

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Diseño de una planta de producción de un recubrimiento comestible y asperjable a base de micropartículas de cera carnauba y gel de aloe vera para la prolongación de la vida útil de frutillas**

**Antonella Revelo Garcés  
Camila Alejandra Vizueté Vallejo**

**Ingeniería Química**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniera Química

Quito, 20 de diciembre de 2023

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Diseño de una planta de producción de un recubrimiento comestible y asperjable a base de micropartículas de cera carnauba y gel de aloe vera para la prolongación de la vida útil de frutillas**

**Antonella Revelo Garcés**

**Camila Alejandra Vizuite Vallejo**

**Nombre del profesor, Título académico**

**José Francisco Álvarez Barreto, Ph. D.  
Lucía Ramírez Cárdenas, Ph. D.**

Quito, 20 de diciembre de 2023

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Antonella Revelo Garcés  
Camila Alejandra Vizuete Vallejo

Código: 209453  
206225

Cédula de identidad: 1724158736  
1723352140

Lugar y fecha: Quito, 20 de diciembre de 2023

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

El presente proyecto propone el diseño de una planta destinada a la aspersión de un recubrimiento comestible elaborado con gel de aloe vera y micropartículas de cera carnauba para extender la vida útil de frutillas, con un caudal anual de 166.56 toneladas de frutillas en Tababela, provincia de Pichincha, Ecuador. Esta propuesta surge como una alternativa a la inmersión, método previamente utilizado según estudios preliminares para la aplicación del recubrimiento. A través de un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial  $4^2$  y 4 repeticiones, a nivel de laboratorio, se seleccionó una formulación de recubrimiento con 0.3% p/v de micropartículas de cera carnauba y 70% v/v de gel de aloe vera al 45%, debido a su impacto en las propiedades fisicoquímicas de la fruta. A partir de ello, se procedió al escalamiento industrial del proceso y un estudio tecnoeconómico de la planta, compuesta por tres líneas de manufactura con una producción diaria de 716.89 kg de frutillas. Sin embargo, se determinó que la planta no es rentable bajo estas condiciones, presentando un (VAN) de USD\$ -254.39 mil. Como respuesta, se propuso la sustitución del liofilizador por una centrifugadora o la adquisición del gel de aloe vera en lugar de su producción, siendo esta última la más rentable con un VAN de USD\$ 1.12 millones, TIR del 21%, y PRI de 6.33 años. En caso de mantener el diseño de proceso, y modificando la tasa de ingresos en una proyección de 10 años, un escenario realista provee un VAN de USD\$ 940.31 mil, TIR del 20%, y PRI de 5.18 años. Es entonces que la planta de producción de recubrimiento para extender la vida útil en frutillas garantiza una pérdida mínima del 10% mediante aspersión, un rendimiento del 93% en frutillas, y la preservación de las características fisicoquímicas de la fruta.

**Palabras clave:** *frutillas, senescencia, emulsificación, aspersión, escalamiento industrial, rentabilidad.*

## ABSTRACT

This project proposes the design of a plant for spraying an edible coating made with aloe vera gel and carnauba wax microparticles to extend the shelf life of strawberries, with an annual throughput of 166.56 tons of strawberries in Tababela, province of Pichincha, Ecuador. This proposal arises as an alternative to immersion, a method previously used according to preliminary studies for the application of the coating. Through a completely randomized experimental design (CRD) with a 42 factorial arrangement and 4 replications, at laboratory level, a coating formulation was selected with 0.3% w/v of carnauba wax microparticles and 70% v/v of aloe vera gel at 45%, due to its impact on the physicochemical properties of the fruit. From this, we proceeded to the industrial scale-up of the process and a techno-economic study of the plant, composed of three manufacturing lines with a daily production of 716.89 kg of strawberries. However, it was determined that the plant is not profitable under these conditions, presenting an NPV of USD\$ -254.39 thousand. In response, the replacement of the freeze dryer with a centrifuge or the acquisition of the aloe vera gel instead of its production was proposed, the latter being the most profitable with an NPV of USD\$ 1.12 million, IRR of 21%, and IRR of 6.33 years. In the case of maintaining the process design and modifying the income rate in a 10-year projection, a realistic scenario provides an NPV of USD\$ 940.31 thousand, IRR of 20%, and IRR of 5.18 years. Thus, the strawberry shelf-life extension coating production plant guarantees a minimum loss of 10% through spraying, a 93% yield of strawberries, and the preservation of the physicochemical characteristics of the fruit.

**Key words:** *strawberries, senescence, emulsification, spraying, industrial scale-up, profitability.*

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Antecedentes .....	13
1.2 Objetivos y metodología del proyecto .....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos .....	15
1.3 Justificación.....	15
2. BASES DE DISEÑO.....	17
2.1 Descripción del producto .....	17
2.1.1 Frutillas con recubrimiento mediante aspersion .....	17
2.2 Descripción de materias primas .....	17
2.2.1 Frutillas ( <i>Fragaria x ananassa</i> ).....	17
2.2.2 Aloe vera ( <i>Xanthorrhoeaceae</i> ) .....	18
2.2.3 Cera carnauba ( <i>Copernicia prunifera</i> ).....	18
2.2.4 Tween 80.....	19
2.2.5 Glicerol .....	19
2.3 Procedimiento en laboratorio .....	19
2.4 Selección de proceso .....	20
2.5 Limitaciones .....	21
2.6 Ubicación .....	22
3. DISEÑO DEL PROCESO Y PLANTA .....	23
3.1 Diagrama del proceso.....	23
3.2 Diseño del proceso .....	27
3.2.1 Base de cálculo .....	27
3.2.2 Balances de masa .....	27
3.3 Diseño de la planta .....	28
3.3.1 Selección y dimensionamiento de equipos .....	28
3.3.2 Balances de energía.....	30

3.4	Simulación.....	31
4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	32
4.1	Estimación de costos .....	32
4.1.1	Estimación de capital fijo de inversión.....	32
4.1.2	Estimación de costos de capital de trabajo .....	33
4.1.3	Estimación de costos de producción .....	33
4.2	Estimación de ingresos y flujo de caja.....	34
4.3	Análisis de flexibilidad.....	35
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
	ANEXO A: TERMINOLOGÍA ESPECIALIZADA.....	51
	ANEXO B – DETALLE DE MATERIAS PRIMAS .....	53
	ANEXO C – DETALLE DEL PROCESO REALIZADO EN LABORATORIO .....	54
	ANEXO D – ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA LA SELECCIÓN DEL PROCESO 74	
	ANEXO E – MATRIZ DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL PROCESO .....	75
	ANEXO F – FACTORES PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA.....	76
	ANEXO G – DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO .....	84
	ANEXO H – METODOLOGÍA .....	86
	ANEXO I – EQUIPOS POR CATÁLOGO.....	109
	ANEXO J – LAYOUT DE LA PLANTA .....	124
	ANEXO K – ESTIMACIÓN ECONÓMICA.....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Resumen del balance de masa para obtención de producto final .....	27
Tabla 3-2. Balance de energía de la potencia requerida para cada equipo .....	30
Tabla 4-1. Estimación de la Inversión de Capital Fijo.....	33
Tabla 4-2. Estimación de los Costos de Capital de Trabajo .....	33
Tabla 4-3. Estimación de los Costos de Producción.....	34
Tabla 4-4. Estimación de ingresos del proyecto. ....	35

## ÍNDICE DE TABLAS ANEXOS

Tabla H 1. Cantidad de materia prima requerida para experimentación. ....	86
Tabla H 2. Consideraciones operacionales para balance de masa .....	86
Tabla H 3. Balance de masa línea de producción de micropartículas de cera carnauba.....	87
Tabla H 4. Balance de masa línea de producción de gel de aloe vera al 45%.....	87
Tabla H 5. Balance de masa línea de producción de gel de aloe vera al 45%.....	88
Tabla H 6. Balance de energía de tanque con chaqueta JV-101 referente a su agitador. ....	94
Tabla H 7. Balance de energía de tanque con chaqueta JV-101 referente a su chaqueta. ....	94
Tabla H 8. Balance de energía de tanque de mezclado V-201 referente a su agitador.....	96
Tabla H 9. Balance de energía de tanque de mezclado V-301 referente a su agitador.....	96
Tabla H 10. Balance de energía de los equipos en función de los costos anuales por kWh...97	97
Tabla I 1. Resumen de equipos seleccionados y dimensionados acorde a condiciones operacionales.....	121
Tabla K 1. Costo de Equipos por Datos Históricos .....	125
Tabla K 2. Costo de Equipos por Catálogo.....	126
Tabla K 3. Costo Promedio de Equipos.....	127
Tabla K 4. Factores de Hand.....	128
Tabla K 5. Factores de instalación para el método factorial detallado .....	129
Tabla K 6. Estimación de Costos ISBL por Lang, Hand y Factorial Detallado .....	131
Tabla K 7. Costos de Producción Fijos.....	134
Tabla K 8. Costos Variables a partir del Balance de Masa.....	134

Tabla K 9. Costos diarios de Materias Primas y Producción de Recubrimiento Diario.....	135
Tabla K 10. Costos Variables de Servicios Auxiliares .....	135
Tabla K 11. Costos de Capital de Trabajo .....	137
Tabla K 12. Costos para la Implementación de la Planta .....	137
Tabla K 13. Costos Adicionales de la Planta.....	138
Tabla K 14. Cambio de beneficio neto de proyecto mediante aumento de ingresos en 20%. .....	138
Tabla K 15. Indicadores económicos originales. ....	139
Tabla K 16. Cambio de beneficio neto de proyecto tras incluir centrifugadora. ....	139
Tabla K 17. Cambio de beneficio neto de proyecto ante adquisición de gel de aloe vera ...	140
Tabla K 18. Indicadores económicos según cambio en diseño de proceso. ....	140
Tabla K 19. Cambio de beneficio neto de proyecto en escenario realista. ....	141
Tabla K 20. Cambio de beneficio neto de proyecto en escenario pesimista.....	141
Tabla K 21. Cambio de beneficio neto de proyecto en escenario optimista.....	142
Tabla K 22. Indicadores económicos según cambio tasa de ingresos. ....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3- 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas. ....	23
Figura 4- 1. Gráfica de comparación de beneficio neto acumulado según cambio en diseño de proceso. ....	36
Figura 4- 2. Gráfica de comparación de indicadores económicos según cambio en diseño de proceso. ....	37
Figura 4- 3. Gráfica de comparación de beneficio neto acumulado según tasa de ingresos. ....	38
Figura 4- 4. Gráfica de comparación de indicadores económicos según tasa de ingresos. ....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS ANEXOS

Figura F 1. Parroquia de Tababela.....	76
Figura F 2. Imagen satelital de la ubicación de la planta.....	76
Figura H 1. Correlación de potencia para diversos impulsores. ....	92
Figura H 2. Correlación de potencia para diversos impulsores que manejan sólidos.....	93
Figura H 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas en SuperPro Designer. ....	99
Figura H 4. Resumen de equipos empleados en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> . ....	100
Figura H 5. Resumen de materiales empleados en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> . ....	101
Figura H 6. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	101
Figura H 7. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	102
Figura H 8. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	103
Figura H 9. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	104

Figura H 10. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	105
Figura H 11. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	106
Figura H 12. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante <i>SuperPro Designer</i> .....	107
Figura I 1. Especificaciones de liofilizador. ....	109
Figura I 2. Especificaciones de bandas transportadoras. ....	110
Figura I 3. Especificaciones de lavafondos.....	111
Figura I 4. Especificaciones de tanque de desinfección para frutillas. ....	112
Figura I 5. Especificaciones de despulpadora.....	113
Figura I 6. Especificaciones de mesa de lavado. ....	113
Figura I 7. Especificaciones de mesa de cortado. ....	114
Figura I 8. Especificaciones de triturador de pulpa. ....	115
Figura I 9. Especificaciones de filtro a vacío.....	115
Figura I 10. Especificaciones de bomba de filtro a vacío. ....	116
Figura I 11. Especificaciones de pasteurizador.....	116
Figura I 12. Especificaciones de lavadora de frutillas. ....	117
Figura I 13. Especificaciones de enjuague de frutillas. ....	118
Figura I 14. Especificaciones de equipo para aplicar recubrimiento de frutillas.....	119
Figura I 15. Especificaciones de envasadora de frutillas.....	120
Figura I 16. Especificaciones de cámara de frío para almacenamiento de producto final....	120
Figura J 1. Layout planta de producción de un recubrimiento comestible y asperjable a base de micropartículas de cera carnauba y gel de aloe vera para la prolongación de la vida útil de frutillas .....	124

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La frutilla (*Fragaria ananassa*) es un fruto no climatérico y fuente relevante de compuestos bioactivos como vitamina E, vitamina C, betacaroteno y polifenoles dentro de los que se destacan las antocianinas, responsables de su coloración roja y que otorgan grandes beneficios para la salud al combatir el estrés oxidativo.

La frutilla se ve afectada como consecuencia de técnicas durante la cosecha y postcosecha que generan daño físico y microbiológico, particularmente debido al hongo *Botrytis cinerea*. Los signos visibles de este deterioro, como la decoloración de la clorofila y la fragilidad de la pared celular, reducen significativamente el atractivo comercial de la fruta, lo que conlleva a pérdidas económicas para productores, distribuidores y minoristas en la cadena de suministro. La vida útil de la frutilla varía según la temperatura de almacenamiento: a 0°C, puede durar hasta dos semanas, pero con una exposición a 20°C, se reduce a entre 3 y 4 días (Gol et al., 2013). Posee una alta tasa de respiración, produce de 50 a 100 mL de CO<sub>2</sub> por kilogramo a 20°C que altera el contenido de grados Brix y acidez, derivando en la senescencia (Restrepo y Aristizábal, 2010).

Se ha impulsado la investigación de métodos que permitan alargar la vida útil como empaques biodegradables, irradiaciones o atmósferas modificadas. Su desventaja implica costos tanto energéticos como económicos, o efectos en las características organolépticas y nutricionales. La adición de recubrimientos comestibles corresponde a una alternativa viable, prometedora y económica que se encuentra continuamente en estudio. En general actúan como una eficiente barrera semipermeable para gases, producto de la respiración y vapor de agua entre la fruta y el ambiente, que crea una atmósfera modificada que retarda la senescencia y preserva su calidad (Ribeiro et al., 2007).

Los recubrimientos comestibles se componen principalmente de polisacáridos, lípidos y/o proteínas. Además de emulsificantes y plastificantes que mejoran sus propiedades y protegen mejor los alimentos. Ejemplos de estos compuestos son almidón de papa, cera de abeja, quitosano, etc. El almidón de papa actúa como una barrera para el intercambio de gases con el entorno y el quitosano, derivado del exoesqueleto de crustáceos, inhibe el crecimiento de microorganismos y se ha adicionado en recubrimientos hasta un 2% p/v, debido a que podría alterar las características sensoriales (Achipiz et al., 2013).

La cera carnauba se obtiene a partir de las hojas de palma *Copernicia cerifera*, halladas en el noreste de Brasil (Milanovic et al., 2010). Se utiliza en industrias desde la automotriz hasta la alimentaria e incluye recubrimientos para frutas y caramelos, con el propósito de retrasarla senescencia, reducir la pérdida de peso y mejorar la apariencia al presentar resistencia y dureza (Huang, 2010). En rodajas de manzana, Chiumarelli y Hubinger (2014) con 0.2% p/p de cera carnauba, almidón de yuca, glicerol y ácido esteárico, obtuvieron películas con una matriz cohesiva, mejores propiedades mecánicas y una buena barrera contra la humedad y el gas. El gel de aloe vera contiene aproximadamente 98.5% de agua, mucílagos, pectina, azúcares (glucosa y galactosa) y ácido glucurónico, junto con compuestos fenólicos que tienen propiedades antifúngicas, antioxidantes y antibacteriales muy efectivas (Mann et al., 2018). Se ha determinado que, en la uva de mesa, reduce la proliferación de microorganismos siendo el efecto mayor para las levaduras ( $< 2 \log \text{CFU/g}$ ) y mohos que para los aeróbicos mesófilos ( $< 3 \log \text{CFU/g}$ ), e incluso para la inhibición de bacterias Gram positivas se requiere una menor concentración que aquellas Gram negativas (Ferro et al., 2003).

Gracias a esta innovación de biomateriales respecto a recubrimiento comestibles, se obtienen beneficios al alcanzar las expectativas del consumidor, vida útil y aplicabilidad, sin dejar de lado las buenas prácticas de manufactura (BPM).

## **1.2 Objetivos y metodología del proyecto**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar la viabilidad tecno-económica de la implementación de una planta industrial para la producción de un recubrimiento comestible con base en gel de aloe vera y micropartículas de cera Carnauba para su aplicación como conservante en frutillas mediante aspersion.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la efectividad en el tiempo de diferentes formulaciones de recubrimientos sobre las propiedades fisicoquímicas de las frutillas.
- Diseñar el proceso a escala industrial de la elaboración y aplicación por aspersion en frutillas de un recubrimiento comestible.
- Analizar la factibilidad económica del diseño de la planta en Tababela para la producción y aspersion del recubrimiento comestible.

## **1.3 Justificación**

En Ecuador, la producción anual de frutillas es de aproximadamente 5 625 000 toneladas (Hidrobo Andrade & Pineda Viana, 2011). Se concentra en la región Sierra, en Tungurahua, Azuay y Pichincha que lidera con el 90% de la producción, destacando parroquias como Checa, El Quinche, Yaruquí, Pifo y Tababela; la última con una producción de 166.56 toneladas anuales. Las frutillas cuentan con una demanda anual creciente del 20%; el 40% se exporta y el 60% se destina al mercado local (Valencia & Fisher, 2016). En el mercado nacional, las frutillas se venden por kilogramo en un rango de USD\$ 1.50-2.00 (Vizcaíno Moya, 2011). A nivel internacional, países como Italia, Reino Unido, Suiza, Japón, Estados Unidos, Argentina, México, Corea y Brasil importan frutillas, siendo Estados Unidos el principal receptor con un 60% (SICA, 2007); una oportunidad gratificante.

Respecto al recubrimiento, una hoja de sábila cuesta USD\$ 0.50 y produce alrededor de 0.50 litros de gel de aloe vera al 45%. La cera carnauba se vende a USD\$ 22.90 por kg, pero su aplicación en recubrimientos utiliza una cantidad mínima, haciendo rentable su uso en frutillas y beneficiando su conservación. Esto permite ofrecer un producto de calidad a un precio competitivo con las frutillas no tratadas.

Esta opción beneficia a los productores locales de frutillas al generar empleo, mejorar el manejo postcosecha y reducir el desperdicio, además de ser amigable con el medio ambiente. La versatilidad de la frutilla permite una mayor diversificación de productos debido a su vida útil prolongada.

## 2. BASES DE DISEÑO

### 2.1 Descripción del producto

#### 2.1.1 Frutillas con recubrimiento mediante aspersión

El recubrimiento comestible estuvo compuesto con materiales de grado alimentario y biodegradables, con base en gel de aloe vera, micropartículas de cera carnauba, así como Tween 80 y glicerol. La composición del recubrimiento fue: 75% v/v de gel de aloe vera (fase acuosa); 0.3% p/v de micropartículas de cera carnauba (fase oleica); 1.5% v/v de glicerol (plastificante); y 0.5% v/v de Tween 80 (surfactante) (Pavón & Valencia, 2016). Cada material fue definido con base en los balances de masa y costos de materias primas. Las frutillas con el recubrimiento se colocaron en empaques *Clamshells* de 500 gramos y fueron almacenadas a 4°C.

### 2.2 Descripción de materias primas

#### 2.2.1 Frutillas (*Fragaria x ananassa*)

La producción principal de frutillas se concentra en Tababela, Pichincha y cuenta con Oyambarillo como proveedor a un costo de USD\$ 1.50/kg (Hidrobo Andrade & Pineda Viana, 2011). Estas frutas, de forma esférica o cónica, deben presentar un tono anaranjado para la exportación y rojo para el mercado nacional (Figura B 1), según indican Reyes & Zschau (2012). Su descripción taxonómica se presenta en la Tabla B 1. Resisten temperaturas extremas de -20°C y 55°C, con un rango ideal de 23 a 25°C (Grajales Valencia, 2009).

Son de epidermis delgada, alto metabolismo y gran porcentaje de agua, condiciones susceptibles al deterioro tanto mecánico como microbiológico. El principal riesgo microbiológico es el moho gris, causado por los hongos *Bortrytis cinerea*, que genera manchas marrones en los frutos y *Colleotricum spp.*, que provoca daños en hojas (Olivera Soto, 2012).

En cuanto a sus características fisicoquímicas, presenta un peso de 20 a 30 gramos; sólidos solubles de 9 a 13°Brix; y ácido cítrico de 160 a 100 gramos.

### **2.2.2 Aloe vera (*Xanthorrhoeaceae*)**

Las hojas de aloe vera (ver Tabla B 2) son alargadas, miden de 50 a 70 centímetros, con bordes espinosos y se dividen en tres capas. El gel interno, compuesto principalmente de agua (99%), contiene aminoácidos, lípidos, vitaminas y glucomanos (fibra soluble). La capa intermedia posee látex amargo amarillo con glucósidos y antraquinonas, mientras que la capa externa o corteza, incluye carbohidratos y proteínas que protegen el gel. Exhibe propiedades antimicrobianas, y se destacan las antraquinonas que inhiben la replicación de virus. Además, el contenido de vitaminas C y E, flavonoides, zinc y selenio le confiere propiedades antioxidantes para aplicaciones en la industria alimentaria y médica (Herrera Vásquez, 2023).

