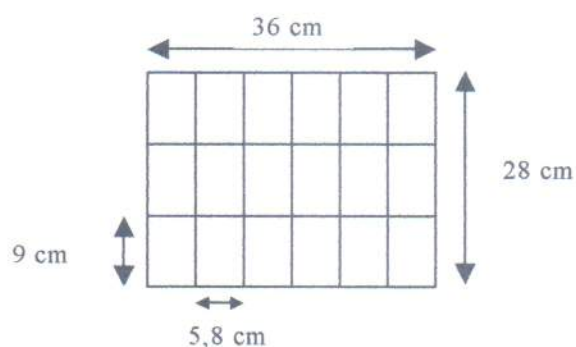
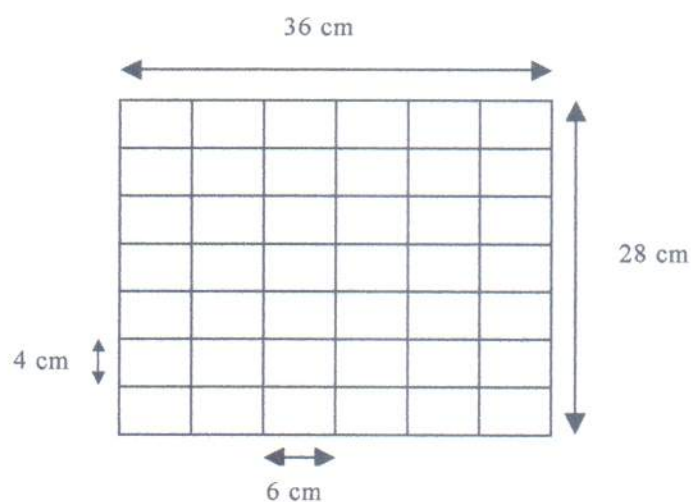
Los envases de los licuados se dispondrán en grupo, formando packs. Cada uno de los packs contendrá 18 licuados de 1 litro o 42 de ¼ litro.

La cantidad de packs a almacenar correspondiente a dos días de producción se indica a continuación. Dicha cantidad es la misma para cualquier sabor de licuado..

Tabla 7: Packs a almacenar por licuado para 2 días de producción.

Licuado con azúcar		Licuado con edulcorante	
Envase de ¼ litro	Envase de 1 litro	Envase de ¼ litro	Envase de 1 litro
70	28	46	18

Las medidas internas de la base de los packs serán de 0,28 m x 0,36 m. Los mismos serán de base de cartón corrugado y estarán envueltos por un film de polietileno termocontraíble (de aproximadamente 120 micrones). La forma en la que se dispondrán los envases se muestra a continuación:

**Figura 11:** Disposición de los envases de 1 litro en un pack**Figura 12:** Disposición de los envases de 1/4 litro en un pack

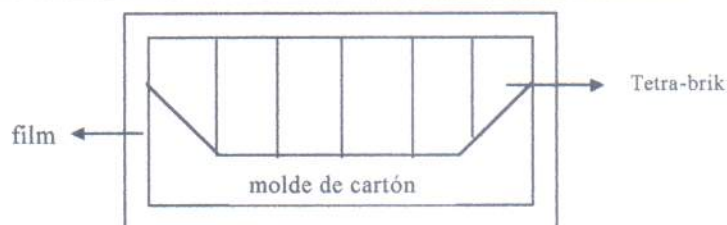


Figura 13: Vista lateral de un pack

Los packs se colocarán sobre pallets de 1 m x 1,2 m x 0,15 m. Un esquema de la disposición de los mismos en un pallet se muestra a continuación:

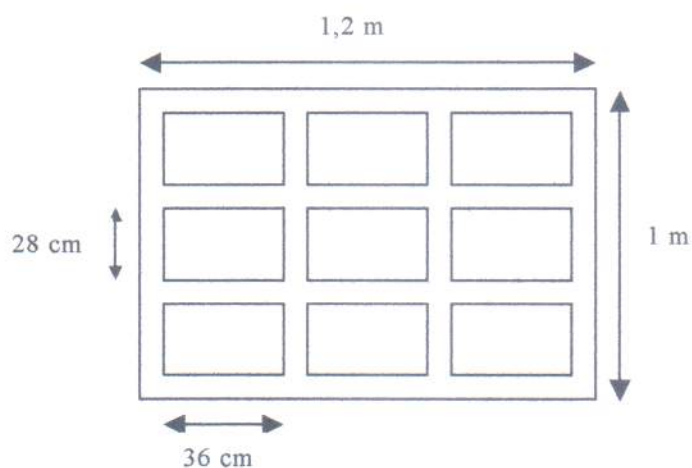


Figura 14: Esquema del pallet

Ante cualquier eventualidad si es necesario almacenar más pallets se podrá hacer colocándolos encima de los que ya se encuentran en el almacén ya que la altura del mismo lo permite.

Los pallets dentro del almacén serán dispuestos de manera tal de poder identificar a los productos que contienen tanto por sabor, capacidad, como por si contienen azúcar o edulcorante no nutritivo. El esquema del almacén, junto con la disposición de los pallets dentro del mismo se presenta a continuación:

Capítulo III

“Línea de congelado de pulpa de fruta”

Pasteurización de la pulpa de fruta

(Ver Cuerpo II, página 103)

La pulpa que sea destinada a congelación será sometida a una pasteurización para inactivar las enzimas y destruir microorganismos que puedan provocar reacciones oxidativas y/o degradativas principalmente en la etapa de descongelado.

Se elevará la temperatura de la pulpa mediante el uso de intercambiadores de calor. De éstos existen diversos tipos que pueden utilizarse en esta operación entre los cuales se pueden nombrar los intercambiadores de doble tubo, de tubo y coraza, los de placa y los de superficie raspada.

El tipo de producto a procesar limita la elección del pasteurizador. Cuando se trata de productos particulares y delicados en los que la transferencia de calor resulta difícil muchos tipos de intercambiadores resultan deficientes. Los intercambiadores de superficie raspada son especialmente útiles para procesar este tipo de productos. Por esta razón se decidió utilizar estos últimos intercambiadores para la pasteurización de la pulpa de fruta.

Los intercambiadores de superficie raspada proveen una buena distribución de temperatura y uniformidad en el producto. El producto que ingresa al equipo es trasladado suavemente por las paletas rotantes, agitado continuamente y removido de la pared del cilindro. Esta acción produce flujo turbulento que puede controlarse con la velocidad de rotación para optimizar los coeficientes de transferencia de calor. Según cada necesidad se pueden variar parámetros como la velocidad de giro del rotor, el caudal, las características de diseño mecánico, lo cual le confiere una gran versatilidad. Generalmente en la industria se utiliza la disposición vertical del equipo para mejorar el rendimiento de intercambio, la limpieza, el mantenimiento y ocupar una mínima superficie en la planta^{1 y 2}.

Especificaciones de diseño

La temperatura de pasteurización³ será de 90°C y el tiempo de pasteurización, de 3 minutos. Se elevará la temperatura de la pulpa mediante el uso de un intercambiador de calor. Luego, la misma será bombeada hacia una cañería aislada donde permanecerá los 3 minutos de pasteurización. Finalmente será enfriada a 10°C en otro intercambiador de calor.

Pasteurizador de pulpa

El intercambiador de calor será diseñado para pasteurizar pulpa de durazno ya que ésta es la pulpa de la que mayor cantidad diaria se debe congelar. La misma ingresará al equipo a 15°C y saldrá a 90°C . Se utilizará como fluido calefactor vapor de agua a 130°C ⁴.

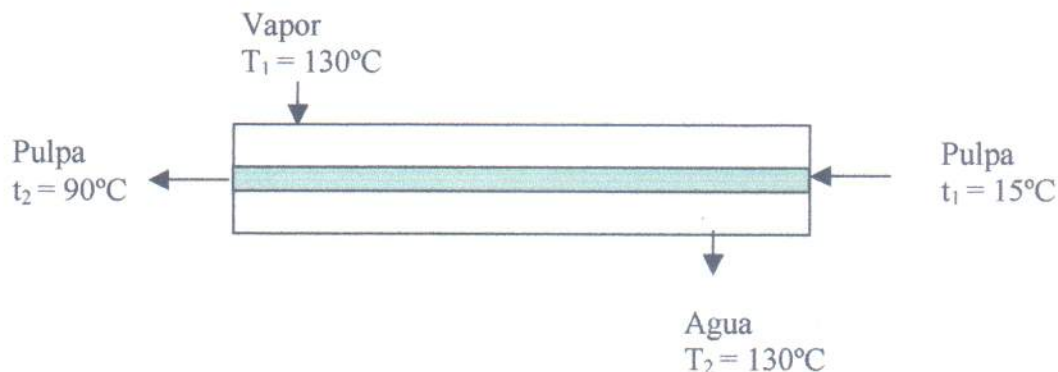


Figura 16: Circulación de los fluidos en el intercambiador

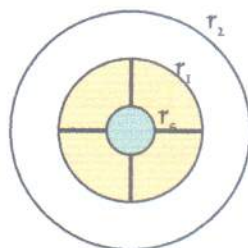


Figura 17: Corte transversal del intercambiador

donde:

r_s : radio del eje (m);

r_1 : radio del tubo interno del intercambiador (m);

r_2 : radio del tubo externo del intercambiador (m).

La cantidad diaria de pulpa a procesar será de 666 Kg y se procesará en 11 minutos, por lo tanto el caudal será $w_p = 666 \text{ Kg}/660 \text{ s} \approx 1 \text{ Kg/s}$

La ecuación de diseño para el intercambio de calor es:

$$Q = U A \Delta TML \text{ (Ec.1)}$$

Utilizando la ecuación 1 y distintas correlaciones para calcular el valor de U , se obtuvo que el área de transferencia necesaria es de $1,89 \text{ m}^2$ con lo que la longitud del equipo será de $5,3 \text{ m}$.

En la práctica no se recomienda el uso de un intercambiador de longitud mayor a 3 m debido a cuestiones operativas. Por esta razón se decidió utilizar dos intercambiadores conectados en serie.

Utilizando las propiedades de las pulpas restantes se verificó que el área de intercambio resultara suficiente para lograr el salto térmico requerido para cada una de ellas.

La caída de presión en la pulpa será de 30.250 Pa .

La temperatura en la superficie del equipo sin aislar es de $129,6^\circ\text{C}$. Por cuestiones de seguridad y para evitar pérdidas de calor al ambiente se decidió aislar el equipo con lana mineral. El espesor mínimo de aislante que deberá utilizarse será de $0,086 \text{ m}$ de espesor. En estas condiciones la temperatura sobre la superficie del aislante será de $18,6^\circ\text{C}$.

Luego de ser pasteurizada la pulpa circulará por una cañería con las siguientes dimensiones:

$$\text{DN} = 8'' \quad D_1 = 0,203 \text{ m} \quad D_e = 0,219 \text{ m}$$

Dado que la pulpa debe circular por la misma durante 3 minutos su longitud deberá ser de $5,42 \text{ m}$

Como la temperatura del producto debe permanecer constante durante los 3 minutos de residencia se decidió aislar la cañería con poliuretano inyectado con un espesor mínimo de $0,02 \text{ m}$.

Enfriador de pulpa

Para el enfriamiento de la pulpa de fruta proveniente de la etapa de pasteurización se utilizará un intercambiador de superficie raspada.

En el intercambiador se enfriará la pulpa de fruta desde una temperatura de 90°C hasta 10°C . La pulpa enfriada se enviará a un congelador de placas para su posterior almacenamiento en cámara.

Se seleccionó como fluido refrigerante una solución acuosa de etilén-glicol al 20% . Esta solución posee un punto de congelación de aproximadamente $-9,1^\circ\text{C}$ ⁵.

Las temperaturas de entrada y salida de la pulpa y el fluido refrigerante se detallan en la siguiente figura:

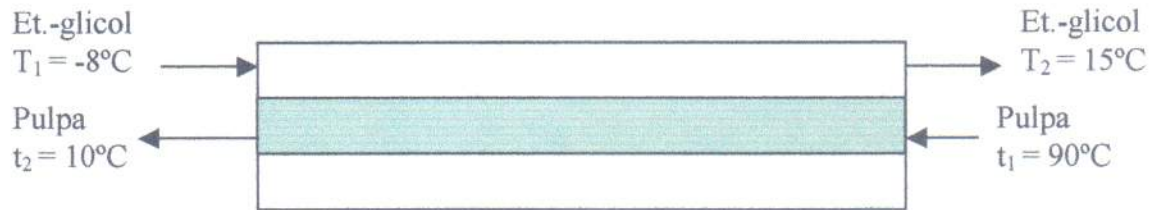


Figura 18: *Circulación de los fluidos en el intercambiador*

El área necesaria para el intercambio de calor es de $7,7 \text{ m}^2$ y la longitud del equipo, de 11,2 m.

En este caso se utilizarán 4 intercambiadores en serie.

Se seleccionó como aislante poliuretano inyectado de 0,045 m de espesor mínimo. Con dicha aislación la temperatura en la superficie del equipo será de aproximadamente 14°C .

Equipo seleccionado para esta operación

Se optó por la adquisición del intercambiador de superficie raspada propuesto por Schröder & Co. Dicho equipo es un Kombinator tipo "KT 250/2000-DHF".

El Kombinator consiste en un cilindro de calentamiento y uno de enfriamiento, anexados a una unidad de tiempo de residencia en la cual el producto se mantiene a temperatura constante por 3 minutos.

Los cilindros están hechos de acero inoxidable y las superficies internas están pulidas. Todas las demás piezas que están en contacto con el producto están hechas de acero inoxidable (AISI 316). A continuación se muestra una foto del equipo:



Bibliografía

1. Revista “La Alimentación Latinoamericana” N° 230. 1.999. Intercambiador de superficie raspada, ISR 660 (Simes), pág. 30.
2. www.thomasregister.com/ols/tetrapack/scrpd/ht.htm.
3. Mei, A.O, Pulpas, cremas, pulpas concentradas y néctares de durazno, 2da parte. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (I.C.T.A). Facultad de Ciencias agrarias.
4. Singh R; Heldman P; Dennis R. Introduction to Food Engineering. 2da edición, 1.993. Tabla A.4.2, tabla 4.2.
5. Stoeker, W. F. Refrigeración y acondicionamiento de aire. Mc Graw-Hill.1.965.

Envasado de pulpa

(Ver Cuerpo III, Sección "Cotizaciones y catálogos")

Luego de la pasteurización de la pulpa de fruta que va a ser congelada, la misma será envasada en bolsas de polietileno. Esto permite la operación de congelación en el congelador de placas.

Equipo seleccionado para esta operación

La envasadora será provista por la empresa TECMAR S.A. Se trata de un dosificador por gravedad preparado para dosificar pulpa de fruta a temperatura ambiente. El equipo incluye tolva de carga de producto, válvula de cierre del pico de dosificación accionada neumáticamente, caño de dosificación. Todas las partes en contacto con el alimento son de acero inoxidable. También cuenta con un tablero de control con botoneras y conexión a un pedal de accionamiento del sistema de dosificación, con cierre por conteo de tiempo.

Junto con el equipo se incluye una selladora automática marca Envamar, modelo CV450E, apta para el sellado por pulso de bolsas de polietileno de baja densidad.

Congelado de la pulpa de fruta

(Ver Cuerpo II, página 123)

Parte de la producción diaria de pulpa de fruta proveniente de la pasteurización será congelada y almacenada para su posterior uso en los meses donde no se disponga de la fruta fresca.

Para la selección del sistema de congelación adecuado se tomó en consideración: la velocidad de congelación requerida, el tipo de producto a congelar, el tamaño, la forma y el sistema de envase del mismo y si se requería que el sistema sea continuo o discontinuo.

Basándose en lo anterior, se optó por el congelamiento semi-rápido utilizando para ello un congelador de placas. Los congeladores de este tipo consisten en una serie de placas metálicas que pueden disponerse de forma horizontal o vertical, por dentro de las cuales circula el refrigerante. Los espacios entre las placas son variables, abriéndose para la carga y cerrándose antes de proceder a la congelación, de forma que la superficie de las placas entre en íntimo contacto con el alimento envasado o sin envasar. Entre las placas y los paquetes se mantiene una presión moderada (del orden de 10-30 KPa), para conseguir un buen contacto entre las superficies.¹

A continuación se muestra un esquema del equipo:

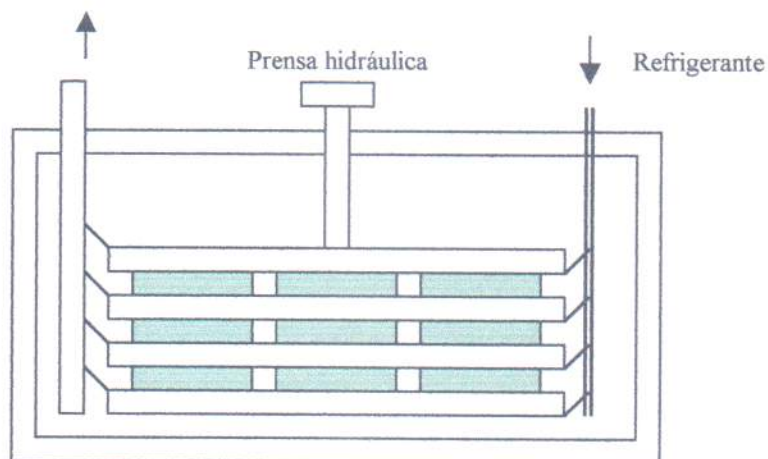


Figura 19: Esquema de un congelador de placas

Especificaciones de diseño

Se optó por la disposición horizontal de las placas. Las dimensiones de las mismas son: 2,1m x 1,2m².

La pulpa será envasada en bolsas de polietileno de baja densidad (capacidad: $0,0072 \text{ m}^3$) y se colocarán en marcos contenedores. Las dimensiones de estos últimos son: $0,256 \text{ m} \times 0,49 \text{ m} \times 0,025 \text{ m}$ de espesor².

El equipo se diseñó para una capacidad de 670 Kg/lote , por lo tanto se necesitarán 98 marcos. Se colocarán 14 marcos por placa, por lo que el equipo contará con 7 placas. En la siguiente figura se presenta la disposición de los marcos en las placas:

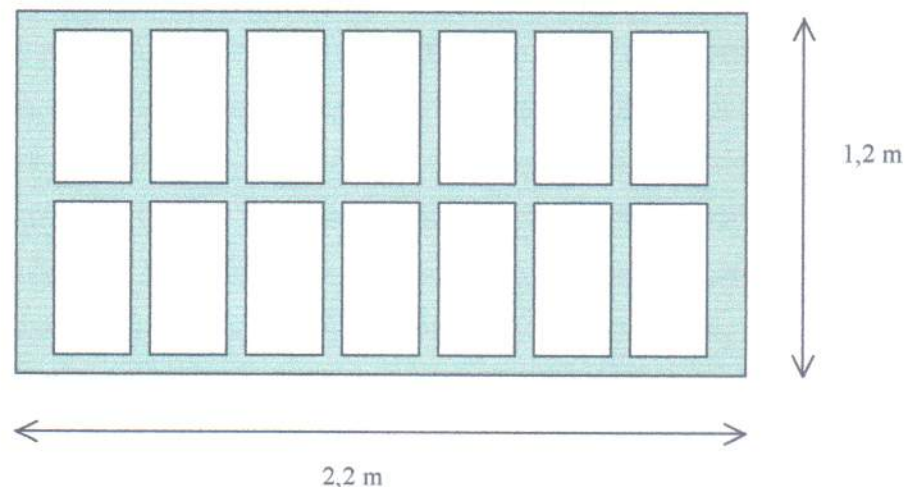


Figura 20: Disposición de los marcos en una placa

Tiempo de congelación

La pulpa ingresará al congelador a 10°C y se congelará hasta -18°C , por lo tanto para estimar el tiempo de congelación se consideró tanto el tiempo necesario para llevar a la pulpa hasta su temperatura de congelación como el tiempo para congelarla hasta la temperatura deseada.

El tiempo total de congelación se calculó con la fórmula de Planck modificada. Para todos los sabores de licuado el tiempo de congelación mínimo se encuentra comprendido en el rango 69-75 minutos.

Equipo seleccionado para esta operación:

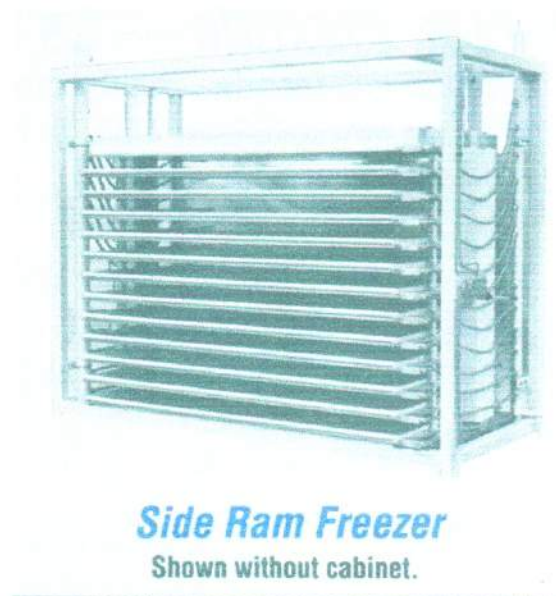
Se optó por el equipo propuesto por CONNELL AIR CONDITIONING & REFRIGERATION CO.

Descripción:

Modelo 6060-7 “Station Side Ram Aluminium” con recirculación del refrigerante y gabinete con doble puerta (al frente y en parte trasera) con aislación de fibra de vidrio de 3” (0,076 m).

Dicho equipo tiene una capacidad de 686 Kg/lote. Cuenta con 7 estaciones (placas) en las cuales se puede colocar hasta 18 marcos por placa. El requerimiento de refrigerante es de 10.000 Kg para una temperatura de evaporación de -40°C .

A continuación se puede ver una foto del mismo sin el gabinete:



Desmoldadora

A la salida del congelador, las bolsas de pulpa se separarán de los marcos con una desmoldadora. Los bloques separados caerán a una cinta transportadora a rodillos.

El equipo será provisto por Notherm Food-Line Machines K.S (NORFO).

Bibliografía

1. Brennan, J.G; Buttters,J.R. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Tercera edición. Ed. Acribia. 1998.
2. Comunicación personal con el Ing. Moscuzza Angel. Pesquera Moscuzza.

Almacenamiento de la pulpa de fruta congelada

(Ver Cuerpo II, página 131)

Se contará con una cámara para mantener y almacenar los bloques de pulpa congelados provenientes del congelador de placas.

Tanto la pulpa de frutilla como la de frambuesa y durazno se procesarán entre los meses de noviembre y marzo; mientras que la pulpa de kiwi se elaborará de abril a septiembre. Es por ello que al momento de dimensionar la cámara sólo se tendrán en cuenta las tres primeras pulpas, ya que cuando se procesa la de kiwi parte de las restantes ya habrán sido extraídas para su procesamiento y, por lo tanto la cámara tendrá suficiente espacio para almacenamiento.

Especificaciones de diseño

La cámara de congelado tendrá una temperatura de -18°C y la misma debe contener la cantidad necesaria de pulpa de frutilla, frambuesa y durazno para siete meses de producción de licuado. De las pulpas mencionadas las de frutilla y durazno se elaboran 2 días por semana mientras que la de frambuesa, un solo día.

Se tomó como base para determinar la capacidad de la cámara la pulpa de durazno debido a que es la que mayor producción por día requiere. Es decir que a los efectos del cálculo la cámara se diseñó para almacenar la producción de pulpa de durazno de 7 meses suponiendo que ésta se elabora 5 días por semana.

La cantidad diaria de pulpa de durazno requerida para la elaboración del licuado es de 480 Kg. La cantidad de pulpa a congelar entre noviembre y marzo debe ser la necesaria para realizar licuados en los restantes 7 meses (30 semanas), es decir se deberán almacenar 72.000 Kg. Al finalizar el mes de marzo la cámara estará ocupada con la cantidad de pulpa de fruta mencionada.

La pulpa congelada será dispuesta en bachas de 1,1 m x 1,2 m x 0,8 m (medidas internas)¹.

Cada bloque de pulpa congelada tiene un tamaño aproximado de 0,49 m x 0,256 m x 0,06 m, por lo tanto entran por fila 8 bloques. Se apilarán 12 filas de bloques de pulpa

congelada dentro de cada bacha, con lo que cada bacha contendrá 96 bloques de pulpa (672 Kg). Para almacenar los 72.000 Kg de pulpa se requerirán 108 bachas.

Para considerar posibles aumentos en la capacidad de producción la cámara de congelado se dimensionó para almacenar 120 bachas.

Dicha cámara será dividida en tres secciones independientes (cada una con su respectivo equipo de frío) separadas por paneles.

Las dimensiones de la cámara son: 25,5 m x 9,7 m x 2,8 m.

La cámara cuenta con paneles de poliestireno inyectado de 0,1 m de espesor recubiertos con chapa zincada de 0,005m de espesor y en cada sección se colocarán tres ventiladores de 187W ($\frac{3}{4}$ HP) cada uno ².

Para que la cámara funcione según las especificaciones antes mencionadas, se necesitan 3 equipos extractores del calor de 5.670 W (7,6 HP) para cada sección.

Equipo seleccionado para esta operación

Se optó por la adquisición de las cámaras propuestas por Arce y asociados S.A.

Bibliografía

1. Comunicación telefónica con Metalúrgica Solari S.R.L.
2. Manual del frío de INDERFRIX S.A.

Sistema de descongelado de la pulpa de fruta

(Ver Cuerpo II, página 141)

La pulpa que se mantiene congelada dentro de la cámara de congelación se encuentra a -18°C . Debido a que esta pulpa será utilizada en determinados meses del año para la elaboración del licuado se la debe descongelar, de manera de poder utilizarla de la misma forma que la pulpa que no se congela. Una vez que la pulpa se descongele será descargada a los tanques de mezclado finales para la obtención de los licuados con azúcar y con edulcorante.

Existen varios procedimientos para descongelar alimentos. Puede efectuarse en cámaras a vacío, con agua corriente, en presencia de aire, por calentamiento dieléctrico y por microondas.

Se seleccionó como alternativa la descongelación de la pulpa por medio de agua potable a una temperatura de 10°C . Cada bolsa de pulpa se retirará de la cámara y se dispondrá sobre una cinta transportadora la cual estará sumergida en el agua. La temperatura de la pulpa ascenderá hasta 2°C .

Con el objetivo de mantener la temperatura del agua constante en 10°C el sistema contará con un lazo simple de control de temperatura que será descrito posteriormente.

Especificaciones de diseño

El tiempo de descongelado se calculó siguiendo el procedimiento propuesto por Brennan J. G. en el libro "Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos"¹. Este tiempo es el necesario para llevar la pulpa desde -18°C hasta 0°C . A este tiempo se le agregó el tiempo necesario para incrementar la temperatura de la pulpa a 2°C con el objetivo de tener seguridad de haber eliminado todos los cristales de hielo y para facilitar así también su transporte en cañerías. El tiempo total de descongelado es 6.131s (102 min).

Se seleccionó una velocidad de cinta de 0,004 m/s por lo que la longitud necesaria de la cinta será de 24,5 m. Para tener un margen de seguridad ante una posible eventualidad se utilizará una cinta de aproximadamente 27 m.

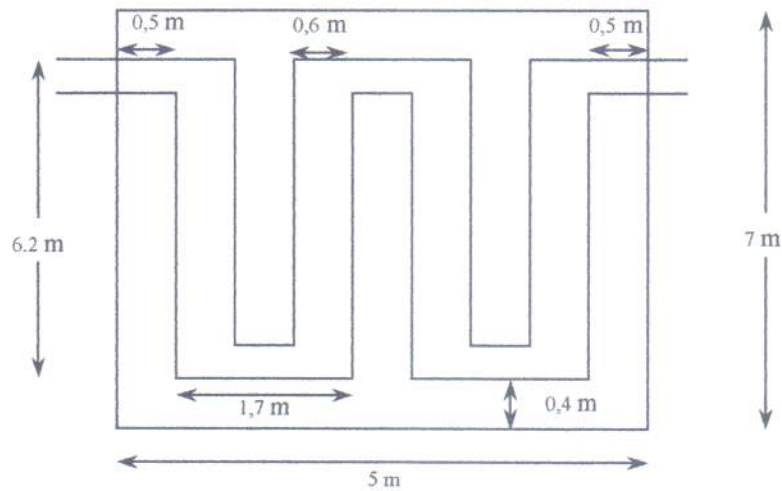


Figura 21: Vista superior del sistema de descongelado.

La bacha con agua en la que va a estar sumergida la cinta tendrá un volumen de 21 m^3 . Una vez que las bolsas terminen su recorrido por la cinta, la pulpa de fruta estará en estado líquido. La bolsa será cortada en un extremo por un sistema de cuchillas y presionada por dos rodillos para que la pulpa de su interior sea descargada en un tanque pulmón que la contendrá hasta su posterior utilización en los tanques de mezclado final.

El sistema contará con un circuito de inyección de vapor a 130°C . La masa y el caudal másico de vapor necesarios para mantener la temperatura del agua son de $69,4 \text{ Kg}$ y $0,0113 \text{ Kg/s}$ respectivamente.

Sistema de control para esta operación

En este sistema se utilizará un lazo de control simple para mantener constante la temperatura del agua en 10°C . A continuación se presenta el esquema tecnológico del sistema de control propuesto:

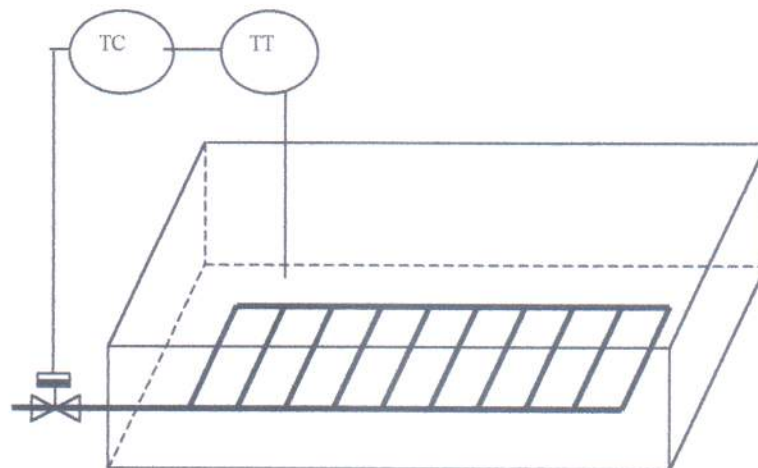


Figura 22: Esquema del lazo de control del sistema de descongelado de pulpa de fruta.

Equipo seleccionado para esta operación

Este sistema será construido en acero inoxidable AISI 316.L de 0,005 m de espesor.

Tanque pulmón para pulpa de fruta

Para dimensionar el tanque pulmón se tomó en cuenta la cantidad requerida de pulpa diaria para cada variedad de licuado. En todos los casos se requieren aproximadamente 500 Kg de pulpa por lo que el diseño se realizó para dicha cantidad. Para los cálculos se utilizaron arbitrariamente las propiedades de la pulpa de frutilla. Las dimensiones del tanque son las siguientes:

$$\mathbf{H = T = 0,85 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{D = 1/3 T = 0,28 \text{ m}}$$

$$\mathbf{C = D = 0,28 \text{ m}}$$

$$\mathbf{L = 1,1 \text{ m}}$$

Para mantener una distribución homogénea de toda la pulpa se decidió que el tanque contará con una agitación suave. Para ello se utilizará un agitador de tipo hélice de paso cuadrado. La potencia de agitación necesaria será de 8,52W.

Equipo seleccionado para esta operación

Para almacenar la pulpa de fruta se utilizará un tanque provisto por EQUITEC S.A. de acero inoxidable calidad AISI 304 de 0,003 m de espesor, formato cilíndrico vertical y techo y fondo cónicos.

Bibliografía

1. Brennan J.G. Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos. Ed. Acribia. Tercera edición, 1.998.

Capítulo IV

“Estimaciones económicas”

Cálculo de la inversión

(Ver Cuerpo II, página 157)

Inversión fija

El cálculo de la inversión fija se realizó mediante la ecuación:

$$I_F = I_{Fd} + \text{Valor del terreno} + \text{Costos de importación (Ec. 1)}$$

Donde: I_F = inversión fija; I_{Fd} = inversión fija depreciable.

Para el cálculo de la inversión fija depreciable se utilizó el método de los factores presentado en el libro de los autores Rudd y Watson, 1.968. El método permite extrapolar el costo de un sistema completo a partir del costo de los equipos principales del proceso instalados (I_E) y determinar una estimación de la inversión fija total con un error del 10 al 15% del valor real. La inversión fija depreciable se calculó de la siguiente manera:

$$I_{Fd} = I_{Fd}^{\#} - L$$

L = valor residual (se lo consideró igual al 20% de $I_{Fd}^{\#}$)

$$I_{Fd}^{\#} = \text{CFT} \times \text{Factor de costos indirectos}$$

$$\text{CFT (costo físico total)} = \text{Costo de construcción} + \sum I_{Ei} (1 + f_1 + f_2 + f_4)$$

donde I_{Ei} es el costo de cada equipo y f_i son los factores de costos directos.

Los factores empleados en este método se dividen en factores para la estimación de costos directos y factores para la estimación de costos indirectos. Los factores de costos directos que se consideraron en el cálculo son los siguientes:

- Tuberías de proceso
- Instrumentación
- Plantas de servicio

El factor de edificios de fabricación no se consideró ya que se conocía el valor de la construcción.

Los factores de costos indirectos que se tuvieron en cuenta son los siguientes:

- Ingeniería y construcción
- Factores de tamaño

- Contingencias

En la tabla 8 se detallan los equipos principales de la planta, su proveedor y procedencia

Tabla 8: Equipos principales de la planta.

Equipo	Proveedor	Procedencia	Precio (U\$S)
Cámaras refrigeración y congelado	Arce y Asociados S.A	Argentina	76.920
Lavadora de fruta	Klaus S.A	Argentina	8.500
Cinta de inspección	Klaus S.A	Argentina	12.800
Triturador de frutas	Klaus S.A	Argentina	3.700
Despulpadora	Klaus S.A	Argentina	9.500
Tamizadora – refinadora	Klaus S.A	Argentina	13.800
Elevador a cangilones	Klaus S.A	Argentina	4.500
Congelador de placas	Connellco	E.E.U.U.	28.500
Desmoldadora	Norfo	Europa	40.000
Envasadora aséptica	Tetra-Pak	Argentina	210.000
Envasadora de pulpa	Tecmar	Argentina	9.000
Intercambiador de placas	Heritage	E.E.U.U.	3.800
Intercambiador superficie raspada	Schröder	Europa	133.770
Sistema de descongelado	Humberto Rojas	Argentina	8.500
Caldera	Fontanet	Argentina	10.420
Tanque encamisado para leche	Equitec S.A.	Argentina	3.000
Tanque encamisado premezcla	Equitec S.A.	Argentina	530
Tanque mezcla ascórbico	Equitec S.A.	Argentina	1.500
Tanque mezcla leche c/ aditivos	Equitec S.A.	Argentina	1.700
Tanque mezcla leche y pulpa	Equitec S.A.	Argentina	2.000
Tanque pulpa descongelada	Equitec S.A.	Argentina	1.000
Tanque de almacenamiento licuado	Equitec S.A.	Argentina	1.200

Para los 2.215 m² construidos de la planta el costo de construcción es de U\$S 334.500.

La municipalidad del Partido de General Pueyrredón autoriza la instalación de industrias alimenticias en determinadas zonas de la ciudad. Se decidió la compra de un terreno de una manzana (86m x 86m) destinándose para esto un monto no mayor U\$S 30.000.

Los costos de importación fueron proporcionados por la empresa Freight Forwarders. Los equipos que se importarán desde Europa son la desmoldadora y los intercambiadores de superficie raspada. Para estos equipos el costo de importación es de US\$ 6.760.

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación 1 resulta:

$$I_F = \text{US\$ } 1.255.060$$

Capital del trabajo (I_w) e Inversión total

Para estimar el capital de trabajo, es decir el capital necesario para que una vez que la planta se encuentre instalada pueda operar a los niveles previstos, se consideraron los costos de producción correspondientes a tres meses de producción.

Se obtuvo $I_w = 100.650$ US\$

Por lo tanto la inversión total es:

$$I_{\text{total}} = \text{US\$ } 1.356.000$$

Costo total del producto

(Ver Cuerpo II, página 165)

El costo total del producto puede dividirse en costos de fabricación y gastos generales. Normalmente se calcula tomando como base el costo anual.

En los costos de fabricación se incluyen todos los gastos relacionados directamente con la producción y con los equipos físicos de una planta. Se dividen en tres categorías: costos directos de producción, gastos fijos y gastos generales de la planta.

Los *costos directos de producción* comprenden todos los gastos relacionados directamente con la producción, como gastos de adquisición de materia prima, mano de obra directa, supervisión, tareas administrativas, mantenimiento, suministros, etc.

Los *gastos fijos* son valores que permanecen casi constantes, no se modifican considerablemente con el ritmo de producción.

Los *gastos generales de la planta* comprenden los servicios médicos y hospitalarios, el mantenimiento general, servicios de seguridad, embalaje, comedor y recreación, laboratorio de control, almacenes y depósitos, beneficios especiales para empleados.

Los gastos generales incluyen: gastos de administración, gastos de distribución y de marketing, gastos de investigación y desarrollo y financiación.

I. Costos de fabricación:

A. Costos directos de producción

Materia prima: U\$S 115.161 (no incluye costo de azúcar ni de edulcorante)

Se agregó en este rubro el costo de los envases suministrado por los proveedores correspondientes:

Costo total de los envases: 35.045 U\$S/año.

Total de materia prima + envases = **150.206 U\$S/año.**

Mano de obra: La planta contará con 12 empleados. Los sueldos de los empleados se calcularon en base a lo estipulado en el Convenio Colectivo de Trabajo N°244/94 del Sindicato de trabajadores de Industrias de la Alimentación de la Provincia de Buenos Aires. El costo de mano de obra es de **34.076 U\$S/año**

Supervisión directa y tareas de oficina: **3.408 U\$S /año.**

Servicios auxiliares: Se tuvieron en cuenta los costos de energía eléctrica, gas y agua provistos por los proveedores locales junto con los consumos estimados para la planta. El costo de los servicios auxiliares es de **U\$S 7.680/año**

Mantenimiento y reparaciones: Se estimó que el costo de mantenimiento y reparaciones será de 2.000\$/mes. Este valor no incluye el salario del personal de mantenimientos, ya que éste ya fue considerado en el costo de la mano de obra. Por lo tanto este costo es de **6.234 U\$S/año**.

Suministros para la operación: planos y diagramas, lubricantes, útiles para conserjería, reactivos para análisis. No pueden considerarse materias primas ni materiales para mantenimiento y reparaciones. El valor es de **12.183 U\$S/año**

Gastos de laboratorio: incluye el costo de ensayos de control de calidad de los productos y de las operaciones. Su valor es de **3.408 U\$S/año**

Costos directos de producción = 217.195 U\$S/año

B. Gastos fijos:

Depreciación: equipos, edificios y otros objetos materiales que forman la planta requieren una inversión inicial que debe ser amortizada como un gasto de fabricación debido a la disminución de valor con el tiempo. **D = U\$S 121.830.**

Impuestos locales: impuestos provinciales y municipales principales (Tasa de seguridad e higiene, efluentes industriales, tasa sanitaria, alumbrado, barrido y conservación de la vía pública). Se deberán pagar **804 U\$S/año + 0,007 CTP.**

Seguros: se deben tener en cuenta seguros del establecimiento, seguros para los empleados (ART), seguros contra riesgos. Su costo es de **12.183 U\$S/año.**

Gastos fijos = 134.817 U\$S/año + 0,007 CTP

C. Gastos generales de la planta:

El valor de este ítem es de **17.487 U\$S/año.**

Costos de fabricación = 369.497 U\$S/año + 0,007 CTP

II. Gastos generales:

A. Gastos de administración: 6.558 U\$S/año.

B. Gastos de distribución y marketing: Se los consideró iguales al 3% del costo total del producto.

C. Gastos de Investigación y desarrollo: se consideraron \$1000 mensuales, aproximadamente **U\$S 3.120 por año.**

D. Financiación: Debido a la situación económica actual del país no se pedirá financiamiento.

Gastos generales = 0,03 CTP + 9.678 U\$S/año

Costo total de producción (sin endulzantes) = 393.743 U\$S/ año

La producción anual de licuado es de 300.000 litros (180.000 l para licuado con azúcar y 120.000 l para licuado con edulcorante), por lo que el costo total unitario base es de: 1.31 U\$S/ litro. A este costo se debe adicionar el costo del azúcar o de Nutrasweet®.

Costo por litro de licuados con azúcar = 1,33 U\$S

Costo por litro de licuados con edulcorante no nutritivo = 1,36 U\$S

Por lo tanto:

Costo total de producción = 402.600 U\$S/ año

El precio de venta a mayorista será de U\$S 1,53 para los licuados con azúcar y 1,63 U\$S para los licuados con edulcorante no nutritivo.

El costo unitario de producción es elevado como para poder ofrecer el producto a un precio competitivo. Para poder llevar a cabo este proyecto en el contexto descrito debería reducirse el costo de producción. Para ello se proponen las siguientes alternativas en orden de importancia:

- Aumentar el volumen de producción.
- No congelar la pulpa de fruta.
- Pasteurizar el producto envasado.
- Vender pulpa de fruta congelada.
- Utilizar un sustituto del edulcorante no nutritivo

Estimación de la rentabilidad

(Ver Cuerpo II, página 175)

Método de la TIR ¹

La rentabilidad del proyecto se calculó con el método de la tasa interna de retorno (TIR). Se seleccionó este método porque tiene en cuenta la modificación del valor del dinero con el tiempo y brinda resultados más reales que los demás métodos. En el método de la TIR se establece la tasa de interés que debería aplicarse anualmente a los flujos de caja para que la inversión original sea reducida a cero (o a la suma del valor residual, del terreno y del capital de trabajo). La ecuación que representa el método es:

$$V_p = \sum [FC_j / (1+r)^j] - I_{total} = 0$$

El subíndice j representa el año correspondiente; r es la tasa de interés o TIR e I_{total} es la inversión total.

Se tomó una vida útil del proyecto de 10 años. Para el cálculo de la TIR se consideró que se producirán 300.000 litros anuales a un costo total unitario de 1,33 U\$S para los licuados con azúcar y 1,36 U\$S para los licuados con edulcorante no nutritivo. El precio de venta al mayorista será de 1,53 U\$S/ l para licuados con azúcar y de 1,63 U\$S/ l para licuados con edulcorante.

Se utilizó un método de prueba y error para el cálculo de la TIR. Con el mismo se obtuvo que el proyecto tiene una rentabilidad de aproximadamente 7%.

Tiempo de repago

Por otro lado, se estimó el tiempo de repago que es el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión fija inicial depreciable en forma de flujos de caja del proyecto. El cálculo se basa en la siguiente expresión:

$$n_r = I_F \text{ depreciable} / (\text{BN medio/tiempo}) + (\text{Depreciación media/tiempo})$$

Para determinarlo se utilizó un método gráfico que permite la interpolación gráfica del n_r a partir de los flujos de caja acumulados. Se obtuvo un tiempo de repago de aproximadamente 7 años.

Tanto la TIR como el tiempo de repago obtenidos indican que, bajo las condiciones planteadas, el proyecto es poco rentable. Cabe aclarar que para este tipo de emprendimiento la rentabilidad mínima aceptable es¹ de aproximadamente 20 %.

Una alternativa para mejorar la rentabilidad es incrementar el volumen de producción. Esto es posible ya que la capacidad de los equipos es superior a la necesaria. Por otro lado, al ser un producto esterilizado tiene una vida útil prolongada lo que permitiría ampliar la zona de comercialización y distribución y, en consecuencia, abarcar un porcentaje mayor del mercado.

Además, se puede mejorar la rentabilidad modificando ciertos aspectos del proyecto con el objetivo de disminuir la inversión total y/o el costo de producción. Estas alternativas ya se han mencionado en “Estimación del costo total del producto”, página 115.



Bibliografía

1. Zugarramundi, A., Parin, M. A. Apuntes de rentabilidad 1.993.

Cuerpo II

Diagrama de flujo

Para poder determinar las cantidades de materia prima a utilizar y las proporciones de cada aditivo a agregar se tuvieron en cuenta la estacionalidad de las frutas y los costos promedio de cada una. En función de estas dos características se decidió el porcentaje a procesar de cada fruta.

Debido a que el durazno y la frutilla son las frutas más económicas y los gustos más tradicionales se fijó un porcentaje a procesar de 35% del total de la producción anual de licuado para cada una de estas frutas. Para el kiwi y la frambuesa la producción será un 15% de la total.

La planta funcionará 8 horas por día, 6 días por semana. Considerando un año laborable de 300 días y los porcentajes a procesar de cada fruta se obtuvo que se elaborará aproximadamente 105 días al año licuado de durazno, 105 días licuado de frutilla, 45 días licuado de kiwi y 45 días licuado de frambuesa.

Por cuestiones de practicidad y de limpieza de los equipos se va a procesar una fruta distinta cada día, por lo cual se trabajará 2 días a la semana en la elaboración de licuado de durazno, 2 días en licuado de frutilla, 1 día en licuado de frambuesa y 1 día en licuado de kiwi. La producción diaria de licuado será de 1.000 l de los cuales 600 l corresponden a licuado con azúcar y 400 l, a licuado con edulcorante no nutritivo.

Debido a la estacionalidad fue necesario considerar que durante los meses en los cuales haya oferta de fruta se deberá procesar más cantidad de fruta para cubrir el faltante de los meses en donde no pueda comprarse. La producción de licuados por día será la misma (1.000 litros) pero una parte de la pulpa elaborada será pasteurizada y se congelará en cámaras. Cuando se utilice pulpa congelada para elaborar licuado será necesario aumentar su temperatura hasta temperaturas de refrigeración para lo cual las bolsas de pulpa congelada serán sumergidas en agua a 10°C. Una vez descongelada, la pulpa podrá mezclarse con la leche y aditivos de la misma manera que la pulpa sin congelar.

La pulpa será aditivada con ácido ascórbico (a la pulpa de kiwi no se le agregará ácido ascórbico ya que la fruta posee naturalmente una cantidad suficiente). La cantidad de ácido ascórbico que se agregará es del 0,11% (p/p).

El balance de masa para la etapa de mezclado de la leche con la pulpa, azúcar o edulcorante y pectina es:

$$m_{\text{licuado}} = m_{\text{azúcar/edulcorante no nutritivo}} + m_{\text{pectina}} + m_{\text{leche}} + m_{\text{pulpa}}$$

Los licuados de frutilla, frambuesa y durazno que se preparen con azúcar tendrán una relación 1:1 de leche a pulpa, 0,8% de pectina (P/P) y 10% de azúcar (P/P). Los licuados de frutilla, frambuesa y durazno que se preparen con edulcorante no nutritivo tendrán una relación 1:1 de leche a pulpa, 0,8% de pectina (P/P) y 0,07% de edulcorante no nutritivo (P/P). Para el licuado de kiwi las cantidades de azúcar, edulcorante y pectina a agregar son las mismas que para el resto de los licuados, pero en este caso la relación leche en pulpa será 1,5:1.

Por lo tanto, el balance de masa para esta etapa se puede expresar como:

- Para licuados de frutilla, frambuesa y durazno con azúcar:

$$V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} = 0,1 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + 0,008 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + V \rho_{\text{leche}} + V \rho_{\text{pulpa}}$$

V es el volumen en m³ de leche o pulpa (para este caso son iguales)

- Para licuados de frutilla, frambuesa y durazno con edulcorante:

$$V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} = 0,0007 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + 0,008 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + V \rho_{\text{leche}} + V \rho_{\text{pulpa}}$$

- Para licuado de kiwi con azúcar:

$$V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} = 0,1 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + 0,008 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + V_{\text{leche}} \rho_{\text{leche}}/1,5 + V_{\text{leche}} \rho_{\text{pulpa}}$$

- Para licuado de kiwi con edulcorante:

$$V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} = 0,0007 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + 0,008 V_{\text{licuado}} \rho_{\text{licuado}} + V_{\text{leche}} \rho_{\text{leche}}/1,5 + V_{\text{leche}}$$

ρ_{pulpa}

Para los licuados con azúcar $V_{\text{licuado}} = 600$ l/día y para licuado con edulcorante

$$V_{\text{licuado}} = 400 \text{ l/día.}$$

Los valores de densidad utilizados en los balances se detallan en la siguiente tabla 1 (Ver Anexo, Sección "Estimación de propiedades de la pulpa y licuado de fruta"):

Tabla 1: Densidad de los ingredientes empleados para elaborar los licuados.

	Densidad (Kg/m ³)
Pulpa de frutilla	950,5
Licuado de frutilla	1.003,6
Pulpa de kiwi	1.022
Licuado de kiwi	1.007
Pulpa de durazno	1.037
Licuado de durazno	1.031
Pulpa de frambuesa	1.031
Licuado de frambuesa	1.027
Leche descremada	1.036,2

A partir de los balances presentados se calcularon las cantidades de leche y pulpa de fruta necesarias. La cantidad de fruta requerida para obtener la masa de pulpa calculada se determinó teniendo en cuenta los siguientes porcentajes de pérdidas determinados experimentalmente:

- Frutilla :

Pérdidas por selección = 5% p/p

Pérdidas por extracción del pedúnculo = 4 % p/p

- Durazno:

Pérdidas por selección = 2 % p/p

Pérdidas por pelado = 7 % p/p

Pérdidas por descaroado = 7,5% p/p

- Kiwi:

Pérdidas por selección = 2 % p/p

Pérdidas por pelado = 12 % p/p

- Frambuesa:

Pérdidas por selección = 2 % p/p

Pérdidas por extracción del pedúnculo = 4 % p/p

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2: Cantidad necesaria de fruta y de pulpa que se obtiene a partir de ella. Los valores presentados corresponden al total necesario para elaborar 1.000 litros diarios de licuado.

	Cantidad de fruta necesaria (Kg)	Cantidad de pulpa que se obtiene (Kg)
Frutilla	490	446
Durazno	570	481
Frambuesa	506	476
Kiwi	430	370

Cabe mencionar que la fruta que se descarte en la etapa de selección junto con los residuos de las etapas de pelado y extracción de pedúnculo serán destinados a consumo animal.

Como ya se ha mencionado, durante la época de oferta de las frutas se procesará una cantidad mayor que la requerida para elaborar los 1.000 litros diarios de licuado. La cantidad total de fruta que debería procesarse diariamente en dicha época se calculó de la forma que se detalla a continuación:

- **Durazno:** Se dispondrá de esta fruta durante los meses de Noviembre a Marzo, lo cual equivale a 22 semanas. Todo el durazno necesario para el año se procesará durante 44 días (2 días/ semana x 22 semanas). Utilizando los datos de la Tabla 2 y considerando que se elaborará licuado de durazno 105 días al año se obtiene:

$$\text{Fruta necesaria por año} = 570 \text{ Kg/día} \times 105 \text{ días/año} = 59.850 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, durante los 44 días se procesarán 59.850 Kg de fruta, es decir, 1.360 Kg durazno/día. De esta cantidad 570 Kg se utilizarán para elaborar los licuados y la pulpa de los 790 Kg de fruta restantes se congelará.