### **2.2.3 Cera carnauba (*Copernicia prunifera*)**

La cera carnauba, se obtiene de la superficie de las hojas de la palma de carnauba de Brasil. Es una de las ceras naturales más resistentes, duras de punto de fusión elevado. Proporciona brillo y transparencia en superficies, con una alta capacidad de ligación para integrar matrices. Se usa en la industria de alimentos en confitería, para otorgar un efecto pulido (Montoya Ruiz, 2019).

La producción de micropartículas de esta cera ofrece ventajas por su pequeño tamaño y uniformidad para una distribución homogénea en formulaciones (Miranda et al., 2022). Aumenta la superficie específica para la interacción entre componentes y posee una alta capacidad de adherencia. Incrementa la biodisponibilidad y extiende la vida útil de alimentos al prevenir la pérdida de humedad (Miranda et al., 2021). La cera carnauba se vende a USD\$ 22.90/kg en el mercado nacional. Se recomienda su almacenamiento en un lugar seco y ventilado (Smaschemicals, 2023).

#### **2.2.4 Tween 80**

El polisorbato 80 es un tensioactivo no iónico y surfactante anfifílico de bajo peso molecular. Tiene la capacidad de adsorberse rápidamente en la superficie y reducir su tensión. Mantiene propiedades dispersantes y emulsionantes, en la estabilización de mezclas de aceite en agua (O/W) y agua en aceite (W/O) (Gomes et al., 2021). Como emulsificante, se utiliza en una proporción de 1-15%. Debe almacenarse en un recipiente apropiado y que proteja de daño físico, en ausencia de luz al ser fotosensible. Su precio por unidad de producción es cercano a USD\$ 10 (Bp et al., 2005).

#### **2.2.5 Glicerol**

La glicerina, un alcohol con tres grupos hidroxilo, desempeña funciones clave como espesante, humectante, lubricante, edulcorante y anticongelante en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria (García et al., 2014). Destaca por su capacidad higroscópica, es decir, su habilidad para absorber y retener agua del entorno. Soluble en agua y la mayoría de los disolventes orgánicos, la glicerina se incorpora fácilmente en formulaciones y actúa como plastificante para prevenir rupturas en matrices, como recubrimientos. Además, mejora la extensibilidad, se adapta a las deformaciones de la superficie y aumenta la resistencia al impacto. Se recomienda sea almacenado entre 15 y 25°C con ventilación. Su precio se mantiene en USD\$ 5.40.

### **2.3 Procedimiento en laboratorio**

Las pruebas fisicoquímicas se desarrollaron en los laboratorios de Biomateriales y Análisis de Alimentos de la USFQ. Se consideró una investigación preliminar que evaluó el efecto de distintas concentraciones de gel de aloe vera y micropartículas de cera carnauba en la elaboración de un recubrimiento para frutillas aplicado por inmersión (Álvarez-Barreto et al., 2023). En el presente estudio el recubrimiento fue aplicado mediante aspersion, se mantuvo constante la concentración de micropartículas de cera carnauba y se analizó el efecto de la concentración de gel de aloe vera a través de microscopía electrónica de barrido (SEM). Con

la mejor formulación, se analizó cambios en el contenido de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), acidez, pH, índice de madurez y pérdida de peso, considerando 3 controles: con micropartículas, gel de aloe vera y en ausencia de estos componentes. Se determinó que con una concentración de 40% v/v de gel de aloe vera y 0.3% p/v de micropartículas de cera carnauba, no existió diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), posiblemente por la adición de aceite de canela a la formulación. Se optó por trabajar con la concentración de 45% v/v de gel de aloe vera analizada en el estudio anterior, para el escalamiento industrial. Más detalles sobre este proceso se menciona en el Anexo C.

## **2.4 Selección de proceso**

La aplicación de recubrimientos en frutas y verduras ha evolucionado con el tiempo, ofreciendo métodos variados. Es importante que estos recubrimientos se sequen rápidamente, no generen espuma, sean fácilmente removibles y eviten problemas como acidificación, coagulación, sabores desagradables, grietas, pérdida de color o desprendimiento durante la manipulación. Además, deben preservar la calidad sensorial, no reaccionar negativamente con los alimentos y ser efectivos en la retención de gases durante el almacenamiento. La elección del método de aplicación ya sea inmersión, frotación o aspersion, depende del tipo de producto.

La aspersion consiste en rociar bajo presión una solución de revestimiento sobre alimentos con superficies lisas y lograr recubrimientos delgados ajustando la presión según el tipo de alimento (Ruiz, 2015). Por otro lado, la técnica de inmersión implica sumergir previamente el producto lavado y secado en una solución de revestimiento, siendo especialmente útil para alimentos con formas irregulares como frutas, verduras y productos cárnicos (Hernández, 2013).

En la comparación entre ambas técnicas, la aspersion destaca por su rapidez y eficiencia al no requerir sumergir la fruta, lo que ahorra tiempo y material. Sin embargo, puede resultar en un recubrimiento menos uniforme (Solano et al., 2020). Por otro lado, la inmersión ofrece un

recubrimiento más homogéneo sin necesidad de equipos específicos, pero conlleva un mayor consumo de solución y tiempo, lo que aumenta los costos del proceso (Urbano, 2023). En el Anexo D se muestran estudios complementarios para más información. Por ende, la selección del método de aspersión en lugar del de inmersión se justifica por su eficiencia y menor costo de materiales y equipos en el diseño de la planta. En el Anexo E, se presenta la matriz de decisión realizada para la selección del proceso a implementar relacionando los factores técnicos y de costos de aspersión e inmersión.

## **2.5 Limitaciones**

Las limitaciones internas del proyecto son principalmente relacionadas a la obtención y abastecimiento suficiente de la materia prima. La producción de frutilla se vería afectada por condiciones climáticas desfavorables, bajo suministro de agua, plagas y enfermedades, como se mencionó en la sección 1.1. Las hojas de sábila prosperan en un entorno cálido y seco, con suelos bien drenados y nutrientes adecuados y un pH de 6 a 8. Un riego moderado es esencial para prevenir la pudrición de las raíces y evitar condiciones extremas. La sábila es susceptible a plagas y enfermedades como la cochinilla, mosca blanca y el mildiu, destacando la importancia de medidas preventivas y una gestión cuidadosa del cultivo (Radha & Laxmipriya, 2015). La obtención de cera Carnauba, fundamental para el recubrimiento comestible, depende de un proveedor único que debe asegurar un suministro adecuado, pero es necesario explorar alternativas de proveedores en previsión de eventualidades. El surfactante Tween 80, utilizado en diversas industrias, como la alimentaria, farmacéutica y cosmética, no se clasifica como peligroso según el Reglamento (CE) n° 1272/2008. Sin embargo, su manejo inadecuado puede causar irritación en piel, ojos y vías respiratorias, por lo que se requiere capacitar al personal en su uso (PubChem, 2010). En cuanto a los ácidos cítrico y ascórbico, utilizados como conservantes, acidulantes y antioxidantes, es esencial cumplir con las normativas alimentarias establecidas por entidades reguladoras como AGROCALIDAD en Ecuador (Fiallos, 2018), y

se recomienda consultar el Codex Alimentarius para aditivos alimentarios (CODEX STAN 192-1995) (FAO,1995).

En cuanto a las limitaciones externas, la planta depende en gran medida de la importación de maquinaria, lo que implica considerar las regulaciones aduaneras, los costos de compra y transporte. Para operar, la planta de alimentos debe obtener el Permiso de Funcionamiento otorgado por la Agencia Nacional de Regulación, Vigilancia y Control Sanitario (ARCSA). Además, debe cumplir con las normas de vigilancia y control sanitario y obtener la certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) conferido igualmente por el ARCSA. El etiquetado de productos alimenticios debe seguir las normas NTE INEN 1334-2 y las empresas que no cumplan pueden enfrentar sanciones económicas. El etiquetado de productos alimenticios destinados al consumo humano será autorizado por el Ministerio de Salud Pública mediante la ARCSA (Agencia Nacional de Regulación, Vigilancia y Control Sanitario, 2013).

## **2.6 Ubicación**

Se estableció que la localización óptima para la construcción de la planta de producción será cerca de la comuna de Oyambarillo, específicamente al sur de Tababela, conocida por albergar el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito como se muestra en el (Anexo F) (Figura F 1 y Figura F 2). Tababela es una parroquia ubicada en el sector nororiental, a 25 km de la ciudad de Quito, dentro del Distrito Metropolitano de Quito, entre los meridianos 78° y 79° de longitud occidental y entre el paralelo 0° y 1° de longitud sur. La parroquia tiene una superficie aproximada de 25.40 km<sup>2</sup> con un territorio relativamente plano, con una ligera gradiente hacia el este (Hidrobo & Pineda, 2011). Para determinar la localización óptima de la planta se consideraron una serie de factores relevantes que se encuentran detallados en el (Anexo F).

### 3. DISEÑO DEL PROCESO Y PLANTA

#### 3.1 Diagrama del proceso

Tras haber definido el proceso con base en la matriz de decisión, se representan las distintas líneas de producción incluyendo: micropartículas de cera carnauba, gel de aloe vera, y frutillas con recubrimiento (Figura 3-1). El diagrama de bloque se observa en el Anexo G, Figura G 1, junto con el listado de equipos empleados, en la Tabla G 1.

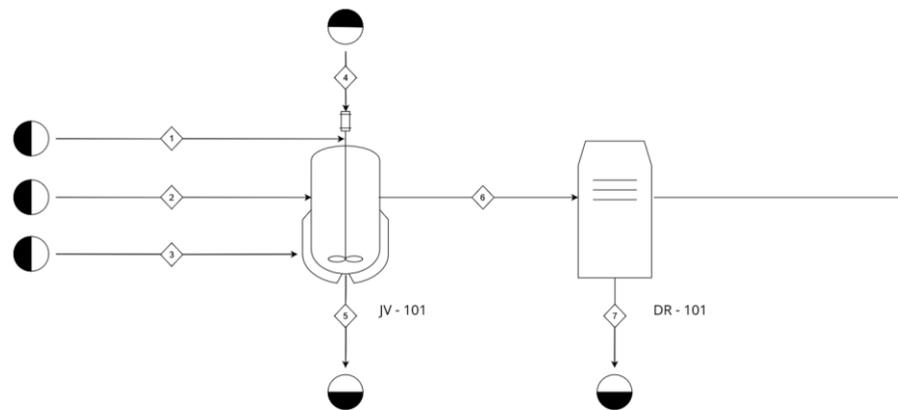


Figura 3- 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas: línea 1.

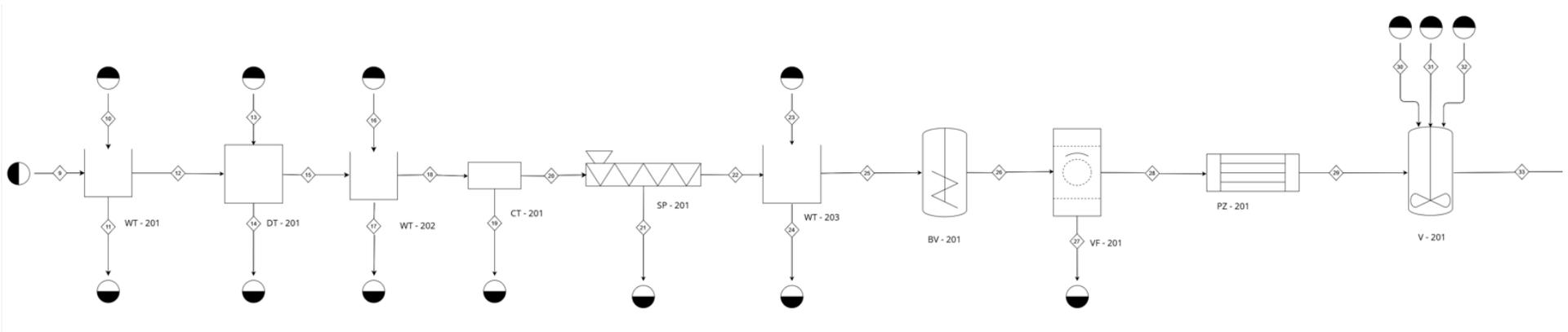


Figura 3- 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas: línea 2.

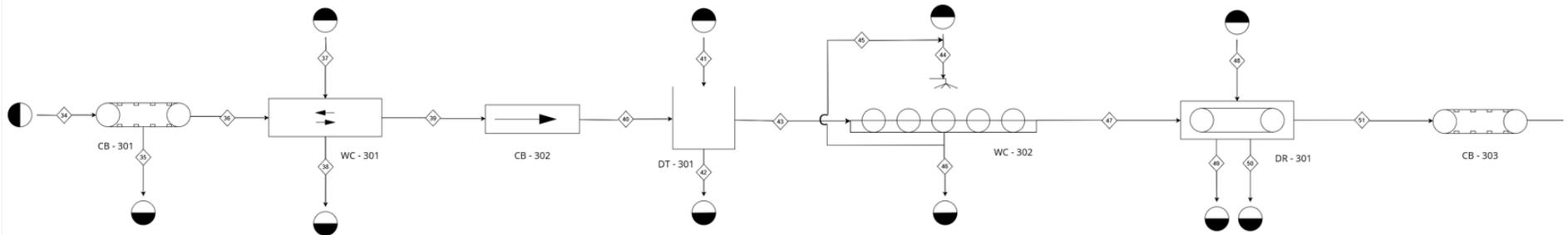


Figura 3- 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas: línea 3.

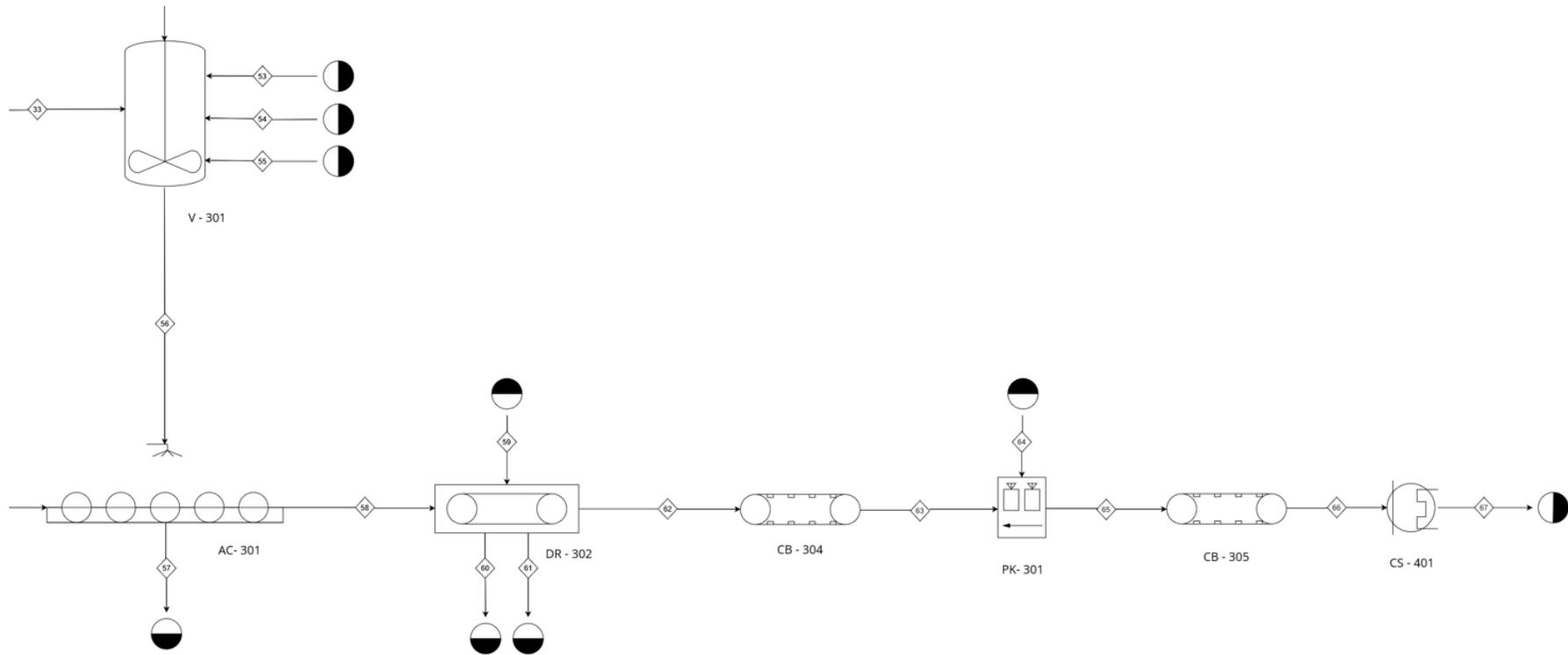


Figura 3- 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas: producción y aplicación de recubrimiento.

Línea 1: El proceso presentado en la Figura 3-1 empieza con el mezclado de Tween 80 con agua a una concentración de 0.5% v/v (JV-101). Se añade la cera carnauba hasta alcanzar la temperatura de 85°C mediante la entrada de agua caliente a la chaqueta. Se activa la agitación a 2500 rpm durante un minuto. Se adiciona agua fría a 4°C en un mismo volumen, por lo que deriva en un choque térmico y concluye el proceso. Esta mezcla se dispone en bandejas que se introducirán a un liofilizador que opera a -70°C durante 3 horas (DR-101) y se obtienen las micropartículas de cera carnauba.

Línea 2: Gel de aloe vera, las hojas de aloe vera ingresan a un lavado en agua (WT-201), para luego ser desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio 200 ppm (DT-201), y enjuagadas para eliminar el cloro residual (WT-202). Se removi6 la punta y cola en una mesa de cortado (CT-201), así como las hojas en la despulpadora (SP-201). La sábila resultante se colocó en una mesa para lavar en agua y quitar el mucílago (WT-203). La pulpa se trituró (BV-201), filtró al vacío a 10 rpm (VF-201) y pasteurizó a 85°C por 30 minutos (PZ-201). Finalmente, se obtuvo el gel al 45% v/v adicionando agua destilada, ácido cítrico 1% p/v y ácido ascórbico 0.5% p/v.

Línea 3: Procesamiento de frutillas, en una banda transportadora (CB-301) se realiza la selección y clasificación, para lavarse con agua (WC-301), y continuar (CB-302) hacia su desinfección con hipoclorito de sodio 200 ppm (DT-301) y enjuague (WC-302). Las frutillas se secan por convección en una banda transportadora (DR-301), se aplica el recubrimiento mediante aspersion (AC-301) y son secadas por convección (DR-302). Continúa el proceso de empacado (PK-301) y almacenamiento en cámara de frío a 4°C (CS-401).

## 3.2 Diseño del proceso

### 3.2.1 Base de cálculo

Se determinó con respecto a la producción diaria en Tababela de 6 a 7 mil cajas equivalentes a 166.56 toneladas anuales. Por tanto, se emplearían 740.27 kg de frutilla al día a las cuales se aplicaría el recubrimiento, que correspondería a 246.76 kg por lote si durante el día se tiene determinado una producción de 3 lotes. Partiendo de ello, el caudal de producción para el recubrimiento equivaldría a 10.24 L por lote aproximadamente con la máxima posibilidad de pérdidas por aspersion del 10%.

### 3.2.2 Balances de masa

Consideró la producción de frutillas de la parroquia de Tababela, así como el recubrimiento necesario para la misma. Se propone un proceso *batch* que opera 8 horas al día, 225 días al año, para producir 478 cajas de 0.50 kg por lote, equivalente a 322 650 cajas al año. Para obtener los valores de los caudales de cada materia prima referente al recubrimiento, se escalaron aquellos resultados de la experimentación a nivel de laboratorio, destacando la proporción de adición, preparación y relación entre los componentes, a nivel industrial y así cubrir la producción anual de frutillas. En la Tabla H 1 se muestra los valores utilizados a nivel de laboratorio y la Tabla H 2, presenta aquellos escalados industrialmente que incluyen las pérdidas durante el proceso. En la Tabla 3-1 se presenta las corrientes principales de materia prima y producto final. En el Anexo H (Tabla H 3, Tabla H 4, y Tabla H 5), se detalla cada corriente y su composición.

Tabla 3-1. Resumen del balance de masa para obtención de producto final

No.	Material	Año		Lote		Hora	
1	Agua destilada	kg/año	2054.61	kg/lote	3.04	kg/h	1.14
2	Tween 80	kg/año	5.14	g/lote	7.61	g/h	2.85
3	Cera carnauba	kg/año	17.12	g/lote	25.37	g/h	9.51
8	Micropartículas de cera carnauba	kg/año	20.50	g/lote	30.36	g/h	11.39

9	Hojas de aloe vera	kg/año	2391.62	kg/lote	3.54	kg/h	1.33
29	Gel de aloe vera puro	kg/año	2297.13	kg/lote	3.40	kg/h	1.28
30	Ácido cítrico	kg/año	51.37	g/lote	76.10	g/h	28.54
31	Ácido ascórbico	kg/año	102.73	g/lote	152.19	g/h	57.07
33	Gel de aloe vera concentración 45%	kg/año	5199.26	kg/lote	7.70	kg/h	2.89
34	Frutillas	kg/año	166560.00	kg/lote	246.76	kg/h	92.53
53	Tween 80	kg/año	34.24	g/lote	50.73	g/h	19.02
54	Glicerol	kg/año	102.73	g/lote	152.19	g/h	57.07
55	Agua destilada	kg/año	1554.65	kg/lote	2.30	kg/h	0.86
56	Recubrimiento	kg/año	6911.38	kg/lote	10.24	kg/h	3.84
67	Frutillas con recubrimiento	kg/año	161301.33	kg/lote	238.96	kg/h	89.61

### 3.3 Diseño de la planta

#### 3.3.1 Selección y dimensionamiento de equipos

Con respecto al diagrama de flujo de la sección 3.1, se seleccionaron los equipos de tal manera que satisfagan la base de cálculo definida para cada línea, así como las condiciones operacionales del proceso. Se han dimensionado ciertos equipos y cotizado mediante catálogo. Dentro del proceso se incluyen, agitadores, tanques, tanque con chaqueta, intercambiadores de calor, lavadoras, máquinas de desinfección, despulpadoras, trituradoras, bandas transportadoras, filtro a vacío, y aspersor. Los precios obtenidos para aquellos equipos de catálogo son reales y actuales del mercado, se analizó con base en la complejidad de su dimensionamiento y se determinó los equipos más apropiados (Anexo H).