- **Kiwi:** Se dispondrá de kiwi de Abril a Diciembre pero se decidió procesarlo de Abril a Septiembre, lo cual equivale a 22 semanas. Toda la fruta necesaria para la producción anual de licuado de kiwi se procesará en 22 días (1 día/semana x 22 semanas). Dado que se elabora licuado de kiwi 45 días al año resulta:

$$\text{Fruta necesaria por año} = 430 \text{ Kg/día} \times 45 \text{ días/año} = 19.350 \text{ Kg}$$

Esta cantidad será procesada en 22 días, es decir que diariamente se utilizarán 880 Kg de kiwi de los cuales 430 Kg se emplearán en la elaboración de licuado.

• Frutilla: Habrá oferta de frutilla de Noviembre a Marzo, es decir 22 semanas. La cantidad anual necesaria de fruta será procesada en 44 días (2 días/ semana x 22 semanas). El licuado de frutilla se elabora 105 días al año, por lo que resulta:

$$\text{Fruta necesaria por año} = 490 \text{ Kg/día} \times 105 \text{ días/año} = 51.450 \text{ Kg}$$

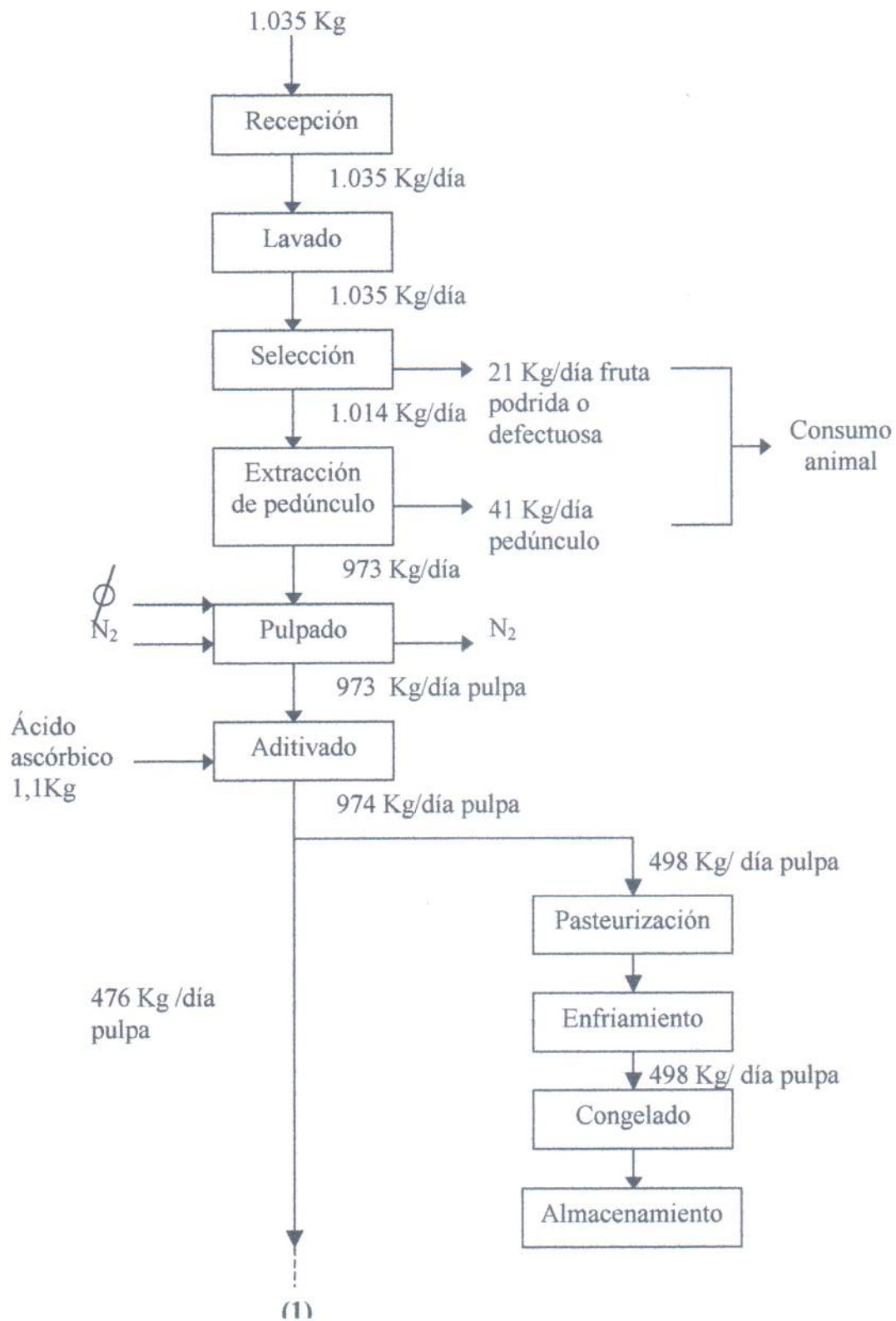
Los 51.450 Kg de fruta se procesarán en 44 días por lo que diariamente se utilizará 1.170 Kg de frutilla.

• Frambuesa: Se dispondrá de frambuesa de Noviembre a Marzo, es decir durante 22 semanas. Toda la fruta necesaria para el año se procesará en 22 días (1 día/ semana x 22 semanas). El licuado de frambuesa se prepara 45 días al año, por lo que se obtiene:

$$\text{Fruta necesaria por año} = 506 \text{ Kg/día} \times 45 \text{ días/año} = 22.770 \text{ Kg}$$

Los 22.770 Kg de fruta se procesarán en 22 días, es decir que por día se utilizarán 1.035 Kg de frambuesa.

A continuación se presentan los diagramas de flujo para la elaboración de los licuados. Dichos diagramas corresponden a la época del año en donde parte de la pulpa de fruta se utiliza para elaborar el producto y otra parte se congela.

Diagrama de flujo para obtención de licuado de frambuesa

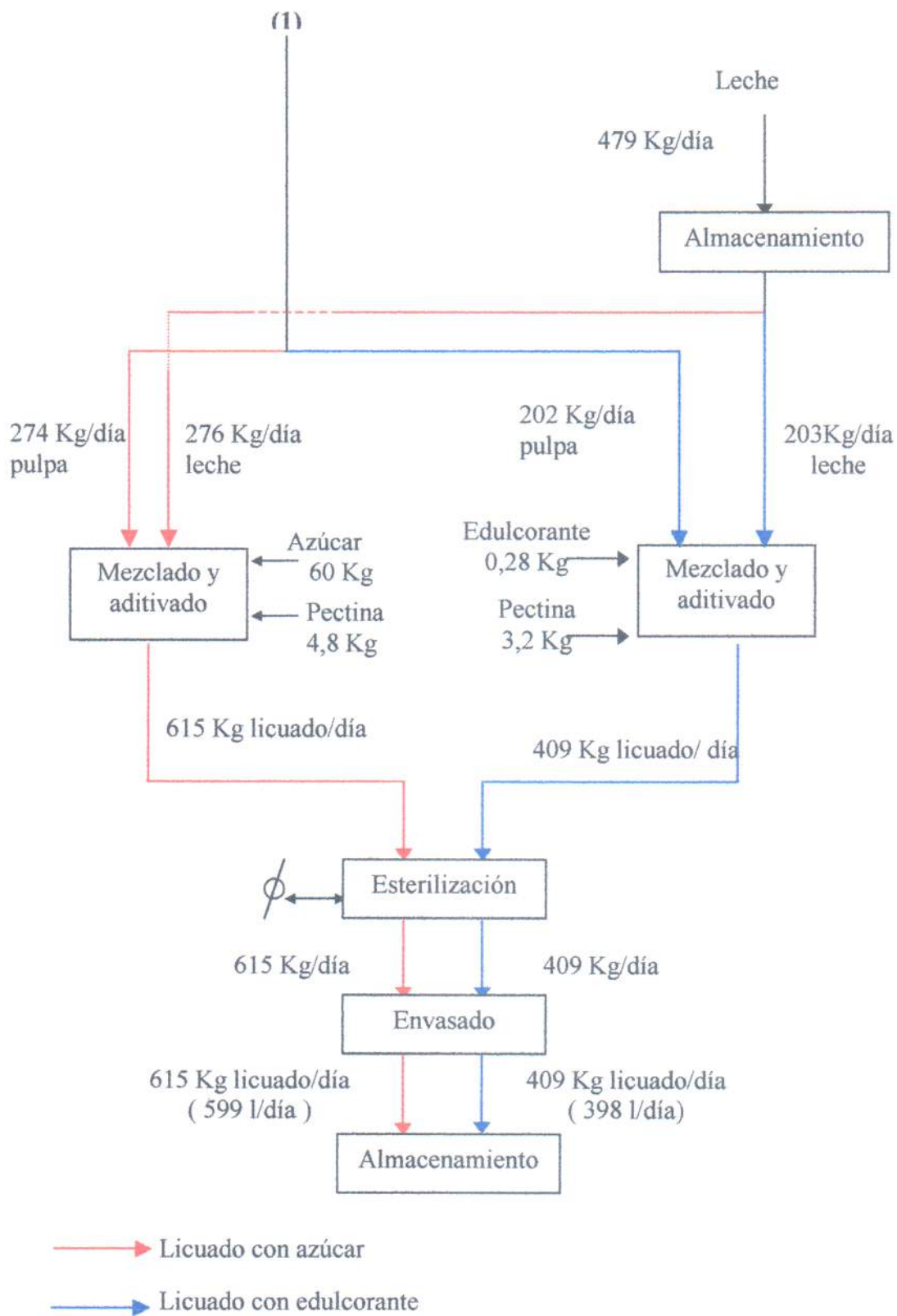
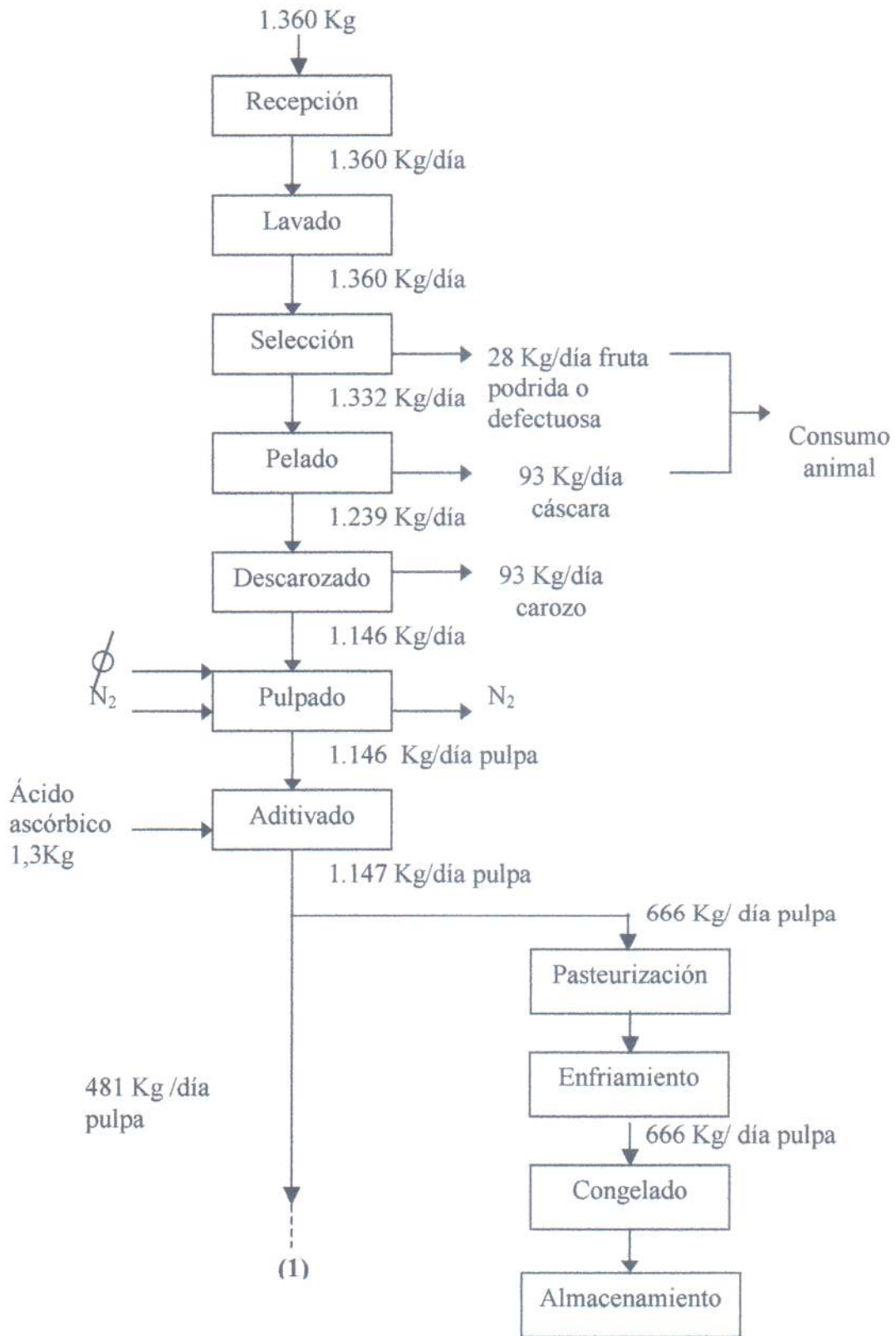


Diagrama de flujo para la obtención de licuado de durazno



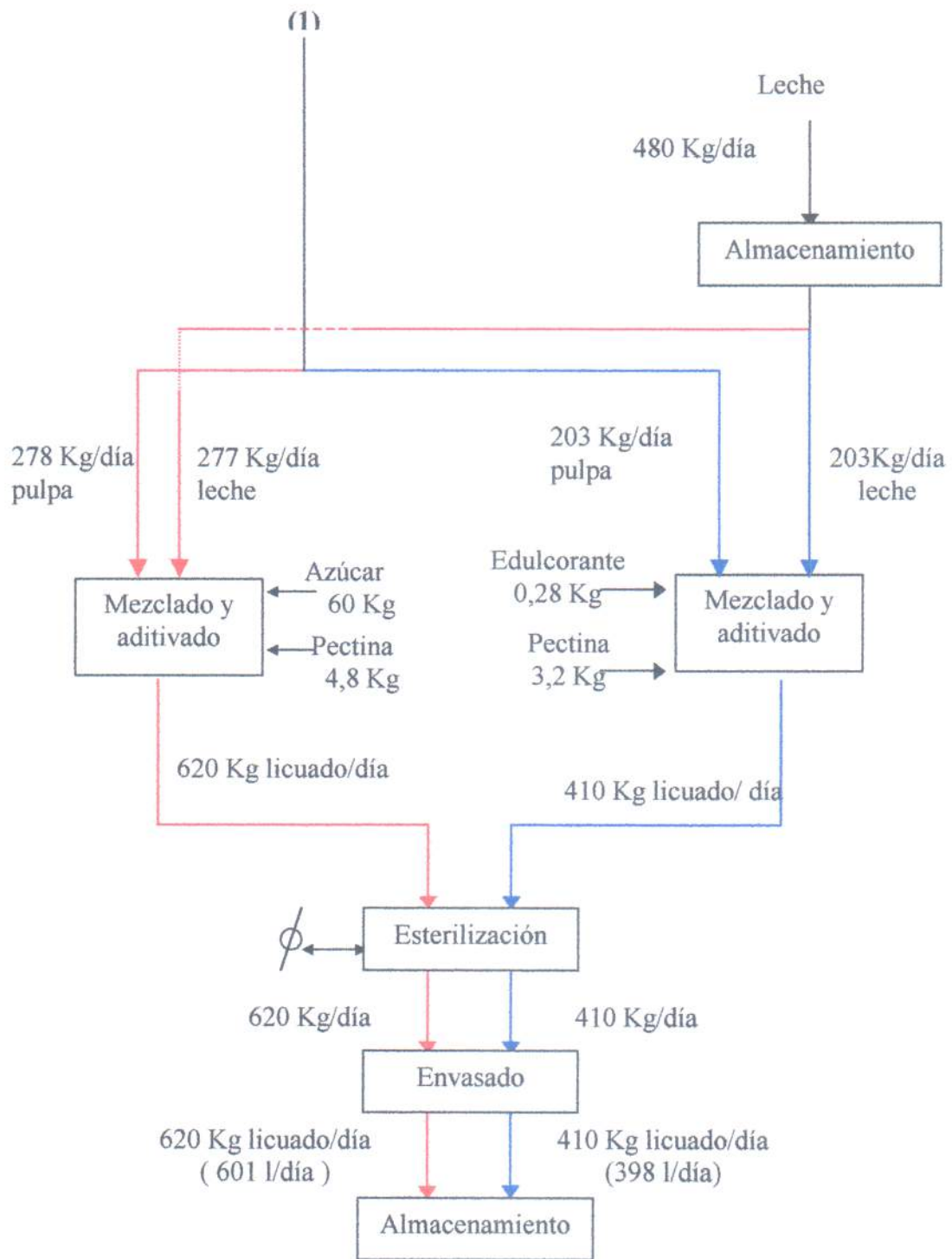
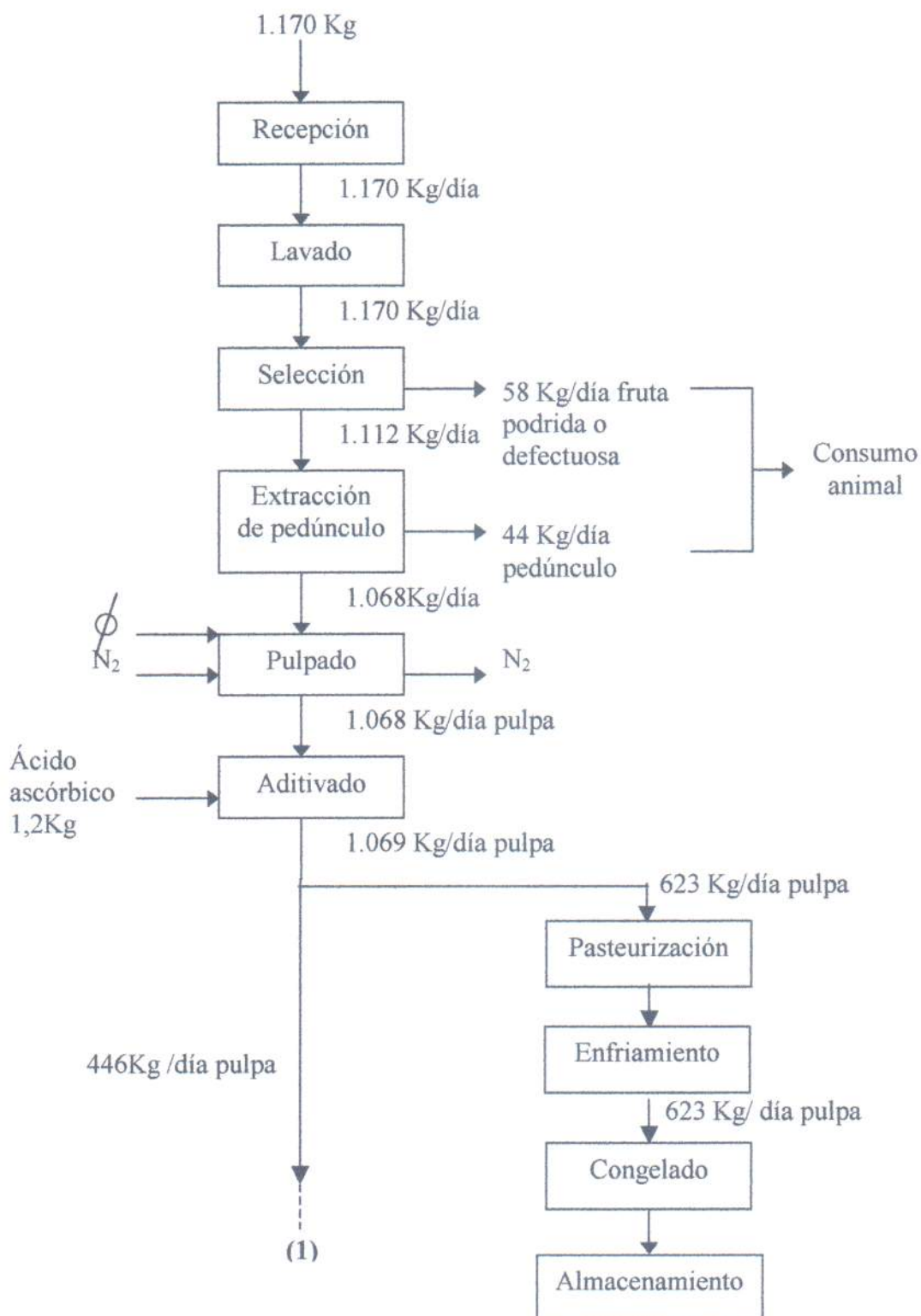


Diagrama de flujo para la obtención de licuado de frutilla

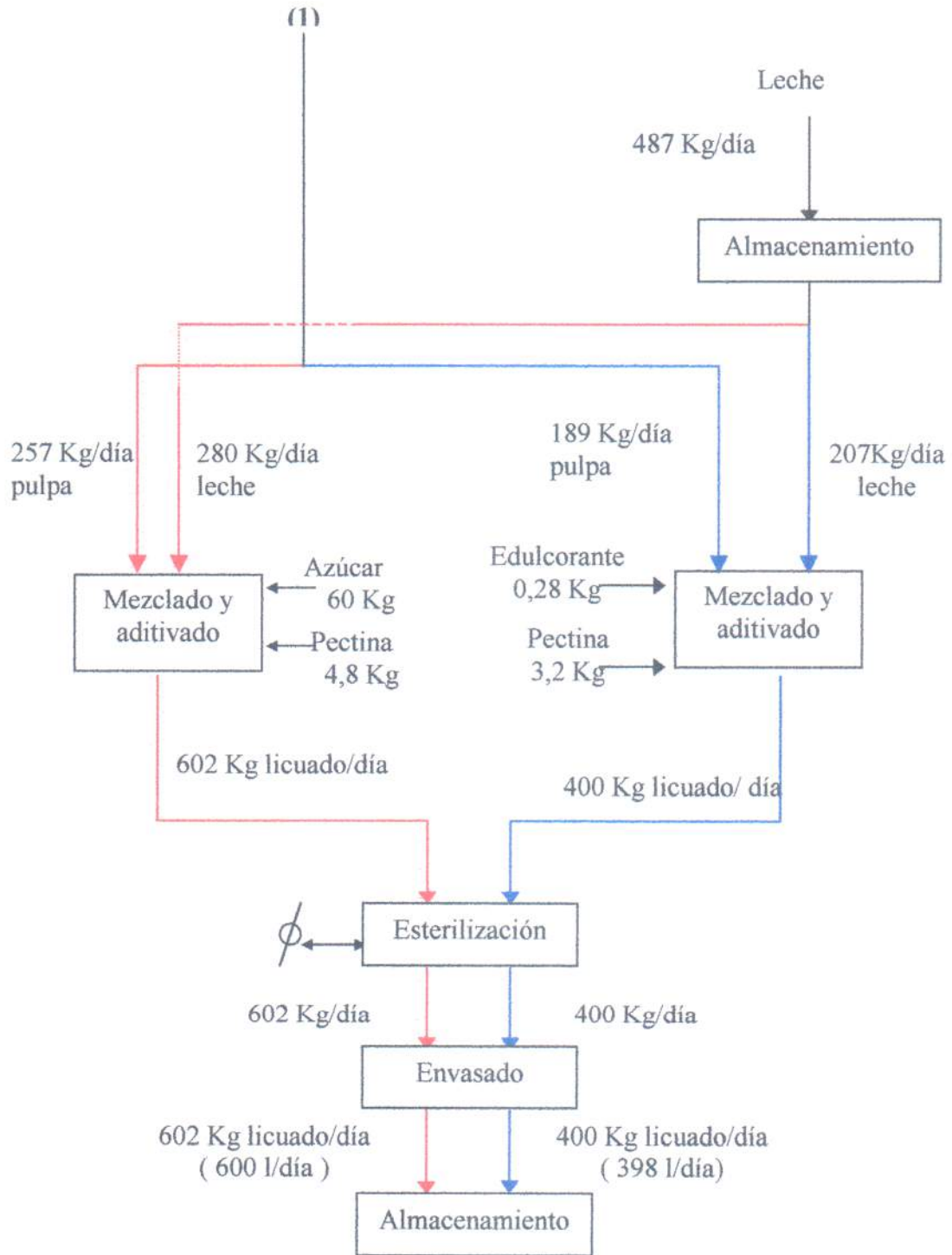
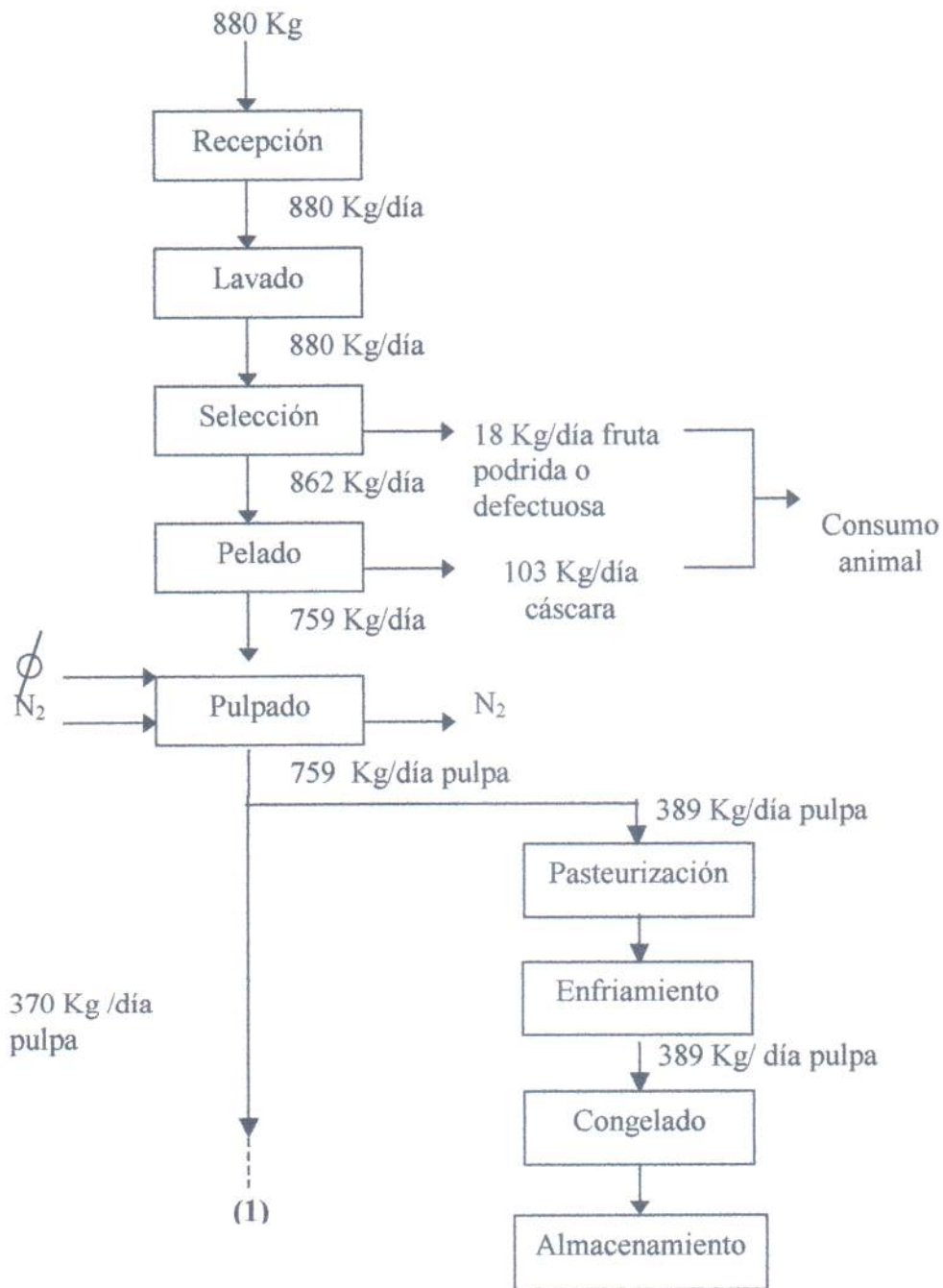
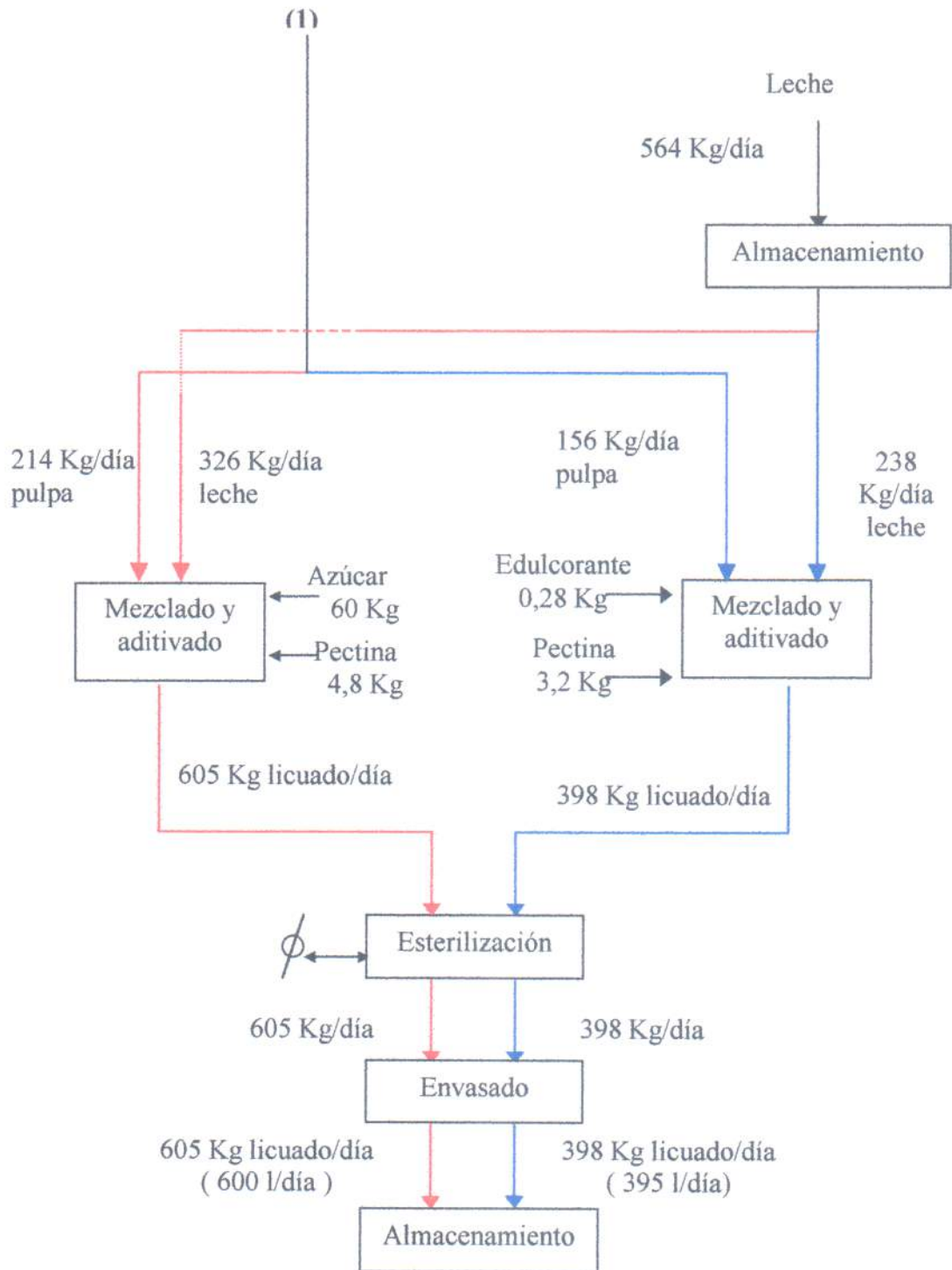


Diagrama de flujo para elaboración de licuado de kiwi





Capítulo I

“Línea principal de elaboración de licuados”

Almacenamiento de fruta fresca

La planta dispondrá de dos cámaras de refrigeración para almacenar las frutas frescas que no serán procesadas inmediatamente después de ser recibidas de los proveedores. Será diseñada para un tiempo de almacenamiento no mayor a una semana.

Se decidió refrigerar y no congelar la fruta debido a los daños ocasionados por la congelación en los tipos de frutas a procesar, teniendo en cuenta las temperaturas óptimas de conservación de las mismas. Las temperaturas de congelación provocarían ennegrecimiento del durazno, pérdida de textura en general, marchitamiento, etc.

En el diseño de una cámara de refrigeración es preciso tener en cuenta factores inherentes a la materia prima como tipos y variedad de frutas a almacenar, temperaturas óptimas de almacenamiento y período de almacenamiento, tasa de respiración de cada fruta, sustancias eliminadas por las mismas, tipo de embalaje, etc.

Condiciones de temperatura de una cámara

Se selecciona la temperatura de almacenamiento en función de la temperatura óptima de la fruta condicionante. En general, al disminuir la temperatura se reduce la intensidad de respiración de las frutas, se hacen más lentos algunos procesos vitales y se retarda la madurez fisiológica

Las frutas y verduras continúan sus funciones vitales después de la recolección: absorben O₂ y liberan CO₂, etileno y ácidos orgánicos. Estos procesos generan calor, que debe eliminarse durante el almacenamiento en refrigeración. Por eso debe renovarse periódicamente el aire para eliminar las sustancias volátiles.

En cuanto a la humedad relativa dentro de la cámara, se decidió que la misma fuera del 90% debido a que si supera el 95% se pueden formar mohos en la superficie o en los cajones y provocar alteración.

En la planta se recibirán duraznos, kiwis, frutillas y frambuesas. Debido a que durante una gran parte del año (invierno y primavera) se recibirá sólo kiwi, una cámara diseñada para las cuatro frutas estaría sobredimensionada, sólo se justificaría su tamaño durante el verano en el que se recibirán 3 de las 4 frutas. Por otro lado, hay diferencias entre las cuatro frutas en cuanto a la susceptibilidad a la manipulación durante la descarga y el tipo de recipientes que

se utilizan para almacenarlas. Es por eso que se decidió diseñar dos cámaras distintas: la primera para durazno y kiwi y la segunda para frutilla y frambuesa.

Cámara de refrigeración de kiwi y duraznos frescos

La cámara se diseñará para almacenar la cantidad de fruta necesaria para dos días de producción de durazno (2×1.363 Kg, se considerarán 2.800K g).

La cámara se encontrará dentro de la fábrica con una pared externa por donde se realizará la carga. La temperatura de la misma será de 0°C ya que es la temperatura óptima de refrigeración para las dos frutas y tendrá una humedad relativa ambiente de $90\%¹$.

Los tipos y las dimensiones de las cajas utilizadas para el transporte y almacenamiento de las frutas y las cargas habituales en cada una se averiguaron directamente de proveedores, mayoristas y minoristas.

La fruta será recibida en cajones de $0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 0,15\text{m}$ cuya capacidad es de 10 Kg/cajón de durazno y 8 Kg/cajón de kiwi.

El diseño, en cuanto a las dimensiones, se realizó basándose en el durazno ya que a pesar de tener una densidad de carga mayor que la del kiwi, la masa de duraznos recibida es mucho mayor. Es decir, se calcularon las dimensiones de la cámara considerando que ésta va a contener 2.800 Kg de duraznos. De esta manera se asegura que la cámara sea suficiente en el caso en que esté ocupada sólo con durazno o sólo con kiwi.

Los 2.800 Kg de fruta se recibirán en 280 cajones que serán dispuestos en pallets de $1\text{m} \times 1,2\text{m} \times 0,15\text{m}$ de altura. En cada pallet se colocarán 8 y 6 cajas intercaladamente en cada piso para darle estabilidad a la pila que tendrá 10 cajones de alto (70 cajones en cada pallet). Por lo tanto se necesitarán 4 pallets.

La disposición de los cajones en cada pallet se muestra a continuación:

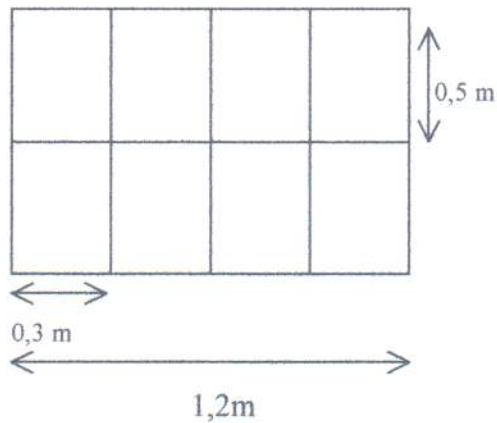


Figura 1: Vista superior de la primera fila

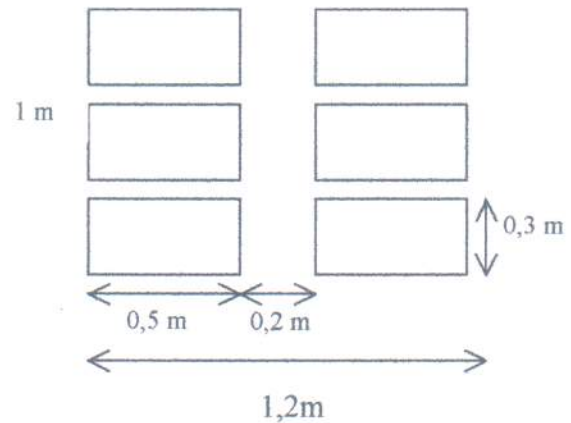


Figura 2: Vista superior de la segunda fila

Los pallets estarán separados del piso 0,15 m; se dejará 1,05 m de distancia entre el techo y el último piso de cajones; 0,3m entre las paredes y el pallet y 0,15 m entre ellos para circulación de aire. Los pallets se dispondrán formando dos filas de 2 cada una separadas por un pasillo de 2m para permitir la circulación del personal con el equipo de transporte de carga. De acuerdo a estos valores se determinó el ancho y el largo de la cámara.

$$\text{Altura} = (0,15 \text{ m} + 10 \text{ cajas} \times 0,15 \text{ m/caja} + 1,15 \text{ m}) = 2,8 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 3,45 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 48,3 \text{ m}^3$$

Los cajones serán cargados desde el exterior a través de una tronera de 0,5 m x 0,3 m mediante una cinta transportadora. Se colocará una puerta corrediza de 2,2 m de alto y 1,7 m de ancho que comunica con el interior de la planta.

A continuación se muestra un esquema de la misma:

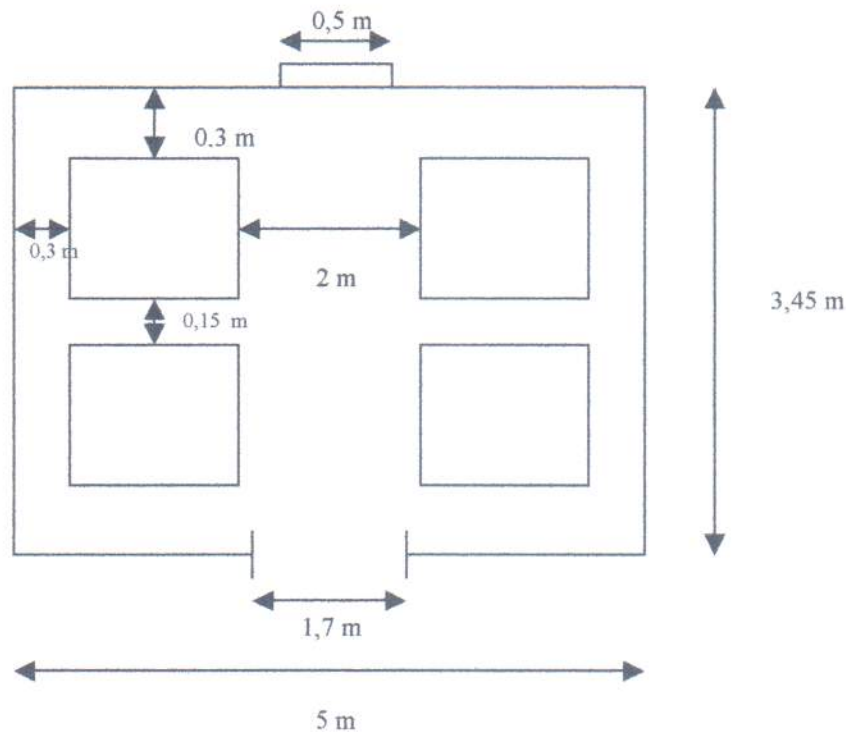


Figura 3: Esquema de la cámara

Cálculo de la potencia del equipo:

La potencia del equipo extractor de calor debe ser suficiente como para retirar la carga térmica de la cámara. Debido a que la cantidad de fruta es elevada y a que se requiere bajar su temperatura en 15°C la cámara tendrá un doble propósito, es decir que durante el primer día funcionará como un túnel de refrigeración que utilizará un equipo extractor de una potencia determinada para lograr la disminución mencionada, y el resto del período de almacenamiento será una cámara de mantenimiento a 0°C que requerirá una potencia menor, a pesar de utilizar el mismo equipo extractor.

La carga térmica total o carga de refrigeración constituye un cálculo importante en los sistemas de refrigeración. Esta carga es el calor que debe ser removido desde el foco frío para que en él se mantenga la temperatura requerida.

Las fuentes que contribuyen a la carga térmica son:

1. Calor por alimentos y envases
2. Calor por iluminación

3. Calor por respiración
4. Calor por ocupantes
5. Calor por infiltración
6. Pérdidas por paredes, piso y techo
7. Calor por motores

El cálculo de la misma se realizó sobre la base de un día de trabajo (24 hs).

1. Calor por alimentos y envases: “carga de enfriamiento del producto”

Primero es preciso remover calor de las frutas para llevarlo a las condiciones de almacenamiento. Esto se llama carga de enfriamiento. Para el cálculo del calor removido se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{ali/env}} = m_{\text{fruta}} c_{p\text{fruta}} (\Delta T) + m_{\text{env}} c_{p\text{env}} (\Delta T)$$

Los cajones pesarán 0,7 Kg cada uno. Se consideró que las frutas y los cajones entrarán a la cámara con una temperatura de 15°C. Para este cálculo se utilizó la capacidad calorífica del durazno que es la de mayor magnitud.

$$c_{p\text{fruta}} = 3,896 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}^3$$

$$c_{p\text{env.}} = 0,44 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}^2$$

$$m_{\text{env}} = m_{\text{cajón}} \times \text{número de cajones}$$

$$\Delta T = (15-0)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ali/env}} = 169.047.009,6 \text{ J}$$

Debido a que este calor representa un elevado porcentaje de la carga calórica total se decidió que será extraído mediante el uso de un equipo extractor que funcionará 8 hs (el día que llega la carga) cuya potencia deberá ser de 7,87HP (se considerarán 8HP). Por lo tanto este calor no se incluye en la carga térmica total.

El tiempo requerido para remover el calor de las frutas y llevarlas a la temperatura de almacenamiento fue calculado utilizando diagramas que vinculan la temperatura del producto con el tiempo de refrigeración y el número de Biot (*Ver Anexo 1, Sección “Cálculo del tiempo de enfriamiento de la fruta”*). Según estos cálculos se necesitan 2 hs como mínimo para lograr la disminución deseada. Si se utilizara un extractor durante esas 2 hs la potencia del mismo

sería de ~31,5 HP, por lo que se decidió utilizar un extractor más pequeño, de 8 HP, haciéndolo funcionar 8 hs.

2. Calor por iluminación:

Se colocarán 3 lámparas que consumirán 60 W cada una. El calor por unidad de tiempo generado por las mismas se calculó con la siguiente expresión:

$$P_{\text{iluminación}} = 3 \times 60\text{W} = 18 \text{ W}$$

Las lámparas estarán encendidas 2 horas por día:

$$Q_{\text{iluminación}} = 129.600 \text{ J}$$

3. Calor por respiración:

Para este cálculo se utilizó el calor de respiración de mayor valor que es el del durazno (1.150 Btu/tn en 24 horas⁵).

$$P_{\text{respiración}} = 1.150 \text{ Btu/tn} \times 24\text{hr} \times 2,8 \text{ tn} = 3.220\text{Btu}/24 \text{ hs}$$

$$Q_{\text{respiración}} = 3.397.100 \text{ J}$$

4. Calor por ocupantes:

En la cámara trabajarán dos operarios durante dos horas diarias. El calor equivalente por persona en una cámara a 0°C es 928 Btu/h⁽⁴⁾

$$Q_{\text{operarios}} = 928 \text{ Btu/h} \times 2 \text{ operarios} = 543,8 \text{ W}$$

$$Q_{\text{operarios}} = 3.915.417,6 \text{ J}$$

5. Calor por infiltraciones:

Se calculó utilizando el procedimiento presente en el manual de A.S.H.R.A.E.

5.1- Puerta que comunica la cámara con la planta:

Se utilizó la siguiente fórmula⁴:

$$P_{\text{infiltraciones}} = q \times Dt \times Df \times (1-E)$$

Donde:

$q = 3790 \times W \times H^{1,5} (Qs/A) \times (1/Rs)$, calor perdido si se mantiene la puerta totalmente abierta.

W es el ancho de la puerta y H su altura (en ft). Los factores (Qs/A) y (1/Rs) se obtuvieron de una tabla⁴. Para esto se consideró a la temperatura externa a la cámara como 15°C y una humedad relativa externa del 70%. Por lo tanto:

$$q = 292.062,96 \text{ Btu/h} = 85.603,6 \text{ J/seg}$$

- Dt es un factor de tiempo que se calcula de la siguiente manera:

$$Dt = (p\theta_p + 60 \theta_o)/(3.600\theta_d)$$

Siendo: p la cantidad de veces que se abre la puerta en un día, θ_p el tiempo en segundos que transcurre entre la apertura y cierre de la puerta, θ_o el tiempo en minutos que está abierta por diferentes razones (carga y descarga de materiales) y θ_d el tiempo en hs (base de cálculo).

La puerta se abrirá seis veces por día, θ_p es igual a 25 seg⁴, θ_o es igual a 30 min y la base de cálculo es de 24 hs. Por lo tanto:

$$Dt = 0,0225$$

- Df es un factor de puerta que tiene en cuenta cuan abierta estará la puerta. Se lo consideró igual a 1⁴.

- E es un factor de efectividad de cualquier sistema de protección de pérdidas.

Se tomó igual 0,95.

De acuerdo a lo antes mencionado:

$$P_{\text{infiltraciones}} = 96,3 \text{ J/s}$$

$$Q = 693.360 \text{ J}$$

5.2- Tronera.

Para este caso se siguió el mismo procedimiento explicado anteriormente. Se utilizaron los siguientes valores:

$$T_{\text{externa}} = 30^\circ\text{C} \text{ (considerando caso más desfavorable)}$$

$$HR_{\text{externa}} = 80\%$$

$$Qs/A = 0,41$$

$$1/Rs = 1/0,476 = 2,1$$

$$\theta_p = 3.600 \text{ seg}$$

$$\theta_o = 60 \text{ min}$$

$$\theta_d = 24 \text{ hs}$$

$$Dt = 0,0833$$

$$Df = 1$$

$$E = 0,95$$

$$q = 6.743,77$$

Se obtuvo:

$$P_{\text{infiltraciones}} = 28,08 \text{ J/s}$$

$$Q_{\text{infiltraciones}} = 101.088 \text{ J}$$

Sumando las pérdidas por infiltración en la puerta y en la tronera resulta:

$$Q_{\text{total infiltraciones}} = 794.448 \text{ J}$$

6. Pérdidas por paredes, piso y techo:

Las paredes de la cámara serán paneles de poliestireno recubierto a ambos lados por chapa zincada de 0,5 mm de espesor. Para calcular el espesor del aislante de dichos paneles se recomienda considerar un mínimo de 10 W/m^2 para las pérdidas de calor por unidad de área.

Para cada una de las paredes de la cámara se planteó la siguiente ecuación:

$$Q = A U \Delta T$$

de la misma se despejó el valor de U cuya expresión es:

$$U^{-1} = 1/h_o + \sum x_i/k_i + 1/h_i$$

y de allí se obtuvo el espesor de aislante necesario.

Se consideró que en la planta el aire está estanco, por lo tanto el coeficiente de transferencia de calor⁴ es de $10 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Se tomó un valor de 15°C para la temperatura en la planta. En el interior de la cámara se consideró convección forzada calculando el h_i como: $h_i = 6,8 + 0,85v^2$ y considerando una $v^7 = 15 \text{ km/h}$.

$$h_i = 19,55 \text{ kcal/h m}^2\text{°C} = 22,74 \text{ W/ m}^2\text{°C}.$$

- Paredes que dan hacia el interior de la planta:

$$Q/A=U\Delta T = 10\text{W/m}^2 = U (15\text{°C}-0\text{°C})$$

$$U = 0,67 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U^{-1} = 1/h_o + x_{\text{chapa}}/k_{\text{chapa}} + x_{\text{poliestireno}}/k_{\text{poliestireno}} + 1/h_i$$

$$k_{\text{chapa}}^6 = 15 \text{ W/m}^2\text{°C};$$

$$x_{\text{chapa}} = 0,0005 \text{ m}$$

$$k_{\text{poliestireno}}^4 = 0,029 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$h_o = 10\text{W/m}^2\text{°C}$$

Despejando el espesor del aislante se obtiene $x_{\text{poliestireno}} = 0,039 \text{ m}$

- Pared externa:

El valor de h_o se calculó con la siguiente ecuación² donde se consideró que la velocidad promedio de los vientos en la ciudad durante el verano (v) es de 21 Km/h.⁷

$$h_o \text{ (Kcal/hm}^2\text{°C)} = 6,8 + 0,85 v \text{ (Km/h)}$$

$$h_o = 28,65 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

En este caso se agregó una resistencia a la transferencia de calor correspondiente a la pared de ladrillo ($k_{\text{ladrillo}} = 0,7 \text{ W/m °C}$) que tiene un espesor de 0,15 m. Por lo tanto:

$$U^{-1} = 1/h_o + x_{\text{ladrillo}}/k_{\text{ladrillo}} + x_{\text{chapa}}/k_{\text{chapa}} + x_{\text{poliestireno}}/k_{\text{poliestireno}} + 1/h_i$$

El espesor mínimo del aislante para esta pared debe ser de 0,04 m.

- Para el cálculo de las pérdidas de calor del techo de la cámara se consideró que éste estará en contacto con aire a una temperatura mayor que la que hay en el ambiente de la planta (15°C) debido a que el techo de la misma se calienta por el efecto de los rayos solares. Por ello a la temperatura ambiente de la planta se le sumaron 4,5 °C⁵. Por lo tanto:

$$Q/A = U\Delta T = 10 \text{ W/m}^2 = U (19,5\text{°C} - 0\text{°C})$$

$$U = 0,5128 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U^{-1} = 1/h_o + x_{\text{chapa}}/k_{\text{chapa}} + x_{\text{poliestireno}}/k_{\text{poliestireno}} + 1/h_i$$

Se obtuvo que el espesor mínimo del aislante en el techo debe ser de 0,052 m.