El aspersor, más adecuado para la aplicación del recubrimiento en frutillas fue un equipo similar a las máquinas de lavado de frutas, en donde es posible reemplazar la solución de desinfección por aquella del recubrimiento, siempre y cuando se tome en cuenta el tamaño y el radio del cono de aspersión (Kohnen et al., 2011). De esta manera, se asegura una cantidad uniforme de recubrimiento en todas las frutillas a medida que estas se desplazan por la banda transportadora de rodillos, para abarcar mayormente su superficie. Se debe evaluar las pérdidas por aspersión, es decir, la parte del recubrimiento que no se quedó impregnada en la frutilla, y, por el contrario, permanece en la banda transportadora de la fruta durante esta etapa.

Para el dimensionamiento de tanques de agitación y tanque con chaqueta, es necesario tomar en cuenta la densidad de la solución de la corriente de entrada (Colunga & Ponce, 2016), que ciertamente se aproxima a la del agua, como resultado de una proporción alta de este componente en las mezclas. Asimismo, la configuración empleada corresponde a vertical considerando la cantidad de material por almacenar. Los cabezales de los tanques constituyeron terminaciones torisféricas ante su amplio uso en la industria por su sección radial, para una mejor distribución en el tanque. Igualmente, se debe considerar un factor de seguridad que determine el volumen final de trabajo de los tanques, así como las propiedades del fluido en cuanto a la presión que podría ejercer en las paredes, y el grosor de estas. Para el diseño de los agitadores, se tuvo presente el escalamiento a partir de la experimentación en laboratorio para obtener la razón de aumento y calcular la velocidad de este. El diámetro correspondió al 30% del tanque en cuestión (Salermo Piña, 2014). A partir de ello, se calcula el número de Reynolds para determinar el tipo de flujo con el cual se está trabajando y obtener el número de potencia, para establecer la potencia del agitador (Jiménez y Córdoba, 2010). En cuanto a la chaqueta del tanque, debido a que se trabaja con una temperatura máxima de 85°C, se trata de vapor de baja presión, y se determinó el grosor de la chaqueta, el calor necesario para calentar, la potencia para mantener la temperatura y el flujo de vapor requerido (López-Zamora et al., 2008). El dimensionamiento de equipos se describe en el Anexo H, con sus respectivas características y en la sección 3.4 de Simulación, se obtienen los detalles de los equipos calculados a partir del programa *SuperPro Designer*. La Tabla I 1 en el Anexo I, presenta los equipos empleados, algunos son de catálogo mientras que otros fueron dimensionados. Partiendo de esta selección, se estableció el Layout de la planta (Figura J 1), para las 3 líneas de producción, dimensiones de cada cuarto, espacio de equipos, sección administrativa, operativa y Recursos Humanos.

### 3.3.2 Balances de energía

El balance de energía consideró el consumo de kW de cada equipo utilizado en el proceso. En la Tabla 3-2 se muestra la potencia necesaria de cada equipo, el tiempo que operaría al año y la energía anual calculada. En el Anexo H se detalla la metodología aplicada y en la Tabla H 10 se observa el costo anual de cada equipo en función de USD/kWh y también el costo mensual. Para el cálculo del costo anual se estimó el cargo tarifario del 2023 establecido por la Empresa Eléctrica Quito S.A. para industrias catalogadas con un nivel de bajo voltaje en el horario de 08h00 hasta 22h00, siendo de 0.063 USD/kWh. Se evaluó el nivel de voltaje necesario para las máquinas a utilizar, considerando el rango de hasta 0.6 kV, que está definido igual por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables en el pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2023).

Tabla 3-2. Balance de energía de la potencia requerida para cada equipo

Código	Equipo	Potencia (kW)	Tiempo de operación (h/año)	Energía anual (kWh/año)
JV - 101	Agitación	0.62	281.25	174.02
	Chaqueta- Calentar	0.52	337.50	176.05
	Chaqueta- Mantener Caliente	5.28	12.00	63.41
DR - 101	Liofilizador	13.00	6480.00	84240.00
	Bomba a vacío	5.10	6480.00	33048.00
	Unidad de Calentamiento	13.00	6480.00	84240.00
CB - 301	Bandas Transportadoras	1.00	1768.00	1768.00
CB - 302		1.00	1768.00	1768.00
CB - 303		1.00	1768.00	1768.00
CB - 304		1.00	1768.00	1768.00
CB - 305		1.00	1768.00	1768.00
DR - 301	Secado por convección	1.00	1768.00	1768.00
DR - 302		1.00	1768.00	1768.00
WC - 301	Banda Transportadora Vibratoria de Lavado	1.00	1768.00	1768.00
WC - 302	Banda Transportadora de Rodillos para Enjuague por Aspersión	1.00	1768.00	1768.00

AC – 301	Banda Transportadora de Rodillos con Cono de Aspersión	1.00	1768.00	1768.00
SP - 201	Despulpadora	0.75	55.25	41.44
BV – 201	Exprimidor	1.50	110.50	165.75
	Triturador	0.75	110.50	82.88
VF – 201	Bomba de vacío	1.50	165.75	248.63
PZ – 201	Pasteurizador	2.00	331.50	663.00
V – 201	Agitación	0.62	221.00	136.50
V – 301	Agitación	0.01	221.00	2.83
PK – 301	Envasadora	5.70	1326.00	7558.20
CS – 401	Cámara de almacenamiento en frío	5.00	7560.00	37800.00
<b>Sumatoria</b>				266320.70

### 3.4 Simulación

Se realizó en el software *SuperPro Designer*, que facilita el modelado, evaluación y optimización de procesos *batch* y continuos enfocados en industria como alimenticia, bienes de consumo, biotecnología y farmacéutica. Cada uno de los equipos seleccionados previamente se incluyeron en la simulación, siendo posible el dimensionamiento, partiendo de la base de cálculo establecida para cada materia prima, incluyendo condiciones operacionales y las debidas pérdidas de su procesamiento. De esta manera, se establece el rendimiento y evaluación del proceso con el caudal de producción obtenido. En el Anexo H, se detalla el uso del software (Figura H, Tablas H 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

## **4. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Con la finalidad de determinar la rentabilidad del proyecto se realizó la evaluación económica que incluyó una estimación de todos los costos asociados a la planta, ingresos generados por la venta del producto y la inversión inicial requerida. Así mismo, se calculó el flujo de caja para determinar los indicadores económicos como el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno), tasa de descuento y PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión o Payback).

### **4.1 Estimación de costos**

#### **4.1.1 Estimación de capital fijo de inversión**

La inversión del capital fijo se compone de 4 elementos: costos ISBL (Inside Battery Limits), costos OSBL (Outside Battery Limits), costos de ingeniería, diseño y construcción y costos para imprevistos. El ISBL abarca los costos de adquisición e instalación de equipos de planta, incluyendo costos directos e indirectos. La maquinaria fue seleccionada y cotizada directamente con proveedores, considerando el precio de catálogo y el costo de importación. El costo ISBL total se determinó mediante el promedio de los costos obtenidos mediante los métodos de Lang, Hand y el método factorial detallado. El OSBL aborda los gastos asociados con la construcción de instalaciones y equipos no directamente relacionados con la producción. Los costos de ingeniería, diseño, producción e imprevistos se calcularon en función del ISBL. La estimación de la inversión total de capital fijo fue de USD\$ 3.061 millones aproximadamente y en la Tabla 4-1 se muestra un resumen de los resultados/costos obtenidos y en el Anexo K, se encuentra la metodología aplicada para los cálculos respectivos de esta sección.

Tabla 4-1. Estimación de la Inversión de Capital Fijo

	<b>Costo ISBL (USD)</b>	<b>Costo OSBL (USD)</b>	<b>Costo de ingeniería, diseño y construcción (USD)</b>	<b>Costo para imprevistos (USD)</b>	<b>Inversión Capital Fijo (USD)</b>
<b>Costo según Lang</b>	\$1,292,817.20	\$ 517,126.88	\$ 271,491.61	\$180,994.41	\$2,262,430.10
<b>Costo según Hand</b>	\$1,526,445.10	\$ 610,578.04	\$ 320,553.47	\$213,702.31	\$2,671,278.92
<b>Método Factorial Detallado</b>	\$1,112,111.95	\$ 444,844.78	\$ 233,543.51	\$155,695.67	\$1,946,195.92
<b>Promedio</b>	\$1,310,458.08	\$ 524,183.23	\$ 275,196.20	\$183,464.13	\$2,293,301.65

#### 4.1.2 Estimación de costos de capital de trabajo

Los costos de capital de trabajo son los fondos adicionales del costo de construcción de la planta, para iniciar y mantener las operaciones hasta generar ganancias. Para su estimación se analizan 6 elementos detallados en la Tabla 4-2, en donde los costos de inventario de la materia prima se calculan para una producción de 2 semanas. Adicional se consideró un margen de ganancia del 80%, mayor detalle se observa en el Anexo K.

Tabla 4-2. Estimación de los Costos de Capital de Trabajo

<b>Ítem</b>	<b>Costo (USD)</b>
Inventario de materias primas	\$ 13,575.21
Inventario de productos	\$ 24,435.38
Efectivo en caja	\$ 12,217.69
Cuentas por cobrar	\$ 48,870.76
Créditos de cuentas pendientes	\$ 271,504.23
Inventario de repuestos	\$ 27,519.62
<b>Total Capital de Trabajo</b>	<b>\$ 398,122.89</b>

#### 4.1.3 Estimación de costos de producción

Los costos de capital de producción se dividen en costos fijos y variables. Los costos fijos, permanecen constantes independientemente de la cantidad de unidades producidas, y abarcan

aspectos como el pago de arrendamiento, supervisión, seguros, mantenimiento de equipos, entre otros. De igual manera incluye los gastos salariales directos estimados para 30 operarios con una remuneración básica unificada de \$450/mes. En contraste, los costos variables fluctúan en relación con la cantidad de unidades producidas y los costos de materia prima y de servicios auxiliares para 225 días laborales al año. En la Tabla 4-3 se observan los costos variables, fijos y el total de producción y en el Anexo K se desglosan los elementos evaluados para las 2 categorías de costos.

Tabla 4-3. Estimación de los Costos de Producción

<b>Costos para la operación de la planta (USD/año)</b>	
Costos de producción variables VCOP	\$ 312,352
Costos de producción fijos FCOP	\$ 547,900
<b>Costo Total de Producción CCOP</b>	<b>\$ 860,252</b>

#### **4.2 Estimación de ingresos y flujo de caja**

Los ingresos del proyecto provienen de la venta de frutillas con recubrimiento con base en micropartículas de cera carnauba y gel de aloe vera, en cajas de 0.50 kg aproximadamente. La producción diaria corresponde a 1434 cajas cuyo precio de unidad es USD\$ 1.70 con un margen de ganancia correspondiente al 80%. El margen bruto de ganancia mide los beneficios que se obtienen de un proyecto considerando los costos directos de la venta del producto.

El beneficio neto corresponde a una medida de rentabilidad de un proyecto una vez que se han contabilizado todos los costos e impuestos, justificado en la capacidad de producción de la planta, como se evidencia en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Estimación de ingresos del proyecto.

<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	\$ 549,796.07
Costo anual de las materias primas	\$ 305,442.26
Margen bruto de ganancias del producto	\$ 244,353.81
Beneficio bruto	\$ -328,936.75
Beneficio Neto	\$ -342,041.33

Se obtuvo un beneficio neto negativo, que evidencia que el producto se vende a un precio que no representa ni recuperación a largo plazo, de los costos de producción, ni gastos adicionales que podrían generarse. Existen mayores pérdidas en cada una de sus ventas. Ante este escenario, se propuso, un incremento paulatino de ingresos del 2% anualmente, partiendo de un 20% en el segundo año de funcionamiento del proyecto. La Tabla K 15 representa el cambio en los ingresos, costos anuales y beneficio tanto bruto como neto. Mediante este incremento, el valor actual neto (VAN) se vuelve positivo, con el transcurso de 7.43 años, existe una recuperación de la inversión. Adicionalmente, se cuenta con una tasa interna de retorno (TIR) del 18% pero tasa de descuento del 15%, es decir, dado que TIR es mayor a la tasa de descuento, la inversión si sería aceptada, por lo que el proyecto si es lo suficientemente rentable para justificar la inversión (Tabla K 16).

### **4.3 Análisis de flexibilidad**

Se ha propuesto alternativas para que la inversión sea recuperada en el tiempo. El liofilizador, que implica un alto costo energético, se cambió por una centrifugadora (Tabla K 17). Se ha considerado la posibilidad de adquisición del gel de aloe vera (Tabla K 18) por el incremento en el costo de la materia prima, no obstante, se eliminaría la línea 2 propuesta originalmente. En la sección de Anexo K, se presenta el cambio en el beneficio neto de ambos escenarios y cómo esto afecta a los indicadores económicos como VAN, TIR y PIR a una tasa de descuento de 15%. En la Figura 4-1, se observa la comparación de los tres escenarios y se aprecia que, al

adquirir el gel de aloe vera de manera independiente, el beneficio neto acumulado es más alto, a diferencia de los otros dos casos. Las gráficas pertenecientes al escenario con centrifugadora y liofilizador están superpuestas, por lo que en caso de adquisición de cualquier de los dos equipos los valores obtenidos son similares en una proyección de 10 años.

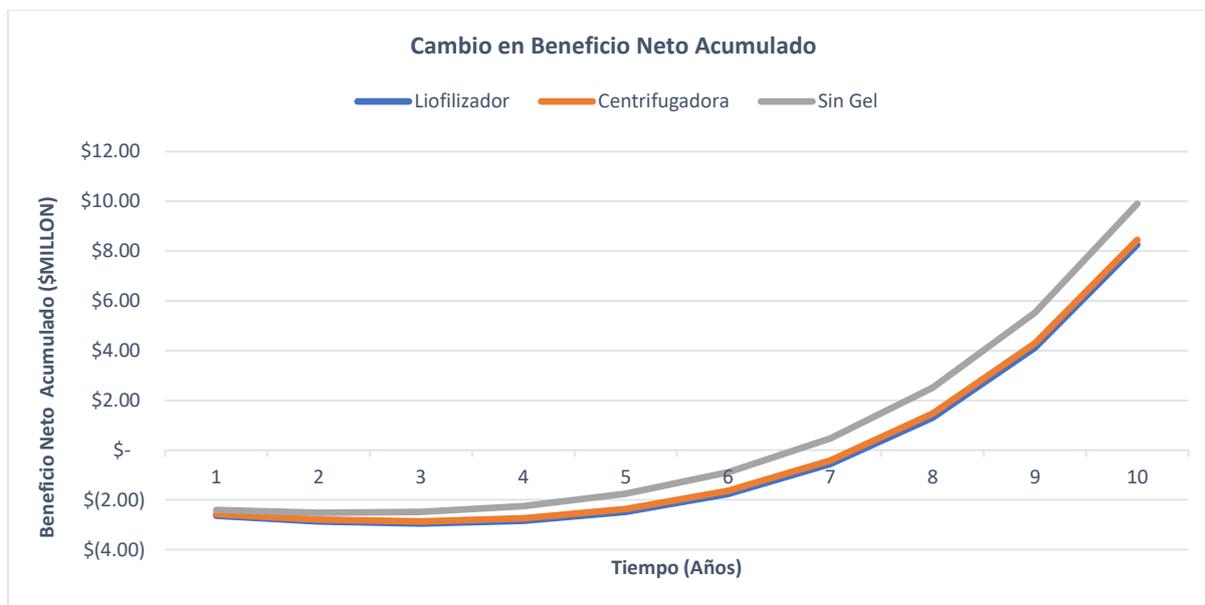


Figura 4- 1. Comparación de beneficio neto acumulado según cambio en diseño de proceso. Esto igualmente se observa en los indicadores económicos de VAN, TIR, y PIR, representado en la Figura 4-2 y en la Tabla K 19. La información proporcionada resulta más precisa para la determinación de aquel escenario más favorable en el cual la planta sea rentable. Se destaca que ciertamente tras eliminar la línea de producción de gel, se alcanza un VAN USD\$ 1.25 millones, con un TIR de 22%, superior a la tasa de descuento del 15%, con lo cual se recuperaría la inversión en máximo 6.53 años, que permitiría que la planta sea factible y rentable a estas condiciones.

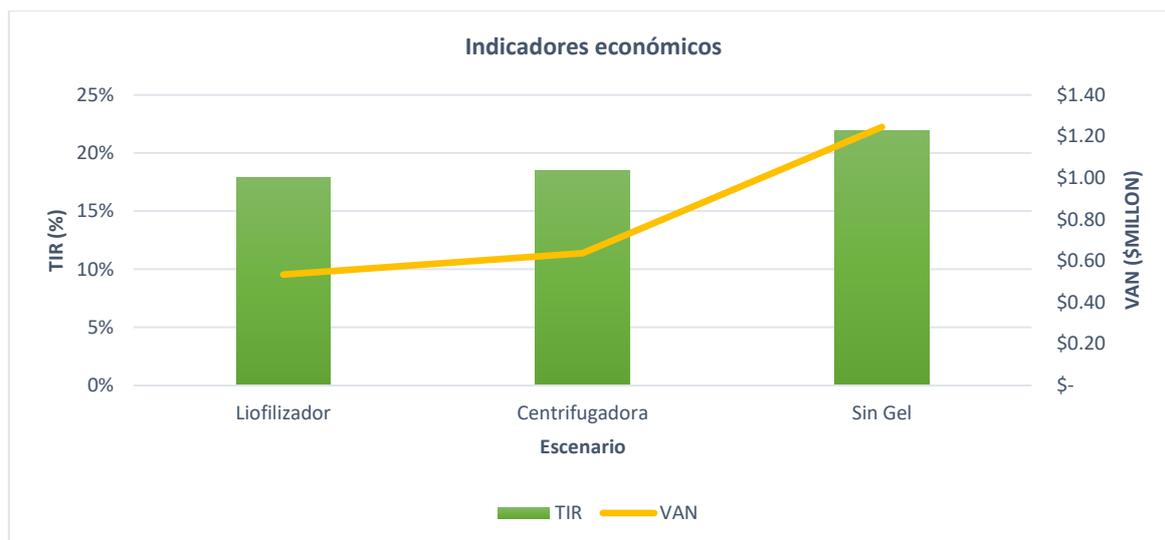


Figura 4- 2. Comparación de indicadores económicos según cambio en diseño de proceso.

No obstante, se ha planteado tres diferentes enfoques manteniendo el diseño de proceso y planta original. En este caso, se optó por cambiar la tasa de ingresos del proyecto partiendo de un 150% para un escenario optimista, 100% como realista y 80% pesimista, en donde este porcentaje se reduce con respecto al año previo de análisis. Las Tablas K 20, 21 y 22 en Anexo K, incluyen los valores obtenidos bajo estas condiciones y cómo los indicadores económicos VAN, TIR y PIR a una tasa de descuento se ven afectados respecto a cada enfoque. En la Figura 4-3, se aprecia el beneficio neto acumulado según el caso, en donde ciertamente aquel escenario optimista brinda un valor final acumulado de USD\$ 13.79 millones.

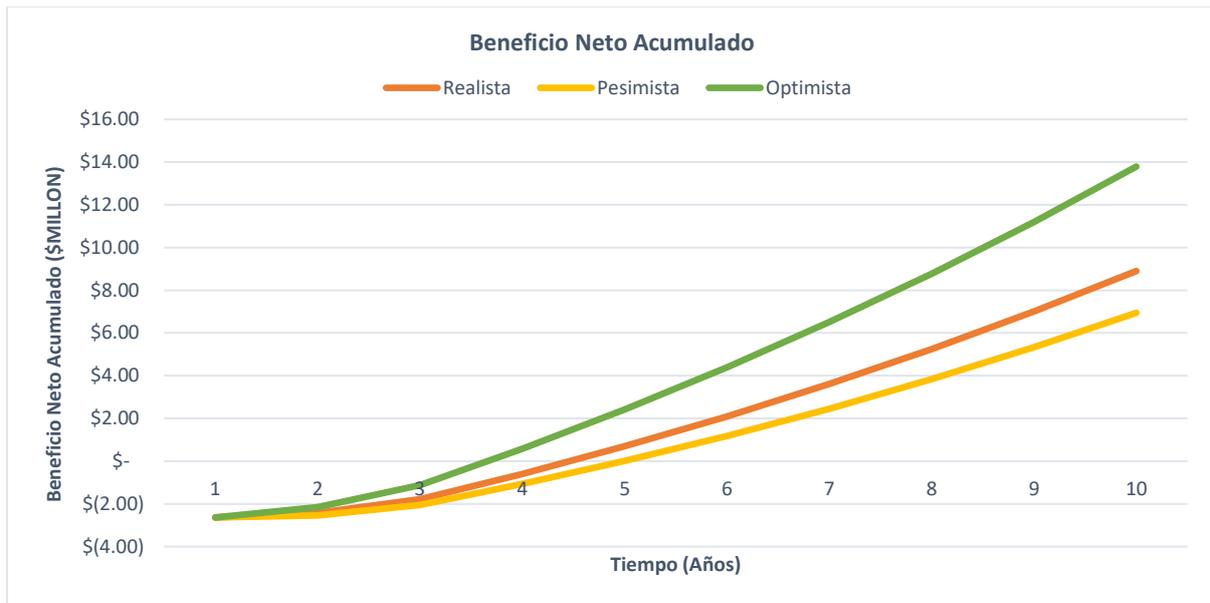


Figura 4- 3. Comparación de beneficio neto acumulado según tasa de ingresos.

Por tanto, la inversión si se recupera en el tiempo, en aproximadamente, 3.52 años que corresponde a la intersección con el eje de las abscisas. Esto se representa de mejor manera a través de los indicadores económicos (Figura 4-4), y de manera detalla en la Tabla K 23, en donde el VAN abarca una cantidad positiva de USD\$ 3.53 millones y TIR de 36% mayor a la tasa de descuento, con la oportunidad de inversión de un proyecto factible y rentable.

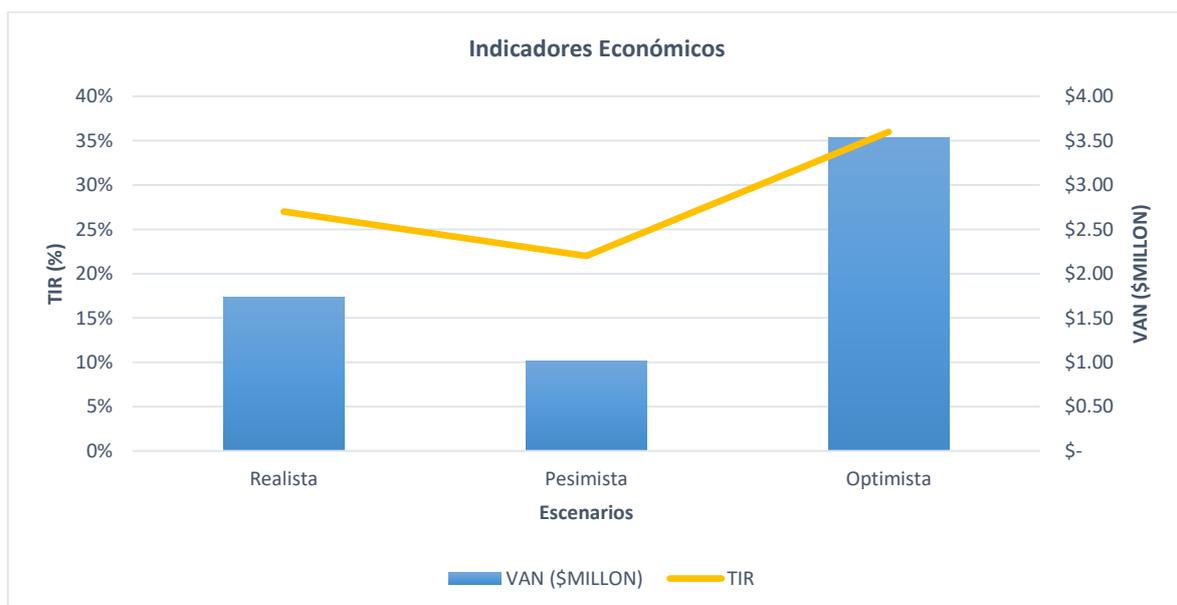


Figura 4- 4. Comparación de indicadores económicos según tasa de ingresos.

No existe una diferencia significativa entre los escenarios ya que se obtienen resultados positivos en dichos casos, por lo que hay la posibilidad de mantener el diseño de proceso y de planta original propuesto en este proyecto, a medida que la inversión se recupera en el tiempo, y con ello su establecimiento resulta rentable y factible para satisfacer la necesidad del mercado y así cubrir la problemática.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto tuvo como objetivo principal evaluar la factibilidad tecno-económica para la construcción y ejecución de una planta de producción de un recubrimiento asperjable con base en gel de aloe vera y micropartículas de cera carnauba partiendo de la experimentación en laboratorio y estudios preliminares en el desarrollo de métodos alternativos que permitan alargar la vida útil de frutillas al corresponder a frutos no climatéricos los cuales cuentan con una vida postcosecha corta debido a su alta actividad metabólica volviéndolas susceptibles al deterioro.

Se determinó en laboratorio la mejor formulación para el recubrimiento en función de la observación de la matriz del recubrimiento por aspersión, a través de microscopía electrónica de barrido (*SEM*), siendo aquella de 0.3% p/v de micropartículas de cera carnauba, concentración de 40% v/v de gel de aloe vera y aceite de canela, 0.10% v/v. No obstante, a partir de las pruebas fisicoquímicas el recubrimiento generó una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), al aumentar la cantidad de sólidos solubles (grados Brix) e índice de madurez de frutillas. La formulación de recubrimiento que se aplicó en estudios preliminares mediante inmersión (Álvarez-Barreto et al., 2023), tuvo un mayor efecto en la senescencia; sin embargo, se recomienda, determinar una formulación adicional al recubrimiento al variar la concentración de aceite de canela, reforzarla con distintos agentes como la celulosa microcristalina, gelatina, o el uso de aceites esenciales alternativos como limón, camelia, jengibre, girasol, entre otros, para comparar su efecto en la extensión de la vida útil de frutillas. Adicionalmente, se recomienda evaluar sensorialmente las frutillas con recubrimiento, para determinar el nivel de agrado. Para determinar sus propiedades antimicrobianas, se sugiere el análisis del cultivo *Botrytis cinérea* en medio PDA (potato dextrose agar).

En el escalamiento industrial, se estableció un rendimiento del 93% en producción de frutillas, con pérdidas por aspersión del 10% durante el procesamiento. El proyecto es potencialmente

rentable y viable. En caso de realizar modificaciones en el diseño de la planta, se opta por una centrifugadora para reducir el costo energético o la adquisición de gel de aloe vera que elimina la línea 2 del diseño de proceso. Este último permite obtener un VAN máximo de USD\$ 1.25 millones, y recuperación de la inversión en 6.53 años, siendo una inversión atractiva. Si se mantiene el diseño de proceso y se aumenta la tasa de ingreso al 100% con una disminución del 10% respecto al año previo en una proyección de 10 años, el proyecto es rentable con la recuperación de la inversión en 4.85 años y un TIR de 27%. En el plano comercial, se recomienda ofertar las frutillas con recubrimiento a aerolíneas debido a la necesidad de conservar los productos en buen estado durante el tiempo de vuelo y la posible exportación del producto a otros países y evaluar su rentabilidad.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achipiz, S., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L., & Navia, D. P. (2013). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 11(SPE), 92-100.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2022). *Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Agencia de Regulación Y Control de Energía Y Recursos Naturales No Renovables. [https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/Pliego-Tarifario-SPEE-Ano\\_2023\\_Certificado.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/02/Pliego-Tarifario-SPEE-Ano_2023_Certificado.pdf)
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (2013). *REGLAMENTO SANITARIO DE ETIQUETADO DE ALIMENTOS PROCESADOS PARA EL CONSUMO HUMANO*. <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/REGLAMENTO-SANITARIO-DE-ETIQUETADO-DE-ALIMENTOS-PROCESADOS-PARA-EL-CONSUMO-HUMANO-junio-2014.pdf>
- Álvarez-Barreto, J. F., Cevallos-Ureña, A., Zurita, J., Pérez, J., León, M., & Ramírez-Cárdenas, L. (2023). Edible Coatings of Aloe Vera Gel and Carnauba Wax Microparticles to Increase Strawberry (*Fragaria ananassa*) Shelf Life. *International Journal of Fruit Science*, 23(1), 181-199.
- Arcentales León, J. L. (2022). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE QUITOSANO Y ACEITE DE CANELA APLICADO COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN MORA POSTCOSECHA*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23409/1/UPS-CT010073.pdf>

Bp, D., Continental, J., Hydrochloride, D., Simone, G., & Tpo, D. (2005). Safety data sheet  
Safety data sheet. *Carbon NY, 1173*, 1-8.

Cabascango Valencia, C. V. (2013, January). Guía de normas y procedimientos para la  
obtención del permiso de funcionamiento, registros sanitarios, controles pos-registros  
para plantas lácteas e internacionalización de sus productos acorde a la ley orgánica de  
salud pública del ecuador y otras vigentes. Universidad Politécnica Salesiana Sede  
Quito.

Canales-Torres, H. G., García-Mera, G. A., & Salas-Macías, C. A. (2017). Recubrimiento  
natural con base de Aloe vera como estrategia de conservación de *Psidium guajava*.  
*Revista Científica*, vol. (30), pp. 224- 234.

Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated  
with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food hydrocolloids*, 38,  
20-27.

Colunga, K. I. T., & Ponce, M. D. R. G. (2016). Diseño de un tanque agitado para la etapa de  
hidrólisis en la producción de miel de agave. *Jóvenes en la ciencia*, 2, 22-26.

Delgado, M. (2022). Aplicación de un recubrimiento comestible con base en pectina y aceite  
esencial de canela reforzado con celulosa microcristalina para alargar la vida útil de  
frutillas (*Fragaria ananassa*). (Tesis de posgrado, Universidad San Francisco de Quito.  
Colegio de Posgrados. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos).

Dolores, M., & Medina, R. (2015). *DISEÑO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE  
BIOACTIVO PARA APLICARLO EN LA FRUTILLA (Fragaria vesca) COMO  
PROCESO DE POSTCOSECHA* [Tesis].  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11181/1/CD-6412.pdf>

- FAO. (1995). *NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS CODEX STAN 192-1995*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura. [https://www.fao.org/gsfonline/docs/CXS\\_192s.pdf](https://www.fao.org/gsfonline/docs/CXS_192s.pdf)
- Fernández, N. M., Echeverría, d. C., Mosquera, s. A., & Paz, s. P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Bioteconlogía En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 15(2), 134. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)134-141](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)134-141)
- Ferraro, G. M. (2009). Revisión de la aloe vera (Barbadensis Miller) en la dermatología actual. *Revista argentina de dermatología*, 90(4), 00-00.
- Ferrer Morocho, Y. V. (2020). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota (Sechium edule) de la variedad virens levisenla calidad y vida útil de la fresa (Fragaria ananassa)* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos).
- Ferro, V. A., Bradbury, F., Cameron, P., Shakir, E., Rahman, S. R., & Stimson, W. H. (2003). In vitro susceptibilities of Shigella flexneri and Streptococcus pyogenes to inner gel of Aloe barbadensis Miller. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 47(3), 1137-1139.
- Fiallos Muyolema, T. G. (2018). *Efecto de la utilización de antioxidantes en la producción de un pulverizado a partir de Jícama (Smallanthus sonchifolius) para la empresa "HUIKUNDO S.A"*. [Tesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28390/1/AL%20684.pdf>
- García Ángel H. 2009. "Efecto de películas de quitosano sobre la vida de anaquel del queso panela". Tesis de licenciatura. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- García Ulloa, N. M., & Cely, N. M. (2020). *Evaluación de la actividad enzimática de pectinasa obtenida de la pulpa de guanábana (Annona muricata l.) y chirimoya (Annona*

- cherimola l.) y su aplicación en la extracción de jugo.* Universidad Nacional abierta y a distancia. Escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/36468/1/nmcelYC.pdf>
- García, J. I., García-Marín, H., & Pires, E. (2014). Glycerol based solvents: synthesis, properties, and applications. *Green Chemistry*, 16(3), 1007-1033.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.
- Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 185-195.
- Gomes, A., Costa, A. L. R., Cardoso, D. D., Náthia-Neves, G., Meireles, M. A. A., & Cunha, R. L. (2021). Interactions of  $\beta$ -carotene with WPI/Tween 80 mixture and oil phase: Effect on the behavior of O/W emulsions during in vitro digestion. *Food Chemistry*, 341, 128155.
- González Cabrera, M. V. (2017). Conservación de Mora, Uvilla y Frutilla Mediante la Utilización de Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Tesis doctoral. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Grajales Valencia, N. (2009). *Desarrollo de empaque para proteger y conservar la fresa condiciones organolépticas para su distribución.* Universidad Católica Popular del Risaralda.
- Herrera Vásquez, V. (2023). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas de formulados a base de sericina con adición de Aloe vera para la protección del banano.* Universidad de Antioquia.

- Hidrobo Andrade, X. R., & Pineda Viana, M. J. (2011). *Estudio de prefactibilidad para la industrialización y comercialización de frutilla (fragaria sp.) en la parroquia de Tababela-Pichincha* (Bachelor's thesis).
- Huang, W. (2010). Development of leather wax by oxidized paraffin wax. *Petroleum science and technology*, 28(1), 1-6.
- Imbabura Travel. (2018). *Turismo en Imbabura - Intag, un lugar para visitar*. Imbaburatravel.ec. <https://imbaburatravel.ec/index.php/blog/483-intag-un-lugar-para-visitar>
- INEC. (2022). *Data y Resultados*. INEC. <https://www.censoecuador.gob.ec/data-y-resultados/>
- INEC. (2023). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo -ENEMDU Indicadores laborales*. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2023/Trimestre\\_I/2023\\_I\\_Trimestre\\_Mercado\\_Laboral.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2023/Trimestre_I/2023_I_Trimestre_Mercado_Laboral.pdf)
- InfoAgro. (2016). Podredumbre gris en frutillas: Botrytis cinérea. INFOAGRO, pp. 4-8.
- InfoAgro. (2018). El cultivo de Fresa. *InfoAgro.com*. Recuperado el 30 de septiembre de 2023 de [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_fresa.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp)
- Iribarren, M. J., González, B. A., & Filippini, S. (2012). Distribución de Phytophthora cactorum en el perfil de un suelo cultivado con frutilla (Fragaria x ananassa). *Summa Phytopathologica*, 38, 17-23.
- Jahuey Hernández, M. (2013). APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE PARA REDUCIR LA ABSORCIÓN DE ACEITE DURANTE EL PROCESO DE FREIDO EN LOS ALIMENTOS [Tesis]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/539/62756s.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

- Jiménez, M. B., & Córdoba, M. E. M. (2010). Determinación de modelos para evaluar el consumo de potencia en tanques agitados para soluciones pseudoplásticas. *Ingeniería*, 20(1-2), 51-65.
- Kader, A., 2011, Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas, 3era. edición, Peer Reviewed, California, United States of America, pp. 413-415.
- Kohnen, B., Pieloth, D., Musemic, E., & Walzel, P. (2011). Characterization of full cone nozzles. *Atomization and Sprays*, 21(4).
- López-Zamora, L., Cadeza-Merino, O. J., Martínez-Martínez, K., & Bolaños-Reynoso, E. (2008). Estudio preliminar del efecto de la presión de vacío y del vapor en un cristizador por lotes a nivel planta piloto. *Revista mexicana de ingeniería química*, 7(1), 65-70.
- Maan, A. A., Nazir, A., Khan, M. K. I., Ahmad, T., Zia, R., Murid, M., & Abrar, M. (2018). The therapeutic properties and applications of Aloe vera: A review. *Journal of Herbal Medicine*, 12, 1-10.
- Milanovic, J., Manojlovic, V., Levic, S., Rajic, N., Nedovic, V., & Bugarski, B. (2010). Microencapsulation of flavors in carnauba wax. *Sensors*, 10(1), 901-912.
- Miranda, M., Sun, X., Ference, C., Plotto, A., Bai, J., Wood, D., Garrido Asis, O. B., Ferrerira, F. D., & Baldwin, E. (2021). Nano-and micro-carnauba wax emulsions versus shellac protective coatings on postharvest citrus quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 146(1), 40-49.
- Miranda, M., Sun, X., Marín, A., Dos Santos, L. C., Plotto, A., Bai, J., Garrido Asis, O. B., Ferrerira, F. D., & Baldwin, E. (2022). Nano-and micro-sized carnauba wax emulsions-based coatings incorporated with ginger essential oil and hydroxypropyl methylcellulose on papaya: Preservation of quality and delay of post-harvest fruit decay. *Food Chemistry: X*, 13, 100249.

- Molina, E. A. (2002). *Cálculo de disoluciones y calidad del agua*. Universidad de Costa Rica.
- Moncayo Martínez, D. C. (2013). *Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas* [Tesis de Maestría]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/50858/24336979.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montoya Ruiz, A. (2019). *Formulación de emulsiones naturales de aceites y ceras en agua*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Muñoz López, C. J. (2011). *COMBATE BIOLÓGICO DEL MOHO GRIS (Botrytis cinerea) BAJO DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO, DEL FRUTO DE FRESA (Fragaria x ananassa) C.V. ALBIÓN* [Tesis]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/Tesis\\_t003agr.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/Tesis_t003agr.pdf)
- Muñoz, S y Naranjo, J. (2012). *Características de las propiedades fisicoquímicas y estudio de los atributos de calidad en el comportamiento postcosecha de las frutillas*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte - Ibarra
- Novoa, R. H., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía colombiana*, 24(1), 77-86.
- OEC. (2021). *Glicerol en Ecuador*. the Observatory of Economic Complexity. Recuperado el 3 de octubre de 2023 de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/glycerol/reporter/ecu>
- Olivera Soto, J. A. (2012). Cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). In *Serie Manual; n. 01-12*. INIA. Estación Experimental Agraria Donoso-Huaral.
- Pavón, D & Valencia, S. (2016). Efecto de recubrimiento comestible compuestos a base de goma Tara en la calidad de postcosecha de frutilla. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. (17), pp. 65-59

- Penagos, J. I. C. (2013). Caracterización de materiales a través de medidas de microscopía electrónica de barrido (SEM). *Elementos*, 3(3), 133-146.
- Pinzón.; Fischer. y Corredor, G. (junio de 2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edullis Sims.*) *Redalyc. org*, vol. 25 (1), pp. 83-95
- PubChem. (2010). *Polysorbate 80*. Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Polysorbate-80#section=Synonyms>
- Radha, M. H., & Laxmipriya, N. P. (2015). Evaluation of biological properties and clinical effectiveness of Aloe vera: A systematic review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 5(1), 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2014.10.006>
- Restrepo, I. y Aristizábal, D. (2010). Conservación de la fresa (*Fragaria xananassa Duch cv. Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y cera carnauba. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, vol. 12 (3) pp. 252-263
- Reyes, M. y Zschau, B. (2012). *Frutilla, consideraciones productivas y manejo*. Boletín INIA, pp. 113.
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A., & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63-70.
- Salermo Piña, J. M. (2014). *Diseño del agitador del tanque de la instalación semi-industrial de hidrotransporte del ISMM de Moa* (Bachelor's thesis, Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica).
- Sinnott, R., & Towler, G. (2020). *Chemical Engineering Design*. Butterworth-Heinemann.
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada En Ciencias*

*Químico-Biológicas*, 21(1405-888X), 30.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>

Tustón Chacón, R. G. (2012). *Sistematización de experiencias del cultivo de frutilla (Fragaria dioica), para la Sierra norte de Pichincha*. Universidad Politécnica Salesiana.

Urbano Rivera, B. I. (2023). *Estudio comparativo de recubrimientos comestibles que retrasan el proceso de deterioro de la frutilla* [Tesis]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/30254/1/UCE-FCQ-CQA-URBANO%20BRAYAN.pdf>

Valencia, D., & Fisher, G. (2016). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*.

Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(20), 7807-7813.

Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., & Lemus, R. (2005). El Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 32(3), 208-214.

Vizcaino Moya, L. D. (2011). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de frutilla (Fragaria chiloensis) en Checa-Pichincha*. Universidad San Francisco de Quito.

Zúñiga, D. (2016). Recubrimiento comestible a base de aloe vera (*aloe barbadensis miller*) para papaya (*carica papaya*) y guayaba (*psidium guajava*) como alimentos de iv gama. (Tesis pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca

## ANEXO A: TERMINOLOGÍA ESPECIALIZADA

1. **Acidez titulable:** Cantidad de ácido presente en una solución, comúnmente expresada en términos de ácido cítrico o ácido málico y se utiliza para evaluar el sabor ácido de una fruta.
2. **Aspersión:** La aplicación de una sustancia líquida en forma de pequeñas gotas rociadas sobre una superficie o un objeto, como la aplicación de un recubrimiento en forma de aerosol.
3. **Cera de carnauba:** Es una cera natural obtenida de las hojas de la palma de carnauba, utilizada en la industria alimentaria como recubrimiento comestible.
4. **Compuestos bioactivos:** Sustancias químicas presentes en la frutilla que tienen efectos beneficiosos para la salud, como antioxidantes, antiinflamatorios, etc.
5. **Emulsificantes:** Sustancias que ayudan a mezclar ingredientes que normalmente no se mezclarían, como agua y aceite.
6. **Grados Brix:** Concentración de sólidos solubles, principalmente azúcares, en una solución o líquido, comúnmente utilizada para determinar la dulzura de las frutas y su madurez.
7. **Hemicelulosa:** Un polisacárido presente en las paredes celulares de las plantas, que forma una matriz junto con la celulosa y la lignina, y puede ser una parte importante de los materiales de recubrimiento.
8. **Índice de madurez:** Evalúa el grado de madurez de una fruta en función de varios parámetros, como el color, la firmeza y el contenido de azúcar. Relaciona la cantidad de sólidos solubles y la acidez titulable.
9. **Micropartículas:** Partículas extremadamente pequeñas que pueden variar en tamaño desde 1 a 100 micrómetros y que se utilizan en diversas aplicaciones, como recubrimientos y empaques.