- El piso será de cemento y no estará aislado. El calor perdido a través del mismo se calculó como $Q = AU\Delta T$. Se consideró una temperatura en el piso de 5°C. El coeficiente global de transferencia de calor se calculó de la siguiente forma:

$$U^{-1} = 1/h_i + x_{\text{cemento}}/k_{\text{cemento}}$$

$$k_{\text{cemento}} = 0,93 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$x_{\text{cemento}} = 0,1 \text{ m.}$$

$$h_i = 10 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Se obtuvo $Q/A = 24,39 \text{ W/m}^2 \text{°C}$.

Los espesores y el largo de los paneles aislantes que se venden comercialmente tienen tamaños estándar. En el caso del poliestireno expandido los espesores son de: 50, 100, 150, 200 o 250 mm. Por lo tanto se recalcularon las pérdidas de calor en las paredes y el techo utilizando un espesor de aislante de 0,05 m.

- Pared interna ($A = 14 \text{ m}^2$) $\rightarrow Q/A = 8,025 \text{ W/m}^2$

- Paredes internas ($A = 9,7 \text{ m}^2$) $\rightarrow Q/A = 8,025 \text{ W/m}^2$
- Pared externa ($A = 14 \text{ m}^2$) $\rightarrow Q/A = 8,43 \text{ W/m}^2$
- Techo ($A = 17,25 \text{ m}^2$) $\rightarrow Q/A = 10,43 \text{ W/m}^2$
- Piso ($A = 17,25 \text{ m}^2$) $\rightarrow Q/A = 24,39 \text{ W/m}^2$

Por lo tanto las pérdidas por paredes, piso y techo suman 908,54 W

Teniendo en cuenta que estas pérdidas se producen todo el día, el calor total perdido por paredes, techo y piso es:

$$Q_{\text{pared/piso/techo}} = 78.497.856 \text{ J}$$

7. Calor por motores:

Se colocarán dos ventiladores de 1/2 HP. Los motores son internos con carga interna, por lo tanto:

$$P_{\text{motores}} (\text{Btu/h}) = 3.300 \text{ Btu/h.HP}^4 \times 0,5\text{HP} = 1.650 \text{ Btu/h para cada ventilador.}$$

$$Q_{\text{motores}} = 26.400 \text{ J (funcionando durante 8 horas).}$$

8. Carga total

Sumando todos los calores (excepto la carga por alimentos y envases) calculados:

$$Q_{\text{total}} = 86.760.822 \text{ J}$$

A este calor se le adiciona un 10% como margen de seguridad para tener en cuenta discrepancias entre el criterio de diseño y las condiciones reales de operación. El calor requerido es:

$$Q_{\text{total}} = 95.436.904 \text{ J}$$

El equipo extractor de calor funcionará durante 12 horas, por lo tanto la potencia que debe entregar es de:

$$P_{\text{total}} = 2.210 \text{ W} = 3 \text{ HP}$$

Cámara de refrigeración de frutillas y frambuesas frescas

La cámara se diseñará para almacenar 2.300 Kg de fruta correspondientes a la producción de un día de frutilla y uno de frambuesa. La temperatura de la cámara será de 0°C con un 90% de HR ya que son las condiciones de almacenamiento óptimo para estas frutas¹.

La fruta llegará en cajas de madera de 0,2 m x 0,4 m x 0,1 m, cuya capacidad será de 3 Kg, por lo tanto se recibirán en total 864 cajas.

Las cajas serán colocadas en pallets de 1,2 m x 1 m x 0,15m de altura. Se utilizarán 4 pallets conteniendo 216 cajones de madera cada uno. Se dispondrán intercalados 15 cajones en la base y 12 cajones en la segunda fila, por lo tanto se apilarán 16 filas en cada pallet. Se dejará una distancia de aproximadamente 1 m entre el techo y las cajas.

La cámara contará con una puerta y una tronera de iguales dimensiones que la cámara para almacenar duraznos y kiwis.

Las dimensiones de la cámara son:

Altura = 2,8 m

Ancho = 5 m

Largo = 3,45 m

Volumen = 48,3 m³

El esquema de esta segunda cámara es igual al mostrado anteriormente para la cámara de duraznos y kiwi.

Para el diseño de esta cámara se siguió el mismo esquema de cálculo utilizado para la anterior.

Cálculo de cada una de las cargas:

1. Calor por alimentos y envases:

Los cajones pesarán 0,25 Kg cada uno.

$$c_{p\text{fruta}}^1 = 3.915 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Q = 99.192.561,6 \text{ J}$$

Si este calor se extrae en 8 hs se requiere una potencia en el ventilador de **5 HP**.

2. Calor por iluminación:

Se colocarán 3 lámparas que consumirán 60 W cada una y estarán encendidas 2 horas por día.

$$Q_{\text{iluminación}} = 129.600 \text{ J}$$

3. Calor por respiración:

El calor de respiración de la frambuesa es 4.870 Btu/tn en 24 horas⁵

$$P_{\text{respiración}} = 4.870 \text{ Btu/tn} \times 2,3 \text{ tn} = 466,7 \text{ Btu/h} = 136,74 \text{ J/seg}$$

$$Q_{\text{respiración}} = 11.814.814,8 \text{ J}$$

4. Calor por ocupantes:

Se consideró que los 2 operarios estarán dos horas en la cámara.

$$Q_{\text{operarios}} = 271,79 \text{ J/seg}^{(4)} \times 2 \text{ operarios} \times 7200 \text{ s}$$

$$Q_{\text{operarios}} = 3.913.776 \text{ J}$$

5. Calor por infiltraciones:

5.1- Puerta que comunica cámara con planta:

Esta puerta tendrá un funcionamiento similar al de la de la cámara de duraznos y kiwis, por lo tanto:

$$Q_{\text{infiltraciones}} = 693.360 \text{ J}$$

5.2- Tronera

Su funcionamiento será similar al de la de la cámara de duraznos y kiwis, por lo tanto:

$$Q_{\text{infiltraciones}} = 101.088 \text{ J}$$

$$Q_{\text{total infiltraciones}} = Q_{\text{total infiltraciones}} = 794.448 \text{ J}$$

6. Pérdidas por paredes, piso y techo:

Para el cálculo del espesor del aislante se tomaron las mismas consideraciones que para la cámara de refrigeración de durazno y kiwi, por lo tanto se obtuvieron los mismos espesores de aislante que en dicho caso.

El calor perdido por paredes, piso y techo resultó ser de $Q_{\text{pared/piso/techo}} = 78.797.856 \text{ J}$

7. Calor por motores:

Se utilizarán dos ventiladores de 1/2 HP por lo tanto:

$$Q_{\text{motores}} = 26.400 \text{ J (funcionando durante 8 horas).}$$

8. Carga total:

Sumando los calores calculados (excepto la carga por alimentos y envases) y considerando el margen de seguridad del 10% resulta:

$$Q_{\text{total}} = 105.024.584 \text{ J}$$

$$P_{\text{total}} = 2.431 \text{ W} = 3,25 \text{ HP}$$

Nomenclatura

cp: capacidad calorífica (J/°C Kg)

h: coeficiente de transferencia de calor (W/m²°C; Kcal/h m²°C)

HR: humedad relativa

k: conductividad térmica (W/m°C)

m: masa (Kg)

P: potencia (J/s; Btu/h)

Q: energía (J; Btu; Kcal)

T : temperatura (°C)

U : coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°C)

x: espesor (m)

ΔT: diferencia de temperatura (°C)

Bibliografía

1. Potter Norman, N; Hotchkiss Joseph H. Food Science, 5ta edición. Chapman & Hall. 1995.
2. Stoeker W. F. Refrigeración y acondicionamiento de aire. Mc Graw-Hill. 1965.
3. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: "Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs". CRC Press. 1997.
4. A.S.H.R.A.E. Handbook, Refrigeration. American Society. 1994.
5. R. Paul Singh, Heldman Dennis. Introduction to Food Engineering. Academic Press. 1993.
6. Toledo Romeo T. Fundamental of Food Process. Aspen Publications. 1999.
7. Comunicación telefónica con el servicio meteorológico de Mar del Plata.

Mezclado de pulpa de fruta con ácido ascórbico

La pulpa de fruta (exceptuando la de kiwi) será aditivada con ácido ascórbico. Esta operación se llevará a cabo en un tanque de acero inoxidable bajo una atmósfera de nitrógeno. El ácido ascórbico es un aditivo permitido por el Código Alimentario Argentino. La atmósfera de nitrógeno y la incorporación del ácido evita que ocurran reacciones de oxidación en la pulpa de fruta que pueden dar origen a colores y sabores desagradables¹. La pulpa de kiwi no será aditivada con ácido ascórbico porque esta fruta contiene naturalmente una cantidad suficiente del mismo.

Parte de pulpa contenida en el tanque será utilizada para elaborar licuado, mientras que el resto será congelada para ser usada en la época en donde no se disponga de fruta fresca. La pulpa de fruta que se destine a congelación será pasteurizada a 90°C durante 3 minutos. Se desea que luego de este tratamiento haya un 0,1% (P/P) de ácido ascórbico en la pulpa. Durante el tratamiento térmico prácticamente no hay degradación del ácido ascórbico (Ver Anexo, Sección “Cálculo del requerimiento de ácido ascórbico”) por lo que sería suficiente agregar 0,1% de ácido a la pulpa. Para tener cierto margen de seguridad se decidió agregar 0,11% de ácido ascórbico.

En la siguiente tabla se presentan las cantidades diarias necesarias de pulpa de fruta y la cantidad de ácido ascórbico que requieren:

Tabla 3: Cantidad diaria de pulpa de fruta a procesar y masa de ácido ascórbico que se le debe agregar.

	Cantidad diaria necesaria de pulpa (Kg)	Cantidad de ácido ascórbico requerida (Kg)
Pulpa de durazno	1.147	1,3
Pulpa de frutilla	1.069	1,2
Pulpa de frambuesa	974	1,1

El diseño del tanque de mezclado se realizó utilizando las propiedades y cantidades necesarias de pulpa de durazno. La densidad de la misma (obtenida mediante correlaciones²) es 1.037 Kg/m³ por lo que el volumen de pulpa es de 1,11 m³.

Los 1,3 Kg de ácido ascórbico serán disueltos en 0,003 m³ de agua en forma manual. Esta solución será agregada al tanque para ser mezclada con la pulpa de fruta.

Dimensiones del tanque

En el tanque se mezclarán 1,11 m³ de pulpa con aproximadamente 0,003 m³ de solución de ácido ascórbico, por lo tanto el volumen total de líquido será 1,113 m³.

Las dimensiones características del tanque de mezclado se calcularon utilizando las relaciones geométricas estándar³ presentadas en la tabla 1. Las dimensiones estándar están señaladas en la figura³ 4.

Tabla 4: Relaciones geométricas estándar utilizadas para dimensionar el tanque de mezclado.

Relación geométrica	Relación estándar
H/T	1
D/T	1/3
C/T	1/3
C/D	1
B/T	1/10

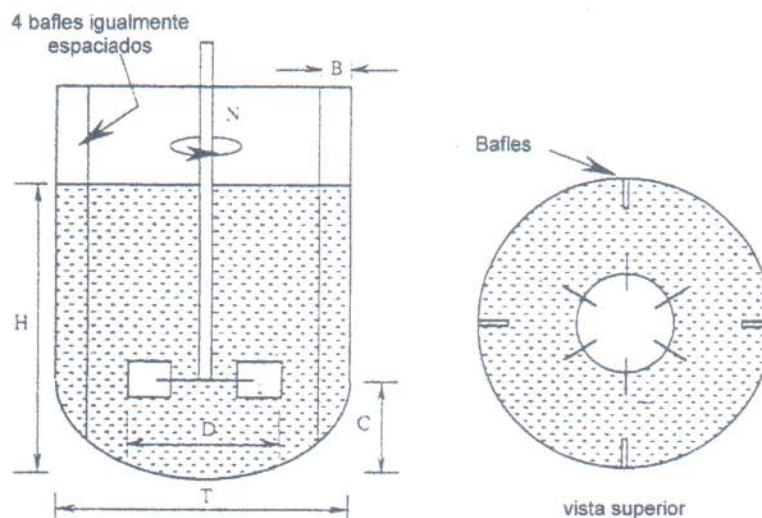


Figura 4: Dimensiones características de un tanque de mezclado.

Considerando al tanque como un cilindro de fondo plano el volumen de mezcla en el mismo se puede expresar como $V = \pi T^2 H/4$. Dado que $H = T$, utilizando la expresión del

volumen se obtiene $H = T = 1,12$ m. Con estos valores se calcularon las restantes dimensiones del tanque:

$$C = 0,37 \text{ m}$$

$$D = 0,37 \text{ m}$$

Por cuestiones operativas y para tener en cuenta aumentos en la producción se fijó una altura del tanque un 30% superior a la altura de líquido. Por lo tanto, $L_t = 1,46$ m.

Potencia necesaria

Para llevar a cabo el mezclado se utilizará un agitador de hélice de paso cuadrado. La velocidad en el extremo del agitador será de 3 m/s, por lo tanto la velocidad de giro será:

$$N = v / D2\pi = 3 \text{ m/s} / (0,37 \text{ m} \times 2 \times \pi)$$

$$N = 1,3 \text{ rps.}$$

Para poder calcular la potencia de agitación necesaria se calculó de número de Reynolds:

$$Re = \rho_1 N D^2 / \mu_1 \quad (\text{Ec. 1})$$

Las propiedades de la mezcla se consideraron iguales a las de la pulpa de durazno. Ésta es un fluido pseudoplástico cuyos parámetros característicos son (Ver Anexo, Sección "Caracterización reológica de las pulpas de fruta y licuados"):

$$K = 10,2 \text{ N s}^{0,5} / \text{m}^2$$

$$n = 0,5$$

Se calculó la viscosidad aparente de la pulpa de durazno como³:

$$\mu_{ap} = K (N\beta)^{n-1}$$

β es un parámetro que depende del tipo de agitador. Para una hélice³ $\beta = 10$

$$\mu_{ap} = 2,83 \text{ Pa.s}$$

Reemplazando en la ecuación 1:

$$Re = [1.037 \times 1,3 \times (0,37)^2] / 2,83 = 65$$

El número de potencia se calculó utilizando la curva 4 del gráfico que se presenta a continuación⁴. Dicha curva corresponde a hélices de paso cuadrado.

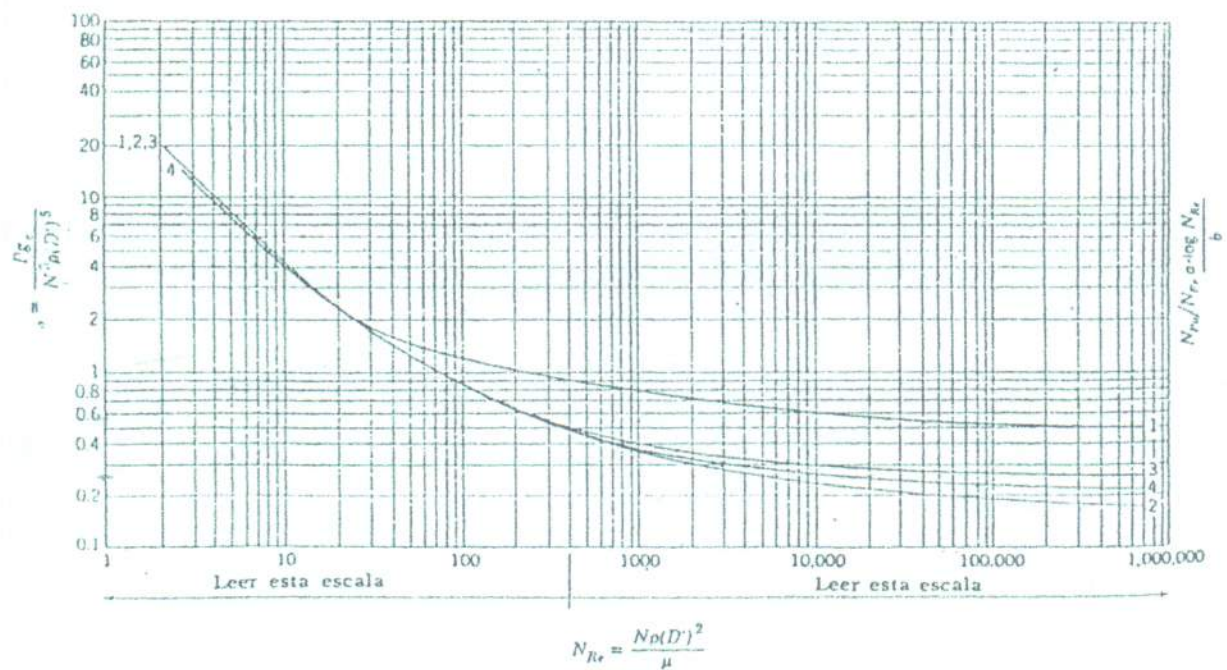


Gráfico 1: N_{po} en función de Re para diferentes tipos de agitadores en tanques sin baffles.

Se obtuvo $N_{po} = 1,3$

La potencia necesaria se calculó con la siguiente expresión:

$$Pot = \rho N^3 D^5 N_{po} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$Pot = 1.037 \times 0,37^5 \times 1,3^3 \times 1,3$$

$$Pot = 21 \text{ W (0,028 HP)}$$

Tiempo de mezclado

El tiempo de mezclado se calculó mediante la siguiente fórmula para hélices de paso cuadrado⁵:

$$\theta_3 = K_1 H^{1/2} T Re^{a_1} / (N^{2/3} D^{4/3} g^{1/6}) \quad (\text{Ec. 3})$$

donde para $Re > 10^4$ $a_1 = -1/6$ y $K_1 = 160$ y para $10^2 < Re < 10^4$ $a_1 = -5/6$ y $K_1 = 78.000$

Si bien el Re obtenido no entra en ninguno de los rangos presentados se tomaron los valores de a_1 y K_1 que corresponden a un Re de entre 10^2 y 10^4 .

$$\theta_3 = 78.000 \times 1,12^{1/2} \times 1,12 \times 65^{-5/6} / (1,3^{2/3} \times 0,37^{4/3} \times 9,8^{1/6})$$

$$\theta_3 = 6.162 \text{ s (103 min)}$$

Requerimiento de nitrógeno

El nitrógeno ingresará al tanque de mezclado mediante difusores colocados en el fondo del mismo. De esta forma no sólo se desplazará al aire que ocupa el espacio de cabeza del tanque sino también al aire que está en forma de burbujas dentro de la pulpa.

El volumen de nitrógeno que en todo momento debe haber en el tanque es la suma del volumen de aire contenido en la pulpa (V_p) y el volumen del espacio de cabeza del tanque (V_c).

$$V_c = \pi (L_t - H) D^2/4 = 0,33 \text{ m}^3$$

Se supuso que del volumen total de pulpa un 10% corresponde a aire. Por lo tanto:

$$V_p = 1,11 \text{ m}^3 \times 0,1 = 0,111 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 0,441 \text{ m}^3$$

Se consideró que para lograr el barrido total del aire será suficiente utilizar un volumen de nitrógeno equivalente a cuatro veces el volumen total calculado previamente, es decir $1,8 \text{ m}^3$. Las condiciones de presión y temperatura del nitrógeno serán 1 atm y 15°C respectivamente.

Nomenclatura

C: distancia entre el agitador y el fondo del tanque (m);

D: diámetro del agitador (m);

H: altura del líquido en el tanque (m);

K: índice de consistencia ($\text{N s}^{0.5}/\text{m}^2$);

n: exponente de la ley de la potencia;

N: velocidad de giro del agitador (rps);

N_{po} : número de potencia;

Pot: potencia (W);

Re: número de Reynolds;

T: diámetro del tanque (m);

v: velocidad en el extremo del agitador (m/s);

V: volumen (m^3).

θ : tiempo (s);

μ : viscosidad (Pa.s);

ρ : densidad (Kg/m^3).

Bibliografía

1. Fennema, O. R. Química de los alimentos. Ed. Acribia S.A., Zaragoza, 1.993.
2. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: "Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs". CRC Press. 1997.
3. Fryer, P.J. Chemical Engineering for the food industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.
4. Brown,G.G. Ingeniería Química. Editorial Marín S.A, Barcelona, 1.965
5. Fox & Gex. Chemical Engineering Journal. Pág 559. Diciembre 1.956.

Almacenamiento de leche parcialmente descremada

Se utilizará un tanque vertical encamisado para almacenar la cantidad de leche descremada (1,5 % de grasa) necesaria para tres días de producción. La leche llegará a la planta pasteurizada y refrigerada a 4°C. El tanque de almacenamiento será de acero inoxidable de 0,002 m de espesor. Por la camisa circulará agua a 4°C. Con el fin de evitar la separación de la materia grasa, el tanque tendrá una agitación suave¹.

Dimensiones del tanque

Para la producción diaria de cualquiera de los cuatro sabores de licuado se necesitan aproximadamente 0,5 m³ de leche. El tanque tendrá una capacidad de 1,5 m³.

Considerando al tanque como un cilindro de fondo plano, el volumen de líquido en su interior puede expresarse como $V = \pi T^2 H/4$. Si la altura de líquido es igual al diámetro del tanque entonces: $H = T = 1,24$ m. Las restantes dimensiones del tanque se calcularon utilizando relaciones geométricas estándar²:

$$C = 0,4 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

Se tomó una altura del tanque un 30% superior a la altura del líquido.

$$L_t = 1,6 \text{ m.}$$

Potencia de agitación necesaria

Se utilizará una hélice de paso cuadrado que girará a 0,5 rps. La potencia de agitación se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pot} = N_{Po} N^3 D^5 \rho \quad (\text{Ec. 1})$$

Para calcular el número de potencia se utilizó un gráfico³ que vincula el número de potencia con el número de Reynolds para hélice de paso cuadrado. El número de Reynolds se calculó como:

$$\text{Re} = \rho N D^2 / \mu \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\mu = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}^1$$

$$\rho = 1.023 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Re} = 1.023 \times 0,5 \times 0,4^2 / 1,8 \times 10^{-3}$$

$$\text{Re} = 45.467$$

Las propiedades de la leche se obtuvieron mediante correlaciones (Ver Anexo, Sección “*Estimación de propiedades de la leche*”)

Para este valor de Re el número de potencia es 0,32

Reemplazando en la ecuación 1:

$$\text{Pot} = 0,32 \times 0,5^3 \times 0,4^5 \times 1.023$$

$$\text{Pot} = \mathbf{0,42 \text{ W}}$$

Nomenclatura

C: distancia entre el agitador y el fondo del tanque (m);

D: diámetro del agitador (m);

H: altura del líquido en el tanque (m);

N: velocidad de giro del agitador (rps);

Po: número de potencia;

Pot: potencia (W);

Re: número de Reynolds;

T: diámetro del tanque (m);

V: volumen (m³).

μ : viscosidad (Pa.s);

ρ : densidad (kg/m³).

Bibliografía

1. Amiot, J. Ciencia y tecnología de la leche. Ed Acribia, España, 1.991
2. Fryer. P.J. Chemical Engineering for the food industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.
3. Brown, G.G. Ingeniería Química. Editorial Marín S.A, Barcelona, 1.965

Mezclado de leche con aditivos

Para elaborar los licuados de fruta se mezclarán en un tanque agitado la pulpa de fruta con leche parcialmente descremada espesada y endulzada. Para espesar la leche se utilizará pectina cítrica. En la planta se elaborarán licuados con azúcar y licuados con edulcorante no nutritivo, por lo tanto una cantidad de la leche se endulzará con azúcar y otra parte con edulcorante. El agregado de pectina cítrica se realiza por diversas razones. Éstas se basan en sus propiedades:

- Alto poder espesante: permite dar cuerpo al licuado.
- Buena capacidad de suspensión: evita que se separe la pulpa de fruta de la leche con lo que mejora el aspecto del producto.
- Protección de la caseína: evita que precipite esta proteína de la leche por el descenso de pH causado al agregar la pulpa de fruta.

El aditivado de la leche se realizará en tres etapas:

1. Calentamiento de una parte de la leche total necesaria para elaborar el licuado.
2. Mezclado de la leche de la etapa 1 con pectina y endulzante.
3. Agregado de la leche restante a la preparación de la etapa 2.

Este proceso se realizará dos veces por día, una para preparar leche endulzada con azúcar y la otra para preparar leche endulzada con edulcorante no nutritivo.

En la etapa 1 se calentarán $0,1\text{m}^3$ de leche desde una temperatura de 4°C hasta 90°C en un tanque encamisado que usará vapor saturado a 130°C como medio calefactor. El tanque será agitado para lograr una distribución homogénea del calor.

La etapa 2 se llevará a cabo en un segundo tanque. Experimentalmente se observó que para lograr una buena disolución de la pectina es conveniente agregar primero el endulzante y la pectina y luego la leche caliente y mezclar con una fuerte agitación, manteniendo la temperatura entre 85 y 90°C . Cabe aclarar que de ser necesario el agregado de otros aditivos como pueden ser colorantes o reguladores del pH éstos se adicionarán en esta etapa junto con la pectina y el endulzante. La etapa 3 se realizará en el mismo tanque que la etapa 2.

Diseño de los equipos

Para el diseño se tuvieron en cuenta las cantidades de leche parcialmente descremada, endulzante y pectina necesarias para cada tipo y sabor de licuado. Éstas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6: *Cantidades de ingredientes de los diferentes licuados.*

Sabor	Licuado con azúcar			Licuado con edulcorante no nutritivo		
	Pectina (Kg)	Azúcar (Kg)	Leche (m ³)	Pectina (Kg)	Edulcorante (Kg)	Leche (m ³)
Durazno, Frambuesa y Frutilla	4,8	60	0,27	3,2	2,8	0,2
Kiwi	4,8	60	0,32	3,2	2,8	0,23

El diseño se realizó basándose en el licuado de kiwi con azúcar ya que es el que requiere mayor cantidad de leche.

1) Etapa 1

El tanque para realizar esta operación será de acero inoxidable de 0,003 m de espesor y en él se calentarán 0,1 m³ de leche parcialmente descremada.

1.1) Dimensiones del tanque

Para dimensionar el tanque se utilizaron las relaciones geométricas estándar¹ presentadas en “Mezcla de pulpa de fruta con ácido ascórbico” página 36.

Considerando al tanque como un cilindro de fondo plano el volumen de líquido en el mismo se puede expresar como $V = \pi T^2 H/4$. Dado que $H = T$, utilizando la expresión del volumen se obtiene $H = T = 0,5$ m. Con estos valores se calcularon las restantes dimensiones del tanque:

$$C = 0,16 \text{ m}$$

$$D = 0,16 \text{ m}$$

El tanque poseerá 4 baffles de un ancho de 0,05 m.

Por cuestiones operativas y para considerar posibles aumentos de la producción se fijó una altura del tanque un 30% superior a la altura de líquido, por lo tanto $L_1 = 0,65$ m.

1.2) Potencia de agitación necesaria

Se utilizará un agitador de hélice de paso cuadrado que girará a 1 rps. Para poder calcular la potencia de agitación necesaria se calculó de número de Reynolds:

$$Re = \rho_1 N D^2 / \mu_1 \quad (\text{Ec. 1})$$

Las propiedades de la leche se calcularon a la temperatura media entre 90 y 4°C (47°C) mediante correlaciones².

$$Re = 1.013,15 \times 1 \times (0,16)^2 / 1,46 \times 10^{-3} = 17.764,82$$

El número de potencia se calculó utilizando la curva 5 del siguiente gráfico³:

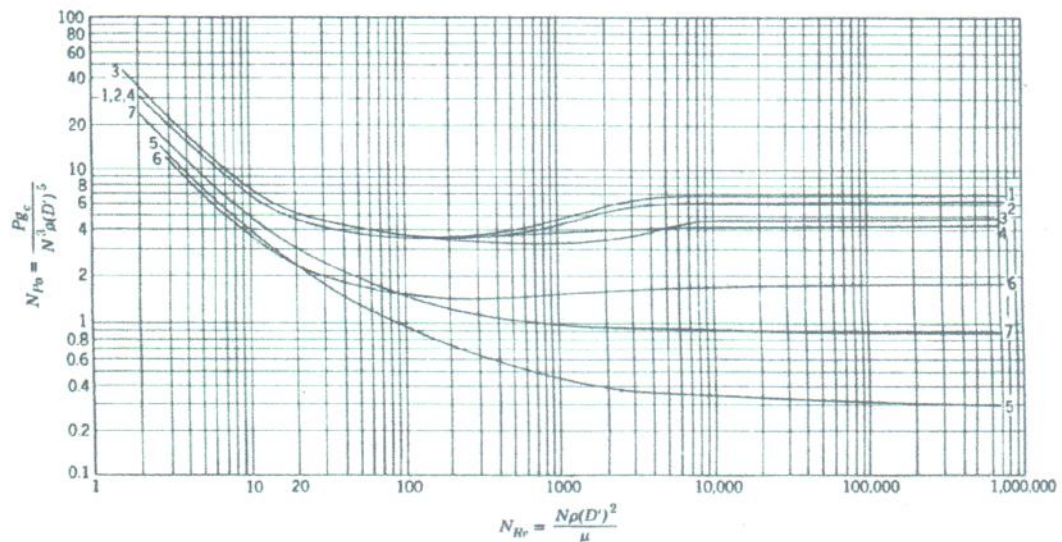


Gráfico 2: N_{p0} en función de Re para diferentes tipos de agitadores en tanques con baffles.

Se obtuvo $N_{p0} = 0,32$

La potencia necesaria se calculó como:

$$Pot = N_{p0} \rho_1 N^3 D^5 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$Pot = 0,32 \times 1.013,15 \times 1^3 \times 0,16^5$$

$$Pot = 0,034 \text{ W}$$

1.3) Tiempo de calentamiento de la leche

Para calcular el tiempo de calentamiento se utilizó la siguiente expresión para el caso en que el fluido calefactor es isotérmico⁴:

$$\ln((T_1 - t_1)/(T_1 - t_2)) = U A \theta / (M c_p) \quad (\text{Ec. 3})$$

T_1 es la temperatura del medio calefactor, t_1 es la temperatura inicial de la leche y t_2 su temperatura final. A es el área de transferencia de calor, M la masa de leche contenida en el tanque, c_p es la capacidad calorífica de la misma a la temperatura media entre 4 y 90°C y θ es el tiempo de calentamiento.

1.3.1) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

$$U^{-1} = 1/h_i + 1/h_{oi} + R_f \quad (\text{Ec. 4})$$

La resistencia de ensuciamiento para vapor circulando por la camisa y leche en el interior del tanque es⁵ $3,44 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{C/W}$.

1.3.1.1) Cálculo de h_i

El coeficiente de transferencia de calor para la leche dentro del tanque se calculó con la siguiente fórmula⁶:

$$h_i = (k_l / T) K Re_a^a Pr^b (\mu / \mu_w)^c \times \text{factor de corrección por geometría} \quad (\text{Ec. 4})$$

Para un tanque con un agitador de hélice:

$$K = 0,5 \quad a = 2/3 \quad b = 1/3 \quad c = 0,14$$

$$\text{Factor de corrección por geometría} = (1,29 P/D)/(0,29 + P/D)$$

Estos valores fueron obtenidos de la tabla B1 de Strek *et al* que figura en el cuerpo III, Anexo tablas y gráficos.

El número de Reynolds se calculó empleando la ecuación 1:

$$Re_a = 17.764,82$$

$$Pr = \mu_l c_{p_l} / k_l = 9,73$$

$$c_{p_l} = 3.966 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$$

$$k_l = 0,595 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

c_{p_l} y k_l se calcularon mediante correlaciones⁶ a la temperatura media de la leche.

Reemplazando en la ecuación 4:

$$h_i = 864,87 \text{ W/m}^2\text{C}$$

1.3.1.2) Cálculo de h_{oi}

Se consideró que el coeficiente de transferencia de calor del vapor condensante en la camisa era igual a $8.000 \text{ W/m}^2\text{C}$ ⁵. Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor el valor de h_o debe ser referido al área interna del tanque. El coeficiente obtenido es h_{oi} .

$$h_{oi} = h_o D_{1e}/D_{1i}$$

$$h_{oi} = 8.000 \times (0,54/0,5)$$

$$h_{oi} = 8.640 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

1.3.1.3) Cálculo de U

Reemplazando en la ecuación 4 los valores hallados se obtuvo:

$$U^{-1} = 1/864,87 + 1/8.640 + 3,44 \times 10^{-5}$$

$$U = 765,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

1.3.2) Cálculo del tiempo de calentamiento

$$M = \rho_l V_l = 1.013,15 \times 0,1 = 101,3 \text{ Kg}$$

$$A = \pi T H = \pi 0,5 \times 0,5 = 0,785 \text{ m}^2$$

$$T_1 = 130\text{°C} \quad t_1 = 4\text{°C} \quad t_2 = 90\text{°C}$$

Reemplazando en la ecuación 3 y despejando el tiempo de la misma:

$$\theta = 767 \text{ s} \approx 13 \text{ min}$$

Por lo tanto, los 0,1 m³ de leche deberán calentarse durante 767 s para que su temperatura llegue a 90°C.

2) Etapa 2

Para esta etapa se utilizará un tanque agitado de acero inoxidable de 0,002 m de espesor. Este tanque también se empleará en la etapa 3.

2.1) Dimensiones del tanque

El tanque tendrá un diámetro de 0,65 m. En la etapa 2 se agregarán al tanque 60 Kg de azúcar y 4,8 Kg de pectina y luego, los 0,1 m³ de leche caliente. La altura de líquido si el tanque contuviera sólo leche sería de 0,3 m (calculado considerando $V = \pi T^2 H/4$). Experimentalmente se determinó que por la presencia del azúcar y pectina la altura del líquido se incrementaba aproximadamente un 20%. Por lo tanto, $H_2 = 0,36 \text{ m}$.

Se decidió que la distancia entre el agitador y el fondo del tanque (C_2) fuera la tercera parte de la altura de líquido, es decir $C_2 = 0,12 \text{ m}$.

El diámetro del agitador se calculó empleando la relación geométrica estándar¹ $D/T = 1/3$. Por lo tanto, $D = 0,22 \text{ m}$.

El tanque tendrá cuatro baffles de 0,065 m de ancho.

En la etapa 3 se agregarán los restantes $0,215 \text{ m}^3$ de leche, con lo que la altura de líquido (H_3) será de 1 m y la relación T/H_3 será igual a 1,54. Cuando dicha relación es superior a 1,5 generalmente se colocan varios agitadores sobre el eje del tanque separados una distancia de $1-2D^1$. Por ello se decidió colocar un segundo agitador de hélice de paso cuadrado separado a una distancia de $2D$ del agitador original. Durante la etapa 3 ambos agitadores estarán en contacto con la preparación mientras que en la etapa 2 sólo lo estará el agitador más cercano al fondo del tanque.

Por las mismas razones que se explicaron en la etapa 1 la altura del tanque será un 30% mayor que la altura del líquido de la etapa 3, por lo tanto $L_t = 1,3 \text{ m}$. En la siguiente figura se pueden ver las dimensiones del tanque:

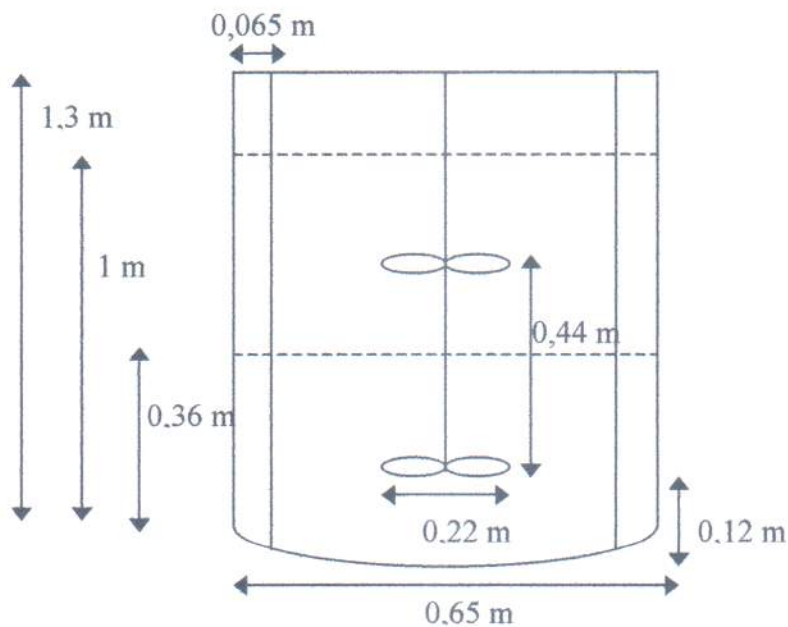


Figura 5: Dimensiones del tanque empleado en las etapas 2 y 3.

2.2) Potencia de agitación necesaria

Se calculó el número de Reynolds para el fluido contenido en el tanque con la ecuación 1:

$$Re = \rho_2 N D^2 / \mu_2$$

Experimentalmente se determinó que la viscosidad de la preparación obtenida en la etapa 2 es de $524 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ a 48°C y la densidad 1.291 Kg/m^3 .

En esta etapa la agitación debe ser fuerte. Se consideró que esto se puede lograr a una velocidad en el extremo del agitador de aproximadamente 5 m/s. Basándose en esto se calculó la velocidad de giro del agitador de la siguiente forma:

$$v = 2 \pi D N \text{ (Ec. 5)}$$

$$N = 5 / (2 \pi 0,22) \approx 3,5 \text{ rps}$$

Por lo tanto:

$$Re = 1.291 \times 3,5 \times (0,22)^2 / 524 \times 10^{-3} = 417,3$$

Para calcular el número de potencia se utilizó el gráfico 2. Se obtuvo $Po = 0,55$. Este valor es válido para sistemas en donde se cumplen las relaciones geométricas bajo las cuales fueron obtenidas las curvas del gráfico mencionado. Si esto no ocurre el número de potencia debe corregirse de la siguiente forma⁷:

$$Po_{\text{corregido}} = Po_{\text{gráfico}} \left\{ \frac{[(T/D) (H/D)]_{\text{sistema}}}{[(T/D) (H/D)]_{\text{gráfico}}} \right\}^{1/2} \text{ (Ec. 6)}$$

Para calcular la potencia de agitación requerida se consideró al tanque como formado por dos tanques encimados de altura igual a la mitad de la altura final de líquido en el tanque (0,5 m) y diámetro de 0,65 m y con un solo agitador cada uno. Como en ambos tanques la relación H/D no está dentro del rango estándar para hélices de paso cuadrado se corrigió el número de potencia obtenido. Dado que en los dos tanques la relación H/T es similar la corrección del número de potencia es igual para ambos:

$$Po_{\text{corregido}} = 0,55 \left\{ 2,95 \times 2,27 / (3 \times 3,3) \right\}^{1/2} = 0,45$$

Para la relación $(H/D)_{\text{gráfico}}$ se usó el promedio del rango para el cual es válida la curva del gráfico utilizado.

La potencia que necesita cada tanque se calculó con la ecuación 2:

$$Pot = 0,45 \times 3,5^3 \times 0,22^5 \times 1.291 \approx 12,8 \text{ W}$$

Por lo tanto, el tanque en donde se llevará a cabo la etapa 2 necesitará una potencia igual al doble de la calculada, es decir, **25,6 W (0,034Hp)**.

2.3) Tiempo de mezclado

Experimentalmente se determinó que bajo una agitación fuerte y manteniendo la temperatura de la preparación entre 85 y 90°C se lograba la solubilización de la pectina en 600 segundos (10 min). Por lo tanto se tomó a este tiempo como el tiempo de mezcla en el tanque ya que en el mismo se cumplirán las condiciones de agitación y temperatura mencionadas.

2.4) Pérdidas de calor durante el mezclado

Se calculó la pérdida de calor en el tanque para determinar en cuánto disminuirá la temperatura de la preparación durante el mezclado y decidir si se necesitará o no aislar el tanque. Se plantearon los siguientes balances:

$$Q = h_2 2 \pi r_i H (T_1 - T_2)$$

$$Q = k_{\text{acero}} 2 \pi H (T_2 - T_3) / \ln(r_e / r_i)$$

$$Q = h_{\text{aire}} 2 \pi r_e H (T_3 - T_4)$$

$$k_{\text{acero}}^8 = 45 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$r_i = 0,325 \text{ m}$$

$$r_e = 0,345 \text{ m}$$

$$T_1 = 90^\circ\text{C}$$

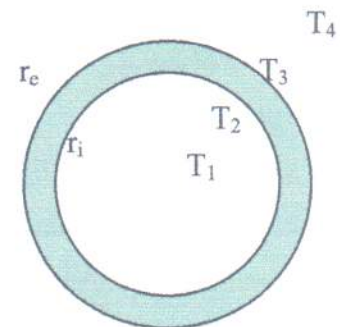


Figura 6: Vista superior del tanque de las etapas 2 y 3

H es la altura de líquido en el tanque, es decir 0,36 m. Trabajando algebraicamente se obtiene:

$$Q = 2 \pi H (T_1 - T_4) / (h_2^{-1} r_i^{-1} + \ln(r_e / r_i) k_{\text{acero}}^{-1} + h_{\text{aire}}^{-1} r_e^{-1}) \quad (\text{Ec. 7})$$

Se consideró que en la planta el aire está estanco, por lo que $h_{\text{aire}} = 10 \text{ W/m}^2\text{°C}^9$ y que la temperatura en la misma es de 15°C .

2.4.1) Cálculo de h_2

Las correlaciones que existen para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor del fluido dentro del tanque sólo son aplicables a tanques de geometrías estándar. En el tanque en donde se realiza la etapa 2 no se cumplen todas las relaciones geométricas estándar pero igualmente se emplearán las correlaciones mencionadas sabiendo que se está cometiendo un error. El coeficiente de transferencia de calor se calculó con la ecuación 4:

$$h_2 = (k_2 / T) K \text{Re}_a^a \text{Pr}^b (\mu / \mu_w)^c \times \text{factor de corrección por geometría}$$

Los valores de K , a , b , c y del factor de corrección por geometría son iguales a los de la sección 1.3.1.1.

Se consideró que la capacidad calorífica y la conductividad eran iguales a las de la leche parcialmente descremada y se utilizó el valor de las mismas a 90°C para calcular el número de Prandtl:

$$k_2 = 0,63 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$cp_2 = 3,982 \text{ J/kg}^2\text{°C}$$

k_2 y cp_2 se calcularon mediante correlaciones².

$$\text{Pr} = 3,312 \text{ (calculado con la viscosidad a } 48^\circ\text{C)}$$

$$Re = 417,3$$

Como una primera aproximación se tomó al factor $(\mu/\mu_w)^\circ$ igual a la unidad. Se obtuvo $h_2 = 524,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

2.4.2) Cálculo de las pérdidas de calor

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación 7 se hallaron las pérdidas de calor:

$$Q = 568,4 \text{ W}$$

Por lo tanto, en los 600 segundos de mezclado se perderán 341.040 J. La disminución de la temperatura de la mezcla durante este tiempo se calculó de la siguiente manera:

$$\Delta T = Q/(m_2 c_{p2}) = 341.040/(116,1 \times 3.982) = 0,74 \text{ °C}$$

Dado que experimentalmente se observó que una variación en la temperatura de la mezcla entre 85 y 90°C no influía en el tiempo necesario para disolver la pectina una diferencia de temperatura de 0,74°C con respecto a 90°C es aceptable y, en consecuencia, se decidió no aislar el tanque. Sin embargo debería tenerse en cuenta una medida de seguridad para protección de los operarios.

3) Etapa 3

Como ya se ha mencionado esta etapa consistirá en el agregado de la leche restante y se llevará a cabo en el mismo tanque de la etapa 2.

3.1) Cálculo del tiempo de mezclado

El tiempo de mezclado se calculó mediante la siguiente fórmula para hélices de paso cuadrado¹⁰:

$$\theta_3 = K_1 H^{1/2} T Re^{a_1} / (N^{2/3} D^{4/3} g^{1/6}) \quad (\text{Ec. 8})$$

donde para $Re > 10^4$ $a_1 = -1/6$ y $K_1 = 160$ y para $10^2 < Re < 10^4$ $a_1 = -5/6$ y

$$K_1 = 78.000$$

Experimentalmente se determinó que la viscosidad de la mezcla de esta etapa es de $118 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ a 23°C.

En esta etapa se agregan $0,215 \text{ m}^3$ de leche parcialmente descremada a 4°C la cual tiene una densidad² de 1.023 Kg/m^3 . Por lo tanto, se agregan 220 Kg de leche que sumado a la masa de la etapa 2 da una masa total de 386 Kg. Se determinó experimentalmente que la densidad de esta mezcla es 1.122 Kg/m^3

Utilizando la ecuación 1:

$$Re = 1.122 \times 3,5 \times 0,22^2 / 118 \times 10^{-3} = 1.610,7$$

Entonces $K_1 = 78.000$ y $a_1 = -5/6$

Reemplazando en la ecuación 8:

$$\theta_3 = 78.000 \times 1^{1/2} \times 0,65 \times 1.610,7^{-5/6} / (3,5^{2/3} \times 0,22^{4/3} \times 9,8^{1/6})$$

$$\theta_3 = 240 \text{ s (4 min)}$$

Resumen

En la siguiente tabla se resumen las características principales de los tanques involucrados en las tres etapas:

Tabla 7: Dimensiones del tanque, tipo de agitador, potencia de agitación y tiempo de mezclado empleados en cada etapa del aditivado de la leche.

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Dimensiones del tanque	T = 0,5 m H = 0,5 m C = 0,16 m D = 0,16 m B = 0,05 m L _t = 0,65 m	T = 0,65 m H ₂ = 0,36 m C ₂ = 0,12 m D = 0,22 m B = 0,065 m L _t = 1,3 m	H ₃ = 1 m C ₃ = 0,56 m
Características constructivas	Acero inoxidable 4 baffles Encamisado	Acero inoxidable 4 baffles	
Tipo de agitador	Una hélice de paso cuadrado	Dos hélices de paso cuadrado	
Potencia de agitación	0,034 W	25,6 W	
Tiempo de mezclado	767 segundos	600 segundos	240 segundos

Estimación de la temperatura final del producto

Al final de la etapa 2 se obtienen aproximadamente 0,1 m³ de leche espesada a 90°C. En la etapa 3 se agrega la leche restante a 4°C. La temperatura final de la preparación se calculó mediante el siguiente balance:

$$m_{etapa2} c_{petapa2} (T_{etapa2}-T_{ref}) + m_{etapa3} c_{petapa3} (T_{etapa3}-T_{ref})=m_{final} c_{pfinal} (T_{final}-T_{ref})$$

Se consideró que la densidad y capacidad calorífica de la preparación era igual en todas las etapas y se tomó la temperatura de referencia igual a 0°C.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8: *Temperatura de salida de la preparación de la etapa 3.*

	Preparación para licuado con azúcar	Preparación para licuado con edulcorante
Frutilla, frambuesa y durazno	35°C	48°C
Kiwi	31 °C	42°C

Nomenclatura

- A: área (m^2);
B: ancho de los baffles (m);
C: distancia entre el fondo del tanque y el agitador (m);
cp: capacidad calorífica ($J/Kg^{\circ}C$);
D: diámetro del agitador (m);
H: altura de líquido (m);
hi: coeficiente de transferencia de calor de los contenidos del tanque ($W/m^2^{\circ}C$);
ho: coeficiente de transferencia de calor del fluido de la chaqueta ($W/m^2^{\circ}C$);
hoi: coeficiente de transferencia de calor del fluido de la chaqueta referido al área interna del tanque ($W/m^2^{\circ}C$);
k: conductividad térmica ($W/m^{\circ}C$);
L_t: altura del tanque (m);
N: velocidad de giro del agitador (rps);
P: paso de la hélice (m);
Po: número de potencia;
Pot: potencia (W);
Pr: número de Prandtl;
Q: pérdida de calor (W);
r: radio (m);
Re: número de Reynolds
Rf: resistencia de ensuciamiento ($m^2^{\circ}C/W$);
T: diámetro del tanque (m);
T_i, t_i: temperaturas ($^{\circ}C$);
U: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2^{\circ}C$);
v: velocidad en el extremo del agitador (m/s);
V: volumen (m^3);
- ρ : densidad (Kg/m^3);
 θ : tiempo (s);
 μ : viscosidad (Pa.s);

ΔT : diferencia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Los subíndices 1, 2 y 3 en las propiedades de los contenidos del tanque corresponden a las etapas 1, 2 y 3 respectivamente. Los subíndices 1 y 2 en las temperaturas indican condiciones iniciales y finales respectivamente. Los subíndices i y e en los radios indican interno y externo respectivamente.

Bibliografía

1. Fryer, P.J. Chemical Engineering for the food Industry. Chapman & Hall. 1.997.
2. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: "Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs". CRC Press. 1997.
3. Foust, A.S. Principios de operaciones unitarias. Compañía editorial Continental S.A, México, 1.978.
4. Kern. Procesos de transferencia de calor. Compañía editorial Continental S.A, 1.965.
5. Cao Eduardo. Intercambiadores de calor. Ed. Nueva Librería S.R.L.1.983
6. Hewitt,G.F; Shires,G.L; Bott,T.R,"Process Heat Transfer".CRC Press, 1.994.
7. Brown, G.G. Ingeniería Química. Editorial Marín S.A, Barcelona, 1.965
8. Perry, J.H. "Chemical Engineers' Handbook",4^{ta}Edición. MacGraw Hill,1.963.
9. ASHRAE Handbook, Refrigeration. American Society.1.994.
10. Fox & Gex. Chemical Engineering Journal. Pág 559. Diciembre 1.956.

Mezclado de leche y pulpa de fruta

Estos tanques están destinados a realizar la mezcla de la pulpa de fruta con la leche endulzada y espesada para obtener el licuado. La pulpa puede provenir directamente de la pulpadora en cuyo caso ingresará al tanque a 15°C o puede utilizarse pulpa descongelada, la cual ingresará al tanque a 2°C. La temperatura de la leche variará de acuerdo al sabor de licuado que se vaya a elaborar dentro de un rango de aproximadamente 31- 48°C. Los 1.000 litros diarios de licuado se procesarán en dos lotes. Un lote será de 400 l y el otro de 600 l correspondientes al licuado con edulcorante no nutritivo y con azúcar respectivamente. La planta contará con dos tanques para realizar esta operación. En uno de ellos se procesará el licuado con azúcar y en el otro, el endulzado con edulcorante.

Tanque para la obtención de licuado con azúcar

Determinación de dimensiones geométricas y tipo de agitador:

El volumen a procesar será de 600 l, pero el tanque se sobredimensionará en un 30% por cuestiones operativas y para contemplar la posible formación de espuma, un aumento en la capacidad de producción, etc.

A partir de dicho volumen y teniendo en cuenta las relaciones geométricas estándares, (presentadas en “Mezclado de pulpa de fruta con ácido ascórbico”, página 36) las dimensiones del tanque serán:

$$T = 0,92 \text{ m}$$

$$H = 0,92 \text{ m}$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

$$C = 0,3 \text{ m}$$

$$L_t = 1,17 \text{ m}$$

Para los cálculos se consideró al tanque como un cilindro con la base plana, pero los tanques mezcladores tienen la base redondeada. Esto es así para ofrecer mayor resistencia mecánica y facilitar la limpieza¹.