**10. Parámetros fisicoquímicos:** Propiedades que combinan aspectos físicos y químicos de un material o sustancia, como la textura, el color, la acidez y el contenido de azúcar en las frutas.

**11. pH:** Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, basada en la concentración de iones de hidrógeno presentes.

**12. Recubrimiento comestible:** Una capa segura y comestible aplicada a la superficie de un alimento para protegerlo, preservarlo o mejorar sus propiedades, como la frescura y la vida útil.

**13. Senescencia:** Proceso natural de envejecimiento de la fruta que conduce a la pérdida de calidad.

**14. Tasa de respiración:** La velocidad a la que un producto, como las frutillas, libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y consume oxígeno (O<sub>2</sub>) como parte de su proceso metabólico, lo que puede afectar su calidad y vida útil.

## ANEXO B – DETALLE DE MATERIAS PRIMAS



Figura B 1. Escala de madurez para frutilla.

Tabla B 1. Descripción taxonómica de frutillas.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Familia	Rosaceae
Género	Fragaria
Especie	<i>Fragaria x ananassa</i>

Tabla B 2. Descripción taxonómica de aloe vera.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Familia	Liliaceae
Género	Aloe
Especie	<i>Aloe Barbadensis</i>

## ANEXO C – DETALLE DEL PROCESO REALIZADO EN LABORATORIO

### Elaboración de micropartículas de cera carnauba

- Mezclar 500  $\mu\text{L}$  de Tween 80 en 100 mL de agua destilada.
- Separar aproximadamente 30 mL de esta mezcla en cada tubo cónico *Falcon*.
- Añadir 0.50 g de cera carnauba en cada tubo.
- Llevar los tubos a baño María a 85°C durante 30 minutos con la tapa semiabierta.
- Homogeneizar la mezcla a 200 x 10000 rpm durante 1 minuto con *MXBAOHENG Homogeneizador de alta velocidad*.
- Aparte, preparar un vaso de precipitación con agua destilada a 4°C con un volumen igual al dispuesto por la mezcla en el tubo cónico *Falcon* (30 mL).
- Después de la homogeneización, verter la solución del tubo al vaso de precipitación con agua destilada fría.
- Mantener agitación en dicha solución.
- Disponer aproximadamente 35 mL de la mezcla en cada tubo cónico *Falcon*.
- Liofilizar las muestras a -70°C por aproximadamente 48 horas.

### Elaboración de gel de aloe vera a distintas concentraciones

- Lavar las hojas de sábila.
- Con un cuchillo, cortar la cabeza y cola; desecharlas.
- Separar la sábila de las hojas.
- Enjuagar la sábila y desprender el mucílago en su mayoría.
- Preparar cada distinta formulación de acuerdo con la Tabla C1.

Tabla C 1. Formulación de gel de aloe vera en laboratorio.

Concentración Gel	Cantidad Sábila (g)	Cantidad de agua destilada (mL)	Ácido cítrico (g)	Ácido ascórbico (g)
30%	60	200	2.0	1.0
35%	70	200	2.0	1.0
40%	80	200	2.0	1.0
45%	90	200	2.0	1.0

- Licuar cada mezcla durante 5 minutos.
- Disponer en una plancha de calor y elevar la temperatura a 85°C.
- Tras alcanzar dicha temperatura, mantener por 5 minutos.
- Enfriar a 4°C.
- Filtrar a vacío.

### Elaboración y aplicación de recubrimiento comestible.

Para un volumen de 100 mL (Tabla C 2):

Tabla C 2. Preparación de recubrimiento comestible.

Compuesto	Proporción	Cantidad
Gel aloe vera	75% v/v	75 mL
Micropartículas de cera carnauba	0.30% p/v	0.30 g
Glicerol	1.50% v/v	1.50 mL
Tween 80	0.50% v/v	500 $\mu$ L
Aceite esencial de canela	0.10% v/v	2 gotas (0.10 mL)

- Completar el volumen de 100 mL con agua destilada.
- Agitar en plancha a 2500 rpm por 20 minutos.
- Colocar la mezcla en un atomizador.
- Asperjar las frutillas a medida que giran para cubrir gran parte de su superficie.
- Colocar las frutillas en pequeñas cajas de aluminio con tapa de cartón.

- Mantener en refrigeración durante 24 horas.
- Obtener muestra de epidermis de la frutilla para cada tipo de recubrimiento con base en su concentración de gel de aloe vera: 1.0 cm x 1.0 cm x 2.0 mm.
- Disponer las muestras en microplatos, cubrir con *Parafilm*, y etiquetar.
- Liofilizar las muestras a -70°C por aproximadamente 48 horas y observar en el microscopio electrónico de barrido.

### **Microscopía electrónica de barrido (SEM)**

Tras haber aplicado el recubrimiento comestible mediante aspersion en frutillas, fue posible observar una matriz en la epidermis, gracias a la utilización de microscopía electrónica de barrido (*Scanning Electron Microscopy*). Este equipo permite tomar una imagen de la muestra como respuesta del material al impacto de un haz de electrones. Se generan señales que son registradas por detectores del equipo, tras el impacto de un haz de electrones de alta energía. Cada señal otorga información entorno a la composición, conductividad eléctrica y topografía de la muestra. En este caso, se empleó oro sobre las muestras como material conductor. Adicionalmente, se usa un sistema de lentes que enfocan el haz de luz y donde la cantidad de electrones detectados se traduce en una señal digital para construir la imagen considerando la intensidad de color (Penagos, 2013). Las resoluciones empleadas fueron 100x, 300x, 700x y 2000x, para observar la incidencia de la concentración de gel de aloe vera en la matriz, así como su interacción con las micropartículas de cera carnauba (Figura C 1).

**Vista 100x**

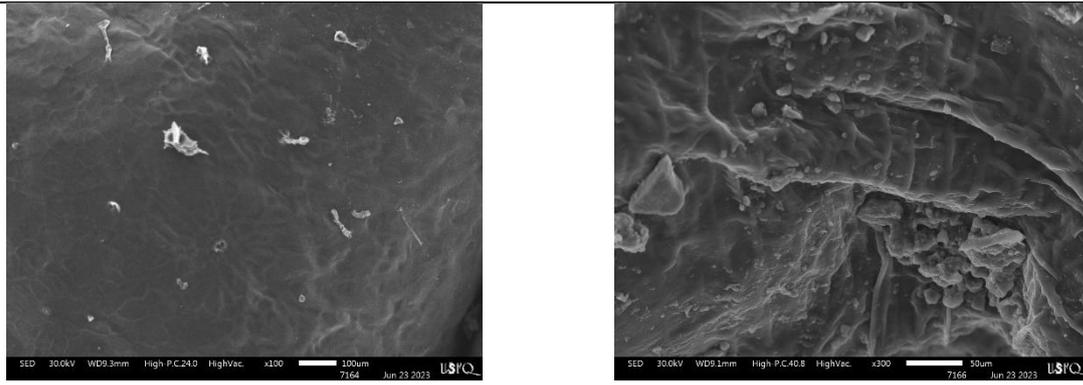
**Vista 300x**

---

A

B

---



Vista 700x

C

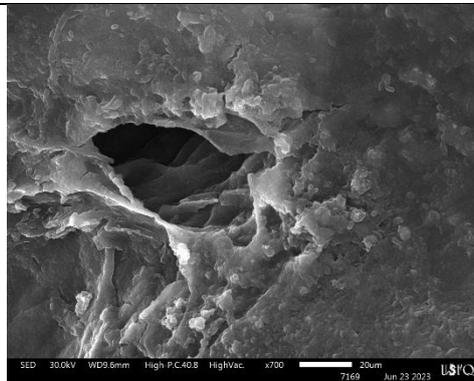


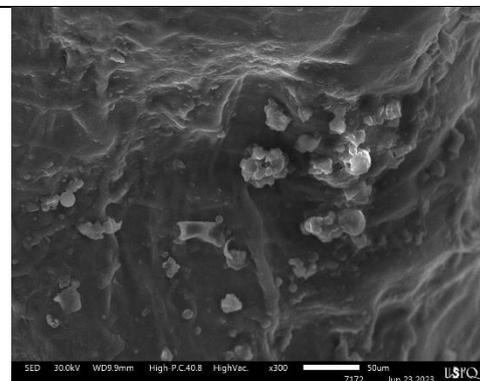
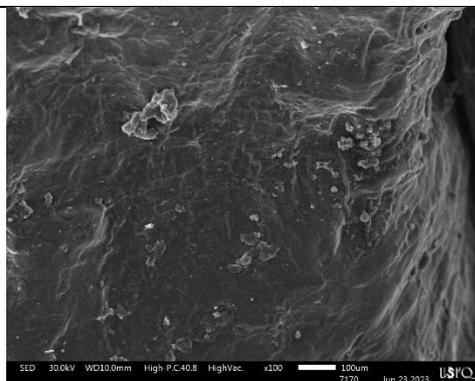
Figura C 1. Micrografía electrónica de barrido en frutillas para concentración de 30% de gel de aloe vera

Vista 100x

Vista 300x

A

B



Vista 700x

Vista 2000x

C

D

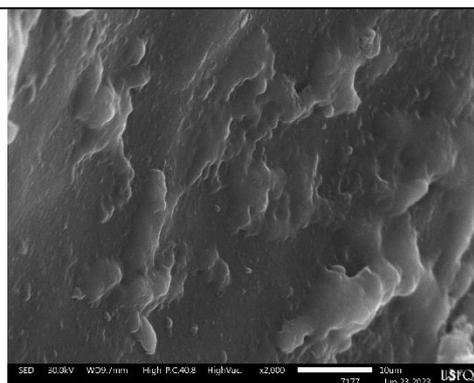
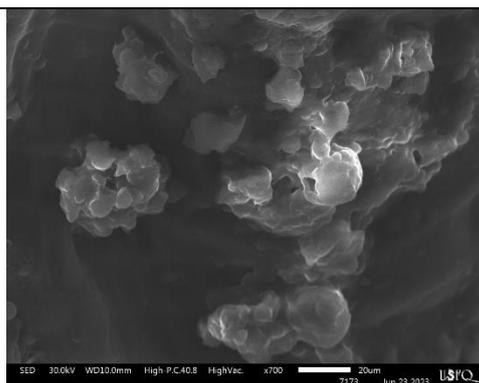


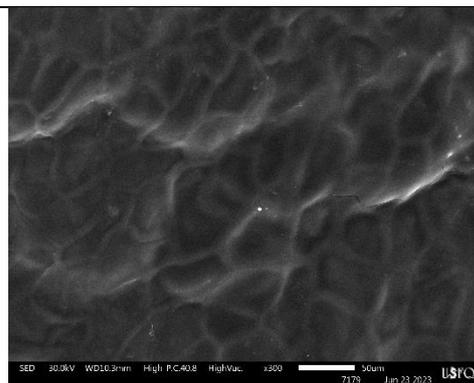
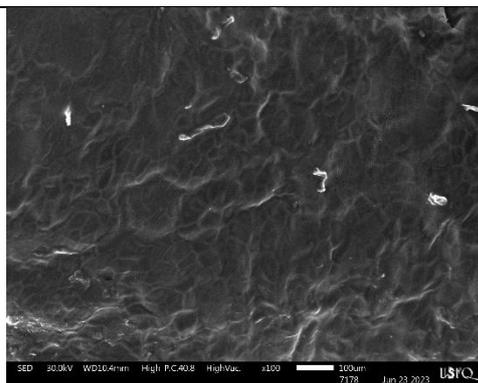
Figura C 2. Micrografía electrónica de barrido en frutillas para concentración de 35% de gel de aloe vera

Vista 100x

Vista 300x

A

B



Vista 700x

C

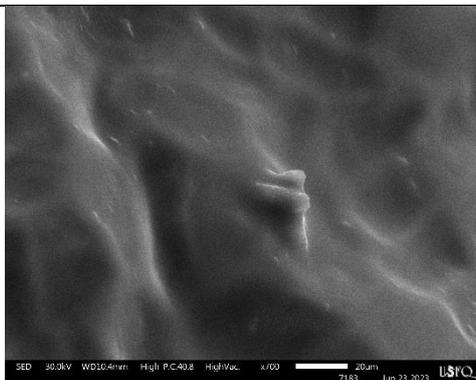


Figura C 3. Micrografía electrónica de barrido en frutillas para concentración de 40% de gel de aloe vera

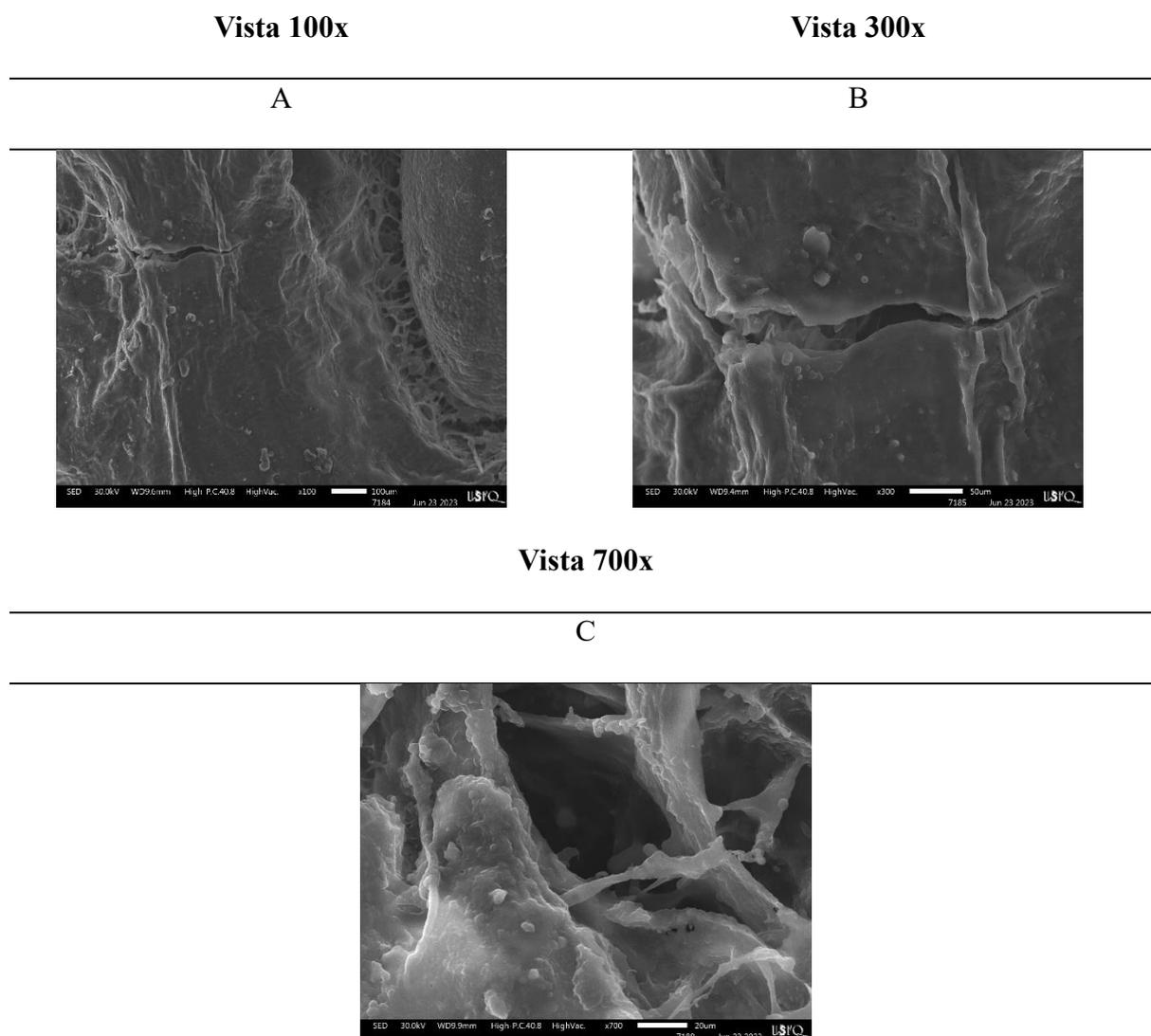


Figura C 4. Micrografía electrónica de barrido en frutillas para concentración de 45% de gel de aloe vera

El efecto de las distintas concentraciones de gel de aloe vera (30%, 35%, 40% y 45%) se observa en las imágenes previas, obtenidas por *SEM*. Para 30%, las micropartículas presentan deformidades; algunas se encuentran esféricas mientras que en otras zonas están acumuladas provocando la formación de bultos en la matriz. Es porosa por la presencia del gel. Al 35%, las micropartículas se observan de mejor manera, al igual que su forma y tamaño están

definidos dentro de la matriz. Al 40%, el gel se encuentra más denso, por lo que no se observan las micropartículas en la película de la epidermis, tras encontrarse embebidas en el gel, es decir, integradas. Para 45%, el gel se encuentra poroso e incluso se han determinado grietas en la matriz por su grosor y la capa externa no presenta buen anclaje. A través de este análisis, se determinó que el gel de aloe vera con concentración de 40% se adapta mejor a la superficie de la frutilla con una matriz uniforme y distribución homogénea de micropartículas de cera carnauba, así como grosor adecuado para actuar como barrera semipermeable. Se desarrollaron pruebas fisicoquímicas en el tiempo como contenido de sólidos solubles (grados Brix), pH, acidez, pérdida de peso e índice de madurez para determinar la influencia del recubrimiento comestible al 40% de gel de aloe vera.

En el estudio preliminar de Álvarez-Barreto et al. (2023) únicamente se consideraron concentraciones de gel de aloe vera de 30% y 45% y establecieron como adecuado un recubrimiento del 45% ya que al 30% no permitió alargar la vida útil. Por lo tanto, el presente proyecto incluyó además concentraciones de 35% y 40% para determinar el efecto y la obtención de la barrera más efectiva, ya que entre 30% y 45% existe un amplio espacio de estudio y varios factores influyentes.

### Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con arreglo factorial  $4^2$ , (2 factores con 4 niveles cada uno) (Tabla C 3), y 4 repeticiones. Se generó 16 tratamientos y 64 unidades experimentales.

Tabla C 3. Factores y niveles evaluados

Factores	Niveles
Tipo de recubrimiento	40% v/v gel de aloe vera
	Blanco / Sin recubrimiento
	Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v
	Control con gel de aloe vera 75% v/v

Tiempo	Día 0
	Día 4
	Día 8
	Día 10

## VARIABLES DE RESPUESTA

### Pérdida de peso (%)

Las frutillas poseen una alta tasa de respiración que deriva en intercambio de gases con el ambiente y pérdida de agua producto de la transpiración. Se calculó de acuerdo al método de Muñoz y Naranjo (2012) con la ecuación (1):

$$\%pp = \frac{PMi - PMf}{PMi} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PM i = Peso de la muestra inicial

PM f = Peso de la muestra final

### pH

Siguiendo el método propuesto por Canales-Torres et al., (2017), en este, se describe la utilización de 2.50 g de muestra triturada, en 25 mL de agua destilada.

### Sólidos solubles (grados Brix)

El contenido de sólidos solubles expresa la concentración de sacarosa que posee la fruta y es un indicador de madurez que incrementa con el paso de los días. Una muestra triturada de frutilla fue colocada con una varilla de vidrio en el prisma del *Refractómetro Rbh 0-90 Brix*. ATC (Novoa et al., 2006). El contenido de sólidos solubles totales se expresó como grados Brix.

### Acidez titulable

La acidez corresponde a la degradación de ácidos orgánicos presentes en la fruta (Zúñiga, 2016). Se trituró 10 g de frutillas y se añadió 50 mL de agua destilada, homogeneizados con un agitador magnético. Con un titulador automático se determinó la concentración de ácido cítrico que es el ácido de mayor proporción en las frutillas (1 a 35 g/L) (Infoagro, 2016).

### Índice de madurez

Este proceso se caracteriza por una serie de cambios tanto internos como externos en donde existe una disminución en ácidos, aumento en la concentración de azúcares y pérdida de firmeza. En el momento que se supera esta etapa, la fruta se vuelve susceptible como consecuencia de la pérdida de control metabólico y su senescencia. Este parámetro relaciona el contenido de sólidos solubles y porcentaje de acidez titulable (Pinzón et al., 2007).

### Resultados

La Tabla C 4 presenta las variables de respuesta en el transcurso del tiempo desde el día 0 hasta el día 10 en cada uno de los tratamientos.