Para elegir el tipo de agitador se utilizó el siguiente gráfico¹:

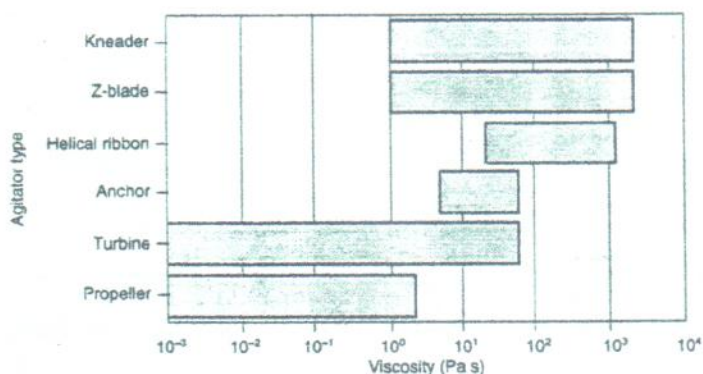


Figura 7: Gráfico para la selección del tipo de agitador en función de la viscosidad del fluido

Considerando que el fluido no excede una viscosidad de 100 Pa s, se seleccionó una turbina Rushton de discos de 6 palas planas. Las corrientes principales generadas por este tipo de agitador son radiales y tangenciales. Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se evitan por medio de placas deflectoras¹. Por ello se decidió colocar 4 placas deflectoras en el tanque. Estas placas se deben colocar con una cierta separación de la pared para evitar el depósito de partículas y facilitar la limpieza. La separación recomendada es de T/14.

A continuación se muestra un esquema de la turbina¹:

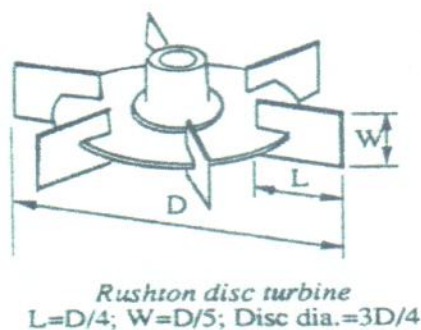


Figura8: Esquema de una turbina Rushton

Las dimensiones de la turbina se determinaron usando las relaciones geométricas estándar mostradas a continuación¹:

$$L/D = 0,25 \quad L = 0,075\text{m}$$

$$W/D = 1/5 \quad W = 0,06 \text{ m}$$

$$D_d = 3/4D \quad \mathbf{D_d = 0,225 \text{ m}}$$

$$B/T = 0,1 \quad \mathbf{B = 0,092 \text{ m}}$$

$$S/T = 1/14 \quad \mathbf{S = 0,065 \text{ m}}$$

Se recomienda que la velocidad en el extremo del agitador sea de aproximadamente 3 m/s para evitar daños en el producto¹. La velocidad tangencial (v) se relaciona con la velocidad a la que gira el agitador (w) de la siguiente manera:

$$\mathbf{V = w D}$$

Por lo tanto $w = 11,11/s$ y $N = 1,6 \text{ rps}$

Cálculo de la potencia de agitación

Con las propiedades del fluido, N y D se puede calcular el número de Reynolds. Con este número y conociendo el tipo de agitador se puede calcular el número de potencia a partir del cual se puede determinar la potencia del agitador.

El número de Reynolds se calculó de la siguiente manera ya que el licuado es un fluido pseudoplástico:

$$\mathbf{Re = \rho_l D^2 / (k \beta^{n-1} N^{n-2})}$$

Siendo ρ_l la densidad del líquido a mezclar (calculada mediante correlaciones²) y β un parámetro característico del agitador¹.

Para determinar el número de potencia (N_{Po}) se utilizó el siguiente gráfico¹.

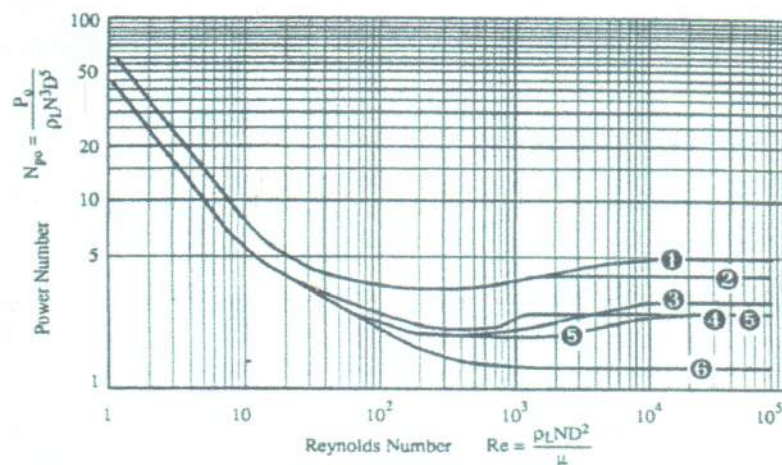


Gráfico 3: *Npo en función de Re para diferentes tipos de agitador. La curva 1 corresponde a turbina Rushton de 6 palas planas*

La potencia del agitador se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pot} = N_{Po} \rho_l N^3 D^5$$

Los valores de potencia obtenidos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 9: *Parámetros reológicos, propiedades físicas y potencia de agitación*

Parámetro	L. de durazno	L. de frutilla	L. de kiwi
N(1/s)	0,5	0,38	0,53
k (Ns ⁿ /m ²)	7,56	9,01	3,5
ρ (Kg/m ³)	1.012	1.003,6	1.007
Re	82,7	97,6	102,9
N _{Po}	3,2	3	3
Potencia (W)	32	32	32

En todos los casos se consideró $\beta=11,5$.

Para el licuado de frambuesa no se pudieron obtener los valores de k y n, se considera que tendrá un comportamiento similar al del resto de los licuados, consumiendo una potencia del orden de las obtenidas anteriormente.

En todos los casos se verificó que la viscosidad aparente $[K*(BN)^{n-1}]$ no superara los 100 Pa.s, con lo cual se puede afirmar que la selección del agitador fue adecuada.

Determinación del tiempo de mezclado:

El tiempo de mezclado se determinó utilizando el siguiente gráfico²:

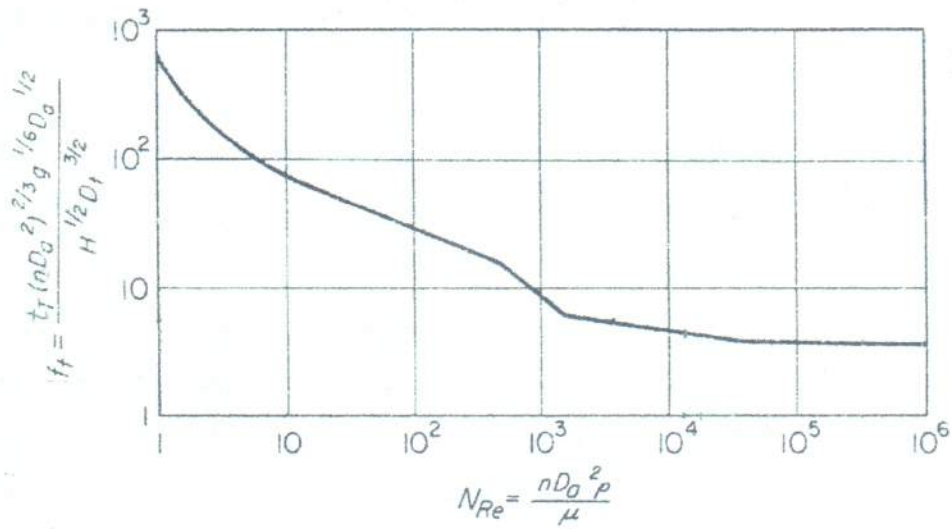


Gráfico 4: f_t en función de Re para turbina Rushton de 6 palas planas

El número de Reynolds que se empleó en dicho gráfico es $Re = \rho_1 D^2 / (k \beta^{n-1} N^{n-2})$ y no el correspondiente a fluidos newtonianos.

Tabla 10: *Tiempos de mezclado obtenidos*

Licuado	Tiempo de mezclado (s)
Durazno y frutilla	156
Kiwi	150

Al igual que para la potencia, se considera que el tiempo de mezclado para el licuado de frambuesa será similar al del resto de los sabores.

Tanque para la obtención de licuado con edulcorante no nutritivo

El volumen de licuado con edulcorante a procesar será de 400l. De todas formas, el tanque donde se mezclarán estos licuados tendrá las mismas dimensiones que el utilizado para mezclar los licuados endulzados con azúcar y utilizará el mismo agitador. Esto es así para poder contar con el mismo en caso de que se presente algún problema en el otro tanque.

La potencia de agitación y el tiempo de mezclado son funciones de las dimensiones y tipo de agitador, la velocidad de agitación y las propiedades del producto. Debido a que estos parámetros son idénticos en ambos tanques la potencia de agitación y el tiempo de mezclado

para los licuados con edulcorante son los mismos que los obtenidos para los licuados endulzados con azúcar.

Resumiendo los resultados para cada una de las variedades del licuado la potencia de agitación necesaria es del orden de 32 W y el tiempo de mezclado de aproximadamente 150 segundos.

Estimación de la temperatura de salida del producto

Como ya se ha explicado anteriormente en la época del año donde no se disponga de la fruta fresca se utilizará la pulpa de fruta almacenada en la cámara de almacenamiento de producto congelado. Esta pulpa será descongelada y llegará a los tanques de mezclado a una temperatura de aproximadamente 2°C. Cuando sí se disponga de fruta fresca, se utilizará la pulpa de la misma que ingresará al mezclador a 15°C. En todos los casos la pulpa se mezclará con leche espesada y endulzada que estará a una temperatura de entre 31° y 35°C en los casos de licuados con azúcar y de entre 42° y 48°C en los licuados con edulcorante.

Para cada uno de estos casos la temperatura del licuado se calculó mediante el siguiente balance :

$$m_{\text{pulpa}} c_{p_{\text{pulpa}}} (T_{\text{pulpa}} - T_{\text{ref}}) + m_{\text{leche}} c_{p_{\text{leche}}} (T_{\text{leche}} - T_{\text{ref}}) = m_{\text{licuado}} c_{p_{\text{licuado}}} (T_{\text{licuado}} - T_{\text{ref}})$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos :

Tabla 11 : *Temperatura de salida del licuado*

	Temperatura de entrada de la pulpa 2°C		Temperatura de entrada de la pulpa 15°C	
	L. con azúcar	L. con edulcorante	L. con azúcar	L. con edulcorante
Frutilla	19,3°C	25,6°C	25,5°C	31,8°C
Durazno	18,6°C	25,1°C	25°C	31,6°C
Frambuesa	18°C	25,1°C	25,1°C	31,6°C
Kiwi	19,6°C	26,3°C	24,7°C	31,4°C

Sistema de control para esta operación

La mezcla de leche espesada con la pulpa de fruta es un proceso discontinuo por lo tanto debe utilizarse un control servo.

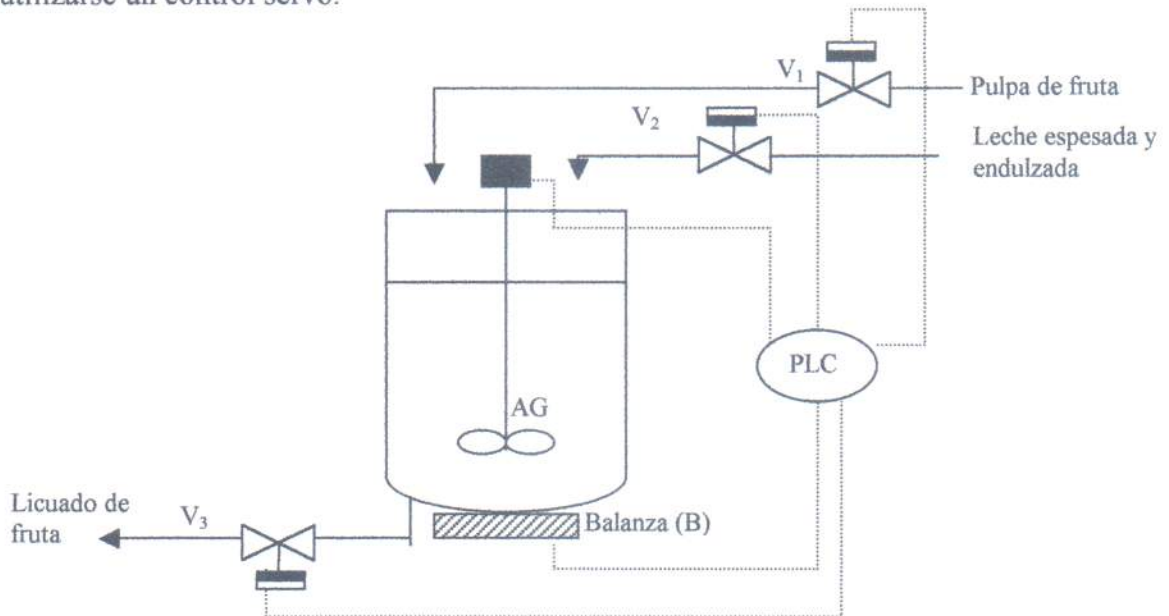


Figura 9: Esquema del sistema de control

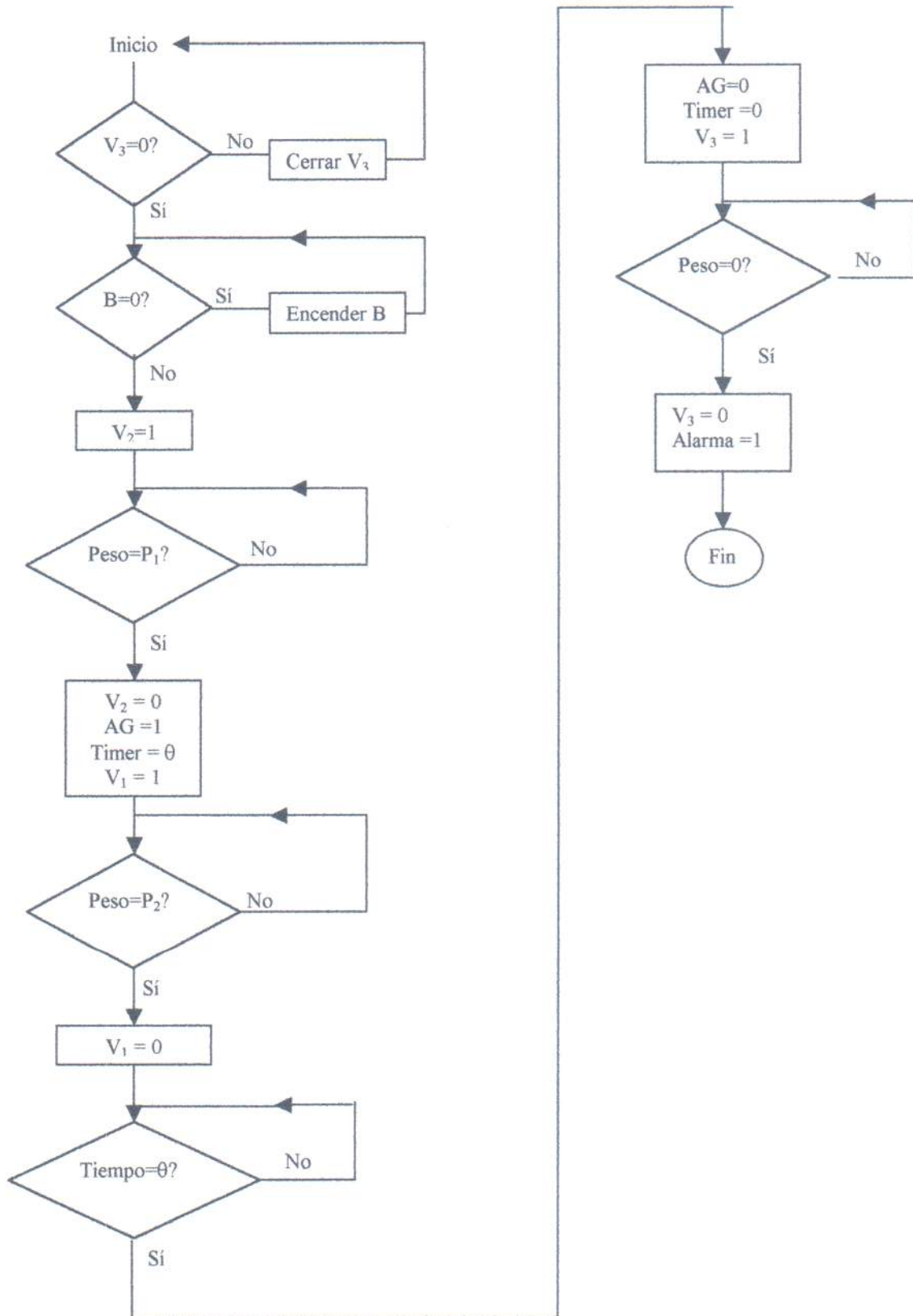
Se utilizará un controlador PLC que recibirá señales de la balanza. La balanza estará calibrada de forma que marque 0 (cero) cuando el tanque de mezclado esté vacío. El controlador PLC enviará señales para modificar la apertura de las válvulas V_1 , V_2 y V_3 . También, controlará el encendido y apagado de la balanza, del motor del agitador y del timer.

En ambos tanques lo pasos que se deben seguir son los siguientes:

1. Verificar que la válvula de descarga (V_3) está cerrada.
2. Verificar que la balanza está encendida.
3. Abrir la válvula de alimentación de leche (V_2).
4. Monitorear el peso.
5. Cuando la balanza indique el peso P_1 cerrar la válvula de alimentación de leche. P_1 es el peso de leche que necesita el licuado que está siendo preparado.
6. Activar el agitador (AG).
7. Activar el timer.
8. Abrir la válvula de alimentación de pulpa (V_1).
9. Monitorear el peso.

10. Cuando la balanza indique P_2 cerrar la válvula de alimentación de pulpa de fruta. P_2 es la suma del peso de pulpa de fruta que requiere el licuado y P_1 .
11. Transcurrido el tiempo de mezcla (θ) apagar el motor del agitador.
12. Desactivar el timer.
13. Abrir la válvula de descarga.
14. Monitorear el peso.
15. Cuando la balanza indique 0 (cero) cerrar la válvula de descarga.
16. Hacer sonar alarma que indica que finalizó la tarea.

Los pasos mencionados se representan en el siguiente diagrama de decisión:



Nomenclatura

B: ancho del baffle (m);

c: distancia entre el agitador y el fondo del tanque (m);

D: diámetro del agitador (m) ;

D_a: diámetro del disco (m);

H: altura de líquido (m) ;

K: índice de consistencia (Nsⁿ/ms);

L: largo de la paleta (m);

L_t: altura del tanque (m);

N: velocidad de agitación;

n: exponente de la ley de la potencia;

N_b: número de baffles;

N_{Po}: número de Potencia;

Pot: potencia (W);

Re: número de Reynold;

S: separación del baffle (m);

T: diámetro del tanque (m);

T_m: tiempo de mezclado (s)

V: velocidad tangencial (m/s);

W: ancho de la paleta (m);

w: velocidad angular (1/seg);

ρ: densidad (kg/m³);

β: parámetro característico del tipo de agitador;

Bibliografía

1. Fryer, P. J. Chemical Engineering for the Food Industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.
2. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: “Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs”. CRC Press. 1997.
3. Fox & Gex. Chemical Engineering Journal. Pág. 599. Diciembre 1.956.



Esterilización del licuado

Luego de mezclar la pulpa de fruta con la leche parcialmente descremada, endulzada y espesada el producto obtenido será esterilizado. El objetivo de esta operación es eliminar la carga microbiana que puede estar compuesta tanto por microorganismos que se encuentran en forma vegetativa como esporulada que podrían crecer en el producto en las condiciones en que se va a almacenar. De este modo se aumenta la vida útil del producto.

Para la esterilización se utilizarán dos intercambiadores de placas. En uno de ellos se calentará el producto hasta la temperatura de esterilización y en el otro se lo enfriará hasta que llegue a una temperatura de 20°C. El tiempo de esterilización transcurrirá en una cañería ubicada entre los dos equipos.

Se seleccionaron intercambiadores de placas ya que éstos proporcionan una gran área de transferencia en un pequeño volumen y pueden ser modificados para ajustarse a diferentes requerimientos simplemente cambiando la forma o el número de placas. Además de ser compactos y flexibles son relativamente baratos y pueden ser usados con fluidos viscosos y no newtonianos¹.

Diseño del esterilizador

En bibliografía no existe información sobre las combinaciones de tiempo-temperatura o sobre los microorganismos que se emplean como base de cálculo en la esterilización de licuados de fruta. Dado que este producto no se está elaborando a nivel industrial tampoco fue posible obtener información sobre el proceso de esterilización en este sector. Por esta razón se decidió determinar el tiempo de esterilización tomando como base el proceso de esterilización de leche entera. De todas maneras antes de la puesta en marcha de la planta será necesario verificar experimentalmente que dicha suposición es válida.

En la esterilización comercial de la leche se reduce el número de bacterias termófilas en un factor de 10^9 . En el caso del licuado, de acuerdo a la época del año, la pulpa de fruta que se empleará podrá estar pasteurizada o no. Durante todo el año se trabajará con leche pasteurizada. Por lo tanto, la carga microbiana del producto antes de ser esterilizado no será tan importante como la de la leche cruda. Por ello se decidió que la reducción de microorganismos en el licuado fuera de 10^5 y no de 10^9 . Cabe aclarar que esta consideración deberá ser corroborada en pruebas piloto.

Los microorganismos termófilos empleados como base de cálculo poseen un $D_{121,1} = 25$ s y un $Z = 10,5 \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$. Por lo tanto, el F_0 para estos microorganismos es:

$$F_0 = D \log (N/N_0) = 25 \log 10^5 = 125 \text{ s}$$

Para la esterilización se seleccionó una temperatura de 130°C . El tiempo de esterilización a dicha temperatura se calculó como²:

$$t = F_0 / 10^{(T_1 - T_0)/Z}$$

$$t = 125 / 10^{(130 - 121,1)/10,5}$$

$$t = 18 \text{ s}$$

El licuado que proviene de la etapa previa a la esterilización puede tener una temperatura de entre 18 y 32°C . Para el diseño del equipo se utilizó la menor temperatura a la que podría ingresar el producto debido a que es el caso más desfavorable. En los casos en que el licuado entre a una temperatura mayor se descargará en la placa del equipo en donde haya alcanzado la temperatura de esterilización.

El licuado ingresará al intercambiador a una temperatura de 18°C y será calentado hasta 130°C . Para ello se utilizará un fluido térmico sintético denominado Dowtherm J que ingresará al equipo a 140°C y saldrá del mismo a 90°C . La configuración del equipo será de dos pasos para ambos fluidos. Por lo tanto, la circulación de las corrientes en el equipo será la que se indica en la figura 10:

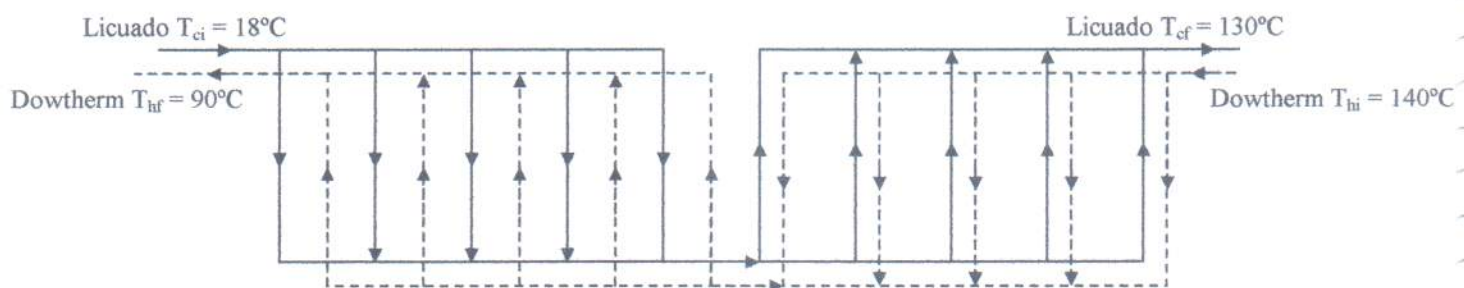


Figura 10: Configuración del intercambiador de calor de placas utilizado para la esterilización del licuado.

Las placas a utilizar serán del tipo espina de pescado y tendrán 1 m de alto; $0,25$ de ancho¹ y una separación de 5×10^{-3} m. El ángulo de inclinación de las corrugaciones será de 50° .

Diariamente el equipo deberá esterilizar $0,4 \text{ m}^3$ de licuado con edulcorante no nutritivo y $0,6 \text{ m}^3$ de licuado con azúcar. El equipo se diseñará para manejar un caudal de $0,52 \text{ Kg/s}$ de

cualquiera de los dos tipos de licuado. Para los cálculos se utilizarán las propiedades del licuado de durazno con azúcar a la temperatura media entre la entrada y la salida del equipo (74 °C). Las propiedades del fluido térmico³ también serán utilizadas a la temperatura media del mismo (115 °C).

Tabla 12: Propiedades de los fluidos a la temperatura media.

	Licuado de durazno	Dowtherm J
ρ (Kg/m ³)	1.007	789
C_p (J/Kg°C)	3.951,6	2.150
k (W/m°C)	0,62	0,108
μ (Pa.s)	--	$0,36 \times 10^{-3}$

Las propiedades del licuado de durazno se calcularon mediante correlaciones⁴. En la tabla 1 no se especifica la viscosidad del licuado de durazno porque éste es un fluido pseudoplástico, por lo tanto dicha propiedad depende de la velocidad de corte a la que esté sometido.

El equipo fue diseñado siguiendo el método propuesto por Hewitt en el libro Process Heat Transfer¹. Los cálculos se realizaron para placas con un ángulo de inclinación de las corrugaciones de 30° y luego se hicieron correcciones para obtener los resultados correspondientes a un ángulo de inclinación de 50°.

La ecuación de diseño utilizada por el método mencionado es:

$$NTU_{\min} = UA / (w cp)_{\min} \quad (\text{Ec. 1})$$

Una vez elegidos los pasos de los fluidos dentro del equipo se pueden calcular NTU_{\min} y $(w cp)_{\min}$. El coeficiente global de transferencia de calor y el área de transferencia de calor quedan en función del número de pasajes dentro del equipo, es decir que de la ecuación 1 se puede obtener la cantidad de pasajes. Luego, el número de placas se puede calcular como el número de pasajes menos uno.

1) Cálculo del caudal másico del fluido caliente (Dowtherm J)

Se utilizó la siguiente expresión:

$$w_h = w_c c_{p_c} (T_{c_f} - T_{c_i}) / [c_{p_h} (T_{h_i} - T_{h_f})] = 2,14 \text{ Kg/s}$$

2) Cálculo del número de unidades de transferencia

Para calcular el número de unidades de transferencia es necesario calcular R y E.

$$R = (w cp)_c / (w cp)_h = (T_{hi} - T_{hf}) / (T_{cf} - T_{ci}) \quad (\text{Ec. 2})$$

$$R = 0,45$$

Dado que $R < 1$ la efectividad térmica se calcula de la siguiente manera:

$$E = (T_{cf} - T_{ci}) / (T_{hi} - T_{ci}) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$E = 0,92$$

Como $R < 1$ NTU se calcula con la siguiente expresión:

$$NTU_c = 1 / (1 - R) \ln[(1 - RE) / (1 - E)] \quad (\text{Ec. 4})$$

$$NTU_c = 3,62$$

3) Cálculo del área total de transferencia de calor

Si n_p es el número de pasajes entre las placas entonces el área total de transferencia de calor es:

$$A = (n_p - 1) L W \quad (\text{Ec. 5})$$

$$A = (n_p - 1) 0,25 \text{ m}^2$$

Dado que la configuración del equipo es de dos pasos para ambos fluidos el área de flujo para cada fluido es:

$$S = n_p W b / 4 \quad (\text{Ec. 6})$$

$$S = n_p \times 3,125 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

4) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

El coeficiente global de transferencia de calor está dado por:

$$U^{-1} = 1/h_h + x/k + 1/h_c + R_f \quad (\text{Ec. 7})$$

La resistencia a la transferencia de calor de las placas del intercambiador (x/k) se consideró despreciable.

La resistencia de ensuciamiento del Dowtherm J es $8,6 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$. Dado que no se disponía de datos de la resistencia de ensuciamiento del licuado se utilizó la de la leche que es de $2,58 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$. Por lo tanto, $R_f = 1,118 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$.

4.1) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor del fluido caliente

Se calculó la velocidad del fluido calefactor con la siguiente expresión:

$$v_h = w_h / (\rho_h S) \text{ (Ec. 8)}$$

$$v_h = 8,7/n_p \text{ m/s}$$

El número de Reynolds se calculó como:

$$Re_h = v_h D_e \rho_h / \mu_h \text{ (Ec. 9)}$$

Para intercambiadores de placas el diámetro equivalente se calcula como:

$$D_e = 2b = 0,01 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Re_h = 190.675/n_p$$

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor se utilizó una correlación para flujo turbulento:

$$h_h = (k_h/D_e) 0,4 Pr_h^{0,4} Re_h^{0,64} \text{ (Ec. 10)}$$

Una vez obtenido el número de pasajes del equipo se debe calcular Re_h para determinar si el flujo es turbulento o no.

$$Pr_h = \mu_h cp_h/k_h = 7,2$$

$$h_h = 22.751 / n_p^{0,64} \text{ W/m}^2\text{°C}$$

4.2) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor del licuado

Reemplazando en la ecuación 8 el caudal másico y la densidad del licuado se obtuvo

$$v_c = 1,652 / n_p \text{ m/s}$$

Para el licuado de durazno los parámetros de la ley de la potencia son:

$$K = 2,932 \text{ N s}^{0,47}/\text{m}^2$$

$$n = 0,47$$

La viscosidad aparente se calculó como⁶:

$$\mu_{apc} = K (8 v_c/D_e)^{n-1} \text{ (Ec. 11)}$$

Por lo tanto:

$$\mu_{apc} = 0,065 / n_p^{-0,53}$$

El número de Reynolds se calculó utilizando la ecuación 9:

$$Re_c = 255,9 / n_p^{1,53}$$

$$Pr_c = \mu_{apc} cp_c / k_c = 414,21 / n^{-0,53}$$

Para calcular el coeficiente de transferencia de calor se utilizó una correlación para régimen laminar³:

$$h_c = (k_c/D_e) 1,68 (Re_c Pr_c D_e/L)^{0,4} \text{ (Ec. 12)}$$

$$h_c = 1.689,7/n_p^{0,4} \text{ W/m}^2\text{°C}$$

4.3) Cálculo de U

$$U^{-1} = n_p^{0,64}/20.220,1 + n_p^{0,4}/1.689,7 + 1,118 \times 10^{-4}$$

5) Cálculo del números de pasajes en el equipo

Reemplazando los resultados obtenidos en la ecuación 1 se obtuvo un ecuación cuya única incógnita es n_p :

$$3,62 = (n_p^{0,64}/22.751 + n_p^{0,4}/1.689,7 + 1,118 \times 10^{-4})^{-1} \times 0,25 (n_p - 1)/(0,52 \times 3.951,6)$$

Por lo tanto $n_p = 182$

6) Cálculo de Re_c y Re_h

Con el número de pasajes obtenido se calculó el número de Reynolds para ambos fluidos:

$$Re_c = 255,9 / n_p^{1,53} = 0,09$$

$$Re_h = 190.675 / n_p = 1.047$$

El valor crítico para el cual el número de Reynolds se torna turbulento varía entre 10 y 400 según la geometría⁵. De acuerdo a esto, en el licuado el flujo será laminar y en el fluido térmico será turbulento y, por lo tanto, se utilizaron las correlaciones adecuadas para el cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

7) Cálculo del número de pasajes para placas con ángulo de corrugaciones de 50°

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor para placas del tipo espina de pescado con un ángulo de 50° se utilizó el siguiente gráfico¹:

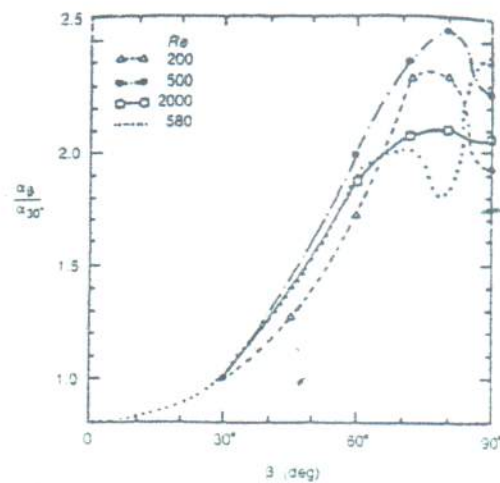


Gráfico 5: Efecto del ángulo de corrugación en el coeficiente de transferencia de calor.

En el caso del fluido térmico $h_{50^\circ}/h_{30^\circ} = 1,53$. Por lo tanto, $h_{50^\circ} = 34.809/n_p^{0,64} \text{ W/m}^2\text{C}$

Para el licuado, $h_{50^\circ}/h_{30^\circ} = 1,4$ por lo que $h_{50^\circ} = 2.366/n_p^{0,4} \text{ W/m}^2\text{C}$

Con lo que $U^{-1} = n_p^{0,64}/34.809 + n_p^{0,4}/2.366 + 1,118 \times 10^{-4}$

El valor de NTU_c es el mismo que para el caso de inclinación de las corrugaciones de 30° . Por lo tanto al reemplazar los resultados obtenidos en la ecuación 1 se obtiene nuevamente una ecuación cuya única incógnita es n_p :

$$3,62 = (n_p^{0,64}/34.809 + n_p^{0,4}/2.366 + 1,118 \times 10^{-4})^{-1} \times 0,25 (n_p - 1)/(0,52 \times 3.951,6)$$

$n_p = 100 \rightarrow$ el equipo tendrá 99 placas con un ángulo de inclinación de las corrugaciones de 50° .

8) Cálculo de la caída de presión

La caída de presión para cada fluido se calculó con la siguiente expresión¹:

$$\Delta P = 4 f L \rho v^2 / (2 \times D_e) \quad (\text{Ec. 13})$$

8.1) Caída de presión del fluido térmico

Se calculó factor de fricción para placas tipo espina de pescado con ángulo de inclinación de las corrugaciones de 30° a partir del siguiente gráfico¹:

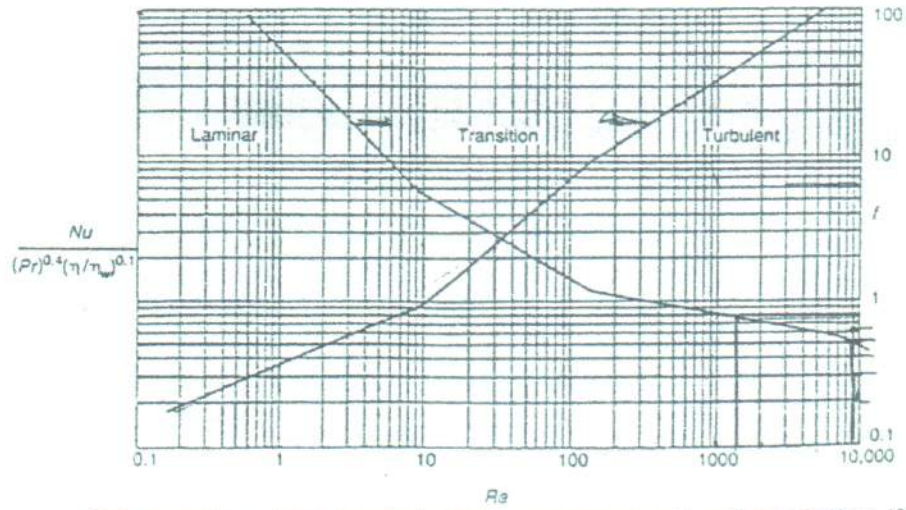


Gráfico 6: Factor de fricción en función del número de Reynolds para placas tipo espina de pescado.

$f = 0,8$

La relación $f_{50^\circ}/f_{30^\circ}$ se calculó a partir del siguiente gráfico:

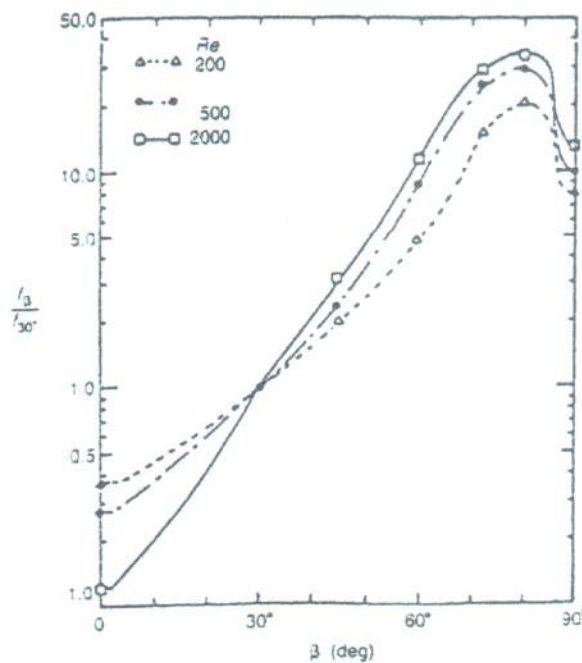


Gráfico 7: Efecto del ángulo de las corrugaciones sobre el factor de fricción.

Se obtuvo $f_{50^\circ}/f_{30^\circ} = 4,6$ por lo tanto $f_{50^\circ} = 0,8 \times 4,6 = 3,68$

$$v_h = 8,7/n_p = 8,7/100 = 0,087 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_h = 4 \times 3,68 \times 1 \times 789 \times (0,087)^2 / (10^{-2} \times 2)$$

$$\Delta P_h = 4.395 \text{ Pa}$$

8.2) Caída de presión en el licuado

El factor de fricción para un ángulo de 30° se calculó con la siguiente expresión³ para régimen laminar:

$$f = 32/Re = 32/0,22 = 144$$

$$Re = 255,9/100^{1,53} = 0,22$$

Del mismo gráfico utilizado anteriormente se obtuvo $f_{50^\circ}/f_{30^\circ} = 2,5$

$$\text{Luego } f_{50^\circ} = 144 \times 2,5 = 360$$

$$v_c = 1,652 / n_p = 0,0165 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_c = 4 \times 360 \times 1 \times 1.007 \times (0,0165)^2 / (10^{-2} \times 2)$$

$$\Delta P_c = 19.739 \text{ Pa}$$

9) Cálculo de las pérdidas de calor en la cañería

Como se mencionó anteriormente, luego de ser calentado a 130°C en el intercambiador de placas el licuado circulará durante 18 segundos por una cañería. Ésta tendrá un diámetro nominal de 3" Sh 40⁷. El diámetro externo de la misma será de 0,089 m y el interno, de 0,078m.

Se calculó la velocidad del licuado dentro de la cañería como:

$$v_{\text{licuado}} = w_c / (\rho A)$$

$$\rho = 968 \text{ Kg/m}^3 \text{ (a } 130^\circ\text{C)}$$

$$A = \pi D_{li}^2 / 4 = 4,78 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v_{\text{licuado}} = 0,112 \text{ m/s}$$

El licuado debe circular durante 18 segundos por la cañería a una velocidad de 0,112 m/s, por lo tanto la longitud de la cañería deberá ser de 2 m.

Se decidió que durante su permanencia en la cañería el licuado no podrá sufrir un descenso de temperatura superior a $0,1^\circ\text{C}$.

Para calcular las pérdidas de calor en la cañería se plantearon los siguientes balances:

$$Q = 2 \pi r_{li} H h_{licuado} (T_1 - T_2)$$

$$Q = 2 \pi k_{acero} H (T_2 - T_3) / \ln(r_{le}/r_{li})$$

$$Q = 2 \pi r_{le} H h_{aire} (T_3 - T_4)$$

donde:

$$k_{acero}^8 = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 130^\circ\text{C} \quad r_{li} = 0,039 \text{ m}$$

$$T_4 = 15^\circ\text{C} \quad r_{le} = 0,0445 \text{ m}$$

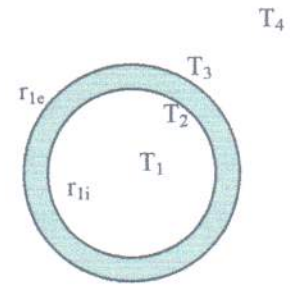


Figura 11: Vista transversal de la cañería.

Combinando los tres balances se obtiene:

$$Q = 2 \pi H (T_1 - T_4) / [(r_{li} h_{licuado})^{-1} + \ln(r_{le}/r_{li}) k_{acero}^{-1} + (h_{aire} r_{le})^{-1}] \quad \text{(Ec. 14)}$$

Se consideró que el aire en la planta estará estanco con lo que $h_{aire}^9 = 10 \text{ W/m}^2\text{C}$

9.1) Cálculo de $h_{licuado}$

Se calculó la viscosidad aparente utilizando la ecuación 11:

$$\mu_{ap} = 0,8 \text{ Pa.s}$$

Con la ecuación 9 se calculó el número de Reynolds:

$$Re_{licuado} = 10,6$$

Como el número de Reynolds obtenido es menor a 2.100 el flujo es laminar y para calcular el coeficiente de transferencia de calor se debe emplear la siguiente expresión⁵:

$$h_{licuado} = (k_{licuado}/D_{li}) 1,86 [Re Pr (D_{li}/H)]^{0,33} (\mu/\mu_w)^{0,14} \quad \text{(Ec. 15)}$$

$$k_{licuado} = 0,65 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (a } 130^\circ\text{C)}$$

$$Pr = 4,929$$

Reemplazando en la ecuación 15 se obtiene:

$$h_{licuado} = 313 \text{ W/m}^2\text{C}.$$

Como una primera aproximación se consideró el término $(\mu/\mu_w)^{0,14}$ igual a la unidad.

9.2) Cálculo de las pérdidas de calor

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación 14 se obtiene :

$$Q = 2 \pi 2 (130^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) / [(313 \times 0,039)^{-1} + \ln(0,0445/0,039) \times 45^{-1} + (10 \times 0,0445)^{-1}]$$

$$Q = 622 \text{ W}$$

La variación en la temperatura del licuado será:

$$\Delta T = Q / w_c c_{p_c}$$

$$c_{p_c} = 4,005 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} \text{ (a } 130^\circ\text{C)}$$

$$w_c = 0,52 \text{ Kg/s}$$

$$\Delta T = 0,3^{\circ}\text{C}.$$

Dado que la diferencia de temperatura obtenida supera los $0,1^{\circ}\text{C}$ máximos admisibles será necesario aislar la cañería.

Como aislante se utilizará lana mineral. No se seleccionó poliuretano expandido ya que tiene un límite admisible de temperatura de 10°C 110°C . Para la lana mineral este límite es de 650°C .

Teniendo en cuenta el esquema de la sección de la cañería que se muestra a continuación se plantearon los balances necesarios para calcular el espesor de aislante:

$$Q = 2 \pi r_{1i} H h_{\text{licuado}} (T_1 - T_2)$$

$$Q = 2 \pi k_{\text{acero}} H (T_2 - T_3) / \ln(r_{1e} / r_{1i})$$

$$Q = 2 \pi k_{\text{aislante}} H (T_3 - T_4) / \ln(r_2 / r_{1e})$$

$$Q = 2 \pi r_2 H h_{\text{aire}} (T_4 - T_5)$$

$$k_{\text{aislante}}^8 = 0,039 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

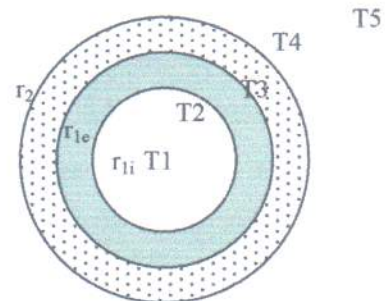


Figura 12: Vista transversal de la cañería aislada.

Trabajando algebraicamente las ecuaciones anteriores se llega a las siguientes expresiones:

$$Q = (T_1 - T_5) 2 \pi H / (1/r_{1i} h_{\text{licuado}} + \ln(r_{1e} / r_{1i}) k_{\text{acero}}^{-1} + \ln(r_2 / r_{1e}) k_{\text{aislante}}^{-1} + 1/h_{\text{aire}} r_2)$$

$$T_4 = Q / (2 \pi H r_2 h_{\text{aire}}) + T_5$$

Para determinar el espesor del aislante se graficó el calor perdido Q y la temperatura en la superficie del aislante en función del radio de aislante:

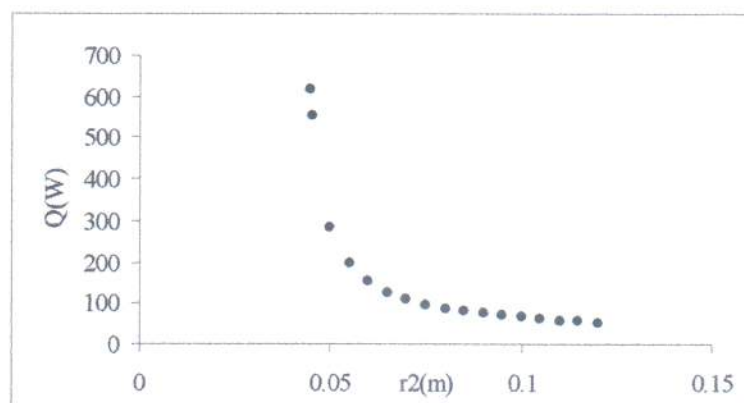


Gráfico 8: Calor perdido en función del radio de aislante.

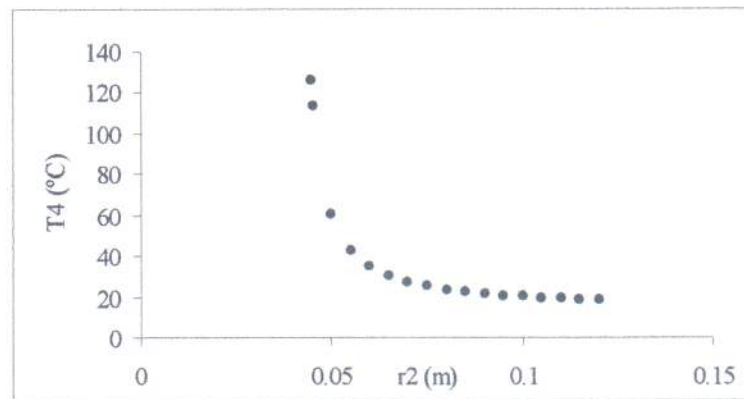


Gráfico 9: Temperatura en la superficie del aislante en función del radio de aislante.

Al aumentar el radio de aislante disminuye la diferencia entre la temperatura del ambiente de la planta y la temperatura en la superficie del aislante y, por lo tanto, también disminuyen las pérdidas de calor. Para radios de aislantes mayores a 0,1 m aproximadamente a medida que aumenta el radio de aislante no hay una disminución importante de las pérdidas de calor y de la diferencia de temperatura entre el ambiente y el aislante. Por ello, se seleccionó un radio de aislante de 0,1 m para el cual las pérdidas de calor son de 66W y la temperatura en la superficie del aislante es de 20,3°C. Por lo tanto el espesor de aislante será de 0,0555 m.

Diseño del enfriador

El licuado esterilizado será enfriado hasta 20°C en un intercambiador de placas de dos pasos para ambos fluidos. Como fluido refrigerante se utilizará una solución acuosa de etilén glicol al 20 % que ingresará al equipo a -8°C y saldrá del mismo a 15°C.

Las placas a utilizar serán del tipo espina de pescado y tendrán 1m de alto; 0,25 de ancho ¹y una separación de 5×10^{-3} m. El ángulo de inclinación de las corrugaciones será de 30°.

El equipo se diseñará para manejar un caudal de 0,52 Kg/s de licuado y para los cálculos se utilizarán las propiedades del licuado de durazno a la temperatura media entre la entrada y la salida del equipo (75°C). Las propiedades del etilén glicol¹¹ también serán utilizadas a la temperatura media del mismo (3,5°C).

Tabla 13: *Propiedades de los fluidos a su temperatura media.*

Propiedad	Licuado de durazno	Etilén glicol
ρ (Kg/m ³)	1.009	1.028
c_p (J/Kg°C)	3.950	3.855
k (W/m°C)	0,62	0,53
μ (Pa.s)	--	$2,91 \times 10^{-3}$

Para el diseño del equipo se empleó el mismo procedimiento que el usado para el esterilizador.

1) Cálculo del caudal másico de etilén glicol

$$w_c = w_h c_{ph} (T_{hi} - T_{hf}) / [c_{pc} (T_{cf} - T_{ci})] = 2,55 \text{ Kg/s}$$

2) Cálculo del número de unidades de transferencia

$$R = 4,78$$

Como $R > 1$ NTU se calcula de la siguiente manera:

$$NTU_h = \ln[(1/E/R)/(1-E)]/(1-1/R) \quad (\text{Ec. 16})$$

Dado que $R > 1$ la efectividad térmica se calcula de la siguiente manera:

$$E = R \times P$$

$$\text{donde } P = T_{cf} - T_{ci} / (T_{hi} - T_{ci}) = 15 - (-8) / (130 - (-8)) = 0,17$$

$$E = 0,8$$

$$NTU_h = 1,804$$

3) Cálculo del área total de transferencia de calor

$$A = (n_p - 1) 0,25 \text{ m}^2$$

El área de flujo para cada fluido es:

$$S = n_p \times 3,125 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

4) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

La resistencia de ensuciamiento del etilén glicol es $8,6 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$. Al igual que en el esterilizador se utilizó la resistencia de ensuciamiento de la leche que es de $2,58 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$. Por lo tanto, $R_f = 1.118 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C m}^2/\text{W}$.

4.1) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor del etilén glicol

$$v_c = w_c / (\rho_c S)$$

$$v_c = 7,94/n_p \text{ m/s}$$

$$Re_c = v_c D_e \rho_c / \mu_c$$

$$D_e = 2b = 0,01 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Re_c = 28.049 / n_p$$

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor se utilizó la ecuación 10:

$$h_c = (k_c/D_e) 0,4 Pr_c^{0,4} Re_c^{0,64}$$

$$Pr_c = \mu_c cp_c/k_c = 21,2$$

$$h_c = 50.528,8 / n_p^{0,64} \text{ W/m}^2\text{°C}$$

4.2) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor del licuado

$$v_h = 1,65 / n_p \text{ m/s}$$

$$\mu_{ap h} = 0,065 / n_p^{-0,53}$$

$$Re_h = 256,13 / n_p^{1,53}$$

$$Pr_h = \mu_{ap h} cp_h / k_h = 414 / n^{-0,53}$$

Para calcular el coeficiente de transferencia de calor se utilizó la ecuación 12:

$$h_h = (k_h/D_e) 1,68 (Re_h Pr_h D_e/L)^{0,4}$$

$$h_h = 1.690/n_p^{0,4} \text{ W/m}^2\text{°C}$$

4.3) Cálculo de U

$$U^{-1} = n_p^{0,64}/50.528,8 + n_p^{0,4}/1.690 + 1,118 \times 10^{-4}$$

5) Cálculo del números de pasajes en el equipo

Reemplazando los resultados obtenidos en la ecuación 1 se obtuvo:

$$1,804 = (n_p^{0,64}/50.528,8 + n_p^{0,4}/1.690 + 1,118 \times 10^{-4})^{-1} \times 0,25 (n_p - 1) / (0,52 \times 3.950)$$

Por lo tanto $n_p = 47 \rightarrow$ el equipo tendrá 46 placas

6) Cálculo de Re_c y Re_h

$$Re_c = 28.049 / n_p = 597$$

$$Re_h = 256,13 / n_p^{1,53} = 0,71$$

En el licuado el flujo será laminar y en el etilén glicol será turbulento. Por lo tanto, se utilizaron las correlaciones adecuadas para el cálculo de los coeficientes de transferencia de calor.

7) Cálculo de la caída de presión

La caída de presión para cada fluido se calculó con la ecuación 13.

7.1) Caída de presión del etilén glicol

El factor de fricción se calculó utilizando la Figura 2. Se obtuvo $f = 0,88$

$$v_c = 0,169 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_c = 5.167 \text{ Pa}$$

7.2) Caída de presión en el licuado

El factor de fricción se calculó como:

$$f = 32/Re = 32/0,71 = 45$$

$$v_h = 1,65 / n_p = 0,035 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_h = 11.124 \text{ Pa}$$

Resumen

Tabla 14: Características operacionales y de los equipos involucrados en la esterilización de los licuados.

	Esterilización	Enfriamiento
Temperatura de entrada de fluidos (°C)	Licuado: 18 Dowtherm J: 140	Licuado: 20 Etilén glicol 20%: -8
Temperatura de salida de fluidos (°C)	Licuado: 130 Dowtherm J: 90	Licuado: 130 Etilén glicol 20%: 15
Cantidad de placas	99	46
Tipo de placas	Espina de pescado 1m x 0,25 m Separación e/ placas 0,005 m Ángulo corrugaciones: 50°	Espina de pescado 1m x 0,25 m Separación e/ placas 0,005 m Ángulo corrugaciones: 30°
Caída de presión (Pa)	Licuado: 19.739 Dowtherm J: 4.395	Licuado: 11.124 Etilén glicol 20%: 5.167
Caudales a manejar (Kg/s)	Licuado: 0,52 Dowtherm J: 2,14	Licuado: 0,52 Etilén glicol 20%: 2,55

Nomenclatura

- A: área (m^2);
b: separación entre placas (m);
cp: capacidad calorífica ($J/Kg^{\circ}C$);
D: diámetro (m);
D_e: diámetro equivalente (m);
E: efectividad térmica;
f: factor de fricción;
h: coeficiente de transferencia de calor ($W/m^2^{\circ}C$);
H: longitud de cañería (m);
k: conductividad térmica ($W/m^{\circ}C$);
K: índice de consistencia ($N s^n/m^2$);
L: largo de la placa (m);
n: exponente de la ley de la potencia;
n_p: número de pasajes en el equipo;
NTU: número de unidades de transferencia;
Pr: número de Prandtl;
Q: pérdida de calor (W);
R: relación de capacidades caloríficas;
r_{1e}: radio externo de la cañería (m);
r_{1i}: radio interno de la cañería (m);
r_{2i}: radio interno de la cañería (m);
Re: número de Reynolds;
R_f: resistencia global de ensuciamiento ($m^2^{\circ}C/W$);
S: área de flujo para cada fluido (m^2);
T: temperatura ($^{\circ}C$);
U: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2^{\circ}C$);
v: velocidad (m/s);
W: ancho de la placa (m);
w: caudal másico (Kg/s).
x: espesor de la placa (m);

ΔP : caída de presión (N/m^2);

ΔT : diferencia de temperatura ($^{\circ}C$);

μ : viscosidad (Pa. s);

μ_{ap} : viscosidad aparente (Pa. s);

ρ : densidad (Kg/m^3).

Subíndices:

c: fluido frío;

h: fluido caliente;

i: inicial;

f: final.

Bibliografía

1. Hewitt, G.F; Shires,G.L; Bott,T.R, Process Heat Transfer. CRC Press, 1.994
2. Amiot, J. Ciencia y tecnología de la leche. Ed. Acribia, 1.991.
3. Hewitt, G.F. Heat exchanger desing handbook 1.998. Begell House Inc, Nueva York, 1.998.
4. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: “Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs”. CRC Press. 1997.
5. Cao, E. Intercambiadores de calor. Ed. Nueva Librería S.R.L.1.983
6. Brennan. Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Ed Acribia, 1.980
7. Perry, J.H. Chemical Engineers Handbook, 4^{ta} Edición. McGraw-Hill,1.963.
8. Marks. L. S. Mechanical Engineers Handbook. McGraw-Hill, 1.941
9. A.S.H.R.A.E. Handbook, Refrigeration. American Society.1.994.
10. Perry R.H; Green D.W; Maloney J.O. Handbook of Chemical Engineering.1.998. 6ta edición. Tomo I.
11. Stoecker W. F. Refrigeración y acondicionamiento de aire. Mc Graw-Hill.1.965.

Almacenamiento de licuado esterilizado

Ante cualquier falla que pudiera ocurrir en la envasadora aséptica o en el sistema esterilizador-enfriador, el licuado será almacenado en un tanque pulmón aséptico hasta solucionar el inconveniente. El tanque será de acero inoxidable de 0,002 m de espesor y tendrá agitación suave para evitar la separación de fases en el producto.

Diseño del tanque

Dimensiones

El tanque tendrá una capacidad de $0,6 \text{ m}^3$. A partir de dicho volumen y teniendo en cuenta las relaciones geométricas estándar¹, las dimensiones del tanque serán:

$$C = 0,31 \text{ m}$$

$$D = 0,31 \text{ m}$$

$$T = 0,92 \text{ m}$$

$$H = 0,92 \text{ m}$$

Se consideró una altura del tanque un 10% superior a la altura de líquido, por lo tanto $L_t = 1 \text{ m}$.

Potencia de agitación

Se utilizará un agitador de hélice de paso cuadrado que girará a 0,5 rps. Para calcular el número de Reynolds se utilizaron las propiedades del licuado de durazno a 20°C :

$$\rho = 1.036 \text{ Kg/m}^3$$

La viscosidad aparente se calculó como:

$$\mu_{ap} = K(N\beta)^{n-1} = 4,6 \text{ Pa.s}$$

$$K = 10,2 \text{ N s}^{0,5}/\text{m}^2$$

$$n = 0,5$$

$$\beta = 10$$

Luego se calculó el número de Reynolds:

$$Re = \rho N D^2 / \mu = 1.036 \times 0,5 \times 0,31^2 / 4,6$$

$$Re = 11$$

Para calcular el número de potencia se utilizó el gráfico para tanques sin baffles presentado en “Mezclado de pulpa de fruta con ácido ascórbico” página 36. Se obtuvo $N_{Po}=4$.

La potencia de agitación necesaria se calculó como:

$$Pot = N_{Po} D^5 N^3 \rho = 4 \times 0,31^5 \times 0,5^3 \times 1.036$$

$$Pot = 1,5 \text{ W (0,002 HP)}$$

Nomenclatura

C: distancia entre el agitador y el fondo del tanque (m);

D: diámetro del agitador (m);

H: altura del líquido en el tanque (m);

K: índice de consistencia ($\text{N s}^{0.5}/\text{m}^2$);

L_t : altura del tanque (m)

n: exponente de la ley de la potencia;

N: velocidad de giro del agitador (rps);

N_{po} : número de potencia;

Pot: potencia (W);

Re: número de Reynolds;

T: diámetro del tanque (m);

β : parámetro que depende del tipo de agitador

μ : viscosidad (Pa.s);

ρ : densidad (Kg/m^3)

Bibliografía

1. Fryer, P. J. Chemical Engineering for the Food Industry. Chapman & Hall, Londres, 1.997.

Almacenamiento del producto final

La planta contará con un almacén de producto final. El almacén tendrá una capacidad para acumular dos días de producción de cada variedad de licuado.

Las cantidades de licuado que se producirán por día, discriminando entre licuados con azúcar y con edulcorante no nutritivo, se presentan a continuación:

Tabla 15: *Producción diaria de licuado*

Sabor del licuado	Con azúcar (Kg/día)	Con edulcorante (Kg/día)
Frutilla	602	400
Durazno	620	411
Kiwi	605	403
Frambuesa	615	410

De la producción diaria de licuados, el 40% se envasará en cajas de cartón tipo brik con tapa de 1 litro de capacidad; mientras que el restante 60% será envasado en recipientes de ¼ litro del mismo tipo.

Las medidas del envase que contendrá al licuado se fijaron en base a muestras tomadas a productos que se hallan en el mercado actualmente. A partir de ello, se optó por envases cuyas medidas se detallan a continuación:

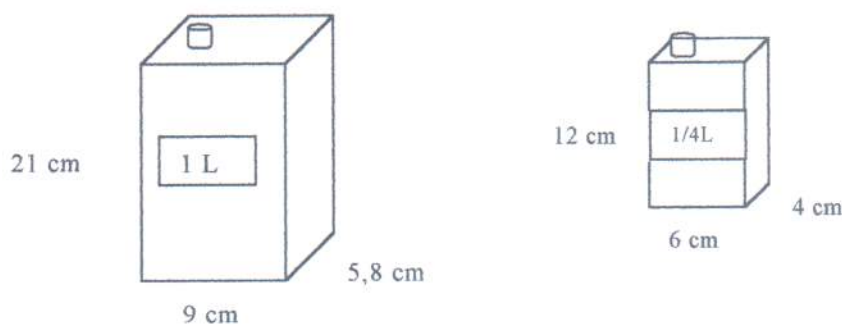


Figura 13: Dimensiones de los envases

Cálculo del número total de envases

El cálculo de la cantidad de envases necesarios por sabor de licuado, discriminando entre licuado con azúcar o edulcorante no nutritivo se muestra a continuación para el licuado de durazno. El esquema de cálculo es el mismo para los gustos restantes.

• Licuado de durazno con azúcar:

Como se detalló anteriormente, la producción diaria de licuado con azúcar es 619,8 Kg; entonces:

* Envases de ¼ litro:

$$\text{Masa total de licuado a envasar} = m_{\text{total}} = 0,6 \times 619,8 \text{ Kg} = 371,88 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa de licuado por caja} = m_{\text{caja}} = \text{volumen} \times \rho_{\text{licuado}}$$

$$m_{\text{caja}} = 250 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \times 1.031 \text{ Kg/m}^3 = \mathbf{0,2578 \text{ Kg}}$$

$$\text{Número de cajas} = m_{\text{total}} / m_{\text{caja}} = 371,88 \text{ Kg} / 0,2578 \text{ Kg/caja} \approx \mathbf{1.442 \text{ cajas}}$$

* Envases de 1 litro:

$$\text{Masa total de licuado a envasar} = m_{\text{total}} = 0,4 \times 619,8 \text{ Kg} = 247,92 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa de licuado por caja} = m_{\text{caja}} = \text{volumen} \times \rho_{\text{licuado}}$$

$$m_{\text{caja}} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times 1.031 \text{ Kg/m}^3 = \mathbf{1,031 \text{ Kg}}$$

$$\text{Número de cajas} = m_{\text{total}} / m_{\text{caja}} = 247,92 \text{ Kg} / 1,031 \text{ Kg/caja} \approx \mathbf{240 \text{ cajas}}$$

• **Licuado de durazno con edulcorante:**

Como se mencionó antes, la producción diaria de licuado con edulcorante es 411,2 Kg; entonces:

*Envases de ¼ litro:

$$\text{Masa total de licuado a envasar} = m_{\text{total}} = 0,6 \times 411,2 \text{ Kg} = 246,72 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa de licuado por caja} = m_{\text{caja}} = \text{volumen} \times \rho_{\text{licuado}}$$

$$m_{\text{caja}} = 250 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 1.031 \text{ Kg/m}^3 = \mathbf{0,2578 \text{ Kg}}$$

$$\text{Número de cajas} = m_{\text{total}} / m_{\text{caja}} = 246,72 \text{ Kg} / 0,2578 \text{ Kg/caja} \approx \mathbf{957 \text{ cajas}}$$

*Envases de 1 litro:

$$\text{Masa total de licuado a envasar} = m_{\text{total}} = 0,4 \times 411,2 \text{ Kg} = 164,48 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa de licuado por caja} = m_{\text{caja}} = \text{volumen} \times \rho_{\text{licuado}}$$

$$m_{\text{caja}} = 1.10^{-3} \text{ m}^3 \times 1.031 \text{ Kg/m}^3 = \mathbf{1,031 \text{ Kg}}$$

$$\text{Número de cajas} = m_{\text{total}} / m_{\text{caja}} = 164,48 \text{ Kg} / 1,031 \text{ Kg/caja} \approx \mathbf{159 \text{ cajas}}$$

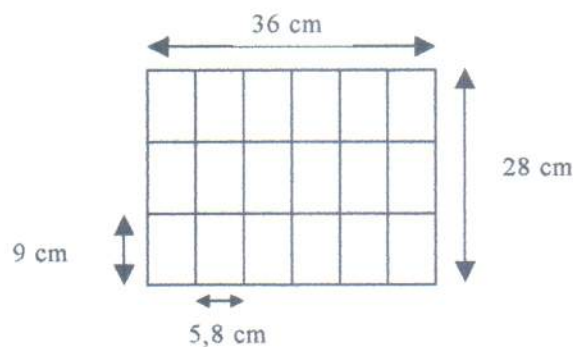
La cantidad de envases necesarios correspondiente a los distintos sabores es muy similar, por lo tanto se optó por considerar un valor promedio del número de cajas necesarias para cada uno de los mismos. Por otro lado los envases de los licuados se dispondrán en grupo, formando packs. Cada uno de los packs contendrá 18 licuados de 1 litro o 42 de ¼ litro.

En la tabla 16 se presenta un detalle de la cantidad de envases diarios y número de packs para todas las variedades de licuado (azúcar o edulcorante).

Tabla 16: *Cantidades promedio por día de envases y packs.*

Promedio por día	Licuado con azúcar		Licuado con edulcorante	
	Envase de ¼ litro	Envase de 1 litro	Envase de ¼ litro	Envase de 1 litro
N° envases	1.440	240	960	160
N° packs	35	14	23	9

Las medidas internas de la base de los packs serán de 0,28 m x 0,36 m. Los mismos serán de base de cartón corrugado y estarán envueltos por un film de polietileno termocontraíble (de aproximadamente 120 micrones). La forma en la que se dispondrán los envases se muestra a continuación:

**Figura 14:** *Disposición de los envases de 1 litro en un pack*

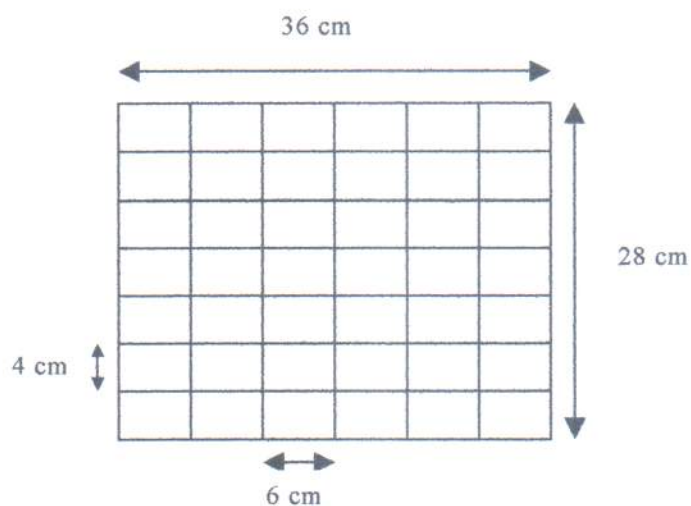


Figura 15: Disposición de los envases de 1/4 litro en un pack

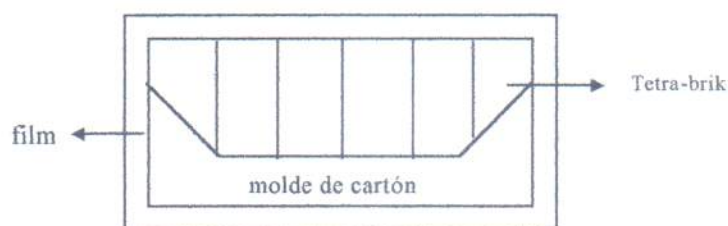


Figura 16: Esquema final de un pack

Los packs se colocarán sobre pallets de 1 m x 1,2 m x 0,15 m. De esta forma, en cada pallet entrarán 9 packs por fila. Por lo tanto, los pallets que contengan envases de ¼ litro con azúcar tendrán 8 filas de alto; los de 1 litro con azúcar 4 filas de alto; los de ¼ litro con edulcorante 6 filas y los de 1 litro con edulcorante 2 filas de alto. Un esquema del pallet se muestra a continuación:

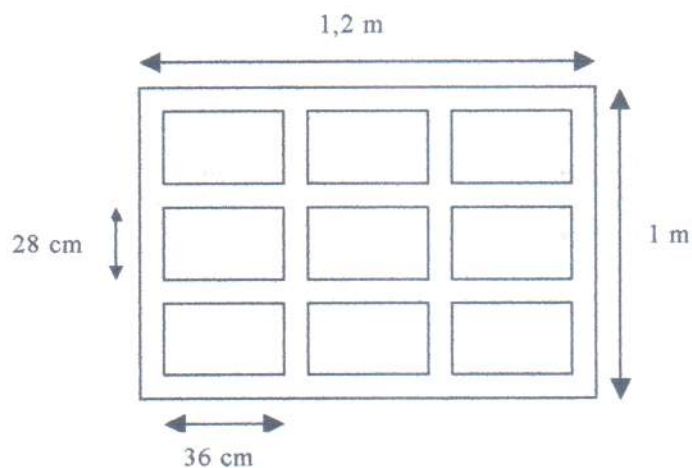


Figura 17: *Esquema del pallet*

Ante cualquier eventualidad si es necesario almacenar más packs se podrá hacer colocándolos encima de los que ya se encuentran en el almacén ya que la altura del mismo lo permite.

Los pallets dentro del almacén serán dispuestos de manera tal de poder identificar a los productos que contienen tanto por sabor, capacidad, como por si contienen azúcar o edulcorante no nutritivo. El esquema del almacén, junto con la disposición de los pallets dentro del mismo se presenta a continuación:

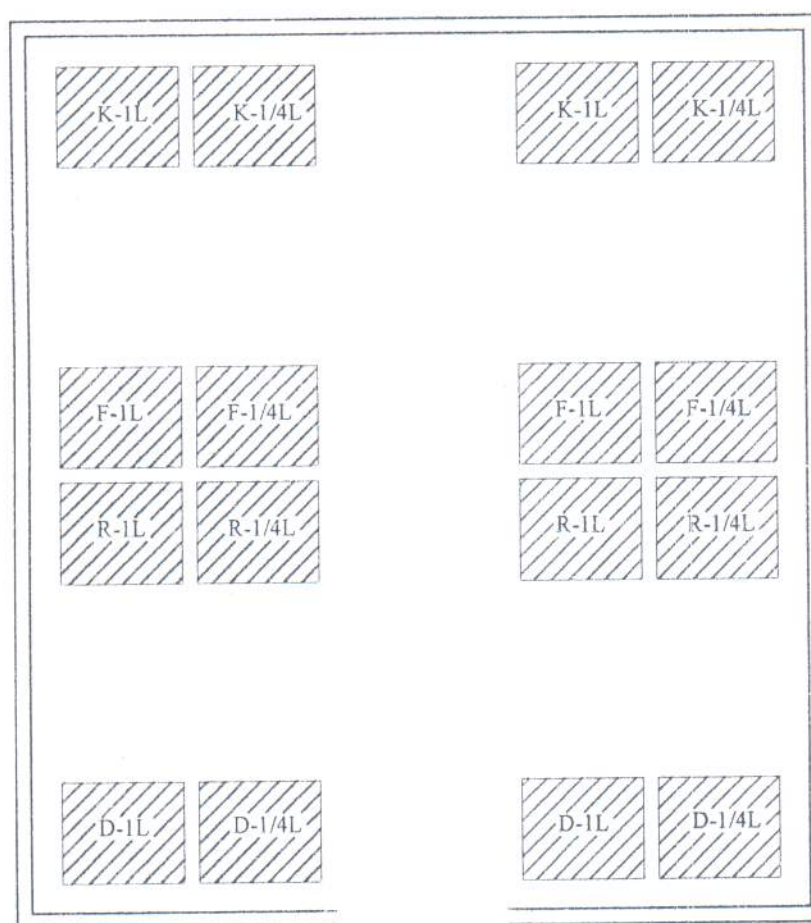
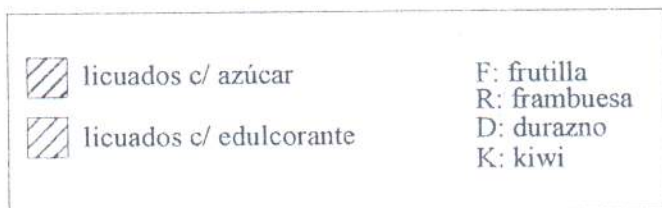


Figura 15: Esquema del almacén de producto final.

Capítulo II

“Línea de congelado de pulpa de fruta”

Pasteurización de la pulpa de fruta

La pulpa que sea destinada a congelación será sometida a una pasteurización para inactivar las enzimas y destruir microorganismos que puedan provocar reacciones oxidativas y/o degradativas principalmente en la etapa de descongelado.

La temperatura de pasteurización será de¹ 90° C y el tiempo de pasteurización, de 3 minutos.

Se elevará la temperatura de la pulpa mediante el uso de intercambiadores de calor. Luego la misma será bombeada hacia una cañería aislada donde permanecerá los 3 minutos de pasteurización.

Existen diversos tipos de intercambiadores que pueden utilizarse en esta operación entre los cuales se pueden nombrar los intercambiadores de doble tubo, de tubo y coraza, los de placa y los de superficie raspada.

El tipo de producto a procesar limita la elección del pasteurizador. Cuando se trata de productos particulares y delicados en los que la transferencia de calor resulta difícil muchos tipos de intercambiadores resultan deficientes. Los intercambiadores de superficie raspada son especialmente útiles para procesar este tipo de productos. Por esta razón se decidió utilizar este tipo de intercambiadores para la pasteurización de la pulpa de fruta.

Los intercambiadores de superficie raspada proveen una buena distribución de temperatura y uniformidad en el producto. El producto que ingresa al equipo es trasladado suavemente por las paletas rotantes, agitado continuamente y removido de la pared del cilindro. Esta acción produce flujo turbulento que puede controlarse con la velocidad de rotación para optimizar la calidad del producto y los coeficientes de transferencia de calor. Según cada necesidad se pueden variar parámetros como la velocidad de giro del rotor, el caudal, las características de diseño mecánico, lo cual le confiere una gran versatilidad. Generalmente en la industria se utiliza la disposición vertical del equipo para mejorar el rendimiento de intercambio, la limpieza, el mantenimiento y ocupar una mínima superficie en la planta ^{2 y 3}.

Diseño del pasteurizador de pulpa

Para el diseño del intercambiador se siguió el procedimiento propuesto por Cao⁴. El equipo estará dispuesto en forma horizontal debido a que el coeficiente de transferencia de calor de vapor condensante en tubos horizontales es mayor que el de tubos verticales. El intercambiador será diseñado para pasteurizar pulpa de durazno ya que ésta es la pulpa de la que mayor cantidad diaria se debe congelar. La misma ingresará al equipo a 15°C y saldrá a 90°C. Se utilizará como fluido calefactor vapor de agua a 130°C⁵.

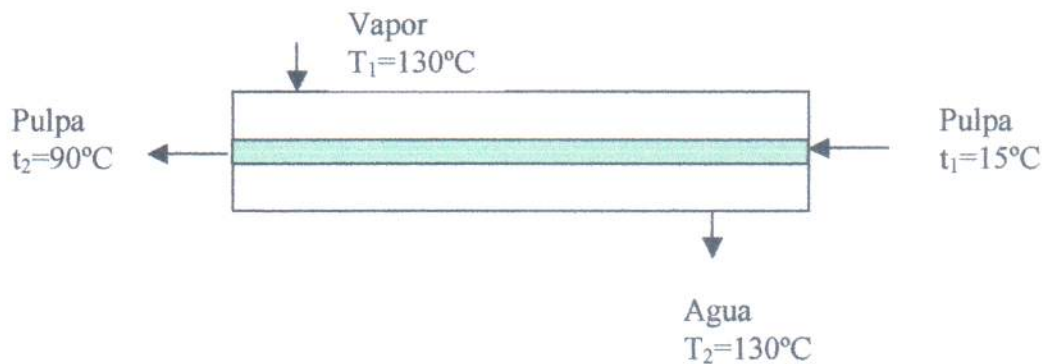


Figura 19: Circulación de los fluidos en el intercambiador.

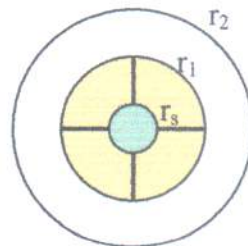


Figura 20: Corte transversal del intercambiador.

Utilizando una tabla de diámetros de tubos según la norma BWG⁴ se seleccionaron los siguientes diámetros:

$$D_s = 0,0603\text{m (DN = 2", Sh 40)}$$

$$\text{DN}_1 = 4" \text{ Sh 40}$$

$$D_{1i} = 0,1023\text{m}$$

$$D_{1e} = 0,1143\text{m}$$

$$\text{DN}_2 = 6" \text{ Sh 40}$$

$$D_{2i} = 0,154\text{m}$$

$$D_{2e} = 0,1683\text{m}$$

La cantidad de pulpa a procesar será de 666 Kg y se procesará en 11 minutos, por lo tanto el caudal será $w_p = 666 \text{ Kg}/660 \text{ s} \approx 1 \text{ Kg/s}$.

Las propiedades de la pulpa se calcularon a la temperatura media entre la entrada y la salida del intercambiador (52,5 °C) mediante correlaciones⁶, éstas son:

$$c_{p_p} = 3.913 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_p = 1.027 \text{ Kg/m}^3$$

$$k_p = 0,7 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

Los parámetros de la ley de la potencia de la pulpa de durazno son $n = 0,5$ y $K = 10,2 \text{ N s}^{0,5}/\text{m}^2$. Se calculó la viscosidad efectiva o aparente de la siguiente forma:

$$\mu_e = K (8.v/D_{eq})^{n-1} \quad \text{(Ec. 1)}$$

La ecuación de diseño para el intercambio de calor es:

$$Q = U A \Delta T_{ML} \quad \text{(Ec.2)}$$

1.Cálculo del calor transferido

El calor a intercambiar es:

$$Q = w_p c_{p_p} \Delta T = 1 \text{ Kg/s} \times 3.913 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \times (90-15)^\circ\text{C}$$

$$Q = 293.475 \text{ W}$$

Por lo tanto el caudal de vapor necesario será:

$$w_v = Q / \lambda = 293.475 \text{ W} / 2.202.709,8 \text{ J/Kg} = 0,133 \text{ Kg/s}$$

2.Cálculo del ΔT_{ML}

La diferencia de temperatura media logarítmica se calculó de la siguiente manera:

$$\Delta T_{ML} = (T_1 - t_2) - (T_2 - t_1) / \ln (T_1 - t_2) / (T_2 - t_1) \quad \text{(Ec.3)}$$

Reemplazando en la ecuación 3 las temperaturas correspondientes:

$$\Delta T_{ML} = (130-90)^\circ\text{C} - (130-15)^\circ\text{C} / \ln (130-90)^\circ\text{C} / (130-15)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ML} = 71^\circ\text{C}$$

3.Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U)

El coeficiente global de transferencia de calor se calculó de la siguiente manera:

$$U^{-1} = 1/h_o + 1/h_{io} + R_f \quad \text{(Ec.4)}$$

h_{io} es el coeficiente de transferencia de calor del fluido que circula por el tubo interno del equipo referido al área externa de dicho tubo, es decir $h_{io} = h_i D_{i_i} / D_{1e}$.

Como el intercambiador es de superficie raspada el coeficiente de ensuciamiento interno se considera despreciable. El coeficiente de ensuciamiento externo se lo tomó igual a $0,00009 \text{ m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W}$.

3.1. Cálculo de h_{io}

Para obtener el valor de h_i se utilizó la siguiente correlación⁷:

$$h_i = (k/D_{ii}) 0,014 (\text{Pr})^{0,96} (\text{Re}) (D_{ii}N/v_p)^{0,62} (D_s/D_{ii})^{0,55} \text{nb}^{0,53} \quad (\text{Ec.5})$$

$$A_{\text{ánulo}} = \pi/4 (D_{ii}^2 - D_s^2) = \pi/4 (0,1023^2 - 0,0603^2) \text{ m}^2 = 0,0054 \text{ m}^2$$

$$v_p = w_p/\rho_p A = 1 \text{ Kgs}^{-1} / (1,027 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0054 \text{ m}^2) = 0,18 \text{ m/s}$$

$$D_{\text{eq}} = 4 \text{ área de flujo} / \text{perímetro mojado} = 4 \pi/4 (D_{ii}^2 - D_s^2) / \pi (D_s + D_{ii}) = 0,042 \text{ m}$$

$$\mu_e = K (8v_p/D_{\text{eq}})^{n-1} = 10,2 \text{ Ns}^n/\text{m}^2 (8 \times 0,18 \text{ ms}^{-1} / 0,042 \text{ m})^{0,5-1} = 1,74 \text{ Pa.s}$$

$$\text{Re} = 4w_p/\mu_e \pi D_{ii} = 4 \times 1 \text{ Kgs}^{-1} / 1,74 \text{ Kg}(\text{ms})^{-1} \pi 0,1023 = 7,15$$

$$\text{Pr} = \mu_e c_{p,p}/k_p = 1,74 \text{ Kg}(\text{ms})^{-1} 3,913 \text{ J}(\text{Kg}^\circ\text{C})^{-1} / 0,6 \text{ J}(\text{sm}^\circ\text{C})^{-1} = 11,348$$

$$N = 1 \text{ rps}$$

$$\text{nb} = 4$$

Para el cálculo del área de flujo de la pulpa no se consideró la presencia de las paletas.

A partir de la ecuación 5 se obtuvo $h_i = 5.036 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Finalmente, se calculó h_{io} como:

$$h_{io} = h_i D_{ii}/D_{ie}$$

$$h_{io} = 5.036,2 \times 0,1023/0,1143$$

$$h_{io} = 4.508 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

3.2. Cálculo de h_o

Para calcular el coeficiente de transferencia de calor del vapor se utilizó la siguiente correlación para condensación sobre tubos horizontales⁸:

$$h_o = 0,725 (9,8 \text{ m/s}^{-2} \rho_c (\rho_c - \rho_v) \Delta H_c k_c^3 / \mu_c (T - T_w) D_{ii})^{1/4} \quad (\text{Ec.6})$$

En la misma las propiedades del condensado se calculan a la temperatura media entre la temperatura del vapor y la de la pared donde condensa.

Para el cálculo se supuso inicialmente una temperatura de pared, con ésta se calculó h_o y luego se recalculó dicha temperatura con la siguiente ecuación:

$$T_w = (h_o T + h_{io} t_m) / (h_o + h_{io})$$

Este procedimiento se repitió hasta que la diferencia de T_w entre dos iteraciones consecutivas fue despreciable.

Luego de realizar las iteraciones correspondientes se llegó a:

$$h_o = 6.831 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$T_w = 99^\circ\text{C}$$

3.3. Cálculo de U

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 4 se obtuvo:

$$U = 2.182 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. Cálculo del área de transferencia y longitud del equipo

Utilizando la ecuación 2 se calculó el área de transferencia necesaria:

$$A = Q/U \Delta TML$$

$$A = 1,89 \text{ m}^2$$

Por otro lado, conociendo el área de transferencia se puede calcular la longitud del equipo como:

$$L = A/\pi D_{1e}$$

$$L = 5,3 \text{ m}$$

En la práctica no se recomienda el uso de un intercambiador de longitud mayor a 3m debido a cuestiones operativas. Por esta razón se decidió utilizar dos intercambiadores de aproximadamente 2,65 m de largo conectados en serie.

Finalmente, utilizando las propiedades de las pulpas restantes, se verificó que el área de intercambio resultara suficiente para lograr el salto térmico requerido.

5. Cálculo de las pérdidas de carga

Se calculó de la siguiente manera:

$$\Delta P = 4 f L \rho_p v_p^2 (\mu_p/\mu_{pw})^a / (2D_{eq}) \quad (\text{Ec. 7})$$

$$Re_p = \rho_p v_p D_{eq} / \mu_e = 1.027 \text{ Kg m}^{-3} \cdot 0,18 \text{ ms}^{-1} \cdot 0,042 \text{ m} / 1 \text{ 74 Pa.s} = 4,46$$

$$\text{Como } Re < 2.100, f = 16/Re = 3,6 \text{ y } a = -0,25$$

Se considera como aproximación μ igual a μ_w .

$$\Delta P = 30.232 \text{ Pa}$$

Como se usan dos intercambiadores en serie es necesario calcular la pérdida de carga que se produce al pasar el fluido de un tubo a otro (ΔP_r):

$$\Delta P_r = nt \rho_p v_p^2 / 4 = 16,6 \text{ Pa} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 30.250 \text{ Pa}$$

6. Cálculo del espesor del aislante

$$r_{2e} = 0,084 \text{ m}$$

$$r_{2i} = 0,077 \text{ m}$$

$$T_1 = 130^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 15^\circ\text{C}$$

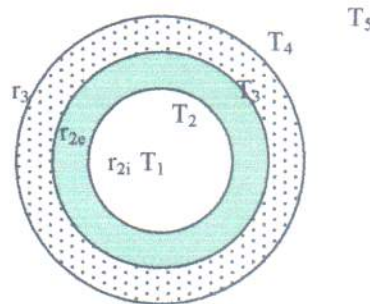


Figura 21: Corte transversal del intercambiador con aislante

En primer lugar se calcularon las pérdidas de calor que se producirían en ausencia del aislante y la temperatura a la que llegaría el tubo externo (T_3) del intercambiador.

Para esto se planteó el calor en cada zona como:

$$Q = 2 \pi L r_{2i} h_{\text{vapor}} (T_1 - T_2) \quad (\text{vapor})$$

$$Q = k_{\text{acero}} 2 \pi L (T_2 - T_3) / \ln (r_{2e} / r_{2i}) \quad (\text{acero inoxidable})$$

$$Q = 2 \pi L r_{2e} h_{\text{aire}} (T_3 - T_5) \quad (\text{aire estanco}) \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde $k_{\text{acero}}^9 = 45 \text{ W/m}^2\text{C}$, $h_{\text{aire}}^{10} = 10 \text{ W/m}^2\text{C}$

Despejando las diferencias de temperatura y sumando a ambos lados las tres ecuaciones se obtiene:

$$(T_1 - T_5) = Q (1/h_{\text{vapor}} r_{2i} + \ln(r_{2e}/r_{2i}) / k_{\text{ac}} + 1/r_{2e} h_{\text{aire}}) / (2 \pi L)$$

De esta ecuación se puede despejar el calor liberado al ambiente:

$$Q = 3.206 \text{ W}$$

Luego, de la ecuación 9 se puede calcular la temperatura a la que llegaría el tubo externo, que resulta ser $129,6^\circ\text{C}$

De acuerdo a estos resultados, se considera necesario aislar el intercambiador.

Se seleccionó como aislante lana mineral. Luego se calculó el radio crítico de aislante (r_c) como:

$$r_c = k_{\text{aislante}}^9 / h_{\text{aire}} = 0,039 \text{ W(m}^\circ\text{C)}^{-1} / 10 \text{ W(m}^2\text{C)}^{-1} = 0,0039 \text{ m}$$

Como el radio crítico es menor que el radio externo del tubo a aislar, cualquiera sea el espesor del aislante las pérdidas de calor disminuirán.

Para calcular las pérdidas de calor con el aislante a las ecuaciones iniciales se le suma un nuevo término para la zona del aislante:

$$Q = 2 \pi L r_{2i} h_v (T_1 - T_2) \quad (\text{vapor})$$

$$Q = k_{ac} 2 \pi L (T_2 - T_3) / \ln (r_{2e} / r_{2i}) \quad (\text{acero inoxidable})$$

$$Q = k_{aislante} 2 \pi L (T_3 - T_4) / \ln (r_3 / r_{2e}) \quad (\text{aislante})$$

$$Q = 2 \pi L r_3 h_{aire} (T_4 - T_5) \quad (\text{aire estanco})$$

Donde r_3 es el radio del aislante.

Trabajando algebraicamente las ecuaciones anteriores (considerando que los calores son iguales) se llega a la siguiente expresión:

$$Q = (T_1 - T_5) 2 \pi L / (1/r_{2i} h_v + \ln(r_{2e}/r_{2i}) k_a^{-1} + \ln(r_3/r_{2e}) k_{aislante}^{-1} + 1/h_{aire} r_3) \quad (\text{Ec. 10})$$

Para determinar el espesor del aislante se graficaron el calor perdido Q y la temperatura en la superficie del aislante (T_4) en función del radio de aislante:

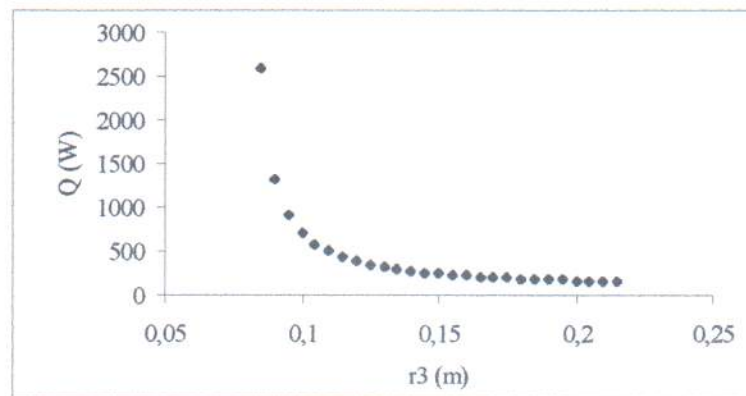


Gráfico 10: Calor perdido en función del radio del aislante.

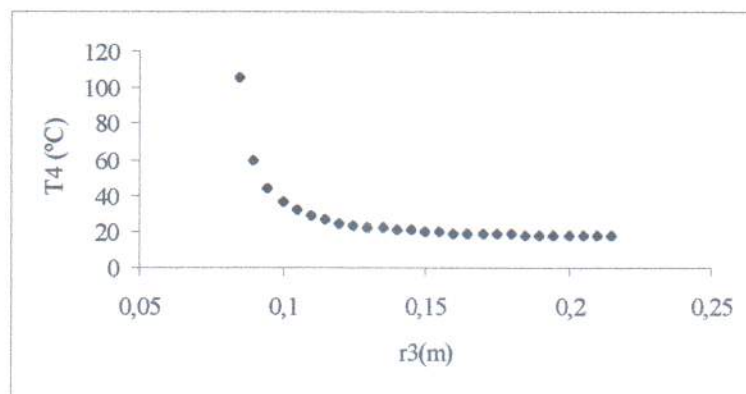


Gráfico 11: Temperatura en la superficie del aislante en función del radio del aislante.

Con el mismo criterio empleado en la selección del espesor de aislante de los equipos utilizados en la esterilización de los licuados de fruta se seleccionó un radio de aislante de

0,17m. Para este espesor el calor perdido es de 205W y la temperatura en la superficie del aislante es de 18,6°C. El espesor mínimo del aislante será de 0,086 m aproximadamente.

7.Cálculo de la cañería aislada

7.1. Longitud de la cañería

Se utilizará una cañería con las siguientes dimensiones:

$$DN = 8'' \quad D_i = 0,203 \text{ m} \quad D_e = 0,219 \text{ m}$$

La velocidad de la pulpa dentro de la cañería será:

$$v = w/\rho A$$

$$w = 1 \text{ kg/s}$$

$$\rho = 1.027 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \pi (0,203)^2/4 = 0,032 \text{ m}^2$$

$$v = 0,03 \text{ m/s}$$

Dado que la pulpa debe circular por la cañería durante 3 minutos la longitud de la misma deberá ser:

$$L_{\text{cañería}} = v \times t$$

$$L_{\text{cañería}} = 0,03 \text{ m/s} \times 180 \text{ s} = 5,42 \text{ m}$$

7.2. Espesor de aislante

Como la temperatura del producto debe permanecer constante durante los 3 minutos de residencia, se decidió aislar la cañería con poliuretano inyectado.

$$r_i = 0,1015 \text{ m}$$

$$r_e = 0,1095 \text{ m}$$

$$T_1 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_5 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

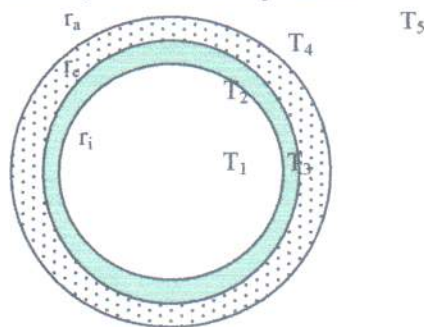


Figura 22: Vista transversal de la cañería aislada

Se planteó el calor transferido en cada zona de la cañería como:

$$Q = 2 \pi L r_i h_p (T_1 - T_2) \quad (\text{pulpa})$$

$$Q = 2 \pi L k_{\text{acero}} (T_2 - T_3) / \ln (r_e / r_i) \quad (\text{acero inoxidable})$$

$$Q = 2 \pi L k_{\text{aislante}} (T_3 - T_4) / \ln (r_a / r_e) \text{ (aislante)}$$

$$Q = 2 \pi L r_a h_{\text{aire}} (T_4 - T_5) \text{ (aire estanco)}$$

Utilizando el mismo procedimiento de cálculo empleado en el aislamiento del intercambiador de calor se llegó a :

$$Q = (T_1 - T_5) 2 \pi L / (1/r_i h_p) + \ln(r_o/r_i) k_{\text{acero}}^{-1} + \ln(r_a/r_e) k_{\text{aislante}}^{-1} + 1/h_{\text{aire}} r_a) \text{ (Ec 11)}$$

Se aceptará un cambio de temperatura en la pulpa menor o igual a 0,1 °C, por lo que las pérdidas de calor serán:

$$Q = w c_p \Delta T = 1 \times 3.983 \times 0,1 = 398,3W$$

Reemplazando el valor obtenido para las pérdidas de calor en la ecuación 11 se obtuvo el siguiente radio de aislante:

$$r_a = 0,126 \text{ m}$$

Por lo tanto, el espesor mínimo de aislante será de 0,017 m aproximadamente.

Diseño del enfriador de pulpa de fruta

Para el enfriamiento de la pulpa de fruta se utilizará un intercambiador de superficie raspada cuyas dimensiones se detallan a continuación:

$$r_s = 0,0706 \text{ m (DN = 5", Sh = 40)}$$

$$r_{li} = 0,1014 \text{ m}$$

$$r_{2i} = 0,115 \text{ m}$$

$$r_{1e} = 0,1095 \text{ m (DN = 8", Sh = 40)}$$

$$r_{2e} = 0,1365 \text{ m (DN = 10", Sh = 120)}$$

Las dimensiones de los tubos del intercambiador se seleccionaron utilizando una tabla de diámetros de tubos según la norma BWG⁴. El material de construcción del intercambiador será acero inoxidable.

En el intercambiador se enfriará la pulpa de fruta proveniente de la etapa de pasteurización desde una temperatura de 90°C hasta 10°C. La pulpa enfriada se enviará a un congelador de placas para su posterior almacenamiento en cámara.

Se seleccionó como fluido refrigerante una solución acuosa de etilén glicol al 20%. Esta solución posee un punto de congelación de aproximadamente¹² -9,1°C. Empleando gráficos de viscosidad, capacidad calorífica, densidad y conductividad térmica del etilén glicol en función de la temperatura¹² se obtuvieron las siguientes expresiones de la variación de dichas propiedades con la temperatura:

$$\mu_{et}(\text{Kg/m.s}) = 3,310125 \cdot 10^{-3} - 0,1220375 \cdot 10^{-3} \cdot T(^{\circ}\text{C}) + 0,00206625 \cdot 10^{-3} \cdot T^2(^{\circ}\text{C})$$

$$c_{p_{et}}(\text{J/Kg.}^{\circ}\text{C}) = 4.186 \cdot (0,91888571 + 5,4857143 \cdot 10^{-4} \cdot T(^{\circ}\text{C}) - 8,8091427 \cdot 10^{-20} \cdot T^2(^{\circ}\text{C}))$$

$$k_{et}(\text{W/m.}^{\circ}\text{C}) = (2.093/1.800) \cdot (0,45497143 + 9,6857143 \cdot 10^{-4} \cdot T(^{\circ}\text{C}) - 2,8571429 \cdot 10^{-6} \cdot T^2(^{\circ}\text{C}))$$

$$\rho_{et}(\text{Kg/m}^3) = -0,2738 \cdot T(^{\circ}\text{C}) + 1.028,9$$

Diseño del intercambiador

Las temperaturas de entrada y salida de la pulpa y el fluido refrigerante se detallan en la siguiente figura:

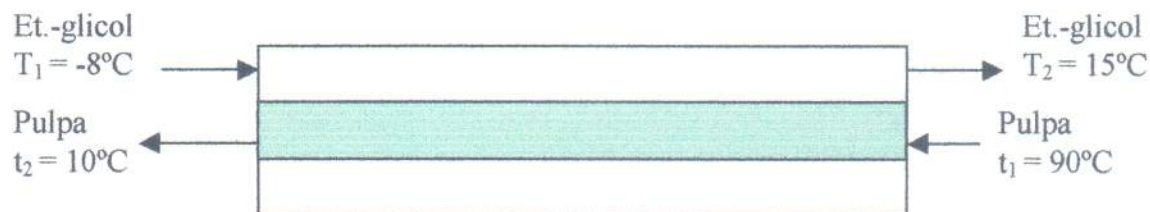


Figura 23: Circulación de las corrientes en equipo.

Las propiedades de la solución de etilén glicol se calcularon a la temperatura media de la misma ($T_m = 11,5^\circ\text{C}$). Las propiedades de la pulpa también se calcularon a su temperatura media ($t_m = 50^\circ\text{C}$) mediante correlaciones que tienen en cuenta la composición de la fruta y la temperatura⁶.

Tabla 17: Propiedades de los fluidos a su temperatura media

Propiedad	Pulpa de fruta	Etilén glicol 20%
ρ (Kg/m^3)	1.028	1.027,94
μ (Pas)	-----	$2,91 \times 10^{-3}$
c_p ($\text{J/Kg}^\circ\text{C}$)	3.911	3.854,5
k ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)	0,6	0,53

1. Cálculo del calor total a transferir

El calor a intercambiar en el equipo se calculó como:

$$Q = w_p c_{p_p} (t_1 - t_2)$$

El caudal másico de pulpa proveniente del pasteurizador es de 1 Kg/s.

Se obtuvo $Q = 312.880 \text{ W}$

2. Cálculo del caudal másico de etilén glicol

$$w_{et} = Q / [c_{p_{et}} (T_2 - T_1)]$$

$$w_{et} = 3,54 \text{ Kg/s}$$

3. Cálculo de la diferencia de temperatura media logarítmica

Para flujo en contracorriente:

$$\Delta T_{ML} = \frac{(t_1 - T_2) - (t_2 - T_1)}{\ln[(t_1 - T_2)/(t_2 - T_1)]}$$

$$\Delta T_{ML} = 39,94 \text{ }^\circ\text{C}$$

4. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

El valor de U se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$U^{-1} = 1/h_{io} + 1/h_o + R_f \quad (\text{Ec. 12})$$

La pulpa que queda adherida a la pared interna del tubo interno del intercambiador es rápidamente removida por las paletas del mismo, por lo tanto la resistencia de ensuciamiento en la cara interna de dicho tubo se consideró despreciable.

Para líquidos refrigerantes como el etilén glicol $R_f^4 = 0.0002 \text{ K m}^2/\text{W}$.

4.1. Cálculo de hio

Para el cálculo de h_i se empleó la siguiente correlación⁷:

$$h_i = k/D_{ii} 0,014 (\text{Pr})^{0,96} (\text{Re}) (D_{ii}N/v_p)^{0,62} (D_s/D_{ii})^{0,55} n_b^{0,53} \quad (\text{Ec. 13})$$

La viscosidad efectiva se calculó de la siguiente forma:

$$\mu_e = K (8.v_p/D_{eq1})^{n-1}$$

$$v_p = w_p/(A_p \cdot \rho_p) = 0,059 \text{ m/s} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$A_p = (D_{ii}^2 - D_s^2)\pi/4 = 0,0166 \text{ m}^2$$

$$D_{eq1} = (D_{ii}^2 - D_s^2)/(D_s + D_{ii}) = 0,0616 \text{ m}$$

$$\mu_e = 3,68 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\text{Pr}_p = \mu_e c_{p_p}/k_p = 23.987$$

$$\text{Re}_p = 4.w_p/(\pi D_{ii} \mu_e) = 1,71$$

El eje del intercambiador girará a una velocidad de 1 rps y tendrá 4 paletas. Los valores calculados se reemplazaron en la ecuación 13 y se obtuvo:

$$h_i = 4.170 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{io} = h_i D_{ii}/D_{ie} = 3.860 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}.$$

4.2.- Cálculo de ho

Se calculó el número de Reynolds para el etilén glicol como:

$$\text{Re}_{et} = v_{et} \rho_{et} D_{eq2}/\mu_{et}$$

La velocidad del etilén glicol se calculó a partir de la ecuación 14:

$$v_{et} = 0,88 \text{ m/s}$$

$$A_e = (D_{2i}^2 - D_{1e}^2)\pi/4 = 0,0039 \text{ m}^2$$

$$D_{eq2} = (D_{2i}^2 - D_{1e}^2)/(D_{1e}) = 0,0225 \text{ m}$$

$Re_{et} = 6.998,4$ por lo tanto el régimen de flujo en el tubo externo del intercambiador es turbulento (ya que $Re > 2.100$).

El valor de h_o se calculó mediante la siguiente correlación para régimen turbulento⁴:

$$h_o = (k_{et}/D_{eq2}) \cdot (0,023 \cdot Re_{et}^{0,8} \cdot Pr_{et}^{0,33} \cdot (\mu/\mu_w)^{0,14}) \quad (\text{Ec. 15})$$

$$Pr_{et} = 21,2$$

Para una primera estimación de h_o se supuso que la relación μ/μ_w era igual a uno ya que no se conocía la temperatura de la pared externa del tubo interno. De la ecuación 15 se obtuvo:

$$h_o = 1768,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Con este valor se calculó la temperatura de pared de la siguiente forma:

$$T_w = (h_o T_m + h_{io} t_m)/(h_o + h_{io})$$

$$T_w = 38 \text{ °C}$$

Con el valor hallado de T_w se calculó el factor de corrección $(\mu/\mu_w)^{0,14}$ y luego se corrigió el valor de h_o antes calculado. El procedimiento podría ser iterativo, pero por lo general resulta suficiente con la primera estimación⁴.

$$h_o = 1.913 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

4.3. Cálculo de U

Reemplazan los coeficientes de transferencia de calor obtenidos en la ecuación 12 se llegó a:

$$U = 1.019 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

5. Cálculo del área de intercambio necesaria

Se obtuvo el área necesaria a partir de la ecuación de diseño del intercambiador:

$$Q = A_{nec} U \Delta T_{ML}$$

$$A_{nec} = 7,7 \text{ m}^2$$

6. Cálculo de la longitud del intercambiador

$$A_{nec} = \pi D_{1e} L$$

$$L = 11,2 \text{ m}$$

Se decidió utilizar 4 intercambiadores de aproximadamente 3 m de largo cada uno en serie.