Tabla C 4. Variables de salida de los tratamientos

Tratamiento	Tiempo	Pérdida de peso	Grados Brix	pH	Acidez Titulable	Índice de madurez
40% v/v gel de aloe vera	Dia 0	0,00	12,50	3,67	0,65	19,11
40% v/v gel de aloe vera	Dia 4	0,13	11,00	3,73	0,40	27,64
40% v/v gel de aloe vera	Dia 8	0,04	11,00	3,66	0,38	28,80
40% v/v gel de aloe vera	Dia 10	0,02	12,00	3,94	0,17	72,29
Blanco	Dia 0	0,00	11,00	3,68	0,42	26,38
Blanco	Dia 4	0,06	7,00	3,55	0,57	12,39
Blanco	Dia 8	0,13	10,20	3,65	0,42	24,29
Blanco	Dia 10	0,09	14,00	3,66	0,26	53,64
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 0	0,00	7,00	3,62	0,36	19,34

Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 4	0,29	7,00	3,67	0,49	14,34
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 8	0,31	12,00	3,73	0,50	24,14
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 10	0,28	14,00	3,81	0,29	49,12
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 0	0,00	7,80	3,51	0,69	11,39
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 4	0,13	7,00	3,65	0,47	14,99
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 8	0,18	12,00	3,71	0,40	29,93
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 10	0,20	8,00	3,83	0,14	57,97
40% v/v gel de aloe vera	Dia 0	0,00	9,50	3,81	0,30	31,88
40% v/v gel de aloe vera	Dia 4	0,24	9,00	3,64	0,41	22,11
40% v/v gel de aloe vera	Dia 8	0,24	13,00	3,73	0,34	38,46
40% v/v gel de aloe vera	Dia 10	0,26	11,50	3,60	0,24	47,72
Blanco	Dia 0	0,00	9,00	3,64	0,39	22,90
Blanco	Dia 4	0,15	10,00	3,54	0,56	17,76
Blanco	Dia 8	0,06	15,00	3,73	0,44	34,25
Blanco	Dia 10	0,09	13,00	3,70	0,24	53,50
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 0	0,00	7,00	3,71	0,32	22,22
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 4	0,02	11,00	3,65	0,53	20,87
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 8	0,22	12,00	3,81	0,38	31,75
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 10	0,21	12,00	3,79	0,19	63,49
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 0	0,00	5,20	3,74	0,60	8,67

Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 4	0,15	14,00	3,69	0,50	28,00
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 8	0,34	13,00	3,65	0,33	38,92
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 10	0,38	11,00	3,70	0,18	62,50
40% v/v gel de aloe vera	Dia 0	0,00	13,00	3,59	0,49	26,75
40% v/v gel de aloe vera	Dia 4	0,18	12,00	3,63	0,48	24,79
40% v/v gel de aloe vera	Dia 8	0,17	12,00	3,80	0,35	34,19
40% v/v gel de aloe vera	Dia 10	0,12	15,00	3,80	0,22	68,81
Blanco	Dia 0	0,00	10,00	3,47	0,56	17,92
Blanco	Dia 4	0,46	9,00	3,44	0,40	22,56
Blanco	Dia 8	0,43	6,30	3,79	0,33	19,03
Blanco	Dia 10	0,47	11,00	3,79	0,20	54,73
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 0	0,00	9,50	3,50	0,42	22,46
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 4	0,14	9,00	3,68	0,48	18,67
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 8	0,20	11,00	3,64	0,56	19,57
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 10	0,20	10,00	3,69	0,17	59,52
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 0	0,00	5,00	3,55	0,53	9,42
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 4	0,27	11,00	4,00	0,33	33,13
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 8	0,37	14,50	3,66	0,45	31,94
Control con micropartículas de	Dia 10	0,38	8,00	3,76	0,28	28,57

cera carnauba 0,3% p/v						
40% v/v gel de aloe vera	Dia 0	0,00	8,00	3,56	0,50	16,10
40% v/v gel de aloe vera	Dia 4	0,08	11,50	3,71	0,42	27,58
40% v/v gel de aloe vera	Dia 8	0,05	12,00	3,74	0,29	41,24
40% v/v gel de aloe vera	Dia 10	0,28	15,00	3,80	0,19	77,32
Blanco	Dia 0	0,00	9,00	3,63	0,49	18,22
Blanco	Dia 4	0,20	10,00	3,55	0,62	16,16
Blanco	Dia 8	0,38	10,50	3,74	0,34	31,07
Blanco	Dia 10	0,41	12,00	3,85	0,26	46,51
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 0	0,00	8,00	3,73	0,37	21,68
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 4	0,09	12,00	3,60	0,55	21,66
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 8	0,20	16,00	3,63	0,54	29,52
Control con gel de aloe vera 75% v/v	Dia 10	0,03	12,00	3,85	0,18	65,57
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 0	0,00	7,00	3,54	0,80	8,76
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 4	0,06	12,00	3,60	0,55	21,86
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 8	0,35	13,00	3,76	0,38	33,85
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v	Dia 10	0,13	6,00	3,74	0,21	28,44

### Análisis estadístico

Los datos se analizaron en el software Minitab mediante un análisis de varianza (ANOVA) ( $\alpha = 0.05$ ) y se compararon las medias con una prueba de Tukey al 95% de confianza.

Tabla C 5. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de pérdida de peso, grados Brix, pH, acidez titulable e índice de madurez

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Pérdida de peso (%)	Grados Brix (° Brix)	pH	Acidez titulable (% AC)	Índice de madurez (°Brix/%AC)
Total	63	-	-	-	-	-
Tratamientos	15	<b>0.10 ± 0.25 *</b>	<b>24.83 ± 3.99 *</b>	0.04 ± 0.16 n.s.	<b>0.14 ± 0.30 *</b>	<b>2384.86 ± 39.08 *</b>
Tipo de recubrimiento (Tr)	3	0.02 ± 0.16 n.s.	11.94 ± 3.911 *	0.01 ± 0.12 n.s.	0.01 ± 0.12 n.s.	297.65 ± 19.52 *
Tiempo (T)	3	0.18 ± 0.48 *	37.72 ± 6.95 *	0.07 ± 0.30 *	0.27 ± 0.59 *	4472.07 ± 75.67 *
Interacción Tr * T	9	0.01 ± 0.55 n.s.	11.17 ± 2.18 *	0.01 ± 0.06 n.s.	0.02 ± 0.10 *	127.14 ± 7.37 *
Error experimental	48	0.01 ± 0.03	3.67 ± 0.54	0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.02	54.10 ± 2.08

\*Significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

n.s. No significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Como se observa en la Tabla C 5, el tipo de recubrimiento influyó significativamente en los grados Brix e índice de madurez, el efecto del tiempo fue significativo en todas las variables de respuesta y la interacción de los factores afectó significativamente a grados Brix, acidez titulable e Índice de madurez ( $p \leq 0.05$ ) Hubo diferencia significativa en la pérdida de peso, grados Brix, acidez titulable e índice de madurez de los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ).

Tabla C 6. Pérdida de Peso de los Tratamientos

Tratamientos	Pérdida de Peso (%) *
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 8	0.31 ± 0.09 A
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 10	0.27 ± 0.13 AB
Blanco Día 10	0.26 ± 0.20 AB
Blanco Día 8	0.25 ± 0.18 AB

Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 8	0.23 ± 0.05 AB
Blanco Día 4	0.22 ± 0.17 AB
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 10	0.18 ± 0.10 AB
40% v/v gel de aloe vera Día 10	0.17 ± 0.12 AB
40% v/v gel de aloe vera Día 4	0.16 ± 0.07 AB
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 4	0.15 ± 0.08 AB
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 4	0.14 ± 0.11 AB
40% v/v gel de aloe vera Día 8	0.13 ± 0.09 AB
40% v/v gel de aloe vera Día 0	0.00 ± 0.00 B
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 0	0.00 ± 0.00 B
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 0	0.00 ± 0.00 B
Blanco Día 0	0.00 ± 0.00 B

*\* Medias ± SD Medias seguidas de por lo menos una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey*

Tabla C 7. Grados Brix de los Tratamientos

Tratamientos	Grados Brix (°Brix) *
40% v/v gel de aloe vera Día 10	13.38 ± 1.89 A
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 8	13.25 ± 1.03 AB
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 8	12.75 ± 2.22 ABC
Blanco Día 10	12.50 ± 0.96 ABC
40% v/v gel de aloe vera Día 8	12.00 ± 0.82 ABC
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 10	12.00 ± 1.63 ABC

Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 4	11.00 ± 2.94 ABCD
40% v/v gel de aloe vera Día 4	10.88 ± 1.32 ABCD
40% v/v gel de aloe vera Día 0	10.75 ± 2.40 ABCD
Blanco Día 8	10.50 ± 3.56 ABCD
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 4	9.75 ± 2.22 ABCD
Blanco Día 0	9.75 ± 0.96 ABCD
Blanco Día 4	9.00 ± 1.41 ABCD
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 10	8.25 ± 2.06 BCD
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 0	7.88 ± 1.18 CD
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 0	6.25 ± 1.37 D

*\* Medias ± SD Medias seguidas de por lo menos una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey*

Tabla C 8. Acidez Titulable de los Tratamientos

Tratamientos	Acidez Titulable (% Ácido Cítrico) *
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 0	0.65 ± 0.12 A
Blanco Día 4	0.54 ± 0.10 AB
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 4	0.51 ± 0.03 ABC
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 8	0.49 ± 0.08 ABC
40% v/v gel de aloe vera Día 0	0.48 ± 0.15 ABC
Blanco Día 0	0.47 ± 0.08 BC

Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 4	0.46 ± 0.09 BC
40% v/v gel de aloe vera Día 4	0.43 ± 0.04 BCD
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 8	0.39 ± 0.05 BCD
Blanco Día 8	0.38 ± 0.06 BCDE
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 0	0.37 ± 0.04 BCDE
40% v/v gel de aloe vera Día 8	0.34 ± 0.04 CDE
Blanco Día 10	0.24 ± 0.03 DE
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 10	0.21 ± 0.05 E
40% v/v gel de aloe vera Día 10	0.20 ± 0.03 E
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 10	0.20 ± 0.06 E

*\* Medias ± SD Medias seguidas de por lo menos una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey*

Tabla C 9. Índice de madurez de los Tratamientos

Tratamientos	Índice de Madurez (°Brix/ % Ácido Cítrico) *
40% v/v gel de aloe vera Día 10	66.53 ± 13.02 A
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 10	59.43 ± 7.31 AB
Blanco Día 10	52.09 ± 3.76 ABC
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 10	44.37 ± 18.41 BCD
40% v/v gel de aloe vera Día 8	35.67 ± 5.42 CDE

Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 8	33.66 ± 3.86 CDE
Blanco Día 8	27.16 ± 6.83 DEF
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 8	26.25 ± 5.47 DEF
40% v/v gel de aloe vera Día 4	25.53 ± 2.64 EF
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 4	24.49 ± 7.84 EF
40% v/v gel de aloe vera Día 0	23.46 ± 7.18 EF
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 0	21.43 ± 1.43 EF
Blanco Día 0	21.35 ± 4.05 EF
Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 4	18.89 ± 3.28 EF
Blanco Día 4	17.22 ± 4.21 EF
Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 0	9.56 ± 1.26 F

*\* Medias ± SD Medias seguidas de por lo menos una misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la Prueba de Tukey*

Para determinar la efectividad de los recubrimientos se buscan aquellos que generen una menor pérdida de peso. No existió diferencia significativa entre los tratamientos experimentales, la pérdida de peso fue igual en todos los casos ( $p > 0.05$ ), solo el tratamiento Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 8 se diferenció significativamente de los 4 tratamientos en el día 0 ( $p \leq 0.05$ ) (Tabla C 6). Por ende, el recubrimiento proporcionó una barrera física que ayudó a retener la humedad al reducir la pérdida de agua en las frutillas (Ferrer, 2020).

Así mismo, la efectividad de los tipos de recubrimientos se demuestra al obtener un menor contenido de grados Brix en el transcurso del tiempo, es decir que estos disminuyan. Para las frutillas con recubrimiento al 40% v/v gel de aloe vera en el día 10 fue de  $13.38 \pm 1.89$  ° Brix

diferente estadísticamente que los tratamientos Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 10, Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 0, Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 0 ( $p \leq 0.05$ ). Los tratamientos evaluados en el día 0, no se consideran para ser discutidos ya que son los datos iniciales que se registraron apenas se aplicaron el recubrimiento. Los grados Brix en la maduración de la frutilla implican la concentración de sólidos solubles totales en la fruta. Durante el proceso de maduración, las frutas suelen acumular azúcares, incluidos glucosa, fructosa y sacarosa. En las frutas no climatéricas, como las frutillas, los almidones presentes en la fruta verde se descomponen en azúcares simples durante la maduración contribuyendo al aumento de los sólidos solubles o grados Brix (Kader, 2011). Comparando los tratamientos 40% v/v gel de aloe vera Día 10 y Control con micropartículas de cera carnauba 0.3% p/v Día 10 ( $8.25 \pm 2.06$ ) (Tabla C7), se demuestra que este último en efecto retardó el proceso de maduración y de hecho la frutilla se encontró en un estado de madurez óptimo dentro del rango de 7 a  $11.9^\circ$  Brix (Ferrer, 2020).

Según Ferrer (2020), los niveles de acidez titulable en las frutillas son variables y se encuentran de 0.5 a 1.5 (% ácido cítrico) por lo que durante la maduración la acidez disminuye y los sólidos solubles aumentan. Por tanto, la acidez titulable debe ser mayor para asegurar que el recubrimiento en efecto ralentiza el proceso de maduración. Enfocándose en los resultados obtenidos en el último día de análisis, el tratamiento Blanco día 10 ( $0.24 \pm 0.03\%$  ácido cítrico) se diferenció significativamente del control con gel de aloe Vera 75% v/v Día 10, 40% v/v gel de aloe Vera Día 10 y Control con micropartículas de cera carnauba 0.3% p/v Día 10 (Tabla C8). Ahora bien, no existe diferencia significativa en el tratamiento de control con micropartículas de cera carnauba 0.3% p/v Día 0 con Blanco Día 4, Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 4, Control con gel de aloe vera 75% v/v Día 8 y 40% v/v gel de aloe vera Día 0. Considerando que los controles con gel de aloe vera 75% v/v en los días 4 y 8 demostraron una acidez titulable igual al control con micropartículas de cera carnauba 0.3%

p/v en el día 0, se demuestra que el gel de aloe vera cumplió con sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes lo que permitió retardar la senescencia de las frutillas, por ende, su aplicación como parte del recubrimiento comestible es efectiva.

Un menor índice de madurez determina la efectividad del recubrimiento. No existió diferencia significativa entre 40% v/v gel de aloe vera Día 10, control con gel de aloe Vera 75% v/v Día 10 y Blanco Día 10 ( $p > 0.05$ ); solo el tratamiento Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v Día 10 se diferenció significativamente del 40% v/v gel de aloe vera Día 10 ( $p \leq 0.05$ ). Mientras que el Control con micropartículas de cera carnauba 0,3% p/v, Control con gel de aloe Vera 75% v/v y Blanco, resultaron ser estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ ).

Para el recubrimiento elaborado se utilizó aceite esencial de canela junto con el gel de aloe vera y las micropartículas de cera carnauba. Se adicionó aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) debido a sus propiedades antifúngicas, antibacterial e inhibir la producción de micotoxinas. Estas propiedades están asociadas con la presencia de eugenol y el aldehído cinámico, que se consideran conservantes naturales. Estos compuestos actúan sensibilizando la bicapa de fosfolípidos de la membrana celular bacteriana, lo que conduce a un aumento en la permeabilidad y la liberación de constituyentes intracelulares esenciales (González Cabrera, 2017).

Delgado (2022) estudió un recubrimiento con base en pectina y aceite esencial de canela reforzado con celulosa microcristalina para alargar la vida útil de las frutillas. La celulosa microcristalina es un aditivo alimentario comúnmente utilizado como agente de carga y espesante en la industria alimentaria, mejorando las propiedades del recubrimiento. En su investigación se determinó que una concentración de 5% de celulosa microcristalina y 0.1% o 0.2% de aceite esencial de canela retardó el incremento de pH y sólidos solubles, previno la reducción acelerada de la acidez, al igual que, controló el aumento del índice de madurez. No

obstante, también fue importante optar por una selección adecuada de concentraciones de celulosa microcristalina y AEC. Por lo tanto, si bien en el recubrimiento al 40% se trabajó con una concentración de 0.10% de aceite esencial de canela, posiblemente la ausencia de celulosa microcristalina no permitió una mejor conservación de las frutillas. Así mismo, si se hubiera trabajado con una concentración mayor a 0.2%, probablemente el AEC hubiera contribuido a mantener el contenido de antocianinas y reducir la pérdida de peso de las frutillas. Esto debido a que la producción de etileno durante la maduración de las frutillas estimula la actividad de enzimas como la pectinasa y la pectinesterasa, las cuales descomponen la pectina, un componente de la pared celular de las frutas. Esta descomposición de la pectina conduce a una pérdida de firmeza en las frutillas a medida que maduran. Las pectinasas son enzimas capaces de descomponer la pectina, un componente de la pared celular de las plantas, y su producción se asocia principalmente con hongos, como el género *Aspergillus*. La pectinesterasa, por su parte, cataliza la desmetilación de la pectina, lo que también contribuye a la descomposición de esta (García & Cely, 2020). Estos procesos en conjunto provocan la pérdida de firmeza en las frutillas durante su maduración. Sin embargo, una mayor concentración de aceite esencial de canela implica una alteración en términos de olor y sabor de las frutillas con recubrimiento en comparación con las frutillas frescas, lo que disminuiría la aceptabilidad en el consumidor resultando en un proyecto no viable.

En la presente investigación, se determinó que el recubrimiento 40% v/v gel de aloe vera no fue efectivo con relación a los objetivos planteados. Por lo tanto, para el escalamiento industrial se optó por trabajar con el recubrimiento con concentraciones de gel de aloe vera constituyente al 45% (Álvarez-Barreto et al., 2023).

## **ANEXO D – ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA LA SELECCIÓN DEL PROCESO**

Un estudio realizado por Moncayo (2013) determinó que no se observó diferencias significativas en la pérdida de peso, el pH y los sólidos solubles de la frutilla cuando se aplica el recubrimiento comestible utilizando los métodos de inmersión y aspersion. De hecho, la elección entre estos métodos dependerá de la forma de la fruta y de la disponibilidad de equipos para llevar a cabo el proceso. El costo de los equipos y materiales necesarios para la aplicación del recubrimiento por aspersion puede ser menor que el costo de los equipos y materiales necesarios para la aplicación del recubrimiento por inmersión de costos.

Un estudio realizado por Arcentales (2022) evaluó la eficacia de un recubrimiento comestible aplicado por los métodos de inmersión y aspersion en moras. Los resultados mostraron que ambos métodos fueron efectivos para prolongar la vida útil de las moras, aunque el método de aspersion resultó en una menor pérdida de peso de las frutas. Otro estudio comparativo realizado por Urbano et al. (2022) evaluó la eficacia de diferentes recubrimientos comestibles en frutillas aplicados por los métodos de aspersion e inmersión. Los resultados mostraron que ambos métodos fueron efectivos para prolongar la vida útil de las frutillas, aunque el método de inmersión resultó en un recubrimiento más uniforme.

## ANEXO E – MATRIZ DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL PROCESO

Tabla E 1. Matriz de decisión comparativa entre aspersion e inmersión

<b>Factor</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Inmersión</b>
Uniformidad del recubrimiento	3	5
Tiempo de aplicación	5	3
Cantidad de solución de recubrimiento	4	3
Costos de equipos y materiales	4	3
Facilidad de limpieza	5	3
Total	21	17

Los factores que influyen en la eficacia de la aspersion en la aplicación del recubrimiento comestible en las frutillas son la composición de la solución de recubrimiento, incluyendo los ingredientes y la concentración de estos y también de la calidad de la fruta, ya que una fruta dañada o en mal estado puede no responder de manera efectiva al recubrimiento. Por ende, es indispensable un proceso minucioso de selección y clasificación de las fresas. De igual manera previo a la aplicación del recubrimiento a las frutillas se le somete a un proceso de lavado, desinfección, enjuague y secado y así evitar que el recubrimiento sea afectado por materia orgánica o microorganismos adheridos a la superficie de la fruta.