7. Cálculo de las pérdidas de carga

La pérdida de carga del etilén glicol se calculó como:

$$\Delta P = 4 f L v_{et}^2 \rho_{et} (\mu/\mu_w)^{-0,14} / (2.D_{eq2}) \quad \text{(Ec. 16)}$$

El factor de fricción en régimen turbulento se calculó con la fórmula correspondiente a tubos de acero comercial ⁴:

$$f = 0,0035 + 0,264/Re_{et}^{0,42} = 0,0099$$

$$\Delta P = 7.253 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga adicional por pasar de un tubo a otro se obtuvo empleando la siguiente expresión:

$$\Delta P_t = n_t \rho_{et} v_{et}^2 / 4 = 796 \text{ N/m}^2$$

Por lo tanto, la pérdida de carga total para el etilén glicol resultó ser

$$\Delta P_{et} = 8.049 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga en la pulpa se calculó como:

$$\Delta P = 4 f L v_p^2 \rho_p / (2.D_{eq1}) = 12.232 \text{ Pa}$$

Para régimen laminar $f = 16/Re_p = 9,4$

$$\Delta P_r = n_t \rho_p v_p^2 / 4 = 3,6 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_p = 12.236 \text{ Pa}$$

8. Cálculo del espesor de aislante

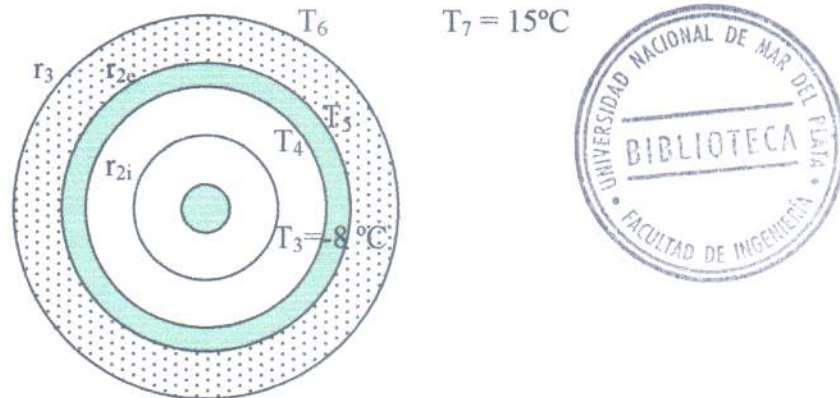


Figura 24: Vista transversal del intercambiador recubierto con el aislante.

Se seleccionó como aislante poliuretano inyectado.

Para el cálculo del espesor de aislante se planteó el calor en cada zona como:

$$Q = 2 \pi L r_{2i} h_o (T_3 - T_4) \quad (\text{etilén glicol})$$

$$Q = k_{\text{acero}} 2 \pi L (T_4 - T_5) / \ln(r_{2e}/r_{2i}) \quad (\text{acero inoxidable}) \quad (k_{\text{acero}} = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C})$$

$$Q = k_{\text{aislante}} 2 \pi L (T_5 - T_6) / \ln(r_3/r_{2e}) \quad (\text{aislante})$$

$$Q = 2 \pi L r_3 h_{\text{aire}} (T_6 - T_7) \quad (\text{aire estanco})$$

Trabajando algebraicamente las ecuaciones anteriores se llega a las siguientes expresiones:

$$Q = (T_3 - T_7) 2 \pi L / (1/r_{2i} h_o + \ln(r_{2e}/r_{2i}) k_{\text{acero}}^{-1} + \ln(r_3/r_{2e}) k_{\text{aislante}}^{-1} + 1/h_{\text{aire}} r_3)$$

$$T_6 = Q / (2 \pi L r_3 h_{\text{aire}}) + T_7$$

Para determinar el espesor del aislante se graficó el calor perdido Q y la temperatura en la superficie del aislante en función del radio de aislante:

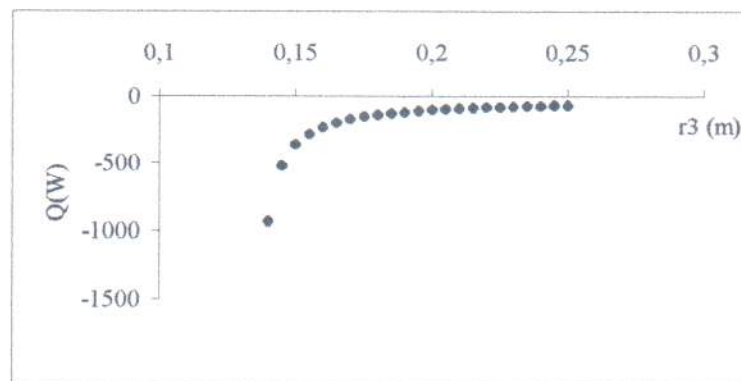


Gráfico 12: Calor perdido en función del radio de aislante.

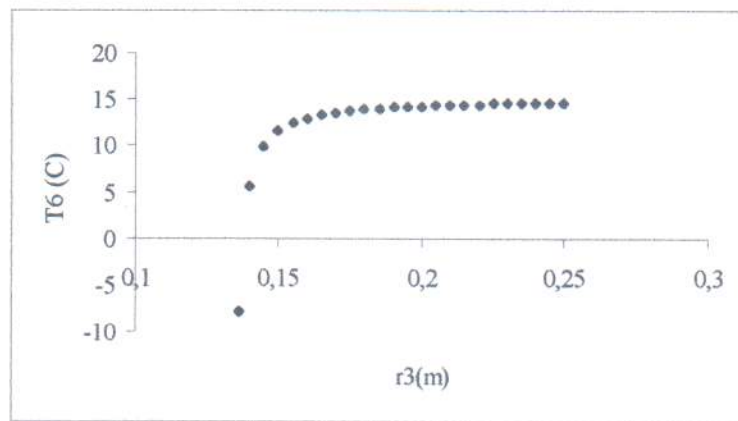


Gráfico 13: *Temperatura en la superficie del aislante en función del radio de aislante.*

El espesor de aislante se seleccionó utilizando el mismo criterio empleado para el pasteurizador de pulpa. Se seleccionó un radio de aislante de 0,18 m para el cual el calor perdido es de -140 W y la temperatura en la superficie del aislante es de $13,9^{\circ}\text{C}$. El espesor mínimo del aislante será de 0,044 m.

Resumen

Tabla 18: Características principales de las pasteurización y de los intercambiadores de superficie raspada utilizados en ella.

	Pasteurización	Enfriamiento
Temperatura de entrada (°C)	Pulpa: 15 Vapor: 130	Pulpa: 90 Etilén glicol 20%: -8
Temperatura de salida (°C)	Pulpa: 90 Agua: 130	Pulpa: 10 Etilén glicol 20%: 15
Caudales (Kg/s)	Pulpa: 1 Vapor: 0,133	Pulpa: 1 Etilén glicol 20%: 3,54
Pérdidas de carga (Pa)	Pulpa: 30.250	Pulpa: 12.236 Etilén glicol 20%: 8.049
Aislante	Lana mineral. Espesor 0,086 m	Poliuretano inyectado Espesor 0,0435 m
Características generales del equipo	2 intercambiadores de 2,65m D ₁ : 4", Sh 40 D ₂ : 6", Sh 40 D _s : 2", Sh 40 4 paletas	4 intercambiadores de 3 m D ₁ : 8", Sh 40 D ₂ : 10", Sh 180 D _s : 5", Sh 40 4 paletas

	Cañería entre pasteurizador y enfriador
Dimensiones	5,42 m de largo DN = 8" Sh 40
Aislante	Poliuretano inyectado 0,0165 m de espesor
Tiempo de residencia	3 minutos

Nomenclatura

- A: área (m^2);
cp: calor específico ($J/Kg^{\circ}C$);
D: diámetro (m);
D₁: diámetro del tubo interno del intercambiador (m);
D₂: diámetro del tubo externo del intercambiador (m);
D_{eq}: diámetro equivalente (m);
DN: diámetro nominal (pulg);
D_s: diámetro del eje (m);
f: factor de fricción de Fanning;
h: coeficiente de transferencia de calor ($W/m^2^{\circ}C$);
k: conductividad térmica ($W/m^{\circ}C$);
K: índice de consistencia del fluido (Ns^n/m^2);
L: longitud del intercambiador (m);
n: exponente de la ley de la potencia;
N: velocidad de giro del eje del intercambiador (rps);
n_b: número de paletas del intercambiador;
n_t: número de tubos en serie;
Pr: número de Prandtl ($cp \cdot \mu / k$);
Q: calor intercambiado (W);
r₁: radio del tubo interno del intercambiador (m);
r₂: radio del tubo externo del intercambiador (m);
Re: número de Reynolds;
Rf: coeficiente de encusamiento ($m^2^{\circ}C/W$);
rs: radio del eje del intercambiador (m);
t: temperatura de la pulpa ($^{\circ}C$);
T: temperatura del fluido de calentamiento o enfriamiento ($^{\circ}C$);
t_m: temperatura media de la pulpa ($^{\circ}C$);
T_m: temperatura media del fluido de calentamiento o enfriamiento ($^{\circ}C$);
T_w: temperatura de pared ($^{\circ}C$);
U: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2^{\circ}C$);

v: velocidad (m/s);

w: caudal másico (Kg/s);

ρ : densidad (Kg/m³);

μ : viscosidad (Pas);

ΔP : caída de presión (Pa);

ΔT_{ML} : diferencia de temperaturas media logarítmica (°C);

λ : calor de condensación (J/Kg);

Subíndices empleados:

c: propiedades del condensado;

e: externo;

i: interno;

p: propiedades de la pulpa;

v: propiedades del vapor;

et: propiedades del etilén glicol.

Bibliografía

1. Mei, A.O, Pulpas, cremas, pulpas concentradas y néctares de durazno, 2da parte. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (I.C.T.A). Facultad de Ciencias agrarias.
2. Revista “La Alimentación Latinoamericana” N° 230. 1.999. Intercambiador de superficie raspada, ISR 660 (Simes), pág. 30.
3. www.thomasregister.com/ols/tetrapack/scrpd/ht.htm
4. Cao Eduardo. Intercambiadores de calor. Ed. Nueva Librería S.R.L. 1983.
5. Singh R; Heldman P; Dennis R. Introduction to Food Engineering. 2da edición, 1.993. Tabla A.4.2, tabla 4.2.
6. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: “Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs”. CRC Press. 1997.
7. Hewit G.F; Shires G.L; Bott T.R. Process Heat Transfer. Ed. CRS Press. 1.994.
8. Ozisik M Necati. Transferencia de calor. Ed. Mc Graw Hill. 1.980.
9. Marks. L. S. Mechanical Engineers Handbook. McGraw-Hill, 1.941
10. ASHRAE Handbook, Refrigeration. American Society. 1.994.
11. Perry R.H; Green D.W; Maloney J.O. Handbook of Chemical Engineering. 1.998. 6ta edición. Tomo I.
12. Stoeker W. F. Refrigeración y acondicionamiento de aire. Mc Graw-Hill. 1.965.

Congelado de la pulpa de fruta

La pulpa de fruta pasteurizada será congelada y almacenada para su posterior uso en los meses donde no se disponga de la fruta fresca.

Existen diversas instalaciones para la congelación. Para la selección del sistema de congelación adecuado deben tomarse en consideración: la velocidad de congelación requerida, el tamaño, la forma y el sistema de envase del producto y si se requiere que el sistema sea continuo o discontinuo, en dependencia de la producción y la variedad de productos a procesar.

De acuerdo a la rapidez con que avanza el frente de hielo en los productos se pueden clasificar en: congeladores lentos, que incluyen las cámaras de congelación y los almacenes de mantenimiento de congelación; congeladores semi-rápidos, entre estos están los túneles de aire forzado y los congeladores de placas; congeladores rápidos, que corresponden a los congeladores de lecho fluidizado y finalmente los congeladores ultra-rápidos que corresponden a los congeladores criogénicos.

La calidad del producto congelado depende de la velocidad de congelación. Las principales ventajas del congelamiento rápido respecto del congelamiento lento son: la formación de cristales más pequeños que causan menos daños a las células, tiempo más cortos que se traducen en menos tiempo para la difusión de sales y para la separación de agua en forma de hielo y por último la rapidez con que el producto es enfriado por debajo de la temperatura a la cual bacterias, mohos y levaduras no pueden tener crecimiento con lo cual se evita la descomposición durante el congelamiento.¹

Basándose en lo anterior y en las características del producto a congelar, se optó por el congelamiento semi-rápido utilizando para ello un congelador de placas. Los congeladores de este tipo consisten en una serie de placas metálicas que pueden disponerse de forma horizontal o vertical, por dentro de las cuales circula el refrigerante. Los espacios entre las placas son variables, abriéndose para la carga y cerrándose antes de proceder a la congelación, de forma que la superficie de las placas entre en íntimo contacto con el alimento envasado o sin envasar. Entre las placas y los paquetes se mantiene una presión moderada (del orden de 10-30 KPa), para conseguir un buen contacto entre las superficies.²

Las ventajas de estos equipos son: su bajo costo de operación, el poco espacio que ocupan y la poca deshidratación que provocan en el producto. Como desventajas se tiene que son aplicables a productos planos de poco espesor.

Diseño del congelador de placas

Para determinar la capacidad del equipo se tuvo en cuenta la máxima producción diaria de pulpa que corresponde a la pulpa de durazno (666 Kg/día). Se decidió diseñar el equipo una capacidad de 670 Kg de pulpa por lote.

Se optó por la disposición horizontal de las placas. Las mismas, tendrán las siguientes medidas: 2,1m x 1,2m³. La pulpa deberá, previamente, ser envasada en bolsas de polietileno de baja densidad (impermeables al agua y los gases) y dichas bolsas se colocarán en marcos contenedores.

Las dimensiones de los marcos serán: 0,256m x 0,49m x 0,06m y 0,025m de espesor³. Por lo tanto cada marco podrá contener 0,0075 m³ de pulpa. Sin embargo, las bolsas estarán diseñadas con una capacidad de 0,0072 m³ para que al momento de ejercerles presión se adecuen mejor a la forma del marco. De acuerdo a lo anterior se necesitarán:

$$\rho_p \times V_{\text{bolsa}} = m_p = 950 \text{ Kg/m}^3 \times 0,0072 \text{ m}^3 = 6,84 \text{ Kg pulpa}$$

$$m_{\text{total}} / m_{\text{bolsa}} = 670 \text{ Kg} (6,84 \text{ Kg/marco})^{-1} = 98 \text{ marcos.}$$

En cada placa se colocarán 14 marcos dispuestos de la siguiente manera:

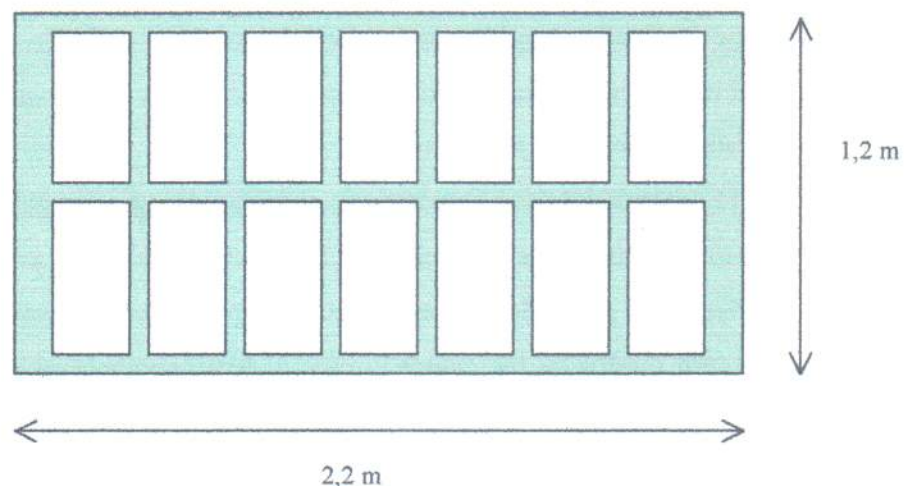


Figura 25: Disposición de los marcos en una placa

Se necesitarán en total 7 placas.

Determinación del tiempo de congelación

La pulpa ingresará al congelador a 10°C, por lo tanto para estimar el tiempo de congelación hay que considerar también el tiempo necesario para llevar a la pulpa hasta su temperatura de congelación (“calor de enfriamiento”).

Como la pulpa sólo estará en contacto con las placas por la cara superior e inferior se puede considerar a la misma como una placa infinita y calcular el tiempo de congelado con la siguiente ecuación ⁴.

$$t = R/h [\Delta H_1/\Delta T_1 + \Delta H_2/\Delta T_2] (1 + N_B/2) \quad (\text{Ec. 1})$$

donde:

R: semiespesor de la placa

h: coeficiente de transferencia de calor

N_B : número de Biot (hR/k)

$$\Delta H_1 = \rho_{sc} c_{p_{sc}} (T_i - T_3)$$

$$\Delta H_2 = \rho_{sc} \lambda + \rho_c c_{p_c} (T_3 - T_f)$$

$$\Delta T_1 = 0,5 (T_i + T_3) - T_a$$

$$\Delta T_2 = T_3 - T_a$$

$$T_3 = 1,8 + 0,263T_f + 0,105T_a$$

T_i : temperatura inicial del producto (°C)

T_f : temperatura final del producto (°C)

T_a : temperatura de la placa (°C)

Para el cálculo de la resistencia a la transferencia de calor ($1/h$) hay que tener en cuenta una serie de resistencias aisladas. La resistencia de las placas metálicas se puede despreciar en la mayor parte de los casos. Si el alimento está empacado es necesario añadir las resistencias de los materiales de embalaje y la de los huecos ocupados por aire. ⁵

Por lo tanto, en vez de calcular h , se calculó un coeficiente global de transferencia (U) de la siguiente manera (despreciando los huecos de aire):

$$U^{-1} = 1/h + x_e/k_e$$

$$h = 400 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad ^6$$

$$k_e = 0,33 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad ^6$$

$$x_e = 1 \times 10^{-4} \text{ m} \quad ^7$$

$$\text{Por lo tanto } U = 356,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Como no se poseen datos de conductividad y densidad de las pulpas congeladas se considerará la conductividad térmica y densidad del hielo como primera aproximación ($k_{\text{hielo}} = 2,31 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ⁶, $\rho_{\text{hielo}} = 918,6 \text{ Kg/m}^3$ ⁶).

La pulpa ingresará a 10°C , las placas estarán a -35°C y la temperatura final de la pulpa será de -18°C .

El semiespesor del producto es igual a $0,03\text{m}$. Las propiedades tales como calor específico (antes y después de la congelación) y calor latente de congelación, se las consideró iguales a las de la fruta correspondiente⁸:

Tabla 19: *Propiedades de las distintas frutas*

	$C_{p_{sc}}$ (J/Kg $^\circ\text{C}$)	c_{p_c} (J/Kg $^\circ\text{C}$)	λ (J/Kg)	ρ_{sc} (Kg/m 3)	$T_{\text{inicial de cong.}}$ ($^\circ\text{C}$)
Frambuesa	3.603,4	1.885,5	274.940	1.031	-0,61
Kiwi	3.603,4	1.885,5	274.940	1.022	-1,18
Durazno	3.812,9	1.927,4	295.910	1.037	-0,89
Frutilla	3.854,8	1.969,3	300.570	950	-0,78

Las densidades de la pulpa de frutilla y de kiwi se determinaron a partir de pruebas experimentales mientras que las dos restantes se calcularon utilizando correlaciones.⁶

Con la ecuación 1 y los correspondientes datos para cada pulpa se calcularon los tiempos de congelación que resultaron ser:

Tabla 20: *Tiempos de congelación*

Pulpa	Tiempo (s)	Tiempo (min)
Frambuesa	3.448	$\cong 57$
Frutilla	3.465	$\cong 57$
Durazno	3.712	$\cong 57$
Kiwi	3.420	$\cong 62$

Los tiempos calculados son sólo una aproximación de los tiempos reales de congelación debido al error inherente de la fórmula e incertidumbre en los datos. Es por ello que los datos deben ser tratados con, aproximadamente, un 20 % de error. ⁶ Por lo tanto se deberán verificar una vez que la planta esté funcionando.

Nomenclatura

cp: calor específico del producto congelado (J/Kg°C)

h: coeficiente de transferencia de calor (W/m²°C)

k: conductividad térmica (W/m°C)

m: masa (Kg)

N_B: número de Biot

R: semiespesor de la placa (m)

T: temperatura (°C)

U: coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°C)

V: volumen (m³)

x: espesor (m)

ρ: densidad (Kg/m³)

λ: calor latente de congelación (J/Kg)

Subíndices:

c: producto congelado

e: envases

p: pulpa

sc: producto sin congelar

Bibliografía

1. Dossat R. Principios de refrigeración. Octava edición. Compañía editorial continental. 1998.
2. Brennan, J.G; Butters, J.R. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Tercera edición. Ed. Acribia. 1998.
3. Comunicación personal con Ing. Moscuzza Angel. Pesquera Moscuzza.
4. Heldman, D; Singh, R. Introducción a la Ingeniería en Alimentos. 2da edición. Ed. Academid Press. 1993.
5. Planck R. El frío en la industria de la alimentación. Ed. Reverté S.A. 1980.
6. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: "Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs". CRC Press. 1997.
7. Comunicación telefónica con personal de Viomar S.A.
8. A.S.H.R.A.E. Handbook of Refrigeration. American Society. 1994.

Almacenamiento de la pulpa de fruta congelada

Se diseñará una cámara para mantener y almacenar los bloques de pulpa congelados provenientes del congelador de placas.

Tanto la pulpa de frutilla como la de frambuesa y durazno se procesarán entre los meses de noviembre y marzo; mientras que la pulpa de kiwi se elaborará de abril a septiembre. Es por ello que al momento de dimensionar la cámara sólo se tendrán en cuenta las tres primeras pulpas, ya que cuando se procesa la de kiwi parte de las restantes ya habrán sido extraídas para su procesamiento y, por lo tanto la cámara tendrá suficiente espacio para almacenamiento.

La cámara de congelado tendrá una temperatura de -18°C y la misma deberá contener la cantidad necesaria de pulpa de frutilla, frambuesa y durazno para siete meses de producción de licuado. De las pulpas mencionadas las de frutilla y durazno se elaboran 2 días por semana mientras que la de frambuesa, un solo día.

Determinación de las dimensiones de la cámara

Para determinar la capacidad de la cámara se tomó como base la pulpa con mayor producción diaria, que corresponde a la de durazno. Es decir que a los efectos del cálculo la cámara se diseñará para almacenar la producción de pulpa de durazno de 7 meses suponiendo que ésta se elabora 5 días por semana.

La cantidad diaria de pulpa de durazno requerida para la elaboración del licuado es de 480 Kg. La cantidad de pulpa a congelar entre noviembre y marzo debe ser la necesaria para realizar licuados en los restantes 7 meses (30 semanas), es decir se deberán almacenar 72.000 Kg. Al finalizar el mes de marzo la cámara estará ocupada con la cantidad de pulpa de fruta mencionada.

La pulpa congelada será dispuesta en bachas plásticas (figura 26) de $1,1\text{ m} \times 1,2\text{ m} \times 0,8\text{ m}$ (medidas internas)¹.

Cada bloque de pulpa congelada tiene un tamaño aproximado de $0,49\text{ m} \times 0,256\text{ m} \times 0,06\text{ m}$, por lo tanto entrarán por fila 8 bloques los cuales serán dispuestos como se muestra en la figura 27.

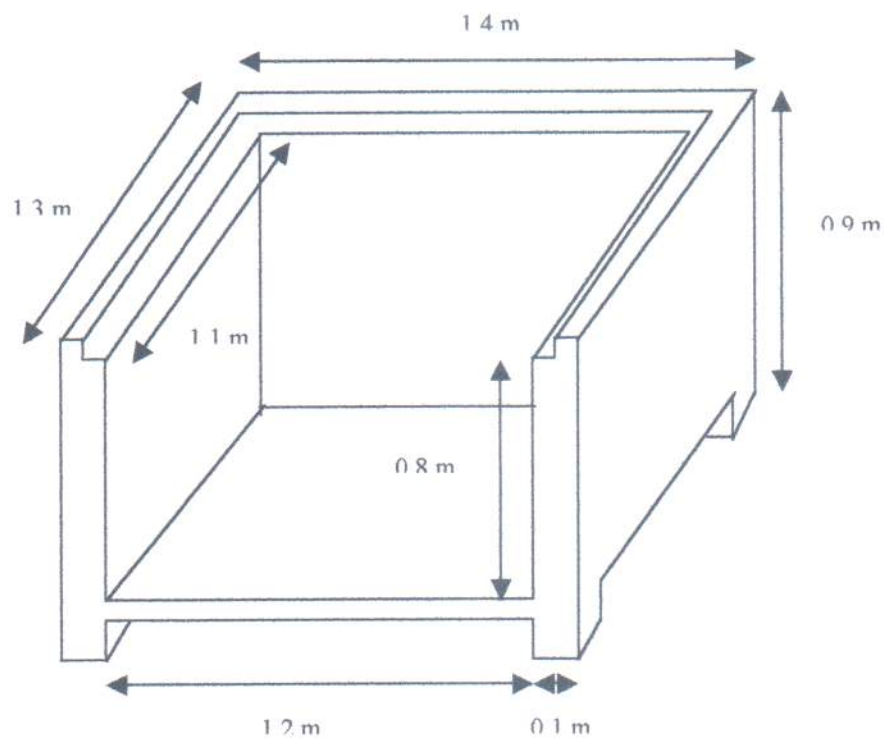


Figura 26: Dimensiones de la bodega en donde se colocarán los bloques de pulpa congelada

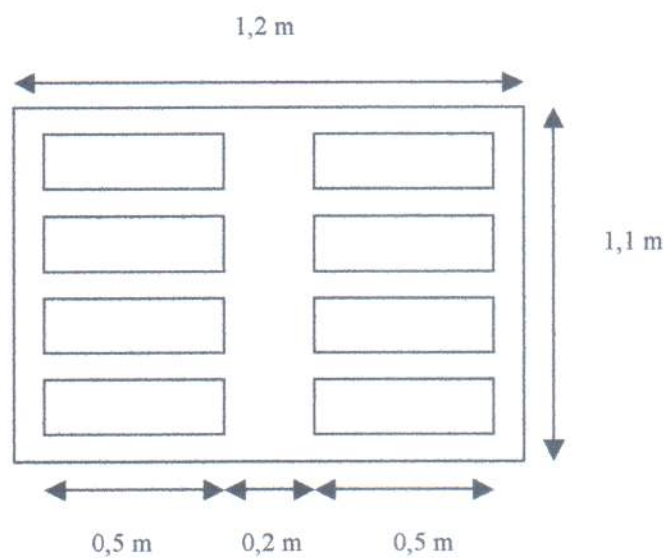


Figura 27: Disposición de los bloques de pulpa congelada en la bodega

Se apilarán dentro de cada bacha 12 filas de bloques de pulpa congelada. Por lo tanto cada bacha contendrá 96 bloques de pulpa (672 Kg). Para almacenar los 72.000 Kg de pulpa se requerirán 108 bachas.

Para considerar posibles aumentos en la capacidad de producción la cámara de congelado se dimensionará para almacenar 120 bachas.

Dicha cámara será dividida en tres secciones independientes (cada una con su respectivo equipo de frío) separadas por paneles.

Cada sección contendrá 40 bachas (16 bachas de pulpa de durazno, 16 de pulpa de frutilla y 8 de pulpa de frambuesa). Las mismas se apilarán de a dos.

Las bachas estarán separadas del piso a 0,1 m y de las paredes a 0,3 m. Se dejará 1 m de distancia entre el techo y la pila de bachas y 0,15 m entre ellas para una buena circulación del aire. Las bachas se dispondrán formando cuatro filas separadas la mitad de ellas por un pasillo de 2 m para permitir la circulación del personal con el equipo de transporte de carga. De acuerdo a estos valores se determinó el ancho y el largo de cada sección.

$$\text{Altura} = 2 \times 0,9 \text{ m} + 1 \text{ m} = 2,8 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 2 \times 0,3 \text{ m} + 2 \times 0,15 \text{ m} + 2 \text{ m} + 4 \times 1,4 \text{ m} = 8,5 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 3 \times 0,3 \text{ m} + 1,7 \text{ m} + 4 \times 0,15 \text{ m} + 5 + 1,3 \text{ m} = 9,7 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 230,9 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, las dimensiones de la cámara serán 25,5 m x 9,7 m x 2,8 m.

Las dimensiones de la cámara y las posiciones de las bachas dentro de la misma se presenta en la figura 28:

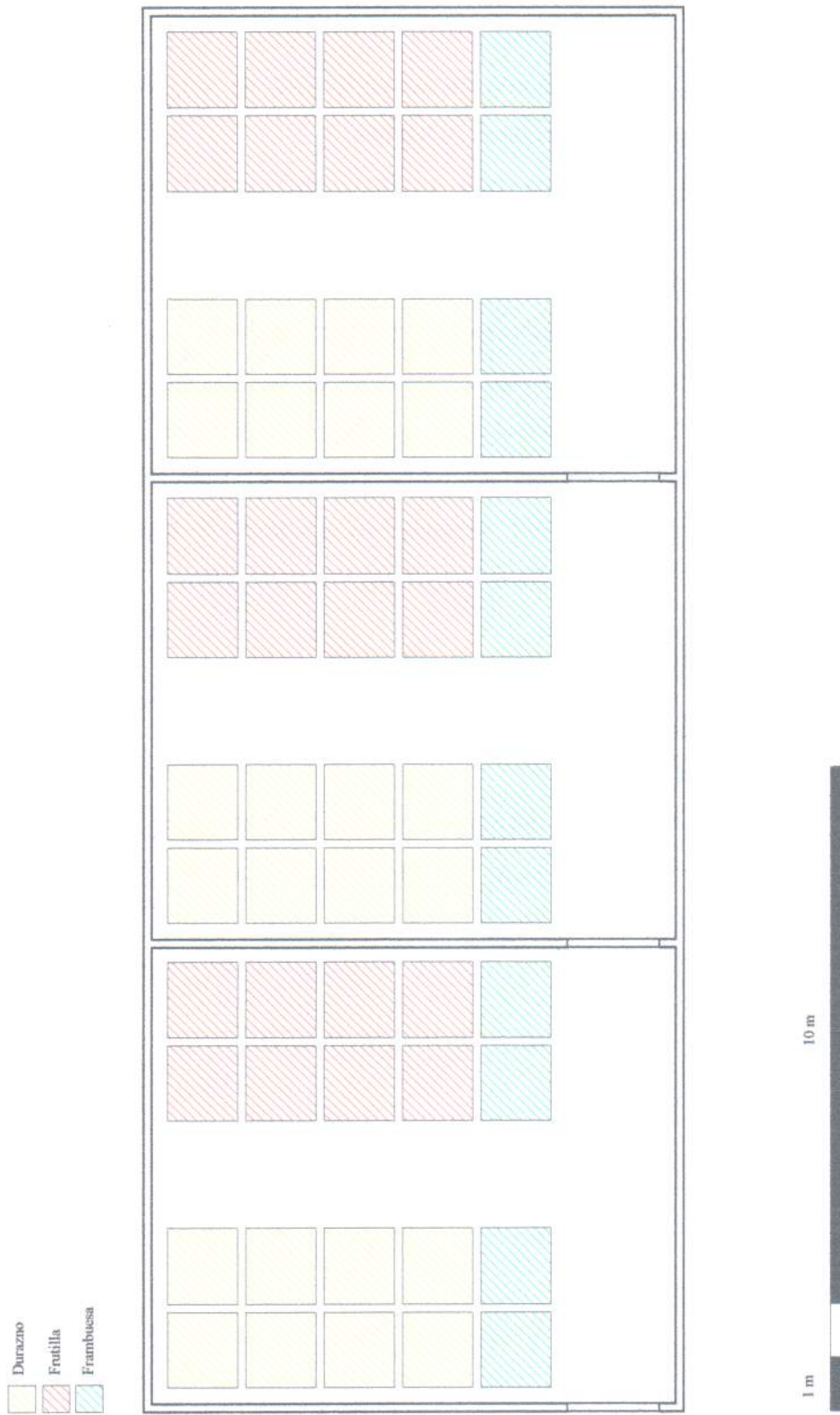


Figura 28: Esquema de la cámara

Cálculo de la potencia necesaria del equipo

A fin de determinar la potencia necesaria del equipo de congelado, es necesario evaluar las mismas cargas térmicas consideradas en la cámara de refrigeración. Éstas son:

1. Calor por iluminación
2. Calor por alimentos y envases
3. Calor por ocupantes
4. Calor por infiltración
5. Pérdidas por paredes, piso y techo
6. Calor por motores

El cálculo de la potencia se realizó sobre la base de un día de trabajo (24hs) y considerando una sola sección de la cámara.

1. Calor por iluminación:

Se colocarán 4 lámparas que consumirán 60 W cada una.

$$P_{\text{iluminación}} = 4 \times 60\text{W} = 240 \text{ W}$$

Las lámparas estarán encendidas 30 minutos por día:

$$Q_{\text{iluminación}} = 240 \text{ W} \times 1.800 \text{ s}$$

$$Q_{\text{iluminación}} = 432.000 \text{ J}$$

2. Calor por alimentos y envases:

Los bachas serán de plástico y pesarán 35 Kg cada una. Se consideró que la pulpa no perderá temperatura desde la salida del congelador y por lo tanto ingresará a la cámara a -18°C . Las bachas ingresarán a 15°C . Es por esto que sólo se debe calcular el calor a extraer de los envases.

$$Q_{\text{env}} = m_{\text{bacha}} \times c_{p\text{plástico}} \times (\Delta T)$$

$$c_{p\text{plástico}} = 0,35 \text{ Btu lbm}/^{\circ}\text{F} = 1,465,4 \text{ J/Kg}^{\circ}\text{C}^3 \text{ (Se usó el dato correspondiente al acrílico.)}$$

Se consideró que al utilizar éste valor no se cometía error debido a que el rango en el cual se hallan los valores de capacidad calorífica de los plásticos en general es $0,3 - 0,4 \text{ Btu lbm}/^{\circ}\text{F}$)

$$m_{\text{bacha}} = 35 \text{ Kg}$$

$$\Delta T = (15 - (-18))^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{env}} = 1.692.537 \text{ J}$$

3. Calor por ocupantes:

En la cámara trabajará un operario durante 30 minutos diarios. El calor equivalente por persona en una cámara a -18°C (0°F) se obtuvo de tablas²

$$Q_p = 1.300 \text{ Btu/h} = 380,9 \text{ W}$$

$$Q_{\text{operarios}} = 380,9 \times 1.800 \text{ s} = \mathbf{685.620 \text{ J}}$$

4. Calor por infiltraciones:

Se calculó utilizando el procedimiento presente en el manual A.S.H.R.A.E.

- Puerta que comunica la cámara con la planta:

Se consideró a la temperatura externa a la cámara como 15°C y que el aire dentro de la misma estaba saturado. El valor de la humedad no tiene importancia en este caso, debido a que los bloques de pulpa están dentro de una bolsa impermeable al vapor de agua.

Se utilizó la siguiente fórmula²:

$$P_{\text{infiltraciones}} = q \times Dt \times Df \times (1-E)$$

Donde:

$$- q = 3.790 \times W \times H^{1,5} (Qs/A) \times (1/Rs)$$

$$W (\text{ancho de la puerta}) = 5,576 \text{ ft}$$

$$H (\text{altura de la puerta}) = 7,216 \text{ ft}$$

Los factores (Qs/A) y $(1/Rs)$ se calcularon con la tabla 7 y la figura 3 del manual A.S.H.R.A.E. Para esto se consideró a la temperatura externa a la cámara como 15°C y una humedad relativa externa del 80%. Por lo tanto:

$$q = 495.537,3 \text{ Btu/h}$$

$$- Dt = (p\theta_p + 60 \theta_o) / (3.600 \theta_d)$$

La puerta se abrirá cuatro veces por día, θ_p es igual a 25seg, θ_o es igual a 5min y la base de cálculo es de 24hs. Por lo tanto:

$$Dt = 0,0046$$

- Df se consideró igual a 1.

- E se tomó igual a 0,95 ya que las puertas serán nuevas.

De acuerdo a lo antes mencionado:

$$P_{\text{infiltraciones}} = 33,4 \text{ J/s}$$

$$Q_{\text{infiltraciones}} = 2.885.760 \text{ J}$$

5. Pérdidas por paredes, piso y techo:

Las paredes de la cámara serán paneles de poliestireno recubierto a ambos lados por chapa zincada de 0,5 mm de espesor. Para calcular el espesor del aislante de dichos paneles se decidió que las pérdidas de calor por unidad de área no debían superar los 10 W/m^2 .

Para cada una de las paredes de la cámara y el techo se planteó la siguiente ecuación:

$$Q = A U \Delta T$$

de la misma se despejó el valor de U cuya expresión es :

$$U^{-1} = 1/h_o + \sum x_i/k_i + 1/h_i$$

y de allí se obtuvo el espesor de aislante necesario.

Se consideró que en la planta y dentro de la cámara el aire está estanco, por lo tanto el coeficiente de transferencia de calor es de $10 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Se tomó un valor de 15°C para la temperatura en la planta.

Todas las paredes dan hacia el interior de la planta, por lo tanto:

$$Q/A = U \cdot \Delta T = 10 \text{ W/m}^2 = U \cdot (15^\circ\text{C} - (-18)^\circ\text{C})$$

$$U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U^{-1} = 1/h_o + x_{\text{chapa}} \times 2/k_{\text{chapa}} + x_{\text{poliestireno}}/k_{\text{poliestireno}} + 1/h_i$$

$$k_{\text{chapa}} = 15 \text{ W/m}^2\text{°C};$$

$$x_{\text{chapa}} = 0,0005 \text{ m}$$

$$k_{\text{poliestireno}} = 0,029 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$h_o = h_i = 10 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Despejando el espesor del aislante se obtiene $x_{\text{poliestireno}} = 0,09 \text{ m}$

El calor perdido por el piso fue despreciado debido a que se consideró que la cámara sería preenfriada, con lo cual la temperatura del mismo se estabilizaría en un valor cercano al de la temperatura de la cámara.

Se optó por la colocación de un aislante de espesor de 0,1 m. Se recalcularon las pérdidas de calor en las paredes y el techo para este espesor.

- Paredes internas y techo: $Q/A = 9,05 \text{ W/m}^2$

Por lo tanto las pérdidas por paredes y techo suman $1.668,6 \text{ W}$

Teniendo en cuenta que estas pérdidas se producen todo el día, el calor total perdido por paredes, techo y piso es:

$$Q_{\text{pared/techo}} = 144.167.040 \text{ J}$$

6. Calor por motores:

Se colocarán tres ventiladores de $\frac{3}{4}$ HP cada uno ⁵. Los motores son internos con carga interna, por lo tanto:

$$P_{\text{motores}} (\text{Btu/h}) = 3.800 \text{ Btu/hHP} \times 3 \times \frac{3}{4} \text{ HP} = 8.550 \text{ Btu/h.}$$

$Q_{\text{motores}} = 72.148.320 \text{ J}$ (considerando que los ventiladores estarán prendidos durante 8 horas)

Carga total

Sumando todos los calores calculados:

$$Q_{\text{total}} = 222.011.277 \text{ J}$$

A este calor se le adiciona un 10% como margen de seguridad para tener en cuenta discrepancias entre el criterio de diseño y las condiciones reales de operación.

$$Q_{\text{total}} = 244.212.404 \text{ J}$$

El equipo extractor de calor funcionará durante 12 horas, por lo tanto la potencia que debe entregar es de:

$$P_{\text{total sección}} = 5653 \text{ W} = 7,6 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se necesitarán 3 equipos extractores del calor de aproximadamente 7,6 HP para cada sección de la cámara.

Nomenclatura

A: área (m^2);

Cp: capacidad calorífica ($J/^\circ C Kg$);

h: coeficiente de transferencia de calor ($W/m^2^\circ C$; $Kcal/h m^2^\circ C$);

HR: humedad relativa;

k: conductividad térmica ($W/m^\circ C$);

m: masa (Kg);

P: potencia (J/s; Btu/h);

Q: energía (J; Btu; Kcal);

T: temperatura ($^\circ C$);

U: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2^\circ C$);

x: espesor (m);

ΔT : diferencia de temperatura ($^\circ C$);

Subíndices:

e: exterior;

i: interior;

Bibliografía

1. Comunicación telefónica con Metalúrgica Solari S.R.L.
2. ASHRAE. Handbook of Refrigeration. American Society.1994.
3. Perry,J.H. "Chemical Engineers' Handbook", 4^{ta}Edición. MacGraw Hill,1.963.
4. Toledo Romeo T. Fundamental of Food Process. Aspen Publications. 1999.
5. Manual del frío de INDERFRIX S.A.

Sistema de descongelado de la pulpa de fruta

La pulpa que se mantiene congelada dentro de la cámara de congelación se encuentra a -18°C . Debido a que esta pulpa será utilizada en determinados meses del año para la elaboración del licuado se la debe descongelar, de manera de poder utilizarla de la misma forma que la pulpa que no se congela. Una vez que la pulpa se descongele será descargada a un tanque pulmón.

Existen varios procedimientos para descongelar alimentos. Puede efectuarse en cámaras a vacío, con agua corriente, en presencia de aire, por calentamiento dieléctrico y por microondas.

El sistema de descongelado seleccionado debe evitar el recalentamiento. Este efecto resulta más significativo cuando la estructura del alimento es heterogénea. Por otro lado, el sistema debe reducir el tiempo de descongelado al máximo y evitar una deshidratación excesiva.

Se seleccionó como alternativa la descongelación de la pulpa por medio de agua potable a una temperatura de 10°C . Cada bolsa de pulpa se retirará de la cámara y se dispondrá sobre una cinta transportadora la cual estará sumergida en el agua. Las bolsas estarán en contacto con el agua (totalmente sumergidas) un determinado tiempo permitiendo así el descongelado de la pulpa. Para evitar que las bolsas floten, se decidió colocar una contracinta al nivel de la superficie del agua.

Con el objetivo de mantener la temperatura del agua constante en 10°C el sistema contará con un lazo simple de control de temperatura que será descrito posteriormente.

Dentro de los modelos propuestos para resolver problemas sobre congelado y descongelado de alimentos, las fórmulas de Plank son las más simples, y los supuestos en los que se basa conceden una naturaleza sólo aproximada a los resultados que se obtienen. Otros investigadores, como Clealand y Earle han propuesto modificaciones a las fórmulas de Plank. Consideran cuerpos homogéneos a una temperatura uniforme T_0 del producto que está siendo enfriado o calentado por un medio a la temperatura constante T_a . Definieron el tiempo de congelación como el período entre el inicio del enfriamiento y el instante en que el centro alcanza una temperatura (0°C). Este tiempo se expresa en forma adimensional, por el número de Fourier (Fo)¹. Esto es válido para un sistema de descongelado, sólo que las variables que intervienen en las ecuaciones se invierten con respecto a las utilizadas para congelación, es

decir que las propiedades del producto congelado se reemplazan por las del producto descongelado.

Cálculo del tiempo requerido para la descongelación

Para el cálculo del tiempo se utilizó la ecuación de Plank para descongelación¹ dada por:

$$Pk = cp (T_o - T_{in}) / \Delta H \quad (\text{Ec. 1})$$

donde T_o es la temperatura inicial de congelación de la pulpa; T_{in} es la temperatura inicial de la pulpa; ΔH es el cambio de entalpía en el intervalo de temperatura correspondiente. Para el cálculo se utilizó el cp corresponde a la pulpa de frambuesa congelada ya que es la que tiene mayor punto de descongelamiento.

$$cp = 1885,5 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C};$$

$$T_o = -0.61 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_{in} = -18^\circ\text{C}$$

$$\Delta H = cp (-0.61^\circ\text{C} + 18^\circ\text{C}) = 45.987,3 \text{ J/Kg.}$$

Por lo que $Pk = 1$.

El número de Stefan está dado por:

$$Ste = cp_u (T_a - T_o) / \Delta H \quad (\text{Ec.2})$$

donde T_a es la temperatura del medio calefactor; cp_u corresponde a la pulpa de frambuesa sin congelar.

$$T_a = 10^\circ\text{C};$$

$$cp_u = 3.603,4 \text{ J/Kg}^\circ\text{C.}$$

$$Ste = 3.603,4 \text{ J/Kg}^\circ\text{C} (10^\circ\text{C} + 0.6^\circ\text{C}) / 45.987,3 \text{ J/Kg} = 0,83.$$

Para el caso de descongelado de una lámina el número de Fourier puede expresarse de la siguiente manera¹:

$$Fo_{lámina} = Pk / Ste (1/Biot + R/P) \quad (\text{Ec. 3})$$

Pero si se trata de descongelar un cuerpo de geometría diferente al de una lámina la ecuación 3 debe afectarse por un factor de corrección:

$$Fo_{cuerpo} = Fo_{lámina} / H$$

H es la “dimensión de transmisión de calor equivalente”.

$$P = 0,775 + 2,28.Ste. Pk = 2,67$$

$$R = 0,214 + 2,12.Ste - 1,48.Ste^2 = 0,954.$$

$$Biot = hL/ k_{\text{pulpa descongelada}}$$

$k_{\text{pulpa descongelada}} = 0,526 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ (calculada por correlaciones)²; L = semiespesor de la placa = 0,03m.

Debido a que el descongelado de la pulpa se realiza dentro de las bolsas de polietileno se debe calcular un coeficiente global de transferencia de calor (U) en lugar de uno local (h) que considere la resistencia que ofrece el material de envase.

$$U^{-1} = 1/h_{\text{agua}} + x_e/k_e$$

$$h_{\text{agua}} = 100 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C};$$

$$x_e = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m};$$

$$k_e = 0,33 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$U = 97,05 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}.$$

$$Biot = 5,53$$

$$Fo_{\text{lámina}} = 0,65$$

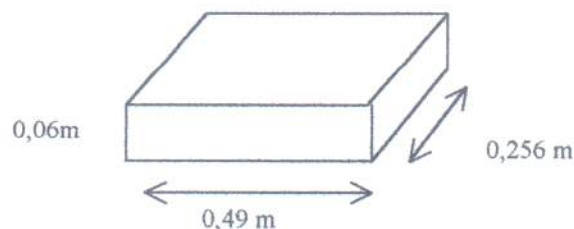
$$H = M1 + M2.N1 + M3.N2$$

Los valores de las constantes M1, M2 y M3 se determinan de acuerdo a la geometría del cuerpo¹. Para un paralelepípedo :

$$\text{Forma : } 2\beta_1 + 2\beta_2$$

$$\beta_1 = 0,49/0,06 = 8,2$$

$$\beta_2 = 0,256/0,06 = 4,3$$



$$M1 = M2 = M3 = 1$$

Los valores de N1 y N2 se obtienen de los gráficos 14 y 15 utilizando β_1 y β_2 como parámetros¹.

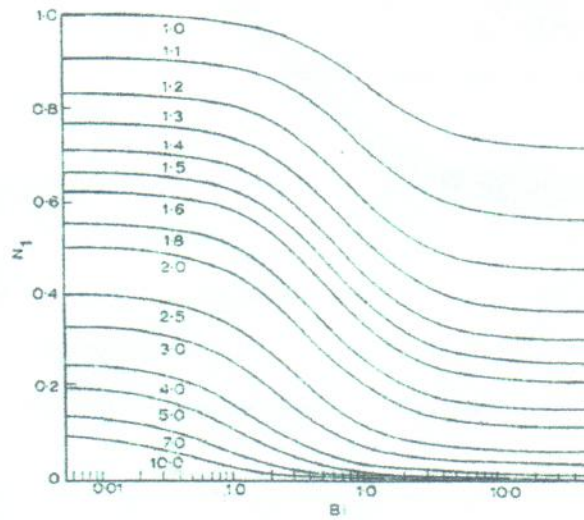


Gráfico 14: Diagrama de los valores de N_1 en función de Bi para distintos valores de β_1

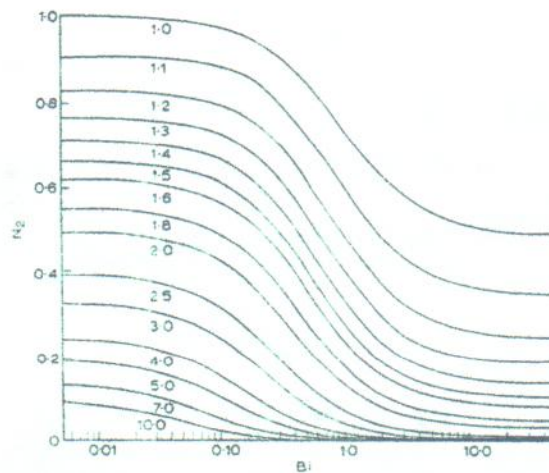


Gráfico 15: Diagrama de valores de N_2 en función de Bi para diferentes valores de β_2

$$N1 = 0,013 \text{ y } N2 = 0,013$$

$$H = 1,026$$

$$Fo_{\text{cuerpo}} = 0,65/1,026 = 0,63$$

El número de Fourier puede expresarse como: $Fo = \alpha \cdot t/L^2$, por lo tanto el tiempo de descongelado resulta: $t_{\text{des}} = Fo L^2 / \alpha$.

La difusividad térmica α corresponde a la pulpa descongelada y se calculó como:

$$\alpha = k_{\text{pulpa descongelada}} / \rho c_{p_u} = 0,526 \text{ W/m } ^\circ\text{C} / (1.031 \text{ Kg/m}^3 \cdot 3.603,4 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}) = 1,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$t_{\text{des}} = 0,63 (0,03)^2 / 1,34 \cdot 10^{-7} = 4.231 \text{ s } (\cong 71 \text{ minutos}).$$

Al tiempo calculado anteriormente, se le agregará el tiempo necesario para incrementar la temperatura de la pulpa a 2°C con el objetivo de tener seguridad de haber eliminado todos los cristales de hielo y para facilitar así también su transporte en cañerías.

La porción de pulpa contenida en una bolsa puede considerarse como un paralelepípedo. Es por ello que para calcular el tiempo necesario para elevar su temperatura debe aplicarse la regla de Newman (intersectando 3 placas infinitas). Cada placa infinita tendrá como espesor una de las longitudes de la bolsa, es decir, una placa tendrá un espesor de 0,26m, otra de 0,49m y otra de 0,06m.

Para iniciar el cálculo se supuso un tiempo para el cual se produciría el incremento de temperatura de 1.000 segundos. Luego, se calculó la temperatura adimensional de cada una de las placas. Para ello se utilizó el siguiente gráfico para placa infinita⁴:

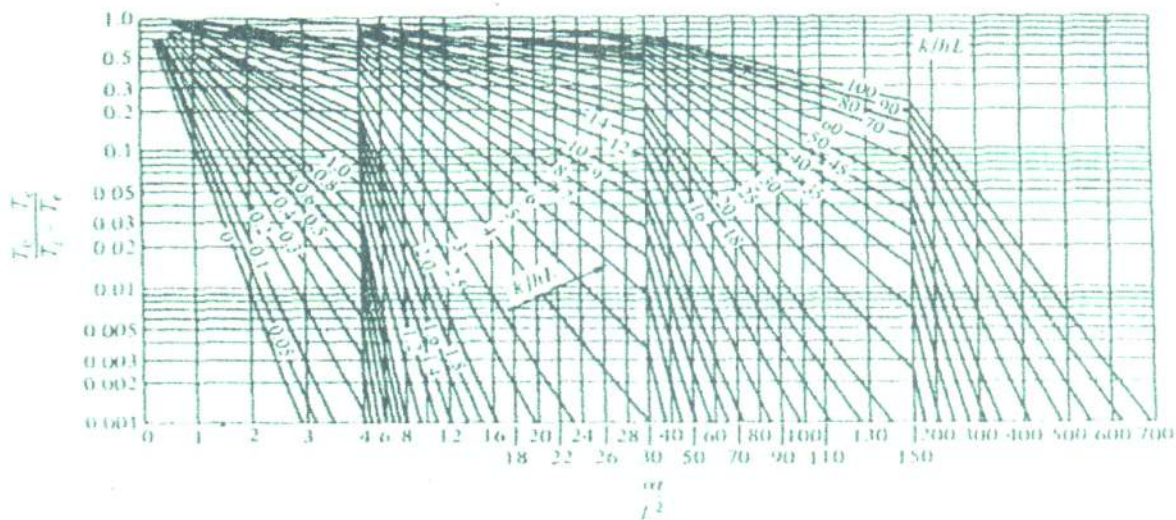


Gráfico 16: Temperatura en el centro de una placa infinita de espesor $2L$.

Se ingresó al gráfico 16 con el Fo y $1/Biot$ correspondiente a cada placa y se calculó su temperatura adimensional. Para obtener la temperatura adimensional del paralelepípedo se multiplicaron las temperaturas adimensionales obtenidas para cada una de las placas.

De la siguiente expresión se despejó la temperatura en el centro del cuerpo y se la comparó con la temperatura deseada ($2^{\circ}C$).

$$\theta_{\text{paralelepípedo}} = (T_a - T) / (T_a - T_i)$$

Si estas no eran coincidentes se suponía otro tiempo. Se continuó el procedimiento sucesivamente hasta hallar la temperatura deseada. Finalmente, se obtuvo que el tiempo necesario para elevar la temperatura de la pulpa de 0 a $2^{\circ}C$ es de aproximadamente 1.900 segundos.

Por lo tanto, el tiempo total de descongelado resulta ser:

$$t_{\text{descong}(-18/2C)} = 4.231 \text{ s} + 1.900 \text{ s} = 6.131 \text{ s}$$

$$t_{\text{descong}(-18/2C)} = 6.131 \text{ s} (\cong 102 \text{ min}).$$

Características del sistema de descongelado

Si se fija una velocidad de avance de la cinta transportadora se puede conocer la longitud (L_c) requerida para la misma, dado que: $L_c = v_{\text{cinta}} \cdot t_{\text{des}}$. Se seleccionó una velocidad de cinta de $0,004 \text{ m/s}$ por lo que la longitud necesaria de la cinta será de $24,5 \text{ m}$. Para tener un

margen de seguridad ante una posible eventualidad se utilizará una cinta de aproximadamente 27 m.

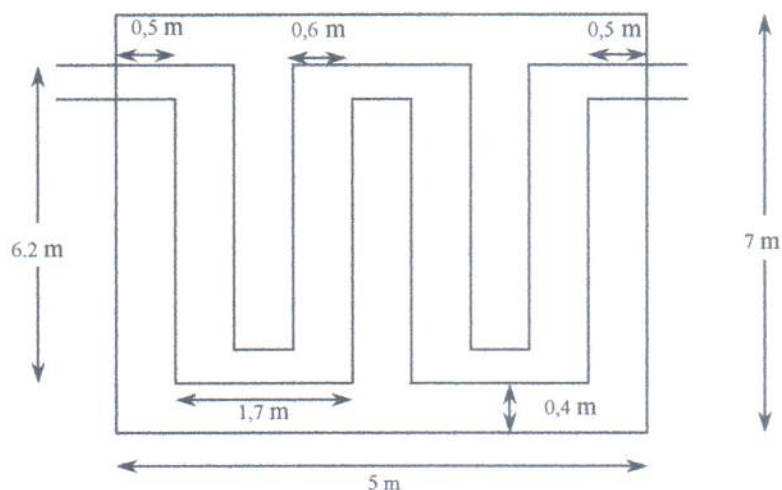


Figura 29: Vista superior del sistema de descongelado.

La bacha con agua en la que va a estar sumergida la cinta tendrá un volumen de 21 m^3 ($7\text{m} \times 5\text{m} \times 0,6\text{m}$). Una vez que las bolsas terminen su recorrido por la cinta, la pulpa de fruta estará en estado líquido. La bolsa será cortada en un extremo por un sistema de cuchillas y presionada por dos rodillos para que la pulpa de su interior sea descargada en un tanque pulmón que la contendrá hasta su posterior utilización en los tanques de mezclado final.

Masa de vapor requerida para mantener la temperatura del agua

El sistema contará con un circuito de inyección de vapor a 130°C . La cantidad de vapor necesaria para mantener la temperatura del agua en 10°C se calculó de la siguiente manera:

$$m_p c_{p_p} (T_f - T_i) + m_p \lambda_p = m_{\text{vapor}} \lambda_{\text{vapor}}$$

$$\lambda_{\text{vapor}} = 2.174.190 \text{ J/Kg}$$

$$\lambda_p = 274.940 \text{ J/Kg}$$

$$c_{p_p} = 1969,3 \text{ J/(Kg}^\circ\text{C)}$$

$$m_p = 480 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{vapor}} = 69,4 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{vapor}} = 69,4 \text{ Kg} / 6.131 \text{ s} = 0,0113 \text{ Kg/s}$$

Sistema de control para la operación

En este sistema se utilizará un lazo de control simple para mantener constante la temperatura del agua en 10°C. Este lazo contará de un circuito de inyección de vapor a 130°C, un medidor de temperatura y un controlador de temperatura. A continuación se presenta el esquema tecnológico del sistema de control propuesto:

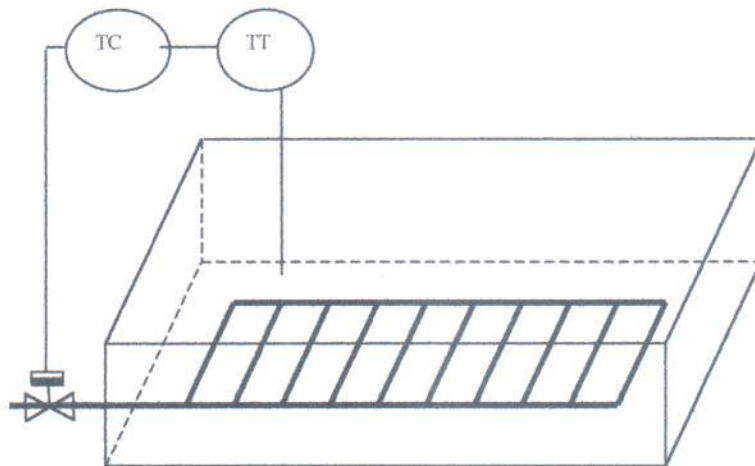
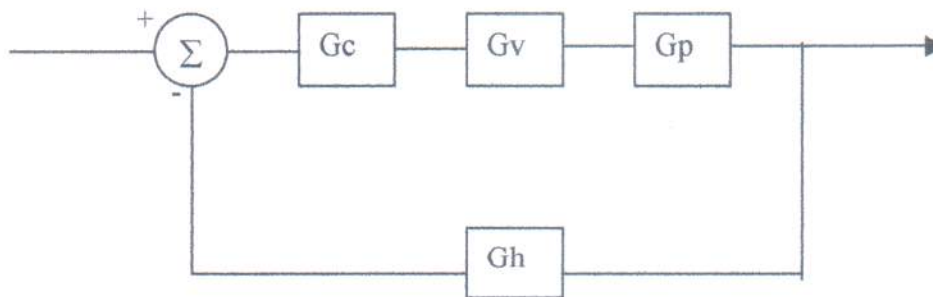


Figura 30: Esquema del lazo de control del sistema de descongelado de pulpa de fruta.

Al sistema le corresponde el siguiente diagrama de bloques:



Donde G_c : función de transferencia del controlador de temperatura

G_v : función de transferencia de la válvula que regula la entrada del vapor a la bañera de descongelado

G_h : función de transferencia del medidor de temperatura.

G_p : función de transferencia del proceso Temperatura del agua ($T_{\text{agua}}^*(s)$)

Caudal de vapor ($F_v^*(s)$)

La función de transferencia del proceso se puede obtener a partir del siguiente balance de calor en el agua de la bañera:

$$m_{\text{agua}} c_{p_{\text{agua}}} \frac{dT_{\text{agua}}}{dt} = F_v \rho_v \lambda - U A (T_{\text{agua}} - T_{\text{bolsas}})$$

donde U es el coeficiente global de transferencia de calor entre el agua y las bolsas de pulpa que circulan por la bacha y A es el área de transferencia involucrada en dicho intercambio. Se despreció el intercambio de calor con el medio ambiente.

Restando el balance en estado estacionario, incorporando variables de desviación y transformando se llega a la siguiente función de transferencia del proceso:

$$\frac{T_{\text{agua}}^*(s)}{F_v^*(s)} = \frac{\rho_v \lambda / U A}{(m_{\text{agua}} c_{p_{\text{agua}}} / U A) s + 1}$$

Dentro de las opciones disponibles para la determinación de la temperatura del agua se encuentran las termocuplas, termorresistencias y termistores, radiadores infrarrojos, medidores bimetalicos, medidores de expansión de líquido, entre otros. En los procesos industriales los medidores más utilizados son las termocuplas, los medidores resistivos y los infrarrojos. Estos últimos no son medidores de contacto sino que determinan la temperatura a través de la radiación térmica emitida por el material. Las termocuplas abarcan rangos de temperatura mucho más amplios que los medidores RTD aunque lo hacen a costa de una menor precisión en la medición.

Dado que para medir la temperatura del agua no se requiere un aparato que cubra un rango amplio de temperatura la utilización de un RTD permite una determinación satisfactoria de dicha variable y con una mayor precisión que una termocupla. Se empleará el medidor **OMEGA PR-14-2-100-3/16-6-E** que enviará señales de entre 4 y 20 mA al controlador el cual enviará una señal para modificar la apertura de la válvula solenoide de alimentación de vapor.

Debido a que en la medición de la temperatura no es tolerable un error de estado estacionario se debe utilizar un controlador con acción integral, pero esto implica agregar un orden al sistema lo cual provoca una disminución en la velocidad de respuesta y en la estabilidad del mismo. En consecuencia, también es necesario que el controlador tenga acción derivativa ya que ésta tiene el efecto de estabilizar el lazo de control y acelerar la respuesta del sistema. Atendiendo a estas consideraciones se seleccionó un controlador PID **OMEGA CN7715** con una salida de 0 a 20 mA.

La válvula de alimentación de vapor podrá tomar sólo dos posiciones: totalmente abierta o totalmente cerrada. Se optó por una válvula solenoide **OMEGA** de la serie SV-400.

Tanque pulmón para pulpa de fruta

Para dimensionar el tanque pulmón se tomó en cuenta la cantidad requerida de pulpa diaria para cada variedad de licuado. En todos los casos se requieren aproximadamente 500 Kg de pulpa por lo que el diseño se realizó para dicha cantidad. Para los cálculos se utilizaron arbitrariamente las propiedades de la pulpa de frutilla. La densidad de la misma es $950,5 \text{ Kg/m}^3$ por lo tanto el volumen de pulpa en el tanque será de $0,53 \text{ m}^3$.

Se consideró al tanque como un cilindro de base plana por lo que su volumen es:

$$V = \pi HT_t^2/4.$$

Utilizando las relaciones geométricas estándar para tanques⁵ se obtiene $H = T = 0,88 \text{ m}$.

Para mantener una distribución homogénea de toda la pulpa se decidió que el tanque contará con una agitación suave. Para ello se utilizará un agitador de tipo hélice de paso cuadrado.

Las dimensiones restantes del tanque son:

$$D = 1/3 T = 0,3 \text{ m}$$

$$C = D = 0,3 \text{ m}$$

La altura del tanque se sobredimensionará en un 30% por cuestiones operativas y para contemplar un aumento en la capacidad de producción. Por lo tanto, $L_t = 1,14 \text{ m}$.

El agitador de hélice girará a 1 rps. Para poder calcular la potencia de agitación necesaria se calculó de número de Reynolds para fluidos pseudoplásticos:

$$Re = \rho_l D^2 / (K \beta^{n-1} N^{n-2})$$

Siendo ρ_l la densidad de la pulpa, β un parámetro característico del agitador, K el índice de consistencia y n el exponente de la ley de la potencia. Los valores de n y K de la pulpa de frutilla son: $0,52$ y $2,9 \text{ N s}^{0,52}/\text{m}^2$ respectivamente.

$$\beta = 10.$$

$$Re = 89$$

El número de potencia se calculó utilizando la curva 4 del gráfico⁶ 17:

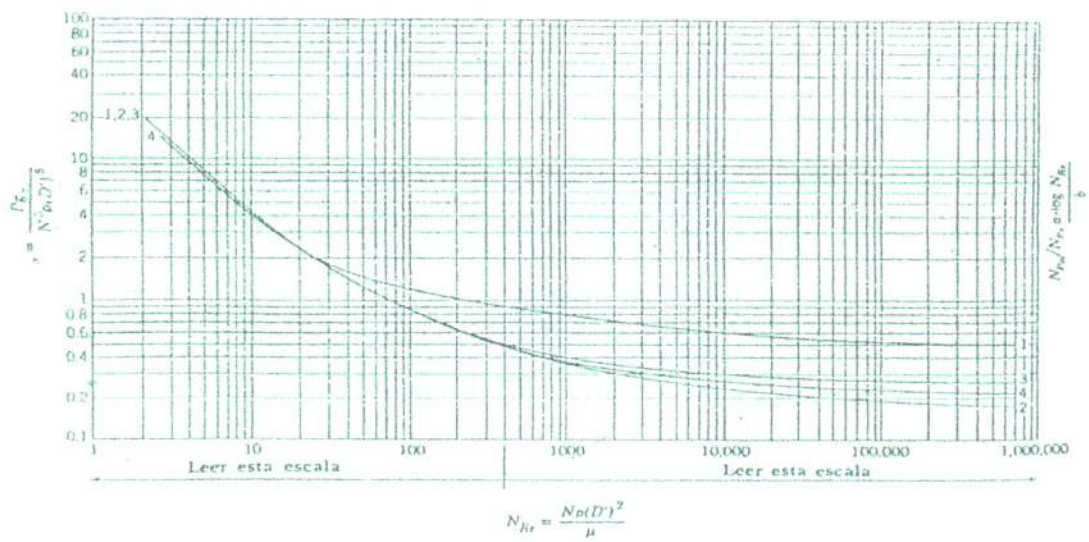


Gráfico 17: N_{Po} en función de Re para diferentes agitadores.

Se obtuvo $N_{Po} = 1$

$$N_{Po} = \text{Pot} / \rho_l N^3 D^5 = 1$$

$$\text{Pot} = 1 \times 950,5 \text{ Kg/m}^3 (1 \text{ rps})^3 (0,3 \text{ m})^5$$

Por lo tanto la potencia de agitación necesaria será de 2,3 W.

Nomenclatura

- C: distancia entre el fondo del tanque y el agitador (m);
cp: capacidad calorífica (J/Kg°C);
D: diámetro del agitador (m);
Fo: número de Fourier;
h: coeficiente de transferencia de calor (W/m²°C);
H: altura de líquido (m);
k: conductividad térmica (W/m°C);
L_t: altura del tanque (m);
N: velocidad de giro del agitador (rps);
P: paso de la hélice (m);
N_{Po}: número de potencia;
Pot: potencia (W);
Re: número de Reynolds;
Ste: número de Stefan;
T: diámetro del tanque (m);
t : tiempo (s);
T: temperatura;
Ta: temperatura ambiente (°C);
Ti: temperatura inicial (°C);
U: coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°C);
v: velocidad (m/s);
V: volumen (m³);
x: espesor (m);
ΔH: el cambio de entalpía (J/Kg);
α: difusividad térmica (m²/s);
β: parámetro de forma;
ρ: densidad (Kg/m³);
λ: calor latente (J/Kg);
μ: viscosidad (Pa. s);
θ : temperatura adimensional;

Bibliografía

1. Brennan J.G. Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos. Ed. Acribia. Tercera edición, 1998.
2. Valentas K; Singh P. Handbook of food engineering practice, Capítulo 11: "Thermal and Rheological Properties of Foodstuffs". CRC Press. 1997.
3. Heldman, D.; Singh, R.P.. Introduction to Food Engineering. Segunda edición. Ed. Academic Press. 1.993.
4. Özisik, N. Transferencia de calor. Ed. McGraw-Hill. 1.979
5. Fryer, P.J. Chemical Engineering for the Food Industry. Chapman & Hall. 1.997.
6. Foust, A.S. Principios de operaciones unitarias. Compañía editorial Continental S.A, México, 1.978.

Capítulo III

“Estimaciones económicas”

Cálculo de la inversión

Cálculo de la inversión fija

El cálculo de la inversión fija se realizó mediante la ecuación general:

$$I_F = I_{Fd} + \text{Valor del terreno (Ec. 1)}$$

Donde:

I_F = inversión fija

I_{Fd} = inversión fija depreciable

Para el cálculo de la inversión fija depreciable se utilizó el método de los factores de Rudd y Watson, 1.968. El método permite extrapolar el costo de un sistema completo a partir del costo de los equipos principales del proceso instalados (I_E) y determinar una estimación de la inversión fija total con un error del 10 al 15% del valor real. Los factores empleados en este método se dividen en factores para la estimación de costos directos y factores para la estimación de costos indirectos. Dichos factores pueden tomar valores dentro de un rango. En la tabla 21 se presenta la categoría seleccionada dentro de cada factor para la estimación de la inversión.

Tabla 21: Factores experimentales para la estimación de costos directos

<i>f₁: Tuberías de proceso</i>
Proceso de sólidos
Proceso mixto
Proceso de fluidos
<i>f₂: Instrumentación</i>
Control poco automatizado
Control parcialmente automatizado
Control complejo, centralizado
<i>f₃: Edificios de fabricación</i>
Construcción abierta
Construcción semiabierta
Construcción cerrada
<i>f₄: Plantas de servicios</i>
Escasa adición a las plantas de servicio existentes
Adición considerable a las plantas existentes
Plantas de servicios totalmente nuevas

<i>f₅: Conexiones entre unidades</i>
Entre las unidades de servicios
Entre las unidades de proceso separadas
Entre unidades de proceso dispersas

NOTA: El valor seleccionado para cada factor de costos directos se presenta en la tabla 22.

En el caso de tuberías de proceso e instrumentación no se empleó el mismo factor para todos los equipos ya que cada uno de ellos posee distintos requerimientos de cañerías e instrumentos de control. Para aquellos equipos que necesitaban instrumentación se consideró un factor de control poco automatizado. Esto se debe a que el costo de los instrumentos de control automático actualmente está incluido en los costos de los equipos. Para aquellos que ya incluían los elementos de control se tomó un factor de cero. El factor f_3 no se incluyó en el cálculo ya que el valor del costo de construcción es conocido, por lo que se sumará aparte y no fue necesario estimarlo. En la zona seleccionada para instalar la planta hay servicios de agua corriente, energía eléctrica, gas natural y telefonía, por lo cual se consideró que habrá escasa adición a las plantas de servicios existentes. El factor f_5 no se incluyó debido a que no habrá conexión entre unidades de servicio y a que hay una única unidad de procesos.

La aplicación de los factores de costos directos sobre la inversión de los equipos instalados permite calcular el costo físico total (CFT), cuya expresión general es :

$$CFT = I_E (1 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5)$$

Como en este caso no se aplica el mismo valor de los factores a todos los equipos y como el valor de la construcción es conocido, el CFT se calculó como:

$$CFT = \text{Costo de construcción} + \sum I_{Ei} (1 + f_1 + f_2 + f_4) \quad (\text{Ec. 2})$$

donde I_{Ei} es el costo de cada equipo.

En la tabla 22 se detallan los equipos principales de la planta, su proveedor, procedencia, porcentaje de instalación considerado y el valor de los factores de costos directos seleccionado:

Tabla 22: Equipos principales de la planta.

Equipo	Proveedor	Procedencia	Precio (US\$)	% de Instalación	Precio inst. (US\$)	Factores de costos directos		I _Σ (1+i) ⁿ
						Tuberías	Instrumentación Plantas serv.	
Cámaras refrigeración y congelado ^{(*)1}	Arce y Asociados S.A	Argentina	76.920	0	76.920	0,1	0,03	91.000
Lavadora de fruta	Klaus S.A	Argentina	8.500	0,05	8.925	0,1	0	10.300
Cinta de inspección	Klaus S.A	Argentina	12.800	0,02	13.056	0	0	13.800
Triturador de frutas	Klaus S.A	Argentina	3.700	0,02	3.774	0,08	0	4.300
Despulpadora	Klaus S.A	Argentina	9.500	0,02	9.690	0	0	10.200
Tamizadora – refinadora	Klaus S.A	Argentina	13.800	0,02	14.076	0	0	14.800
Elevador a cangilones	Klaus S.A	Argentina	4.500	0,03	4.635	0	0	5.000
Congelador de placas	Connellco	E.E.U.U.	28.500	0,05	29.925	0,05	0	33.000
Desmoldadora	Norfo	Europa	40.000	0,02	40.800	0	0	42.900
Envasadora aséptica	Tetra-Pak	Argentina	210.000	0	210.000	0	0	220.500
Envasadora de pulpa	Teemar	Argentina	9.000	0,015	9.135	0,1	0	10.600
Intercambiador de placas	Heritage	E.E.U.U.	3.800	0,02	3.876	0,2	0,03	5.000
Intercambiador superficie raspada	Schröder	Europa	133.770	0,01	135.108	0,025	0	145.300
Sistema de descongelado	Humberto Rojas	Argentina	8.500	0,01	8.585	0,25	0,05	11.600
Caldera	Fontanet	Argentina	10.420	0,1	11.462	0,1	0	13.200
Tanque encamisado para leche ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	3.000	0,1	3.300	0,2	0	4.200
Tanque encamisado premezcla ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	530	0,4	742	0,2	0	1.000
Tanque mezcla ascórbico ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	1.500	0,1	1.650	0,2	0	2.100
Tanque mezcla leche c/ aditivos ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	1.700	0,2	2.040	0,2	0	2.600
Tanque mezcla leche y pulpa ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	2.000	0,2	2.400	0,2	0,1	3.300
Tanque pulpa descongelada ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	1.000	0,15	1.150	0,2	0	1.500
Tanque de almacenamiento licuado ^{(*)2}	Equitec S.A.	Argentina	1.200	0,2	1.440	0,2	0	1.800

(*¹) La cotización aportada por Arce y Asociados S.A. no incluía los costos de mano de obra para la construcción del suelo de las cámaras. Este costo fue obtenido de la empresa SONREY S.R.L y se agregó al presupuesto de Arce y Asociados S.A.

(*²) Dado que se disponía de precios de tanques de capacidad diferente a la requerida el costo de los mismos se aproximó mediante la siguiente ecuación: $I_d = I_c (Q_d/Q_c)^x$. I_d es la inversión deseada, I_c es la conocida, Q_d es la capacidad requerida y Q_c , la conocida. x es el factor costo-capacidad. Dado que no se conocía el valor de x para estos equipos la bibliografía recomienda utilizar un valor de 0,67 (Remer, 1.990).

Siguiendo una sugerencia de la cátedra, para calcular el costo del edificio de fabricación se promedió el costo de construcción por metro cuadrado de vivienda y el correspondiente a la industria. Este promedio se hizo debido a que el tipo de construcción de la industria alimentaria es más complejo que el del resto de las industrias:

- Costo de construcción de vivienda = 700 \$/m² (fuente: Revista Vivienda, 09/ 2.002)
- Costo de construcción industrial = 465 \$/m² (fuente: Suplemento Arquitectura Diario Clarín, 23 de Septiembre 2.002)
- Costo promedio $\cong 582\$/m^2 \cong \text{U}\$ 151$

Para los 2.215 m² construidos de la planta:

- Costo de construcción = 151 U\$S/m² x 2.215 m² construidos $\cong \text{U}\$ 334.500$

Reemplazando en la ecuación 2:

$$\text{CFT} = \text{U}\$ 648.000 + \text{U}\$ 334.500 = \text{U}\$ 982.500$$

Para calcular la inversión fija depreciable se deben tener en cuenta los factores para el cálculo de costos indirectos. En la tabla 23 se presenta el rango que pueden tomar dichos factores y la categoría y el valor seleccionado para cada factor.

Tabla 23: Factores experimentales como fracción del coste físico para estimación de costos indirectos

<i>Ingeniería y construcción</i>	f_{11}	Valor seleccionado
Ingeniería inmediata	0,20-0,35	0,20
Ingeniería compleja	0,35-0,50	
<i>Factores de tamaño</i>	f_{12}	
Unidad comercial grande	0,00-0,05	0,10
Unidad comercial pequeña	0,05-0,15	
Unidad experimental	0,15-0,35	
<i>Contingencias</i>	f_{13}	
De la compañía	0,10-0,20	0,25
Variaciones imprevistas	0,20-0,30	
Procesos exploratorios	0,30-0,50	
Factor de costos indirectos	$f_1 = \sum f_{1i} + 1 = 1,55$	

Debido a que no se requerirá de servicios técnicos importantes para dirigir y administrar el proyecto durante la construcción se consideró en ingeniería y construcción la opción ingeniería inmediata. Se tuvo en cuenta la posibilidad de variaciones imprevistas debido a que se trata de una planta y de un producto nuevo.

La inversión fija depreciable se calculó como:

$$I_{Fd} = I_{Fd}^{\#} - L \quad (\text{Ec. 3})$$

$$I_{Fd}^{\#}: \text{CFT} \times \text{Factor de costos indirectos} = \text{US\$ } 1.522.875$$

L: valor de reventa o residual

Se consideró un valor residual igual a un 20% de $I_{Fd}^{\#}$. Por lo tanto $L = \text{US\$ } 304.565$.

Reemplazando en la ecuación 3 se obtiene un $I_{Fd} = \text{US\$ } 1.218.300$.

Como se presentó en la ecuación 1 para el cálculo de la inversión fija se debe conocer el valor del terreno.

La municipalidad del Partido de General Pueyrredón autoriza la instalación de industrias alimenticias en determinadas zonas de la ciudad. Se decidió la compra de un terreno de una manzana (86m x 86m) destinándose para esto un monto no mayor US\$ 30.000.

Para seleccionarlo se deberá tener en cuenta la facilidad de acceso, los requerimientos del proyecto y del costo. Por lo tanto:

$$\text{Valor del terreno} = \text{US\$ } 30.000$$

Para aquellos equipos importados se tuvieron en cuenta los costos de importación. Estos costos fueron incluidos dentro de la inversión, por lo tanto, agregándolos a la ecuación 1 resulta:

$$I_F = I_{Fd} + \text{Valor del terreno} + \text{Costos de importación} \quad (\text{Ec. 4})$$

Dentro de la inversión fija no se incluyó el valor del impuesto el valor agregado (I.V.A) ya que el mismo será recuperado al vender los productos elaborados por la empresa.

Los costos de importación fueron proporcionados por la empresa Freight Forwarders según el siguiente detalle:

Mercadería: Maquinaria industria alimentación

Tipo de transporte: Carga Consolidada LCL

Incoterms: CFR

Flete marítimo de importación: Hamburgo / Buenos Aires Eur 75 p/ ton - m³

Gastos en Origen

Despacho de exportación / emisión documentos /aduana /consolidación: Eur 75

Seguro de transporte internacional: 0,6 % del valor factura, Mínimo U\$S 120

Manejo: Eur 45

Gastos en destinoDesconsolidación en puerto: U\$S 30 por Ton / m³ + I.V.A

Emisión B/L: U\$S 35 + I.V.A

Manejo del embarque: U\$S 35 + I.V.A

Almacenaje en Deposito Fiscal: primeros 3 días libres, luego por cuenta del importador, a razón de \$ 0,50 por ton /m³ por día + I.V.A**Servicio de Despacho Aduaneros**

Honorarios: 0,7 % del valor CIF

Mínimo por despacho: \$ 300 + I.V.A

Gastos operativos: \$ 100 + I.V.A por despacho

Traslado desde el Deposito Fiscal hasta Deposito: \$175 + I.V.A

Los equipos industriales llegan al puerto de Buenos Aires en contenedores de 33m³ de capacidad (6,1m (20'') x 2,4m (8'') x 2,3m (7,5'')). Considerando las dimensiones de los contenedores y las dimensiones de los equipos que sería necesario importar desde Europa, se consideró que un contenedor sería suficiente. Los equipos que se importarán desde Europa son la desmoldadora y los intercambiadores de superficie raspada. A continuación se detallan los costos de importación que se deberán pagar:

Tabla 24: *Gastos de origen de los equipos importados desde Europa.*

Equipos importados	Gastos de origen (U\$S)			
	Despacho	Seguro internacional	Manejo	subtotal
Congelador de placas	74	171	44	289
Desmoldadora	74	240	44	358
Intercambiador superficie raspada	74	803	44	921
Total (U\$S)				1.568

Flete **US\$ 2.530**

Gastos en destino (US\$)

Desconsolidación	990
Emisión B/L	35
Manejo del embarque	35
Total	US\$ 1.060

Servicio de despacho aduaneros

(Valor cif US\$ 205.833)

Honorarios	1.440
Mínimo por despacho	80
Gastos operativos	30
Traslado	47
total	1.600

Costos de importación = US\$ 6.760

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación 4 resulta:

$$I_F = \text{US\$ } 1.255.060$$

Cálculo del capital de trabajo (I_w) e Inversión Total

Para estimar el capital de trabajo, es decir el capital necesario para que una vez que la planta se encuentre instalada pueda operar a los niveles previstos, se consideraron los costos de producción correspondientes a tres meses de producción.

Según lo calculado en “Estimación del costo total del producto” (página 172), el costo total de producción es de US\$ 402.600. Por lo tanto, el capital de trabajo será de US\$ 100.650.

La inversión Total puede calcularse como: $I_T = I_F + I_w$. Por lo tanto

$$I_T \cong \text{US\$ } 1.356.000$$

Estimación del costo total del producto

El costo total del producto (CTP) puede dividirse en costos de fabricación y gastos generales. Normalmente se calcula tomando como base el costo anual.

En los costos de fabricación se incluyen todos los gastos relacionados directamente con la producción y con los equipos físicos de una planta. Se dividen en tres categorías: costos directos de producción, gastos fijos y gastos generales de la planta.

Los costos directos de producción comprenden todos los gastos relacionados directamente con la producción, como gastos de adquisición de materia prima, mano de obra directa, supervisión, tareas administrativas, mantenimiento, suministros, etc.

Los gastos fijos son valores que permanecen casi constantes, no se modifican considerablemente con el ritmo de producción.

Los gastos generales de la planta comprenden los servicios médicos y hospitalarios, el mantenimiento general, servicios de seguridad, embalaje, comedor y recreación, laboratorio de control, almacenes y depósitos y beneficios especiales para empleados.

Los gastos generales incluyen: gastos de administración, gastos de distribución y de marketing, gastos de investigación y desarrollo y financiación.

Los gastos de administración incluyen gastos del costo de salarios administrativos, útiles de oficina, gastos de ingeniería y asuntos legales, etc.

Los gastos de distribución y de marketing incluyen gastos de venta y distribución de productos (vendedores, oficinas, publicidad).

Los gastos de investigación y desarrollo incluyen salarios, equipos especiales, medios para la investigación y honorarios de asesores.

Los gastos de financiación incluyen los gastos adicionales para la obtención de préstamos para la inversión de capital.

A continuación se explica cada componente del método utilizado para la estimación del costo así como las consideraciones que fueron tomadas al utilizarlo.

I. Costos de fabricación:

A. Costos directos de producción

Materia prima: El costo total anual de edulcorante no nutritivo (Nutrasweet®) es aproximadamente 2 veces superior al de azúcar. Esto obliga a diferenciar el costo de los licuados con azúcar del costo de los licuados con edulcorante no nutritivo. Por esta razón, se calculará el costo total de producción sin incluir los costos de edulcorante y azúcar. Luego, al costo unitario de producto se le agregará el costo del azúcar o Nutrasweet® correspondiente a la cantidad requerida por litro.

A continuación se presentan las materia primas necesaria para la producción anual de licuados.

Tabla 25: *Materias primas principales necesarias para la elaboración de 300.000 l de licuado.*

Materia Prima	Cantidad total anual	Precio	Total (U\$\$/año)
Kiwi ¹	19.350Kg	0,25 U\$\$/Kg	4.838
Durazno ²	59.850Kg	0,105 U\$\$/Kg	6.285
Frutilla ³	51.450 Kg	0,3 U\$\$/Kg	15.435
Frambuesa ⁴	22.770 Kg	0,52 U\$\$/Kg	11.804
Pectina ⁵	2.400 Kg	20 U\$\$/Kg	48.000
Leche ⁶	144.000 litros	0,2 U\$\$/l	28.800

Total de materia prima sin azúcar ni edulcorante = U\$\$ 115.161

Se agregó en este rubro el costo de los envases suministrado por los proveedores correspondientes⁷. El detalle de los mismos puede verse en el Anexo, Sección "Envases". Los costos son:

-envases tipo Brik con tapa, TetraPak: 34.500 U\$\$/año.

-envases de polietileno: 545 U\$\$/año.

Costo total de los envases: **35.045 U\$\$/año.**

Total de materia prima + envases = **150.206 U\$\$/año.**

Mano de obra: Se determinó que será necesario contratar 12 empleados, cuyas categorías se presentan a continuación:

- 2 operarios generales
- 2 operarios calificados

- 2 medios oficiales
- 1 oficial de oficios generales
- 1 ingeniero en alimentos
- 1 encargado de laboratorio
- 1 personal administrativo: categoría II
- 1 personal administrativo: categoría IV
- 1 personal administrativo: categoría VI

Cabe mencionar que las clasificaciones anteriormente detalladas fueron suministradas por el Sindicato de Trabajadores de Industrias de la Alimentación de la Provincia de Buenos Aires (exceptuando el ingeniero de planta y el encargado del laboratorio) de acuerdo a lo estipulado en el capítulo II (artículos 3, 4 y 5) del Convenio Colectivo de Trabajo N° 244/94 (ver Anexo, Sección “*Mano de obra*”).

El cálculo de los costos implicados en la mano de obra se realizó tomando como base 8 horas por día de trabajo, 25 días al mes durante todo el año.

El salario mínimo que le corresponde a cada empleado según lo estipulado en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 244/94 se detalla en el anexo mencionado. Los costos de mano de obra se calcularon de la siguiente manera:

$$\{[3,29 \text{ \$/hora} + 2 \times (2,16 \text{ \$/hora} + 2,45 \text{ \$/hora} + 2,32 \text{ \$/hora})] \times 8 \text{ horas/día} \times 325 \text{ días}\} + 13 \text{ meses} \times (479,71 \text{ \$/mes} + 616,30 \text{ \$/mes} + 736,78 \text{ \$/mes} + 1.000 \text{ \$/mes} + 1.500 \text{ \$/mes}) = 100.916 \text{ \$/año} \cong 26.212 \text{ US\$/año}$$

El cálculo anterior se realizó considerando 13 meses (o 325 días) para tener en cuenta el aguinaldo de los trabajadores.

Gasto por cargas sociales: 30% del costo de mano de obra = 7.864 US\$/año

Costo total de mano de obra = **34.076 US\$/año**

Supervisión directa y tareas de oficina: la cantidad de trabajo de este tipo está vinculada con la cantidad total de mano de obra, la complejidad de operación y los niveles de calidad de los productos. El rango propuesto por el método de cálculo es: 10-25 % del costo de mano de obra. Debido a que la cantidad de operarios es baja y la supervisión es sencilla se consideró el 10%, o sea **3.408 US\$ /año**.

Servicios auxiliares: se calculó a partir de los costos de energía eléctrica, gas y agua provistos por los proveedores locales junto con los consumos estimados para la planta. Los costos mencionados se presentan en el Anexo, Sección "Servicios".

Costo anual: U\$S 7.680

Mantenimiento y reparaciones: incluyen el costo de mano de obra, materiales y supervisión para el mantenimiento. Debido a que los salarios del personal de mantenimiento ya fueron incluidos en el cálculo de la mano de obra, en este punto sólo se considerará el costo de los materiales y repuestos. Se estimó que el costo de mantenimiento y reparaciones será de 2.000\$/mes \cong **6.234 U\$S/año**.

Suministros para la operación: planos y diagramas, lubricantes, útiles para conserjería y reactivos para análisis. No pueden considerarse materias primas ni materiales para mantenimiento y reparaciones. El rango propuesto por el método es: 0,5-1% de la I_{Fd} . Se seleccionó un valor de 1% debido al alto costo de los líquidos calefactores y refrigerantes utilizados por los equipos. El valor es de **12.183 U\$S/año**

Gastos de laboratorio: incluye el costo de ensayos de control de calidad de los productos y de las operaciones. Del rango propuesto se optó por un valor del 10% del costo de mano de obra. El valor es de **3.408 U\$S/año**

Patentes y regalías: no se deberá adquirir ninguna patente ni pagar por regalías.

Costos directos de producción = 217.195 U\$S/año

B. Gastos fijos:

Depreciación: equipos, edificios y otros objetos materiales de la planta requieren una inversión inicial que debe ser amortizada como un gasto de fabricación debido a la disminución de valor con el tiempo. Para calcularlo se empleó el método de la línea recta según el cual la depreciación se calcula como: $D = e \cdot I_{Fd}$, donde $e = 1/n$ y n es la vida útil de la planta en años. En este caso se utilizó un valor de $n = 10$ años, por lo cual **D = 121.830 U\$S**.

Impuestos locales: los impuestos provinciales y municipales principales que se deberán pagar y el importe correspondiente se detalla a continuación:

- Tasa de seguridad e higiene: 0,6% de las ventas sin I.V.A. Considerando que se tendrá una ganancia promedio del 17% sobre el CTP, este valor equivale a 0,7 %CTP.
- Efluentes industriales: 26 U\$S/mes.
- Tasa sanitaria: 26 U\$S/mes.
- Alumbrado, barrido y conservación de la vía pública \cong 15 U\$S/mes

Total a pagar de impuestos: **804 U\$S/año + 0,007 CTP.**

A estos gastos se deberá adicionar el impuesto correspondiente a rentas.

Seguros: se deben tener en cuenta seguros del establecimiento, seguros para los empleados (ART), seguros contra riesgos, entre otros. Se estimó como el 1% de la inversión fija, lo que equivale aproximadamente a **12.183 U\$S/año.**

Alquileres: no corresponde.

Gastos fijos = 134.817 U\$S/año + 0,007 CTP

C. Gastos generales de la planta

El método propone un rango de 50-70% del costo de mano de obra, supervisión y mantenimiento. Teniendo en cuenta los gastos generales de esta planta el rango propuesto es elevado por lo que se decidió considerar un porcentaje menor (40%). El valor de este ítem es de **17.487 U\$S/año.**

Costos de fabricación = 369.997 U\$S/año + 0,007CTP

II. Gastos generales:

A. Gastos de administración: se estimó como el 15% del costo de mano de obra, supervisión y mantenimiento. Es decir **6.558 U\$S/año.**

B. Gastos de distribución y marketing: el rango propuesto es: 2-20% del costo total del producto. Se eligió un valor del 3%, es decir **0,03 CTP**.

C. Gastos de Investigación y desarrollo: se consideraron \$1000 mensuales, aproximadamente **US\$ 3.120 por año**.

D. Financiación: debido a la situación económica actual del país no se pedirá financiamiento.

Gastos generales = 0,03 CTP + 9.678 US\$/año

Costo total del producto = costos de fabricación + gastos generales

Costo total de producción (sin endulzantes) = 393.743 US\$/ año

Debido a que la producción anual de licuado propuesta es de 300.000 litros (180.000 l para licuado con azúcar y 120.000 l para licuado con edulcorante), el costo total unitario base es de: 1,31 US\$/litro. Como se mencionó antes, a este costo se debe adicionar el costo del azúcar o del Nutrasweet®.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de azúcar y Nutrasweet® que se utiliza por litro de licuado y el costo correspondiente:

Tabla 26: Costo de azúcar y edulcorante no nutritivo.

	Precio US\$/Kg	Cantidad utilizada Kg/ l licuado	Costo US\$ / l licuado
Azúcar ⁸	0,16	0,1	0,016
Nutrasweet® ⁵	70	0,0007	0,049

Costo por litro de licuados con azúcar = US\$ 1,33

Costo por litro de licuados con edulcorante no nutritivo = US\$ 1,36

El costo total de producción anual incluyendo el costo de los endulzantes será de US\$ 402.600.

Se cree que los consumidores están dispuestos a pagar un precio mayor por los licuados con edulcorante que por los que contienen azúcar. Por esta razón, para establecer el precio de venta mayorista se decidió fijar una ganancia del 15% sobre el costo del producto en el caso

de los licuados con azúcar y una ganancia del 20% para los licuados con edulcorante. Por lo tanto, los precios de venta serán los siguientes:

Licuados con azúcar: U\$S 1,53

Licuados con edulcorantes: U\$S 1,63

No se diferenció entre envases de 1.000 cm³ y 250 cm³ ya que la ganancia estimada para ambos es la misma.

Cabe aclarar dos cuestiones fundamentales:

- Este valor de venta no es el precio que paga el consumidor final ya que este precio depende del incremento que aplique el mayorista o supermercado para obtener su porcentaje de ganancia.

- Más allá de la utilidad que pretenda la fábrica, para fijar el precio de venta deberían tenerse en cuenta además, los precios de los competidores, ya que el mercado es uno de los factores que más afecta esta decisión.

Alternativas para reducir el costo de producción

El costo unitario de producción es elevado como para poder ofrecer el producto a un precio competitivo. Para poder llevar a cabo este proyecto en el contexto descrito debería reducirse el costo de producción. Para ello se proponen las siguientes alternativas en orden de importancia:

- Aumentar el volumen de producción. El costo de producción se calculó considerando un único turno de trabajo de 8 horas. Aumentando el volumen de producción el costo unitario del producto disminuirá significativamente. No existen inconvenientes para implementar esta opción ya que no sería necesario modificar los equipos existentes o adquirir nuevos y además, es posible agregar turnos de trabajo.

- No congelar la pulpa de fruta. El equipamiento involucrado en el congelado de la pulpa de fruta representa un porcentaje elevado de la inversión (20%) y, por lo tanto, también tiene gran peso en el costo de producción. La alternativa de no congelar la pulpa de fruta implica procesar sólo frutas de estación. Sin embargo, esta opción no se condice con la estrategia de comercialización planteada inicialmente que se basaba en ofrecer todos los productos elaborados durante todo el año de forma de satisfacer a los clientes y cubrir sus expectativas.

- Pasteurizar el producto envasado. La envasadora representa el 13% de la inversión total. Si se modifica el sistema de esterilización se reducen significativamente los costos.
- Vender pulpa de fruta congelada. Esta actividad permitiría tener una fuente adicional de ingresos y, además, permitiría una mayor utilización del equipamiento de congelado y de la línea de elaboración de pulpa de fruta. Esto posibilitaría realizar una amortización más rápida del equipamiento mencionado.
- Utilizar un sustituto del edulcorante no nutritivo o mezclas de edulcorantes no nutritivos. Puede aprovecharse el sinergismo que existe entre ciertos edulcorantes para abaratar los costos.

Bibliografía

1. Comunicación telefónica con Santiago Van Heden, Vivero Van Heden.
2. Anónimo. www.sagpya.com.ar
3. Comunicación telefónica con Mario Nejamkin.
4. Comunicación telefónica con José Cerda, Empresa Vemarojo
5. Comunicación telefónica con personal de ventas de Gelfix S.A
6. Comunicación personal con la Ingeniera Ana Cantalupi, El Amanecer S. A.
7. Comunicación telefónica con Marcelo Carbol, Tetra-Pak S.A.
8. Comunicación personal con personal de ventas de Ledesma S.A.I.I.

Estimación de la rentabilidad

La rentabilidad mide la ganancia que puede obtenerse en una empresa. Existen diferentes expresiones que intervienen en el cálculo de este indicador ¹:

- Beneficio bruto (BB):

$$BB = N.P_v - C_{sd}$$

Donde $N.P_v$ son los ingresos por ventas, N es la cantidad de litros producidos a una capacidad de producción prefijada, P_v es el precio de venta y C_{sd} es el costo de producción sin incluir el costo de depreciación.

- Beneficio neto antes de impuestos (BNAI):

$$BNAI = N.P_v - C_{sd} - e.I_{Fd}$$

En donde e es el factor de depreciación interno (utilizado internamente por la empresa) e I_F es la inversión fija. Estos beneficios están gravados impositivamente, de modo que el productor no recibe esa cantidad de dinero. El beneficio neto (BN) de la empresa se determina como:

$$BN = N.P_v - C_{sd} - e.I_{Fd} - t.(N.P_v - C_{sd} - d.I_{Fd})$$

donde d es el factor de depreciación legal y t es la tasa impositiva.

En Argentina el método aceptado legalmente para el cálculo de la rentabilidad es el método de la línea recta, por el cual $e = 1/n$, n es la vida útil considerada para la planta y $d = e$. Para este caso se consideró una vida útil de 10 años. La tasa impositiva utilizada es de 0,45. Por lo tanto el beneficio neto resulta: $BN = N.P_v - C_{sd} - e.I_{Fd} (1-0,45)$

- Flujo de caja (FC): es el movimiento de dinero hacia o desde la empresa.

$$FC = N.P_v - C_{sd} - t.(N.P_v - C_{sd} - e.I_{Fd})$$

$$FC = BB - t.(N.P_v - C_{sd} - e.I_{Fd})$$

Los métodos más comunes utilizados para calcular la rentabilidad son:

- Tasa de retorno sobre la inversión original
- Tasa de retorno sobre la inversión promedio
- Valor presente
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Tiempo de repago.

Cada uno tiene sus ventajas y desventajas. Debido a que el método de la tasa interna de retorno tiene en cuenta la modificación del valor del dinero con el tiempo y a que brinda resultados más reales que los demás métodos, se decidió utilizarlo para el cálculo. Por otro lado, para estimar el tiempo mínimo necesario para recuperar la inversión original (I_{Fd}) se decidió utilizar el método del tiempo de repago.

Cálculo de rentabilidad por el método de la TIR

El costo total unitario calculado previamente para una producción anual de 300.000 l de licuado es de 1,33 U\$S/l para licuados con azúcar y 1,36 U\$S/l para licuados con Nutrasweet®. El costo total del producto puede discriminarse como:

$$C_{sd} = N \cdot C_{vu} + CF$$

donde N representa los litros de licuado producidos a una capacidad de producción prefijada, C_{vu} es el costo variable por litro y CF es el costo fijo. Según lo calculado en "Estimación del costo total del producto":

$$CF = 137.635 \text{ U\$S/año}$$

$$N \cdot C_{vu} = 264.965 \text{ U\$S/año.}$$

La planta trabajará a un porcentaje de su capacidad instalada ($N_1 = 300.000$ litros).

Como ya se mencionó en el cálculo del costo total de producto, el precio de venta será de 1,53 U\$S/l para licuados con azúcar y de 1,63 U\$S/l para licuados con edulcorante.

En síntesis, el volumen de producción, los costos y precios de venta de los licuados serán:

Tabla 27: *Volumen de producción, costos y precios de venta de los licuados.*

	Licuado con azúcar	Licuado con edulcorante
Volumen de producción anual	180.000	120.000
Costo total unitario (U\$S)	1,33	1,36
Precio de venta (U\$S)	1,53	1,63

Para facilitar la comprensión de los datos utilizados por el método de la TIR se presenta a continuación un cuadro de usos y fuentes de la fábrica:

Tabla 28: Cuadro de usos y fuentes. Los valores de la tabla están en dólares estadounidenses.

Fuentes:	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
1. Financiación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Ventas netas	471.000	471.000	471.000	471.000	471.000	471.000	471.000	471.000	471.000	471.000
Usos:										
3. Inv. Fija dep.	1.218.300									
4. Capital de trabajo	100.650									
5. Costos producción sin depreciar	280.770	280.770	280.770	280.770	280.770	280.770	280.770	280.770	280.770	280.770
6. BB = (2 - 5)	190.230	190.230	190.230	190.230	190.230	190.230	190.230	190.230	190.230	190.230
7. Depreciación	121.830	121.830	121.830	121.830	121.830	121.830	121.830	121.830	121.830	121.830
BNAI = BB - (c. I_{Fd})	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400
FC = BB - t (2- 5- 7)	159.450	159.450	159.450	159.450	159.450	159.450	159.450	159.450	159.450	594.675

NOTA: En el flujo de caja del año 10 se incluyó el capital de trabajo, el valor del terreno y el valor residual.

En cuanto a las fuentes de financiación, debido a la situación actual del país resulta casi imposible la obtención de créditos para la industria. Por ello se decidió no incluir la financiación.

En el método de la TIR se establece la tasa de interés que debería aplicarse anualmente a los flujos de caja para que la inversión original sea reducida a cero² (o a la suma del valor residual, del terreno y del capital de trabajo). La ecuación que representa el método es:

$$V_p = \sum [FC_j / (1+r)^j] - I_{total} = 0$$

El subíndice j representa el año correspondiente; r es la tasa de interés o TIR e I_{total} es la inversión total, que en este caso es de U\$S 1.356.000

El valor de la TIR se calculó mediante un método de prueba y error. Para el mismo se emplea un factor de descuento para pagos al finalizar el año d_m cuya expresión es la siguiente:

$$d_m = 1 / (1+r)^j$$

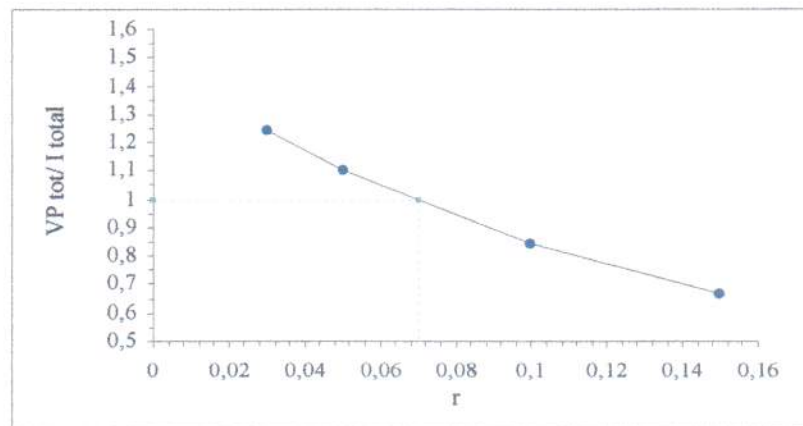
El flujo de caja de cada año se multiplica por su correspondiente valor de d_m y así se obtiene el valor presente para ese año. Luego, sumando los valores presentes de los 10 años se obtiene el valor presente total. Este procedimiento se realiza para distintos valores de r hasta encontrar aquél que haga que el valor presente total se iguale a la inversión total.