## ANEXO F – FACTORES PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA

### Ubicación de la planta industrial en Tababela

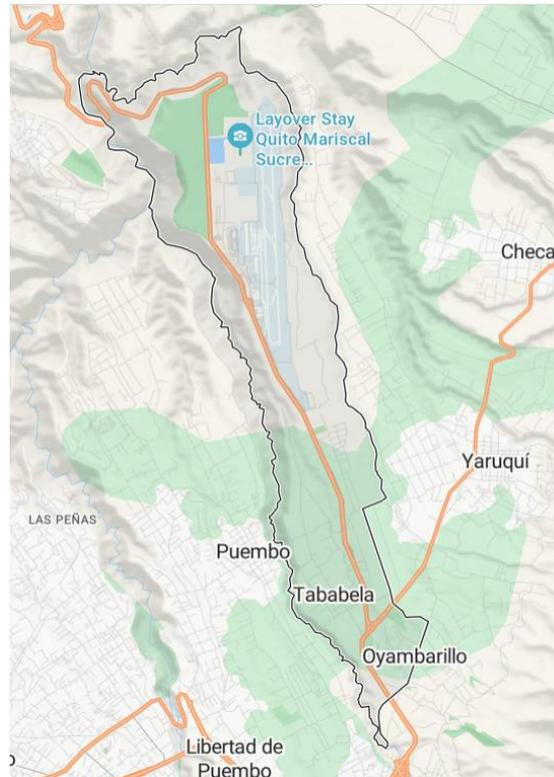


Figura F 1. Parroquia de Tababela

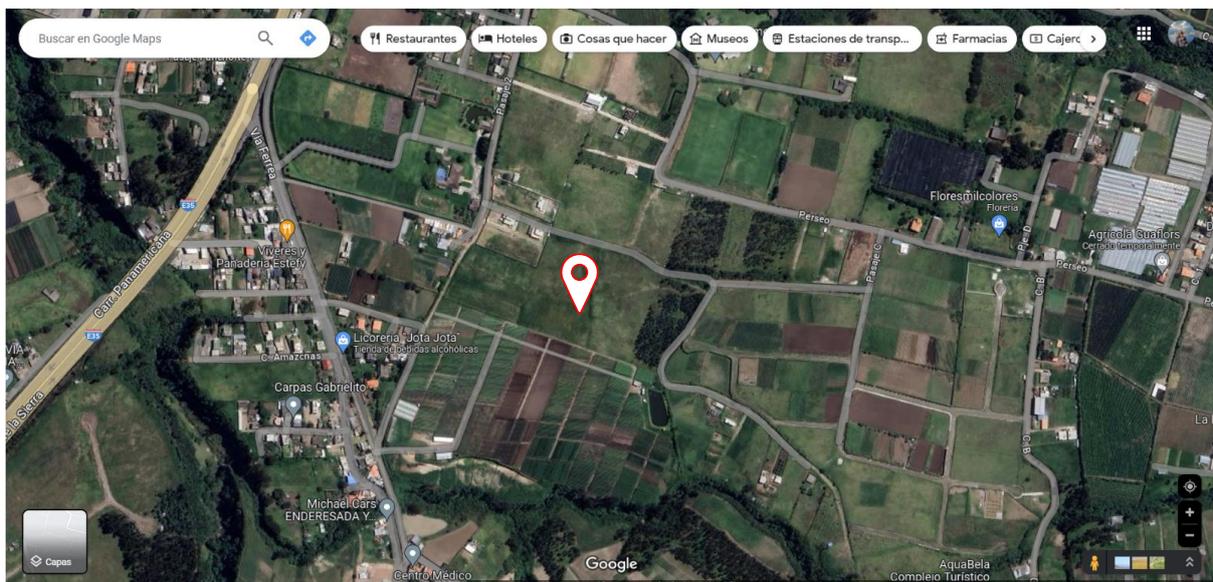


Figura F 2. Imagen satelital de la ubicación de la planta

### Condiciones climatológicas y topografía

El clima en Tababela es cálido y seco con una temperatura promedio de 12°C a 25°C. Las precipitaciones dependen en su mayoría del tipo de suelo, pero suelen oscilar entre 500 mm y 2000 mm. En su mayoría Tababela posee suelos inceptisoles, pero también se encuentran suelos molisoles y entisoles, tratándose de suelos completamente secos y arenosos. Este factor fue fundamental ya que la planta de frutilla tiene preferencias específicas en cuanto al tipo de suelo en el que se desarrolla. Aunque generalmente crece mejor en suelos arenosos o arcillo-arenosos, en los últimos años se ha observado que varias variedades pueden adaptarse a distintos tipos de suelos. Sin embargo, se ha notado que produce cosechas abundantes y constantes en suelos suaves, es decir, aquellos que son arenosos, pero contienen materia orgánica. En contraste, en suelos más compactos, como los arcillosos o tierra negra, la producción es menor y las plantas tienden a sufrir más daños, lo que resulta en frutos de tamaño medio (Tustón, 2012). Por lo tanto, para evitar daños en las frutillas que serán recibidas se optó por que la planta industrial se encuentre en una zona apta para el cultivo de frutillas, en un caso futuro para su expansión enfocada al propio cultivo de la materia prima.

La topografía de Tababela es ondulada en su mayoría, no obstante, cuenta con zonas planas lo cual favorece al sector agropecuario y a su vez la implementación de sistemas de producción especializados, como es el cultivo de frutilla. En la zona también está presente la agroindustria, como son las instalaciones de las plantas de Comnaca, Pronaca y Snob, dedicadas a la industria de alimentos (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021). Por ende, la presencia de otras empresas favorece a la zona en temas de vías de transporte, presencia de servicios básicos e incluso el aumento de comunicados de personas propias o externas de la zona lo que radica en disponibilidad de mano de obra. Así mismo, la ubicación cercana al aeropuerto permitiría que las frutillas con recubrimiento sean vendidas como un producto complementario a las empresas de catering de las aerolíneas, ampliando así el mercado de venta de la empresa a nivel

nacional e internacional como un producto innovador en el desarrollo y abastecimiento de frutillas frescas.

### **Cercanía de la materia prima**

La producción de fresas es la actividad principal en la región rural del nororiente de Quito, y ha estado presente en esta área durante las últimas tres décadas. Las parroquias de Yaruquí, El Quinche, Checa y Tababela son conocidas por su destacada producción de fresas, con un registro de 304.56 hectáreas de fresas cultivadas en la parroquia de Yaruquí hasta el año 2021 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021). El cultivo de fresas requiere inversiones significativas en sistemas de riego y una cantidad considerable de mano de obra a lo largo de un ciclo productivo que generalmente se extiende de ocho meses a un año. El mercado de las fresas depende en gran medida de los contactos del productor, algunos de los cuales logran vender sus productos a cadenas como Supermaxi, así como en los mercados de Quito y Guayaquil. Además, es común la venta ambulante de fresas. La industria agroalimentaria también es un importante comprador de fresas, con empresas como Snob y Comnaca adquiriendo fresas de menor tamaño o calidad para la producción de mermeladas (SIPAE, 2013).

Es indispensable que la ubicación de la planta esté cerca de las parroquias con mayor producción de las frutillas ya que uno de los elementos que contribuye al deterioro de las fresas es el sistema de transporte en cuanto al tiempo que toma llevar la fruta desde el campo hasta los puntos de acopio y venta. El traslado debe realizarse en el menor tiempo posible y con movimientos mínimos para proteger la fruta de posibles daños por golpes. Por ende, recae la importancia de que la planta productora esté ubicada de manera que se pueda acceder fácilmente a ella a través de carreteras en buen estado y que las distancias desde los campos de producción sean cortas para evitar tiempos prolongados de exposición al sol. Asimismo, se

debe contar con un eficiente sistema de ventilación y organizar las cajas de forma sistemática para agilizar el proceso de despacho (Tustón, 2012).

Desde la comuna de Oyambarillo, siguiendo “La Panamericana” o Troncal de la Sierra, se tiene aproximadamente una distancia en carro de 10 minutos hasta la parroquia de Yaruquí, de 12 minutos hasta el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito, de 15 minutos hasta Checa y de 20 minutos hasta El Quinche. Por ende, son distancias relativamente cercas considerando la ubicación de las mayores zonas agrícolas de frutillas.

Con relación a las hojas de aloe vera para la obtención de la sábila, se conoce que, en zonas semiáridas cerca de Quito, Loja, Manabí, Guayas, y El Oro existen cultivos de sábila de la especie *Barbadensis miller*. Esto se debe a la fácil adaptación de la sábila para desarrollarse en cualquier clima y tipo de suelo sea con pendientes, planos e incluso poco fértiles. No obstante, en la zona de Colonche, en la provincia de Santa Elena se tiene una de las principales zonas de cultivo de la especie *Barbadensis miller* en el Ecuador. Esta área, en su mayoría, corresponde al grupo Santa Catalina de Colonche. Hasta el 2015 se tenía registro de que alrededor de 50 hectáreas estaban destinadas a la producción, albergando aproximadamente 700,000 plantas de sábila (Sempertegui, 2020). De igual manera en la provincia de Imbabura, en el Valle de Intag se ha incrementado el cultivo de aloe vera debido su diversidad en microclimas. De hecho, la Unidad de Producción Agropecuaria Aloe Vera La Florida fue la pionera en este tipo de cultivo, contando con 20 ha. de cultivo y 15 ha. de ellas con certificación orgánica, alcanzando una capacidad de producción de 50 toneladas al mes en hojas (Armijos, 2022).

De esta manera, la ubicación de la planta resulta óptima en el caso que el proveedor se encuentre en las afueras de Quito o también resultaría viable para un proveedor en la provincia de Imbabura, en donde desde el Valle de Intag hasta Oyambarillo existe una distancia de 3 horas en carro por la carretera Panamericana. En este caso el tema de transporte de las pencas

de sábila no es tan exigente a diferencia de las frutillas. Esto debido a que las hojas de sábila no requieren envases ni embalajes especiales ya que pueden empaquetarse a granel y en refrigeración (Zambrano, 2015).

Finalmente, para la obtención de la cera Carnauba se obtiene de la empresa ALMÓN DEL ECUADOR S.A., la cual se ubica en el sector de La Armenia en la parroquia de Conocoto. La distancia entre las instalaciones de ALMÓN DEL ECUADOR hasta la planta en Oyambarillo es de 30 minutos en carro por la Avenida Intervalles. Cabe mencionar que la Cera Carnauba ya viene en su empaque respectivo desde el proveedor cumpliendo las normas nacionales e internacionales de calidad (Almon Ecuador S.A., 2020).

### **Acceso a vías de comunicación**

La planta industrial se encuentra en la microrregión Nororiental, la cual está conformada por Guayllabamba, El Quinche, Checa, Tababela, Yaruquí, Pifo y Puenbo. Con relación a su sistema de vialidad, la principal vía de acceso a Oyambarillo es la vía Perimetral Regional (E35). Así mismo, esta se conecta con la Ruta Viva que se extiende desde el sector San Juan Alto hasta Puenbo con una longitud de 13.6 km (SIPAE, 2013). Otras conexiones distritales para acceder a la E35 son mediante el acceso Panamericana Sur, Antigua vía Quito Conocoto, Autopista General Rumiñahui, Vía Interoceánica, Panamericana Norte y Vía Manuel Córdova Galarza y Ruta Collas (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021). La cercanía y acceso de una carretera asfaltada disponible durante todo el año en Tababela, facilita la existencia de un entorno comercial altamente activo. Motivo por el cual estimula la creación de pequeñas empresas de servicios, productos y galpones como bodegas de empresas privadas y públicas. Por ende, se evidencia un constante desarrollo y crecimiento económico en la zona.

### **Disponibilidad de servicios básicos**

La construcción del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito favoreció a la zona con relación al acceso de servicios básicos de agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos sólidos y alcantarillado. Según la EPMAPS el acceso de servicios básicos abarca prácticamente toda la meseta central. En las parroquias de Alangasí, La Merced, Pintag, Tumbaco, Cumbayá, Pifo y Puembo, se observa un aumento constante en la disponibilidad de este servicio a medida que aumenta la infraestructura en las zonas. Según las cifras del censo del año 2022, para la parroquia de Tababela el acceso a agua por red pública fue de 98.3%, de electricidad el 100%, de alcantarillado el 79.2% y en recolección de basura fue de 98.3% (INEC, 2022).

### **Disponibilidad de mano de obra y detalle de poblaciones aledañas**

En la parroquia de Tababela se cuenta con una población total de 3.851 habitantes, siendo 1.849 hombres y 2.002 mujeres (INEC, 2022). La mayoría ronda en un rango de edad de 20 -24 años y 35- 39 años, es decir son mayores de edad aptas para trabajar. En lo que respecta a la Tasa de Empleo Bruto en el Distrito Metropolitano de Quito, se observan principalmente cifras que oscilan entre el 66% y el 75% en áreas como el Centro Histórico, Cumbayá, Tumbaco, La Mariscal, La Carolina, Tababela y en la parte norte de la ciudad, al este del Bicentenario.

Datos registrados hasta el primer trimestre del 2023, en Quito se tiene una tasa de desempleo del 8.6% y una tasa de participación global del 62.3%. Con relación a la composición de la población ocupada según la condición de actividad, la tasa de empleo adecuado en Quito es del 58.1%, para tasa de subempleo es del 12.4%, tasa de otro no pleno del 17.1% y tasa de empleo no remunerado es del 3.4%. Para una persona ocupada el promedio de horas de trabajo a la semana es de 38 y su mediana de ingreso mensual fue de USD\$ 500. De igual manera a nivel nacional para el I trimestre de 2023, la industria manufacturera presento la mediana de ingreso

laboral de USD\$ 449.5, siendo la de servicios como las más alta con USD\$ 479.3 y la más baja de agricultura y minas con tan solo USD\$ 199.8 (INEC, 2023).

Si bien las parroquias nororientales de Quito dependen en su mayoría de la agricultura, ganadería y silvicultura, se ha evidenciado un aumento significativo en industrias manufactureras y de construcción. Por ende, se trabajaría principalmente con pequeños productores familiares en donde cuentan con una superficie de 1 a 5 ha y con medianos productores especializados en frutillas con un acceso de 5 a 10 ha. (SIPAE, 2012). De esta manera, se busca dar más valor económico a las frutillas y así incrementar sus ganancias y por ende sus ingresos mensuales.

#### **Cercanía a los puntos de venta y/o mercado.**

La producción de frutilla en la provincia de Pichincha se destina principalmente a los mercados de Guayaquil, Manta, Esmeraldas y Cuenca. Este estudio también destaca la relevancia de los intermediarios en el proceso, ya que el 76,91% de los productores realiza negocios a través de ellos. Las frutillas se distribuyen por diversos medios, como mercados, supermercados, tiendas de frutas, vendedores ambulantes y ventas directas desde las fincas. Así mismo, debido a la presencia del aeropuerto se ha ampliado el servicio hotelero en el sector, motivo por el cual se tiene un enfoque específico a este sector los cuales se caracterizan por buscar frutas frescas con buena forma, color y sabor. No obstante, en la parroquia Tababela, no hay una entidad que supervise esta distribución, lo que significa que la fruta se pone a la venta en el mercado sin un estándar de calidad establecido. Por ende, es un factor que da lugar a que las frutillas con recubrimiento tengan una buena acogida al asegurarse en cumplir con altos los estándares o características organolépticas del producto (Vizcaino, 2011).

Es relevante destacar que, a pesar de las oportunidades que ofrece el mercado internacional, únicamente el 40% de los productores de frutilla se involucra en actividades de exportación.

Esto sugiere un gran espacio para la expansión en el ámbito global, lo cual justifica la importancia de estar en proximidad al aeropuerto. De esta manera se potencializará la exportación del fruto a Estados Unidos, Alemania, Francia, Japón, entre otros (Hidrobo & Pineda, 2011).

## ANEXO G – DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO

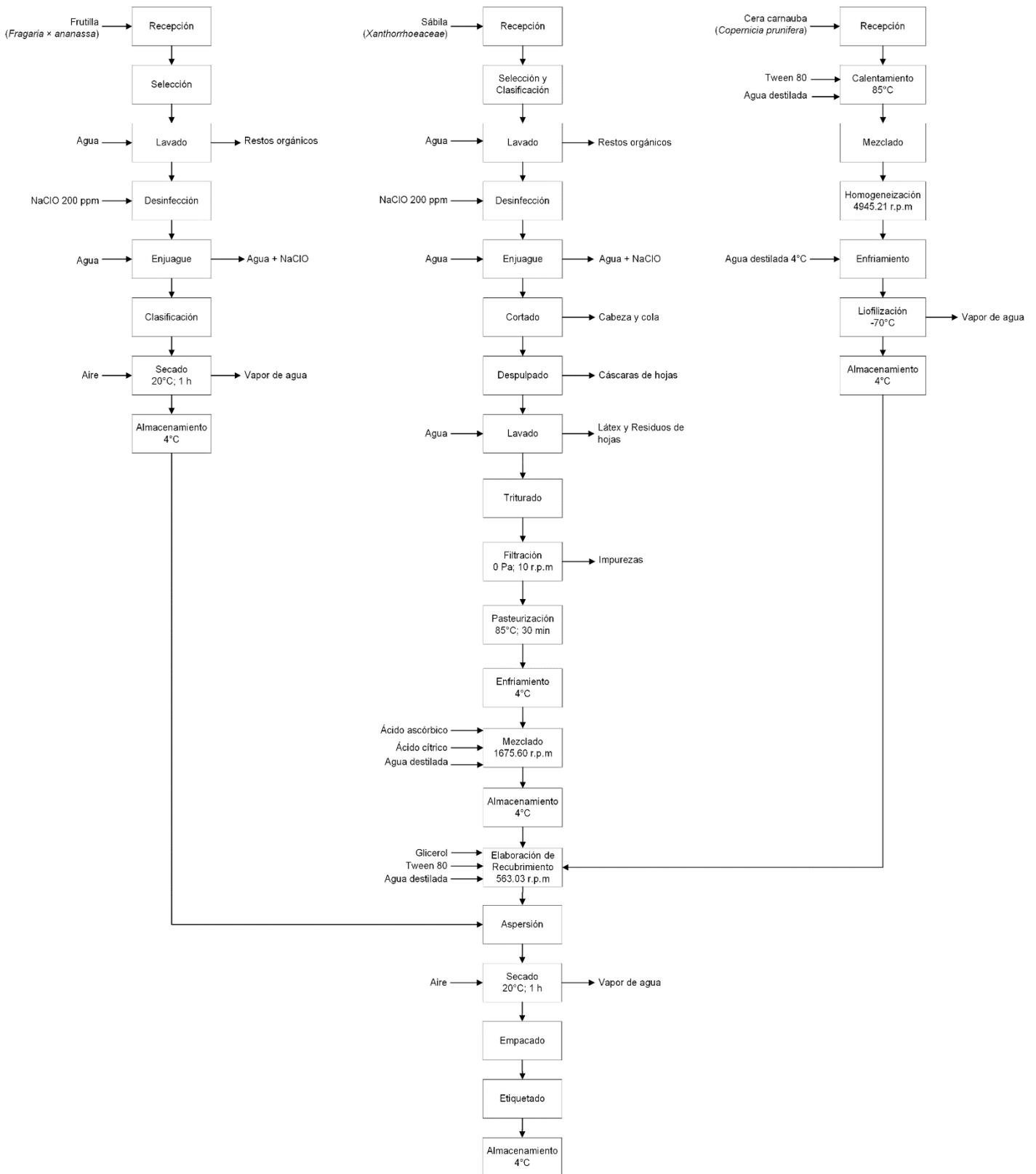


Figura G 1. Diagrama de bloque del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas.

Tabla G 1. Listado de Equipos

<b>Código</b>	<b>Equipo</b>
JV - 101	Tanque con Chaqueta
DR - 101	Liofilizador
CB - 301	Bandas Transportadoras
CB - 302	
CB - 303	
CB - 304	
CB - 305	
DT - 201	Lavafondos de desinfección
DT - 301	Tanque de desinfección
SP - 201	Despulpadora
WT - 201	Lavafondo de enjuague
WT - 202	
WT - 203	Mesa de lavado
CT - 201	Mesa de cortado
BV - 201	Triturador de pulpa
VF - 201	Filtro al vacío
PZ - 201	Pasteurizador
V - 201	Tanque de mezclado
V - 301	
DR - 301	Banda Transportadora para secado por convección
DR - 302	
WC - 301	Banda Transportadora Vibratoria de Lavado
WC - 302	Banda Transportadora de Rodillos para Enjuague por Aspersión
AC - 301	Banda Transportadora de Rodillos con Cono de Aspersión Envasadora
PK - 301	Envasadora
CS - 401	Cámara de almacenamiento en frío

## ANEXO H – METODOLOGÍA

### Balance de masa

En la Tabla H 1, se da a conocer las materias primas empleadas durante la experimentación en laboratorio:

Tabla H 1. Cantidad de materia prima requerida para experimentación.

Material	Cantidad requerida
Agua destilada (mL)	103.8945
Cera carnauba (g)	0.2500
Tween 80 ( $\mu$ L)	583.3333
Sábila (g)	23.0375
Ácido ascórbico (g)	0.2560
Ácido cítrico (g)	0.5119
Micropartículas de cera carnauba (g)	0.3033
Gel de aloe vera al 45% (g)	75.0000
Glicerol (mL)	1.5000
Recubrimiento comestible y asperjable (mL)	100.0033

Asimismo, se presentan las consideraciones para el proceso operacional de la planta y de los cuales se derivan las bases de cálculo de cada materia prima empleada en la Tabla H 2.

Tabla H 2. Consideraciones operacionales para balance de masa

Días laborales al año	225
Días de parada al mes	8
Producción de micropartículas al día (kg/día)	0.0911
Producción de gel de aloe vera al 45% al día (kg/día)	23.1078
Producción de recubrimiento al día (kg/día)	30.7173
Masa de caja final	0.5000
Cantidad de cajas al día	1434
Producción de frutillas con recubrimiento al día (kg/día)	716.8948
Horas de trabajo al día	8.00
Masa de cera carnauba que ingresa a tanque con chaqueta (kg)	0.0254
Masa de hojas de aloe vera que ingresa a proceso (kg)	3.5431
Masa de frutillas que ingresa a proceso (kg)	246.7556
Pérdida por sublimación durante liofilización de micropartículas	99.00%
Pérdida por procesamiento de aloe vera	4.00%
Pérdida por industrialización de frutillas	7.00%
Pérdida de recubrimiento por aspersión	9.76%

Por tanto, se presenta el balance de masa detallado del proceso. En la Tabla H 3, se dan a conocer las corrientes de entrada y salida para la línea de producción de micropartículas de cera carnauba.

Tabla H 3. Balance de masa línea de producción de micropartículas de cera carnauba

No. Corriente	Cantidad	Unidad	Material	Proporción
1	1.1414	L/h	Agua destilada	100%
2	0.0029	L/h	Tween 80	100%
3	0.0095	kg/h	Cera carnauba	100%
4	1.2959	L/h	Agua	100%
5	1.2959	L/h	Agua	100%
6	1.1538	L/h	Agua destilada	98.9283%
		L/h	Tween 80	0.2473%
		L/h	Cera carnauba	0.8244%
7	1.1424	L/h	Agua destilada	98.9283%
		L/h	Tween 80	0.2473%
		L/h	Cera carnauba	0.8244%
8	0.0114	L/h	Agua destilada	98.9283%
		L/h	Tween 80	0.2473%
		L/h	Cera carnauba	0.8244%

En relación con la línea de producción de gel de aloe vera al 45% los resultados en la Tabla H 4 son los siguientes:

Tabla H 4. Balance de masa línea de producción de gel de aloe vera al 45%.