En la siguiente tabla se presenta el método de prueba y error utilizado:

Tabla 29: Método de prueba y error para el cálculo de rentabilidad.

Año	FC (U\$S)	r=0,03	r=0,05	r=0,1	r=0,15
		VP (U\$S)	VP (U\$S)	VP (U\$S)	VP (U\$S)
1	159.450	154.806	151.857	144.955	138.652
2	159.450	150.297	144.626	131.777	120.567
3	159.450	145.919	137.739	119.797	104.841
4	159.450	141.669	131.180	108.906	91.166
5	159.450	137.543	124.933	99.006	79.275
6	159.450	133.537	118.984	90.005	68.935
7	159.450	129.647	113.318	81.823	59.943
8	159.450	125.871	107.922	74.385	52.124
9	159.450	122.205	102.783	67.622	45.326
10	594.675	442.494	365.079	229.273	146.995
VP total:		1.683.989	1.498.421	1.147.549	907.824

Para determinar el valor de r correcto se graficó la relación entre el valor presente total y la inversión (I_{total}) y en función de r . En el eje de abscisas se puede obtener el valor de rentabilidad que corresponde a una relación del valor presente total y la inversión total de 1. El gráfico correspondiente puede verse a continuación:

**Gráfico 18:** Estimación de la TIR

Del gráfico 18 se puede ver que la rentabilidad del proyecto es de aproximadamente 7%.

Tiempo de repago: n_r

El tiempo de repago es el mínimo periodo de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión fija inicial depreciable en forma de flujos de caja del proyecto. El cálculo se basa en la siguiente expresión:

$$n_r = I_F \text{ depreciable} / (\text{BN medio} / \text{tiempo}) + (\text{Depreciación media} / \text{tiempo})$$

Para determinarlo se utilizó un método gráfico que permite la interpolación gráfica del n_r a partir de los flujos de caja acumulados. Para utilizar el método mencionado se emplearon los datos de la siguiente tabla:

Tabla 30: Flujos de caja acumulados para el cálculo del tiempo de repago.

Año	FC	FC acumulado
0	-1.218.300	-1.218.300
1	159.450	-1.058.850
2	159.450	-899.400
3	159.450	-739.950
4	159.450	-580.500
5	159.450	-421.050
6	159.450	-261.600
7	159.450	-102.150
8	159.450	57.300
9	159.450	216.750
10	594.675	811.425

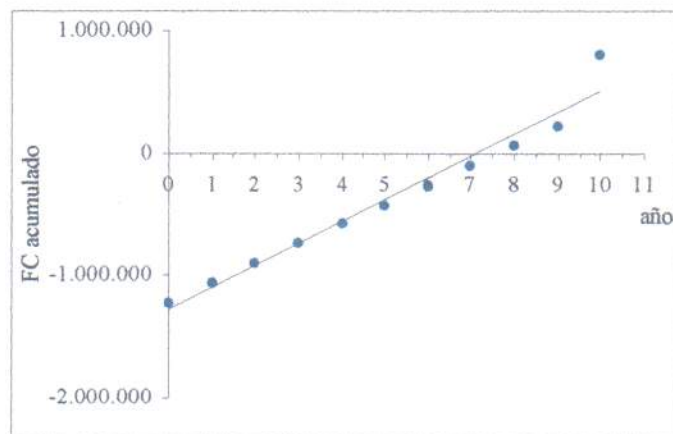


Gráfico 19: Cálculo gráfico del tiempo de repago

El tiempo de repago se obtiene de la intersección de la recta con el eje de abscisas. Por lo tanto, el mismo es de aproximadamente 7 años.

Tanto la TIR como el tiempo de repago obtenidos indican que, bajo las condiciones planteadas, el proyecto es poco rentable. Cabe aclarar que para este tipo de emprendimiento la rentabilidad mínima aceptable es¹ de aproximadamente 20 %. Este valor es superior al correspondiente a industrias no alimenticias debido a que en una planta elaboradora de alimentos se deben considerar algunos factores que afectan específicamente a la rentabilidad. Los mismos son, por ejemplo, la disponibilidad discontinua de las materias primas, su variabilidad con la época del año, el precio de compra de las mismas, el precio de los envases,

la productividad de la mano de obra, etc, y que contribuyen a que el grado de riesgo sea mayor que para otro tipo de industrias.

Una alternativa para mejorar la rentabilidad es incrementar el volumen de producción. Esto es posible ya que la capacidad de los equipos es superior a la necesaria. Por otro lado, al ser un producto esterilizado tiene una vida útil prolongada lo que permitiría ampliar la zona de comercialización y distribución y, en consecuencia, abarcar un porcentaje mayor del mercado.

Además, se puede mejorar la rentabilidad modificando ciertos aspectos del proyecto con el objetivo de disminuir la inversión total y/o el costo de producción. Estas alternativas ya se han mencionado en “Estimación del costo total del producto”, página 173.

Bibliografía

1. Zugarramundi, A, Parín, M.A. Apuntes de rentabilidad, Cátedra de Ingeniería Económica. U.N.M.D.P., Facultad de Ingeniería, 1.993.
2. Peters, M. y Timmerhauss, K. Diseño de plantas y su evaluación económica para ingenieros químicos. Segunda edición. Mc Graw Hill. 1980.

Capítulo IV

**“Trámites necesarios para producir
y comercializar alimentos”**

Trámites necesarios para producir y comercializar alimentos

A continuación se enumeran los requisitos a cumplir para habilitar el establecimiento elaborador, inscribir productos, envases y transportes que trasladan los alimentos para su posterior comercialización:

1. Habilitación e inscripción del establecimiento
2. Inscripción del producto
3. Aprobación de envases
4. Habilitación de transportes
5. Registro de una marca
6. Rotulación del alimento envasado
7. Obtención del código de barras

Habilitación e inscripción del establecimiento

Habilitación municipal

La documentación necesaria para la iniciación del expediente de habilitación según Ordenanza 10.392/96 y su Decreto reglamentario N°322/97 es:

- Solicitud de constancia de Uso de Suelo (formulario N°1), llenado en todas sus partes con las visaciones completas y sellado fiscal pertinente. (Duplicado)
- Fotocopia de la tasa de Alumbrado, Limpieza y Conservación de la Vía Pública.
- Cuatro copias heliográficas de croquis de habilitación (no fotocopias). En caso de solicitar habilitar un sector edilicio, deberá ubicarse este respecto al resto de la edificación y/o predio en que se asienta.
- Certificado de prefactibilidad de servicios de agua y cloacas expedido por O.S.S.E. En el anexo se adjunta la resolución 198/2.000 que establece los límites máximos permisibles de los efluentes que se vayan a descargar al colector cloacal y un esquema de la memoria que debe presentarse para obtener este certificado.
- Certificado de categorización (Ley 11.459). Los formularios que deben llenarse son enviados a la ciudad de La Plata en donde se lleva a cabo el trámite

requerido para obtener la certificación Más adelante se explicará en qué consisten y cómo obtener la categorización y el certificado de aptitud ambiental.

Los datos que deben presentar los solicitantes de la habilitación son los siguientes:

Los titulares:

- documento (D.N.I./LE/CED FED/LIC.COND)

Los gestores:

- Contrato de gestión visado por colegio de gestores (original)
- Carnet de Gestor

Los profesionales:

- Contrato visado por el Colegio respectivo (original)
- Carnet profesional

Los apoderados:

- Poder certificado ante Escribano Público (original y copia)
- Acta de Asesoría Letrada de la Municipalidad
- Nota simple, con firmas certificadas de la División Administrativa de la

Dirección de Ordenamiento Territorial.

De acuerdo a lo solicitado por la Secretaria de Economía y Hacienda con fecha 29-08-02 todo contribuyente de Tasas, Derechos y Contribuciones municipales deberá presentar el número de C.U.I.T, C.U.I.L O C.D.I

Previo a formar expediente el interesado debe presentarse en las dependencias de la Municipalidad del Partido de General Pueyrredón, siguiendo el orden que se detalla a continuación:

1. Caja: Formulario N° 1 completo
2. Departamento de Catastro: Formulario N°1 completo, recibo de Tasa Alumbrado, Limpieza y Conservación de la Vía Pública. (fotocopia)
3. Propiedad Inmueble: formulario N°1 completo
4. Dirección de obras privadas: Formulario N°1 completo, croquis de habilitación (4 copias), plano de obra aprobado.
5. Departamento de Uso de Suelo: documentación completa que corresponda según el caso y lo indicado al dorso del Formulario N°1, con sellado y visaciones completas.

6. Mesa de entradas general, Archivo, Inspección o Delegaciones: según corresponda por indicación del Departamento de Uso de Suelo.

Inscripción provincial

Si se cuenta con una industria establecida en el ámbito de la provincia de Buenos Aires, la autoridad de aplicación es el Ministerio de Salud Provincial. Allí se debe realizar la inscripción del establecimiento y este organismo otorgará el RPE (Registro provincial de establecimientos) que permite el tránsito en todo el territorio nacional.

La documentación requerida para la tramitación del RPE es la siguiente:

- Nota de solicitud ante autoridad sanitaria correspondiente (indicando el horario de atención, número de teléfono y autorización del dueño del establecimiento para permitir la entrada de inspectores de la autoridad competente, en cualquier momento, sea en horario de funcionamiento o no).

- Si el trámite se inicia ante esta dirección timbrar la nota de solicitud por \$ 60,50 ante Banco Provincia de Buenos Aires.

- Presentación por sextuplicado de las planillas de inscripción de establecimiento (firmadas por original).

- Fotocopia de habilitación municipal o constancia firmada por director.

- Fotocopia de certificado de categorización o constancia de iniciación de trámite.

- Fotocopia de análisis de agua físico-químico y bacteriológico realizado por ente oficial o de tener agua de red fotocopia del último recibo de pago actualizado.

- Fotocopia de constancia de inscripción ante A.F.I.P.

- En caso de tratarse establecimientos lácteos o cárnicos presentar fotocopia de habilitación de SENASA o Dirección de Ganadería.

- Fotocopia del plano del establecimiento (con ubicación de maquinarias) (de acuerdo a metros cuadrados se calcula el pago de módulos)

- Fotocopia del título del Director Técnico del establecimiento.

- Fotocopia del contrato social.

- En caso de cambio de razón social, domicilio, ampliación de rubro, importar-exportar, deberá presentar certificado original de R.P.E. (en caso de extravío adjuntar constancia de denuncia policial) asimismo las planillas mencionadas en el punto 3 deberán ser por cuadruplicado.

- Cuando se produzcan cambios de razón social presentar contrato social, habilitación municipal y categorización a nombre de la nueva razón social.

- Para solicitud de ampliación para importar-exportar adjuntar fotocopia de planilla de inscripción ante aduana, certificado original de R.P.E. y dos planillas de inscripción de establecimiento.

- Breve descripción de proceso de elaboración - enunciación de puntos críticos (selección de materias primas, buenas normas de manipulación, manejo adecuado y correcto de ingredientes y agregados), estabilizantes, aditivos, etc.

- Todas las fotocopias que se presenten deben ser autenticadas.

- Poder otorgado por la firma (autenticado).

- Los establecimientos a inspeccionar deberán estar en condiciones: terminada su construcción, en todas sus dependencias como así también la ubicación de sus maquinarias elaboradoras y fraccionadoras.

Obtención del registro provincial de producto alimenticio (RPPA)

La inscripción del producto está regida por la Ley 18.284 y sus decretos reglamentarios y modificatorios (Código Alimentario Argentino).

Para poder iniciar los trámites de inscripción del producto se debe contar previamente con el certificado de habilitación del establecimiento elaborador.

En el caso de este proyecto es necesario contar con un director técnico (profesional universitario con incumbencias en el tema). El director técnico firma las declaraciones juradas y realiza las tramitaciones.

El expediente para la inscripción del producto consta de:

- Nota de presentación solicitando la inscripción del, o los productos (en caso de expedientes municipales pueden incluirse hasta 5 en cada uno).

- Anexo I: constan los datos de la empresa que presenta y elabora el producto y las materias primas utilizadas.

- Anexo II: consta la composición cuali-cuantitativa del producto y el proceso de elaboración y modo de conservación. Se entrega por triplicado.

- Declaración jurada: que debe estar firmada por el director técnico o el responsable de la empresa, según corresponda. (Una por cada producto).

- Constancia de registro: donde se vuelcan los datos de la empresa, la habilitación, datos de los apoderados y del director técnico.

- Proyectos de rótulo por cuadruplicado donde debe constar la razón social, el domicilio del establecimiento elaborador, el RPE o expediente de habilitación municipal, el número de certificado del producto, la denominación y marca del mismo, y todo otro dato que sea obligatorio según el tipo de producto.

- Planillas de tránsito federal por quintuplicado (en el caso de solicitarlo)
- Planilla de aranceles a abonar en cada uno de los casos

Todos los formularios, Anexo I y Anexo II que se mencionaron anteriormente se presentan en el anexo.

Por otro lado, además de todos los certificados, se deben abonar en la Municipalidad una serie de aranceles (boleta de depósito en el Banco Provincia por producto rotulado, sellado de nota al intendente, toma de muestra por expediente, ordenanza fiscal por producto, análisis físico-químico y análisis bacteriológico).

Aprobación de envases

Para la aprobación de envases se debe llenar el formulario *Envases y equipamiento en contacto con el alimento*.

Los trámites deben ser realizados por personal con poder por parte de la empresa, debidamente acreditado.

El valor del documento es aproximadamente \$300.

Registro de una marca de fantasía

El registro de una marca se realiza en el INPI (Instituto Nacional de Propiedad Industrial). El costo del trámite es de \$100. El trámite definitivo puede tener una duración que oscila entre 60 días y un año.

Rotulación del alimento envasado

La información que debe constar en todo alimento envasado que se expenda en el país, de acuerdo a lo establecido en el Código Alimentario Argentino, se presenta en el anexo con el nombre de Proyecto de Rótulo.

Obtención del código de barras

Para tramitar el código de barras la empresa debe inscribirse en CÓDIGO (Asociación Argentina de codificación de productos comerciales), representante de EAN international en Argentina. Se deben cumplimentar los siguientes pasos:

- Completar las solicitudes presentando la empresa y los artículos a identificar firmadas por el titular o apoderado de la misma.
- Enviar las solicitudes a CODIGO, acompañadas por el formulario 576 de la D.G.I y copia de una factura de un servicio público para acreditar el domicilio de la empresa.
- Una vez otorgado el número de código, la empresa deberá solicitar el Film Master en cualquier empresa proveedora.

Categorización de la empresa

De acuerdo con lo establecido por el Artículo 15° de la Ley 11.459, la totalidad de los establecimientos industriales, a instalarse o instalados en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, deberán ser clasificados en una de las tres (3) categorías, de acuerdo con su Nivel de Complejidad Ambiental (N.C.A.).

De acuerdo a la índole del material que manipulen, elaboren o almacenen, a la calidad o cantidad de sus efluentes, al medio ambiente circundante y a las características de su funcionamiento e instalaciones, los establecimientos industriales se clasificarán en tres (3) categorías:

a) Primera categoría, que incluirá aquellos establecimientos que se consideren inocuos porque su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad o higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al medio ambiente.

b) Segunda categoría, que incluirá aquellos establecimientos que se consideran incómodos porque su funcionamiento constituye una molestia para la salubridad e higiene de la población u ocasiona daños a los bienes materiales y al medio ambiente.

c) Tercera categoría, que incluirá aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente.

El N.C.A. de un proyecto o establecimiento industrial queda definido por:

- La clasificación de la actividad por rubro (Ru), que incluye la índole de las materias primas, de los materiales que manipulen, elaboren o almacenen, y el proceso que desarrollen.
- La calidad de los efluentes y residuos que genere (ER).
- Los riesgos potenciales de la actividad, a saber: incendio, explosión, químico, acústico y por aparatos a presión que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante (Ri).
- La dimensión del emprendimiento, considerando la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie (Di).
- La localización de la empresa, teniendo en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee (Lo).

El Nivel de Complejidad Ambiental se expresa por medio de una ecuación polinómica de cinco términos:

$$\text{N.C.A.} = \text{Ru} + \text{ER} + \text{Ri} + \text{Di} + \text{Lo}$$

De acuerdo a los valores del N.C.A. las industrias se clasificarán en primera, segunda o tercera categoría.

Los Formularios Base para la Categorización de las industrias serán entregados por los municipios, bajo cuya jurisdicción se encuentra o encontrará el establecimiento a categorizar. Una vez completado por el interesado, y suscrito por el titular o apoderado de la firma, será el propio municipio quien lo recepcionará sin más requisitos, certificará la zona de emplazamiento del establecimiento, de acuerdo con lo establecido por el Decreto - Ley 8912/77 (de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo) y la Ley 11.459, y remitirá la documentación a la Autoridad de Aplicación, previamente caratulada en forma de expediente, en un plazo no mayor de diez (10) días.

La Autoridad de Aplicación será la encargada de categorizar los emprendimientos, para lo cual contará con un plazo de veinte (20) días, contados a partir de la recepción de la documentación necesaria por parte del Municipio respectivo.

Fórmula para la categorización de industrias

Los valores que pueden adoptar los parámetros de la fórmula para la categorización de industrias son los siguientes:

Nivel de complejidad

- Hasta 11 : Establecimientos de **Primera Categoría**
- De 12 a 25: Establecimientos de **Segunda Categoría**
- Mayor de 25: Establecimientos de **Tercera Categoría**

Efluentes y Residuos

Se clasifican como de tipo 0, 1 ó 2 según el siguiente detalle:

Tipo 0

- Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural.
- Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente.
- Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios

Tipo 1

- Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.
- Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos especiales ó que no pudiesen generar residuos especiales. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos especiales ó de establecimientos que no pudiesen generar residuos especiales.

Tipo 2

- Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1.
- Líquidos: con residuos especiales, ó que pudiesen generar residuos especiales. Que posean o deban poseer más de un tratamiento.

- Sólidos y/o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos especiales.

De acuerdo al tipo de efluentes y residuos generados, el parámetro **E R** adoptará los siguientes valores:

Tipo 0: se le asigna el valor 0

Tipo 1: se le asigna el valor 3

Tipo 2: se le asigna el valor 6

En aquellos casos en que los efluentes y residuos generados en el establecimiento correspondan a una combinación de más de un tipo, se le asignará el tipo de mayor valor numérico.

Rubro

De acuerdo a la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, se dividen en tres grupos

- Grupo 1: se le asigna el valor 1
- Grupo 2: se le asigna el valor 5
- Grupo 3: se le asigna el valor 10

Riesgo

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:

- Riesgo por aparatos sometidos a presión
- Riesgo acústico
- Riesgo por sustancias químicas
- Riesgo de explosión
- Riesgo de incendio.

Dimensionamiento

Tendrá en cuenta:

- a) Cantidad de personal
 - Hasta 15: adopta el valor 0
 - Entre 16 y 50: adopta el valor 1
 - Entre 51 y 150: adopta el valor 2
 - Entre 151 y 500: adopta el valor 3
 - Más de 500: adopta el valor 4
- b) Potencia instalada (en HP)
 - Hasta 25: adopta el valor 0
 - De 26 a 100: adopta el valor 1
 - De 101 a 500: adopta el valor 2
 - Mayor de 500: adopta el valor 3
- c) Relación entre Superficie cubierta y Superficie total
 - Hasta 0,2: adopta el valor 0
 - De 0,21 hasta 0,5 adopta el valor 1
 - De 0,51 a 0,81 adopta el valor 2
 - De 0,81 a 1,0 adopta el valor 3

Localización

Tendrá en cuenta:

- a) Zona
 - Parque industrial: adopta el valor 0
 - Industrial Exclusiva y Rural: adopta el valor 1
 - El resto de las zonas: adopta el valor 2
- b) Infraestructura de servicios de:
 - Agua
 - Cloaca
 - Luz
 - Gas

Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5

Una vez categorizado el emprendimiento, y no tratándose de un establecimiento de 1º Categoría, el interesado deberá presentar, ante la Autoridad de Aplicación o el Municipio según corresponda, una Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) del mismo.

Certificación de Aptitud Ambiental

Todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales.

El objeto es verificar la aptitud ambiental del emplazamiento seleccionado, el perfil de las industrias que podrán instalarse en el mismo y evitar la generación de daños a la población y el medio ambiente.

Los establecimientos industriales que deseen instalarse en territorio provincial en los términos de la Ley 11.459, deberán dar estricto cumplimiento a la totalidad de las disposiciones de esta normativa a partir de la etapa de proyecto.

Las industrias a instalarse, para obtener el Certificado de Aptitud Ambiental correspondiente, deberán presentar la totalidad de los requisitos que a continuación se detallan:

1) Nota de solicitud del Certificado de Aptitud Ambiental, acreditando nombre del titular, razón social y domicilio del establecimiento industrial, datos del representante legal o apoderado (testimonio de los instrumentos legales que lo acrediten), domicilio legal y testimonio del contrato social inscripto, datos que serán exigidos en su totalidad según correspondiere.

2) Formulario Base para la Categorización (Anexo 3 de la presente reglamentación).

3) Factibilidad de provisión e informe sobre los consumos máximos estimados de agua, energía eléctrica y gas .

4) Constancia de inicio de trámite para la obtención del permiso de vuelco de efluentes líquidos industriales expedido por el organismo con competencia.

5) Memoria descriptiva de los procesos productivos con detalle de cada etapa.

6) Croquis con identificación de los equipos o instalaciones productores de efluentes gaseosos, líquidos, sólidos y/o semisólidos.

7) Descripción de los elementos e instalaciones para la seguridad y la preservación de la salud del personal, como así también para la prevención de accidentes en función de la cantidad de personal y el grado de complejidad y peligrosidad de la actividad industrial a desarrollar.

Una vez ingresada una solicitud de Certificado de Aptitud Ambiental en dependencias de la Autoridad de Aplicación o en el Municipio en su caso, la decisión definitiva deberá adoptarse en un plazo de noventa (90) días para los establecimientos de tercera categoría y de cuarenta y cinco (45) días para los de primera y segunda categorías. Si al vencimiento de dichos plazos no hubiese pronunciamiento, el funcionario responsable deberá informar al interesado y a sus superiores jerárquicos sobre los motivos de la demora; y si transcurrieron sesenta (60) días más desde el vencimiento de los plazos establecidos y mediare pedido de pronto despacho sin satisfacer, el Certificado de Aptitud Ambiental se considerará automáticamente concedido cualquiera sea la categoría que corresponda a la solicitud.

La aprobación o el rechazo definitivo de la Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A) dará lugar a la emisión de una Declaración de Impacto Ambiental por parte de las dependencias específicas de la Autoridad de Aplicación o el Municipio.

Sólo en caso de aprobación de la E.I.A. podrá otorgarse el Certificado de Aptitud Ambiental del emprendimiento.

El rechazo del estudio implicará la no aptitud de dicho proyecto en el emplazamiento propuesto y la denegación del Certificado de Aptitud Ambiental.

La Autoridad de Aplicación o el Municipio podrán autorizar la realización de pruebas y/o ensayos, es decir la puesta en funcionamiento temporario de las instalaciones industriales, en forma previa a la expedición del Certificado de Aptitud Ambiental, en aquellos casos que, a su juicio, resulte necesario tal acción con el fin de verificar el cumplimiento de la normativa ambiental provincial, la protección y preservación ambiental, y de la salud y seguridad de la población en general.

La validez del Certificado de Aptitud Ambiental será de dos (2) años, contados a partir de la fecha de emisión del mismo. Producido su vencimiento y en un plazo no mayor de un (1) mes, el interesado deberá solicitar su renovación por igual término.

El Certificado de Aptitud Ambiental de los establecimientos de 1º categoría será otorgado por el municipio correspondiente. El de los establecimientos de 2º categoría por el municipio respectivo, previo convenio con la autoridad de aplicación. El Certificado de Aptitud Ambiental de los establecimientos clasificados en 3º categoría será otorgado, en todos los casos, por la autoridad de aplicación.

La solicitud de renovación del Certificado de Aptitud Ambiental deberá presentarse ante la Autoridad de Aplicación, el Municipio o la Autoridad Portuaria Provincial, según corresponda, acompañada de la siguiente documentación:

1. Nota de solicitud de renovación del Certificado de Aptitud Ambiental.
2. Declaración Jurada ratificando la vigencia de las condiciones declaradas en oportunidad del otorgamiento del Certificado de Aptitud Ambiental anterior, o Formulario Base de Categorización para reclasificación, si se previere realizar ampliaciones o modificaciones.
3. Informe de Auditoría Ambiental.

Todos los formularios mencionados que deben completarse para los trámites anteriores se encuentran en el Cuerpo III sección "*Tablas, gráficos y formularios*".

Capítulo V

**“Implementación de un sistema H.A.C.C.P.
para la elaboración de licuados de fruta”**

Implementación de un sistema H.A.C.C.P. en la elaboración de licuados de fruta

Introducción

El sistema H.A.C.C.P. (sistema de análisis de peligros e identificación de puntos críticos de control) tiene como objetivo garantizar la inocuidad de los alimentos mediante la ejecución de una serie de acciones específicas. Se basa en el conocimiento de los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en una o más etapas del procesamiento y en la toma de medidas para el control de los mismos. Es un método de carácter preventivo.

Para poder implementar un sistema H.A.C.C.P. la planta debe contar previamente con un programa de pre-requisitos basados en Buenas Prácticas de Manufactura (B.P.M) y Procedimientos de Operaciones Estándar de Sanitización (S.S.O.P.'s). Estos programas están diseñados para brindar al proceso de elaboración un medio ambiente que garantice alimentos sanos y seguros.

Los procedimientos S.S.O.P.'s tienen como meta controlar las condiciones sanitarias del medio ambiente de la planta. Son procedimientos operativos estandarizados que describen las tareas de saneamiento. Se aplican antes, durante y después de las operaciones de elaboración.

Las B.P.M. son procedimientos de elaboración utilizados en la industria alimentaria que se ejecutan bajo normas de calidad y sanidad destinadas a garantizar que se obtendrán alimentos seguros.

El sistema H.A.C.C.P. está basado en los principios que a continuación se detallan:

- **Principio 1:** Realizar un análisis de los peligros en todas las fases de la producción hasta el consumo y evaluar la probabilidad de que se produzcan riesgos. Los peligros pueden ser de tres tipos: microbiológicos (bacterias patógenas, virus, etc.), químicos (pesticidas, productos de limpieza, etc.) y físicos (vidrios, metales, etc.).

- **Principio 2:** Determinar los puntos críticos de control (P.C.C.). Un P.C.C. es una fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para evitar o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

- **Principio 3:** Establecer los límites críticos para cada P.C.C.. Si estos límites están fuera de la tolerancia el proceso está fuera de control y existe peligro potencial.

- **Principio 4:** Establecer un sistema de monitoreo que asegure el control de los P.C.C.. El monitoreo o vigilancia es la medición u observación programada de un P.C.C. en relación

con sus límites críticos. Los procedimientos de vigilancia deben ser capaces de detectar una pérdida de control en el P.C.C..

• Principio 5: Establecer acciones correctivas. Las medidas correctivas deben aplicarse cuando los resultados de la vigilancia indican una tendencia hacia la pérdida de control en un P.C.C. y deben ser dirigidas a restablecer el control del proceso antes que la desviación dé lugar a una pérdida de la inocuidad. Estas medidas se refieren a los procedimientos que deben realizarse sobre el proceso y al destino de los productos afectados por la desviación.

• Principio 6: Establecer procedimientos de verificación. Se deben establecer procedimientos que permitan verificar que el programa H.A.C.C.P. funciona correctamente.

• Principio 7: Establecer un sistema de documentación. Para aplicar el programa H.A.C.C.P. es fundamental contar con un sistema de registro eficiente y preciso. Esto considera la elaboración de un manual que incluya la documentación sobre todos los procedimientos del programa.

La aplicación de los principios del sistema H.A.C.C.P. consta de una serie de operaciones ordenadas en una secuencia lógica, que consiste en 12 pasos.

1. Formación de un equipo de H.A.C.C.P.
2. Descripción del producto
3. Determinación del uso al que ha de destinarse el alimento
4. Elaboración de un diagrama de flujo
5. Confirmación in situ del diagrama de flujo
6. Realizar un análisis de peligros (Principio 1)
7. Determinar los puntos críticos de control. (Principio 2)
8. Establecer los límites críticos para cada P.C.C. (Principio 3)
9. Establecer un sistema de monitoreo que asegure el control de los P.C.C. (Principio 4)
10. Establecer las acciones correctivas. (Principio 5)
11. Establecer procedimientos de verificación. (Principio 6)
12. Establecer un sistema de documentación. (Principio 7)

A continuación se desarrollarán los puntos que en esta etapa del proyecto es posible realizar. No se puede llevar a cabo la confirmación in situ del diagrama de flujo ya que para ello es necesario que la planta esté en funcionamiento de manera de poder comparar el diagrama de flujo presentado con el que se da en la planta. Tampoco es posible realizar la

verificación del sistema H.A.C.C.P. ya que la misma se practica cuando el sistema ya está implementado.

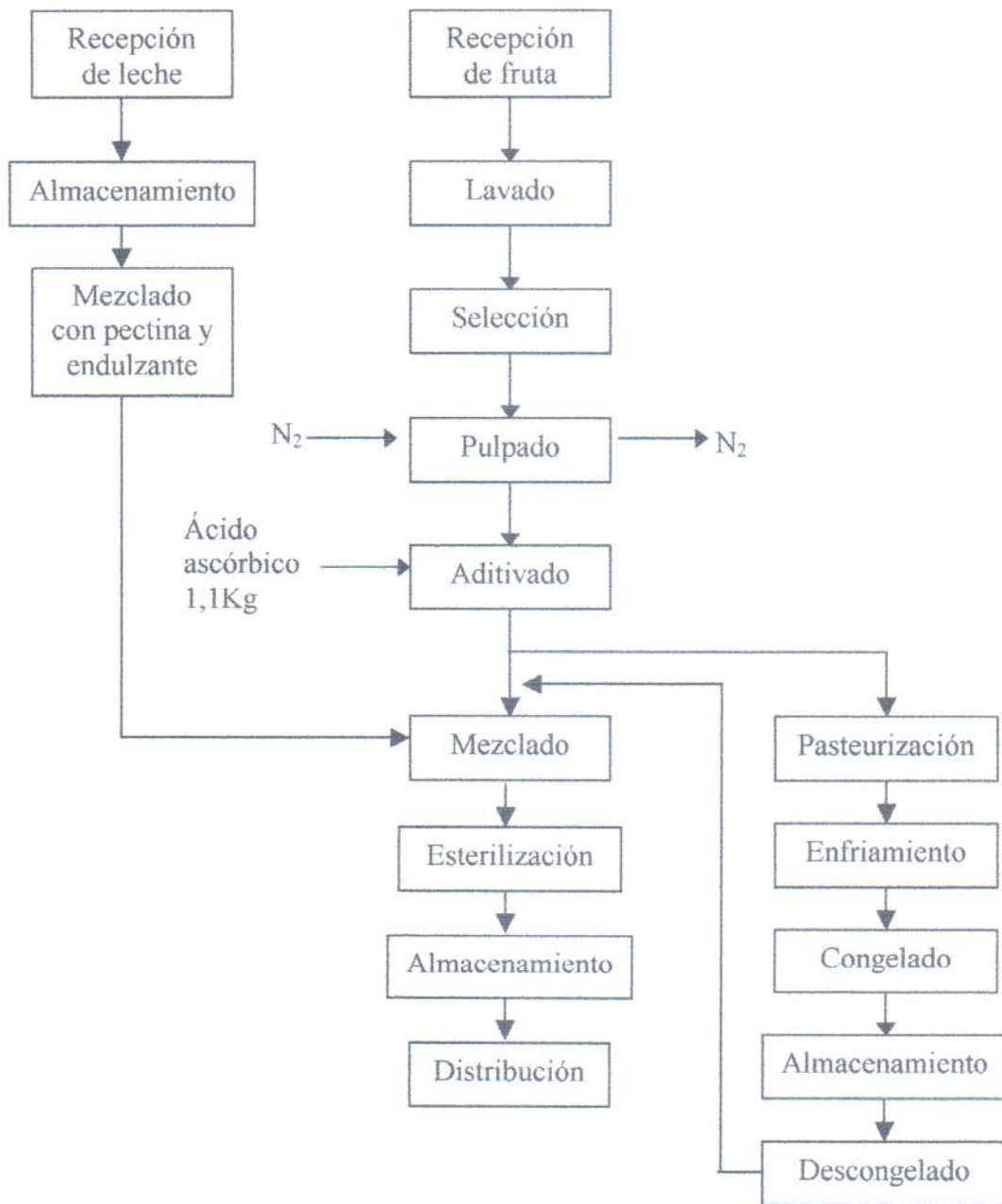
Descripción del producto

Descripción	Bebida láctea con pulpa de fruta, endulzada con azúcar o edulcorante no nutritivo, esterilizada y envasada en envases de cartón tipo brik con tapa, de 250 y 1000 cm ³ .
Composición	<ul style="list-style-type: none"> • Licuados de frutilla, frambuesa y durazno con azúcar : <ul style="list-style-type: none"> Pulpa de fruta 44,6 % Leche descremada pasteurizada 44,6% Azúcar 10 % Pectina 0,8% • Licuados de frutilla, frambuesa y durazno con edulcorante: <ul style="list-style-type: none"> Pulpa de fruta 49,25% Leche descremada pasteurizada 49,25% Edulcorante no nutritivo..... 0,7 % Pectina 0,8% • Licuado de kiwi con azúcar : <ul style="list-style-type: none"> Pulpa de fruta 35,7 % Leche descremada pasteurizada 53,5% Azúcar 10 % Pectina 0,8% • Licuados de kiwi con edulcorante: <ul style="list-style-type: none"> Pulpa de fruta 39,4 % Leche descremada pasteurizada 59,1% Edulcorante no nutritivo..... 0,7% Pectina 0,8%
Tratamiento	<p><u>Elaboración del licuado con pulpa de fruta fresca:</u> acondicionamiento y pulpado de la fruta, agregado de ácido ascórbico, aditivado de la leche con pectina y endulzante, mezclado de pulpa de fruta con leche aditivada, esterilizado y envasado aséptico.</p> <p><u>Elaboración de licuado con pulpa de fruta congelada:</u> descongelado de la pulpa, aditivado de la leche con pectina y endulzante, mezclado de pulpa de fruta con leche aditivada, esterilizado y envasado aséptico.</p>

Envasado	Envasado primario aséptico en envases de cartón tipo brik con tapa. Empaque secundario en packs de cartón corrugado recubiertos con film termocontraíble.
Condiciones de almacenamiento y distribución	El producto se debe almacenar y distribuir a temperatura ambiente.
Vida útil del producto	Un año, mantenido en las condiciones mencionadas en el punto anterior
Instrucciones para el uso	Producto destinado al consumo directo. No requiere refrigeración. Debe ser agitado antes de consumir.
Usos esperados	Este producto será utilizado como refresco y bebida nutritiva.
Tipos de consumidor	Destinado en general a poblaciones no sensibles de todas las edades. No apto para personas sensibles a la lactosa.
Mercado	De consumo doméstico

Elaboración de un diagrama de flujo

A continuación se presenta el diagrama de flujo general para la elaboración de licuados de fruta. En el mismo no se diferenciaron entre la elaboración de licuados con edulcorantes y licuados con azúcar ya que las etapas para cada uno son las mismas y la única diferencia radica en el endulzante agregado.



Análisis de peligros

Para cada una de las etapas del diagrama de flujo se evaluaron los posibles peligros físicos, químicos y microbiológicos y se determinaron las medidas preventivas que deberían aplicarse para eliminar el peligro o reducirlo a un nivel aceptable. Esta información se presenta en la tabla 1. Los números que figuran en la primera fila de dicha tabla corresponden a los siguientes enunciados:

- 1: Etapa
- 2: Identificación de peligros potenciales que puedan ser introducidos, controlados o incrementados en este paso
- 3: El peligro identificado es significativo para la seguridad del alimento? SI/NO
- 4: Justificación de la decisión tomada en la columna 3
- 5: Medidas preventivas que puedan ser tomadas en este paso para los peligros significativos

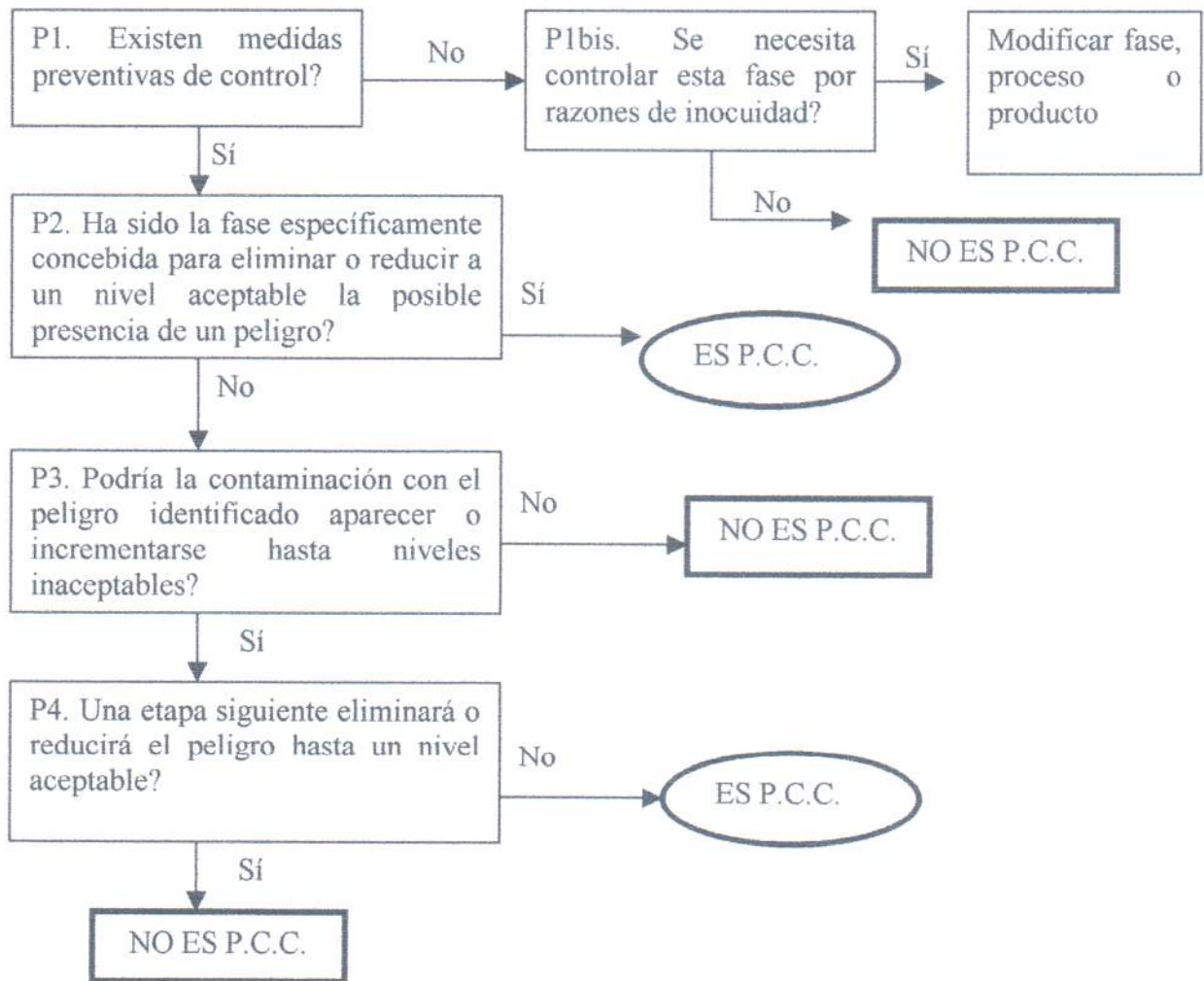
Tabla 31: Análisis de peligros en cada una de las etapas del proceso productivo

1. Etapa	2	3	4	5
Recepción de la fruta	Químico	Sí	Presencia de residuos de compuestos químicos como plaguicidas y fertilizantes en la fruta.	Acordar con el proveedor tipo y cantidad de compuestos químicos a aplicar a la fruta.
	Físico	Sí	Presencia de objetos extraños (tierra, metales, piedras, etc). Magullos en la fruta.	Acuerdo con proveedor. Descargar cuidadosamente la fruta.
	Biológico	Sí	Presencia de plagas, insectos, hongos.	Fumigación.
Almacenamiento refrigerado	Químico	No		
	Físico	Sí	Magullado de frutas por estivado inadecuado.	B.P.M.
	Biológico	Sí	Desarrollo de hongos y/o patógenos por condiciones inadecuadas de temperatura, tiempo y humedad.	B.P.M y S.S.O.P.'s.
Lavado de la fruta	Químico	Sí	Concentración mayor de la permitida de cloro en el agua de lavado.	S.S.O.P.'s y B.P.M.
	Biológico	Sí	Contaminación con microorganismos por uso de agua contaminada.	
	Físico	No		
Selección de la fruta	Químico	No		B.P.M. y mantenimiento adecuado de las instalaciones.
	Físico	Sí	Objetos extraños que puedan incorporarse en esta etapa (aros, anillos, colgantes, tornillos, etc.)	
	Biológico	Si	Desarrollo de microorganismos provenientes de las superficies u operarios.	
Triturado Despulpado	Químico	No		Mantenimiento preventivo de los equipos.
	Físico	Si	Objetos extraños provenientes del equipo.	

Tamizado	Biológico	Sí	Contaminación con microorganismos que se desarrollaron por limpieza inadecuada de los equipos.	S.S.O.P.'s
Mezcla de pulpa con ácido ascórbico	Químico	Sí	Ácido ascórbico que no sea de uso alimentario.	Selección del proveedor.
	Físico	Sí	Objetos extraños.	B.P.M y mantenimiento de las instalaciones.
	Biológico	No		
Mezcla de leche con pectina y endulzante	Químico	No		
	Físico	Sí	Presencia de cuerpos extraños	B.P.M y mantenimiento de las instalaciones y equipos
	Biológico	No		
Mezcla de leche aditivada con pulpa de fruta	Químico	No		
	Físico	Sí	Objetos extraños.	B.P.M y mantenimiento preventivo de los equipos.
	Biológico		Desarrollo de microorganismos por limpieza inadecuada de equipos.	B.P.M. y S.S.O.P.'s
Esterilización del licuado	Químico	No		
	Físico	No		
	Biológico	Sí	Desarrollo de microorganismos que sobrevivieron por un tratamiento insuficiente.	Control de tiempo y temperatura.
Envasado del licuado	Químico	Sí	Contaminación con material del envase.	Selección del proveedor
	Físico	Sí	Presencia de cuerpos extraños.	Mantenimiento preventivo del equipo
	Biológico	Sí	Recontaminación.	B.P.M.
Almacenamiento de producto terminado	Químico	No		
	Físico	No		
	Biológico	No		
Distribución	Químico	No		
	Físico	Sí	Daños en el envase.	B.P.M
	Biológico	No		
Pasteurización de pulpa de fruta	Químico	No		
	Físico	No		
	Biológico	Sí	Desarrollo de microorganismos que sobrevivieron por un tratamiento insuficiente.	Control de tiempo y temperatura
Envasado de pulpa de fruta	Químico	No		
	Físico	Sí	Presencia de cuerpos extraños.	Mantenimiento preventivo del equipo.
	Biológico	Sí	Recontaminación.	B.P.M.
Congelado de pulpa de fruta y almacenamiento	Químico	No		
	Físico	No		
	Biológico	Sí	Desarrollo de microorganismos patógenos.	Control de temperatura y B.P.M.
Descongelado de pulpa de fruta	Químico	Sí	Concentración mayor de la permitida de cloro en el agua de la bacha.	S.S.O.P.'s y B.P.M.
	Biológico	Sí	Contaminación con microorganismos por uso de agua contaminada.	
	Físico	No		

Determinación de puntos críticos de control

Para facilitar la determinación de los puntos críticos de control se aplicó una secuencia lógica de decisiones denominada árbol de decisiones. Existen varios modelos de árboles de decisión. En este caso se utilizó el siguiente:



En la siguiente tabla se presentan los resultados que se obtuvieron al aplicar el árbol de decisión presentado a cada una de las etapas del proceso:

Tabla 32: Resultados de la determinación de P.C.C..

Etapa	P1	P2	P3	P4	Es P.C.C. ?
Recepción de la fruta	Sí	No	Sí	No	Sí
Almacenamiento refrigerado	Sí	No	Si	Si	No
Lavado	Sí	No	Sí	Sí	No
Selección	Sí	No	Si	Si	No
Triturado/Despulpado/Tamizado	Sí	No	Si	Si	No
Mezcla de pulpa con ácido ascórbico	Sí	No	Si	No	Sí
Mezcla de leche con pulpa de fruta	Sí	No	Si	Si	No
Esterilización del licuado	Sí	Si	--	--	Sí
Envasado del licuado	Sí	No	Si	No	No*
Almacenamiento de producto final	No	--	--	--	No
Distribución	Sí	No	Si	No	Sí
Mezcla de leche con aditivos	Sí	No	Si	No	Sí
Pasteurización de la pulpa de fruta	Sí	Sí	--	--	Si
Envasado de la pulpa de fruta	Sí	No	Si	Si	No
Congelado y almacenamiento de pulpa de fruta	Sí	No	Si	Si	No
Descongelado de pulpa de fruta	Sí	No	Si	Si	No

(*) Esta etapa no fue considerada como punto crítico porque la probabilidad de que ocurra una contaminación es prácticamente nula.

Límites críticos, sistema de monitoreo y acciones correctivas

Recepción de materia prima: En lo que respecta a los residuos de compuestos químicos en la fruta la concentración de los mismos no podrá superar los valores máximos establecidos en la legislación vigente. El monitoreo de este punto consistirá en realizar determinaciones de concentración de plaguicidas y fungicidas en las partidas de fruta que se reciban. Esta determinación estará a cargo del encargado de control de calidad de la planta. En caso de encontrarse una concentración superior a la máxima, el lote será rechazado.

La presencia de plagas e insectos será evaluada al momento de la recepción del lote en forma visual por el encargado de recepción. La presencia de plagas o insectos implicará el rechazo del lote.

El encargado de control de calidad determinará el grado de maduración de las frutas para establecer si la misma se encuentra dentro de las especificaciones requeridas para la elaboración de los licuados. De no ser así el lote no se aceptará.

Debido a la importancia que tiene la fruta en la obtención de un producto inocuo se deben definir claramente los requisitos de compra de materias primas en cuanto a calidad e inocuidad. Además se realizarán visitas o auditorías a los proveedores y se solicitarán los protocolos de análisis y/o determinaciones que realicen los mismos a sus productos.

A los proveedores de ácido ascórbico, pectina, leche, azúcar y edulcorante no nutritivo se les exigirán los protocolos de análisis de sus productos.

Mezclado de pulpa con ácido ascórbico: En esta etapa el límite crítico está dado por la ausencia de cuerpos u objetos extraños. Para el control de este punto se utilizarán detectores de metales y no metales que funcionarán continuamente. Además, se realizará una inspección visual. En caso de detectar la presencia de cuerpos extraños el operario encargado de esta etapa deberá detener el proceso y descartar la pulpa de fruta.

Esterilización: La temperatura de salida del licuado del equipo esterilizador deberá ser como mínimo 130°C. Si la misma es menor, automáticamente el producto será recirculado.

Pasteurización de la pulpa de fruta: Para esta etapa se aplica lo mismo que para esterilización. En este caso la temperatura debe ser como mínimo de 90 °C.

Mezcla de leche con aditivos: Para esta etapa se aplica lo mismo que para el mezclado de pulpa con ácido ascórbico.

Distribución: en esta etapa el límite crítico está dado por la ausencia de cualquier tipo de defecto en el envase (mal cerrado, abolladuras, rupturas, etc.). En caso de presentarse algunos de los defectos mencionados se procederá al descarte y posterior destrucción del/los producto/s defectuoso/s. Esta tarea será llevada a cabo por la persona encargada de la liberación del producto o por el responsable de la distribución, en caso que suceda durante el transporte.

En la siguiente tabla se resumen los puntos antes desarrollados.

Tabla 33: Límites críticos, monitoreo, medidas correctivas, verificación y registro de los P.C.C..

P.C.C	Peligro	Límite crítico para cada medida	Monitoreo				Acciones correctivas	Registros	Verificación
			Qué	Cómo	Frecuencia	Quién			
Recepción de materia prima	Compuestos químicos	Según lo establecido en la legislación vigente.	Certificado del proveedor	Visual	Cada lote recibido	Encargado de recepción	Registro de recepción de materia prima.	Certificado del proveedor.	
	Objetos extraños	Ausencia de fragmentos	Determinación de concentración de plaguicidas y fertilizantes	Técnica analítica		Encargado de control de calidad	Rechazo del lote	Auditoría de los proveedores	
	Plagas, insectos	Ausencia de plagas e insectos	Certificado del proveedor	Visual		Encargado de recepción			
Mezcla de pulpa con ácido ascórbico	Objetos extraños	Ausencia de cuerpos extraños	Metales, herramientas, tonillos, objetos personales, etc.	Visual Detector	Continua	Operario de línea	Registros de producción	Verificación semanal de los registros de producción	
	Tratamiento insuficiente	T > 130 °C	Medición de temperatura a la salida del equipo	Sistema automático de medición de temperatura	Continua	Encargado del sector	Reproceso del licuado	Verificación diaria de los registros de producción	

Distribución	Mezclado de leche con aditivos	Pasteurización de la pulpa
Daños en el envase	Objetos extraños	Tratamiento insuficiente
Ausencia de daños	Ausencia de cuerpos extraños	$T > 90^{\circ}\text{C}$
Abolladuras, rupturas, defectos de cierre.	Metales, herramientas, tornillos, objetos personales etc.	Medición de temperatura a la salida del equipo
Visual	Detector	Sistema automático de medición de temperatura
En carga y descarga de partidas	Continua	Continua
Encargados de liberación y distribución	Operario de línea	Encargado del sector
Dstrucción de los envases defectuosos	Descarte de la preparación	Reproceso de la pulpa
Registros de distribución	Registros de producción	Registro de producción
Verificación semanal de los registros de distribución	Verificación diaria de los registros de producción	Verificación diaria de los registros de producción

Sistema de documentación

El sistema H.A.C.C.P. de la planta contará con la siguiente documentación:

- Procedimientos de monitoreo
- Procedimientos de auditorías
- Procedimientos de verificación
- Procedimientos de limpieza y sanitización de la planta
- Procedimientos para combatir insectos, roedores y otras plagas.
- Procedimientos de acciones correctivas
- Registros para cada uno de los procedimientos nombrados y, además, registros de verificación, de entrenamiento de empleados y de calibración y mantenimiento de equipos.

Bibliografía

1. Ameri, W.C. Manual de procedimientos. Aplicación del sistema H.A.C.C.P., análisis de riesgos y puntos críticos de control. SENASA-HIPA, 1.996
2. Bogoslavsky, B. Buenas practicas de manufactura para el procesamiento de alimentos. Sistema H.A.C.C.P., 1.998.

Capítulo VI

“Tratamiento de efluentes y residuos sólidos”