No. Corriente	Cantidad	Unidad	Material	Proporción
9	1.3287	kg/h	Hojas de aloe vera	100%
10	50.6250	L/h	Agua	100%
11	50.6316	L/h	Agua	99.9869%
		kg/h	Hojas de aloe vera	0.0131%
12	1.3220	kg/h	Hojas de aloe vera	100%
13	0.2531	L/h	Hipoclorito de sodio 200 ppm	100%
14	0.2598	L/h	Hipoclorito de sodio 200 ppm	97.4426%
		kg/h	Hojas de aloe vera	2.5574%
15	1.3154	kg/h	Hojas de aloe vera	100%
16	50.6250	L/h	Agua	100%
17	50.6316	L/h	Agua	99.9869%
		kg/h	Hojas de aloe vera	0.0131%
18	1.3087	kg/h	Hojas de aloe vera	100%
19	0.0131	kg/h	Hojas de aloe vera	100%

20	1.2957	kg/h	Hojas de aloe vera	100%
21	0.0131	kg/h	Hojas de aloe vera	100%
22	1.2826	kg/h	Sábila	100%
23	9.5625	L/h	Agua	100%
24	9.5626	kg/h	Hojas de aloe vera	0.0007%
		L/h	Agua	99.9993%
25	1.2825	kg/h	Sábila	100%
26	1.2825	L/h	Gel de aloe vera	100%
27	0.0064	L/h	Gel de aloe vera	100%
28	1.2762	L/h	Gel de aloe vera	100%
29	1.2762	L/h	Gel de aloe vera	100%
30	0.0285	kg/h	Ácido cítrico	100%
31	0.0571	kg/h	Ácido ascórbico	100%
32	1.5267	L/h	Agua destilada	100%
33	2.8885	L/h	Solución gel de aloe vera al 45%	100%

Finalmente, para la línea de producción de frutillas con recubrimiento, se ha obtenido lo siguiente en la Tabla H 5:

Tabla H 5. Balance de masa línea de producción de gel de aloe vera al 45%.

No. Corriente	Cantidad	Unidad	Material	Proporción
34	92.5333	kg/h	Frutillas	100%
35	5.5520	kg/h	Frutillas	100%
36	86.9813	kg/h	Frutillas	100%
37	453.7500	L/h	Agua	100%
38	454.1849	kg/h	Frutillas	0.0958%
		L/h	Agua	99.9042%
39	86.5464	kg/h	Frutillas	100%
40	86.5464	kg/h	Frutillas	100%
41	1.6594	L/h	Hipoclorito de sodio 200 ppm	100%
42	2.0589	L/h	Hipoclorito de sodio 200 ppm	78.9826%
		kg/h	Frutillas	21.0174%
43	86.1469	kg/h	Frutillas	100%
44	2000	L/h	Agua	100%
45	-	L/h	Agua Recirculación	-
46	1970.0332	L/h	Agua	99.9983%
		L/h	Hipoclorito de sodio 200 ppm	0.00168%
47	96.1469	kg/h	Frutillas	89.5992%
		L/h	Agua	10.4008%
48	-		Aire	-
49	-		Aire	-
50	10.0000	L/h	Agua	100%

51	86.1469	kg/h	Frutillas	100%
52	86.1469	kg/h	Frutillas	100%
53	0.0190	L/h	Tween 80	100%
54	0.0571	L/h	Glicerol	100%
55	0.8637	L/h	Agua destilada	100%
56	3.8397	L/h	Tween 80	0.4955%
		L/h	Glicerol	1.4864%
		L/h	Agua destilada	22.4941%
		L/h	Solución Gel de Aloe Vera al 45%	75.2275%
		kg/h	Micropartículas CC	0.2965%
57	0.3746	L/h	Tween 80	0.4955%
		L/h	Glicerol	1.4864%
		L/h	Agua destilada	22.4941%
		L/h	Solución Gel de Aloe Vera al 45%	75.2275%
		kg/h	Micropartículas CC	0.2965%
58	89.61		Recubrimiento	3.8667%
			Frutillas	96.1333%
59	-		Aire	-
60	-		Aire	-
61	8.42641E-05	L/h	Agua	100%
62	89.6118	kg/h	Frutillas	100%
63	89.6118	kg/h	Frutillas	100%
65	89.6118	kg/h	Frutillas	100%
66	89.6118	kg/h	Frutillas	100%
67	89.6118	kg/h	Frutillas	100%

### Dimensionamiento de equipos

En este caso, se han considerado el tanque con chaqueta y aquellos de mezclado.

#### Tanques para JV-101, V-201, y V-301

1. A partir del balance de masa, se obtiene el caudal másico de entrada para cada tanque.
2. Se calcula el caudal volumétrico partiendo de la base de producción, considerando la densidad del líquido que ingresa. Para dicho caso, dado que 99% de la corriente de entrada se compone principalmente de agua, se ha establecido su valor como la densidad de la solución. La ecuación que se emplea es:

$$Q = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

3. Posteriormente, se obtiene el volumen del tanque, con respecto a un tiempo establecido de operación:

$$V = t_i \times Q \quad (3)$$

4. Se consideró que la altura del tanque es dos veces el diámetro para asegurar estabilidad.

$$h = 2D \quad (4)$$

5. Es necesario destacar la relación de volumen en términos de área:

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (5)$$

$$V = A \times h = h \times \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (6)$$

6. Empleando Goalseek en *Microsoft Excel Office 365*, se determine el diámetro que cumple la condición descrita por la anterior ecuación, y, por ende, se calculó el valor de la altura.
7. Se selecciona el tipo de material de construcción correspondiente a acero inoxidable de tipo 304 (SS-304).
8. Ciertamente, el fluido que interactúa con el tanque ejerce una presión sobre esta determinada por:

$$P = \rho gh \quad (7)$$

9. A esto se le adiciona el 10% de seguridad:

$$P = \rho gh + 0.10 (1 \text{ atm}) \quad (8)$$

10. Se calcula el grosor del tanque y la masa, en donde se debe incluir la corrosión permisible de 2 mm:

$$t_w = \frac{P_i D_i}{2SE - 1.2P_i} \quad (9)$$

$$m_c = \pi D L t_w \rho \quad (10)$$

11. Para los terminales, se eligieron aquellos torisféricos debido a su uso en la industria y economía en donde se debe incluir la corrosión permisible de 2 mm:

$$t_{wT} = \frac{0.885 P_i R_c}{SE - 0.1P_i} \quad (11)$$

12. Finalmente, la masa de los terminales se calcula como sigue:

$$m_c = \rho D^2 t_{wT} \times 2 \times 0.842 \quad (12)$$

#### Agitadores para JV-101, V-201, y V-301

1. En el caso de los agitadores, dado que se partió de la experimentación en laboratorio, se procedió a calcular la razón de aumento de escala.

$$R = \left[ \frac{V_2}{V_1} \right]^{1/3} \quad (13)$$

2. Rapidez del agitador

$$N_2 = N_1 \left[ \frac{1}{R} \right]^{2/3} \quad (14)$$

3. Para determinar el diámetro del agitador, se lo consideró como el 30% de aquel del tanque:

$$D_a = 0.3 \times D \quad (15)$$

4. En base a esto se calculó el número de Reynolds en relación con la siguiente ecuación:

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu} \quad (16)$$

5. Con ello, se empleó la siguiente gráfica para establecer el número de Newton, considerando que el tipo de agitador seleccionado para el tanque con chaqueta (JV-101) y recubrimiento (V-301) correspondería a helicoidal.

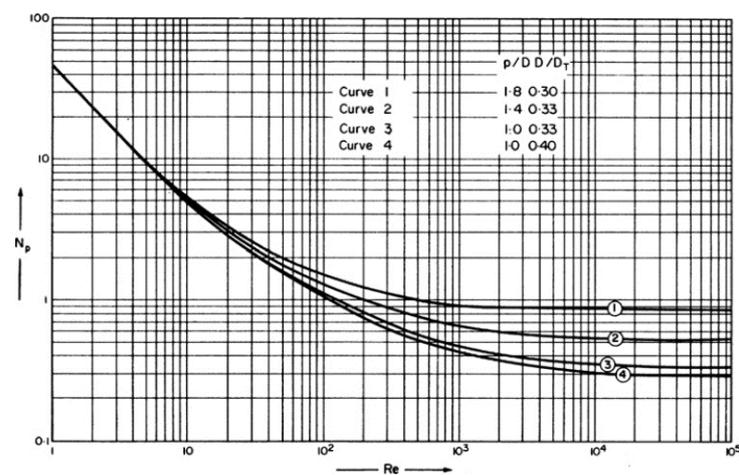


Figura H 1. Correlación de potencia para diversos impulsores.

Mientras que para aquel de gel de aloe vera (V-201), dado que se están tratando sólidos, la gráfica de referencia constituye:

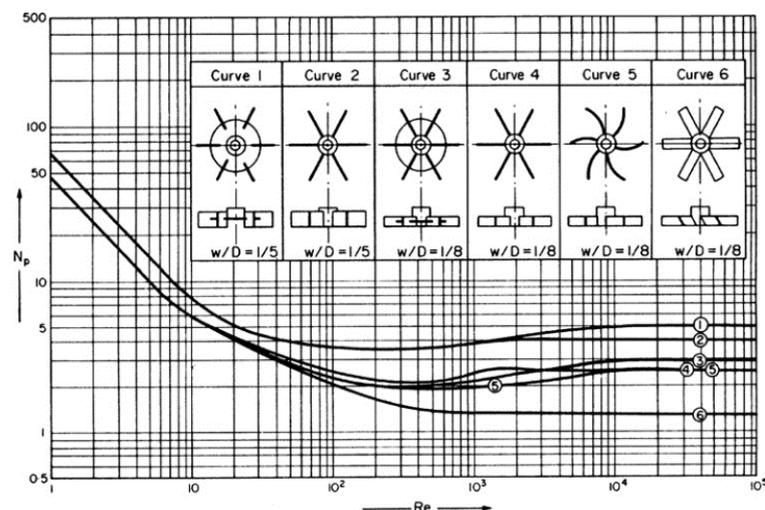


Figura H 2. Correlación de potencia para diversos impulsores que manejan sólidos

6. De las gráficas, se determina  $N_p$ , con lo cual se calcula la potencia como se da a conocer:

$$P = N_p D^5 N^3 \rho \quad (17)$$

#### Chaqueta para JV-101

1. Se determinó un grosor del 1% del área:

$$A = \pi \times 1.2 \times R^2 \times 2 \quad (18)$$

$$t_j = A \times 0.01 \quad (19)$$

2. El fluido que se calienta corresponde a agua, por ende, se determina el calor durante dicha etapa de calentamiento, así como la potencia:

$$Q = m C_p \Delta T \quad (20)$$

$$P = \frac{m C_p \Delta T}{t} \quad (21)$$

3. Para mantener dicha temperatura, se considera el coeficiente global de transferencia de calor:

$$Q = U A \Delta T \quad (22)$$

4. Finalmente, parte del agua que ejerce acción en la chaqueta se convierte en vapor, por lo que su flujo se determina como:

$$W_s = \frac{Q}{h_{fg}} \quad (23)$$

#### **Balance de energía**

Para llevar a cabo el balance de energía, se parte de los tanques anteriormente dimensionados en donde se obtuvo la potencia. En el caso de aquellos obtenidos mediante catálogo, se indica

la potencia referente a las especificaciones incluidas del equipo. Se dan a conocer los resultados de potencia para los equipos dimensionados:

Tabla H 6. Balance de energía de tanque con chaqueta JV-101 referente a su agitador.

Agitador	
Número de Reynolds	1076105
Da (m)	0.066
N <sub>2</sub> (rev/s)	82.42
$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	1000
$\mu \left( \frac{kg}{m \cdot s} \right)$	0.000334
N <sub>p</sub>	0.88
Potencia requerida (J/s)	618.73
Potencia requerida (kW)	0.619

Tabla H 7. Balance de energía de tanque con chaqueta JV-101 referente a su chaqueta.

Etapa	Calentamiento de fluido
Grosor de chaqueta (m)	0.0018
A (m <sup>2</sup> )	0.1827
R	8.13
Q (kW)	0.522
m (kg)	3.46
$C_p \left( \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right)$	4180

$T_i$ ( $^{\circ}C$ )	20
$T_f$ ( $^{\circ}C$ )	85
$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	65
Tiempo de calentamiento (s)	1800
Tiempo de calentamiento (h)	0.50

Etapa	Mantener caliente
L (m)	0.0018
$h_1 \left( \frac{W}{m^2 K} \right)$	500
$h_2 \left( \frac{W}{m^2 K} \right)$	8000
$k \left( \frac{W}{m K} \right)$	15.00
$U \left( \frac{W}{m^2 K} \right)$	445.08
A ( $m^2$ )	0.1827
$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	65
Q (W)	5284.57
Q (kW)	5.285

Etapa	Flujo de vapor
$W_s \left( \frac{kg}{s} \right)$	0.0023
$W_s \left( \frac{kg}{h} \right)$	8.243
Q (kW)	5.285

$hfg \left( \frac{kJ}{kg} \right)$	2308
------------------------------------	------

Tabla H 8. Balance de energía de tanque de mezclado V-201 referente a su agitador.

Agitador	
Número de Reynolds	282165
Da (m)	0.102
N <sub>2</sub> (rev/s)	27.93
$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	1000
$\mu \left( \frac{kg}{m s} \right)$	0.0010016
N <sub>p</sub>	2.65
Potencia requerida (J/s)	617.65
Potencia requerida (kW)	0.618

Tabla H 9. Balance de energía de tanque de mezclado V-301 referente a su agitador.

Agitador	
Número de Reynolds	117522
Da (m)	0.112
N <sub>2</sub> (rev/s)	9.384
$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$	1000
$\mu \left( \frac{kg}{m s} \right)$	0.0010016

$N_p$	0.88
Potencia requerida (J/s)	12.814
Potencia requerida (kW)	0.0128

Con la potencia, se procede a calcular el costo energético, considerando que el precio de electricidad de 8h00 a 22h00, a nivel industrial constituye USD 0.063/kWh. Por tanto, el balance de energía se presenta a continuación:

Tabla H 10. Balance de energía de los equipos en función de los costos anuales por kWh

Código	Equipo	Potencia (kW)	Tiempo de operación (h/año)	Energía anual (kWh/año)	Costo anual (USD/kWh)	Costo mensual (USD/kWh)
JV - 101	Agitación	0.62	281.25	174.02	\$ 10.96	\$ 0.91
	Chaqueta-Calentar	0.52	337.50	176.05	\$ 11.09	\$ 0.92
	Chaqueta-Mantener Caliente	5.28	12.00	63.41	\$ 4.00	\$ 0.33
DR - 101	Liofilizador	13.00	6480.00	84240.00	\$ 5,307.12	\$ 442.26
	Bomba a vacío	5.10	6480.00	33048.00	\$ 2,082.02	\$ 173.50
	Unidad de Calentamiento	13.00	6480.00	84240.00	\$ 5,307.12	\$ 442.26
CB - 301	Bandas Transportadoras	1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
CB - 302		1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
CB - 303		1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
CB - 304		1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
CB - 305		1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
DR - 301	Secado por convección	1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
DR - 302		1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28

WC – 301	Banda Transportadora Vibratoria de Lavado	1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
WC – 302	Banda Transportadora de Rodillos para Enjuague por Aspersión	1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
AC – 301	Banda Transportadora de Rodillos con Cono de Aspersión	1.00	1768.00	1768.00	\$ 111.38	\$ 9.28
SP - 201	Despulpadora	0.75	55.25	41.44	\$ 2.61	\$ 0.22
BV – 201	Exprimidor	1.50	110.50	165.75	\$ 10.44	\$ 0.87
	Triturador	0.75	110.50	82.88	\$ 5.22	\$ 0.44
VF – 201	Bomba de vacío	1.50	165.75	248.63	\$ 15.66	\$ 1.31
PZ – 201	Pasteurizador	2.00	331.50	663.00	\$ 41.77	\$ 3.48
V – 201	Agitación	0.62	221.00	136.50	\$ 8.60	\$ 0.72
V – 301	Agitación	0.01	221.00	2.83	\$ 0.18	\$ 0.01
PK – 301	Envasadora	5.70	1326.00	7558.20	\$ 476.17	\$ 39.68
CS – 401	Cámara de almacenamiento en frío	5.00	7560.00	37800.00	\$ 2,381.40	\$ 198.45
<b>Sumatoria</b>				266320.70	\$ 16,778.20	\$ 1,398.18

## Simulación en SuperPro Designer

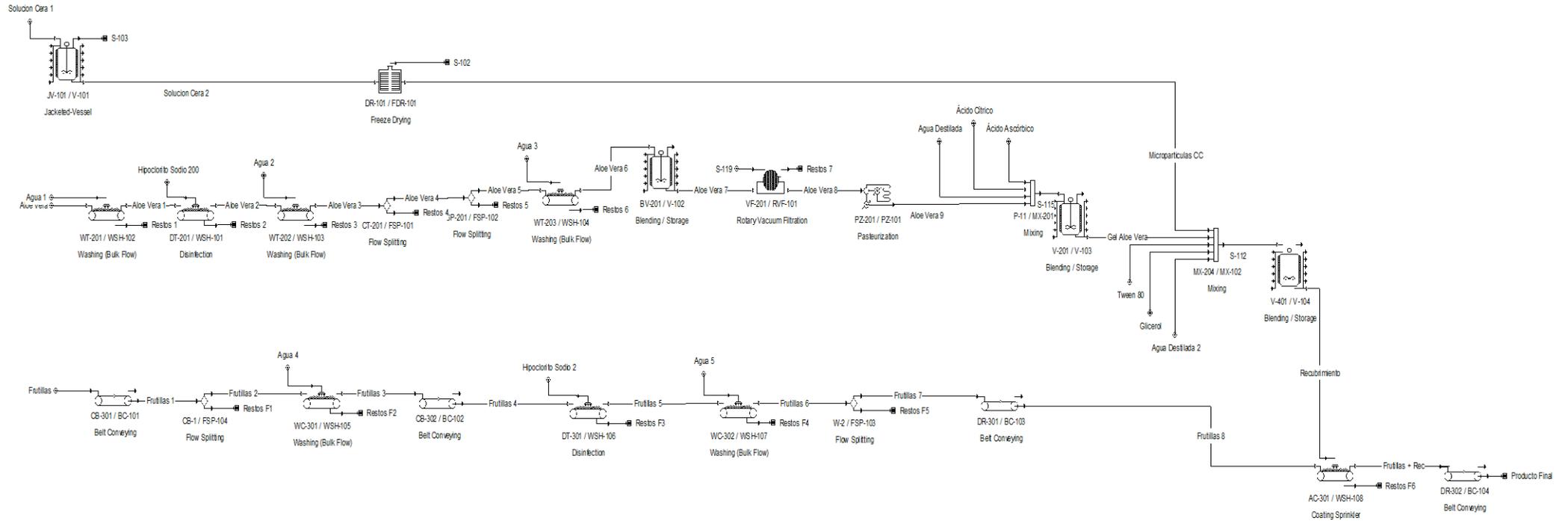


Figura H 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de recubrimiento comestible y asperjable para frutillas en *SuperPro Designer*.

En base a lo anterior, se describen los equipos en la siguiente imagen, en donde se especifica la capacidad, costo por unidad y material de construcción:

Name	Type	Units	Standby/ Staggered	Size (Capacity)	Material of Construction	Purchase Cost (\$/Unit)
V-101	Blending Tank	1	0/0	3.49 L	SS316	165,000
FDR-101	Freeze Dryer	1	0/0	3.02 kg	SS316	114,000
WSH-101	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	105.76 kg/h	CS	0
WSH-102	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	106.29 kg/h	CS	0
WSH-103	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	42.09 kg/h	CS	0
FSP-101	Flow Splitter	1	0/0	3.49 kg/h	CS	0
FSP-102	Flow Splitter	1	0/0	3.46 kg/h	CS	0
WSH-104	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	20.53 kg/h	CS	0
RVF-101	Rotary Vacuum Filter	1	0/0	0.01 m <sup>2</sup>	CS	40,000
PZ-101	Pasteurizer	1	0/0	6.81 L/h	SS316	15,000
V-102	Blending Tank	1	0/0	3.80 L	SS316	165,000
MX-201	Mixer	1	0/0	7.67 kg/h	CS	0
V-103	Blending Tank	1	0/0	8.46 L	SS316	165,000
BC-101	Belt Conveyor	1	0/0	15.00 m	CS	74,000
WSH-105	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	6,958.51 kg/h	CS	0
BC-102	Belt Conveyor	1	0/0	15.00 m	CS	74,000
WSH-106	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	6,923.71 kg/h	CS	0
WSH-107	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	6,923.71 kg/h	CS	0
FSP-103	Flow Splitter	1	0/0	230.79 kg/h	CS	0
BC-103	Belt Conveyor	1	0/0	15.00 m	CS	74,000
FSP-104	Flow Splitter	1	0/0	246.76 kg/h	CS	0
MX-102	Mixer	1	0/0	10.23 kg/h	CS	0
V-104	Blending Tank	1	0/0	11.28 L	SS316	165,000
WSH-108	Washer (Bulk Flow)	1	0/0	6,854.48 kg/h	CS	0
BC-104	Belt Conveyor	1	0/0	15.00 m	CS	74,000

Figura H 4. Resumen de equipos empleados en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Asimismo, se determinó el balance de masa con respecto a las condiciones operacionales dadas de los equipos y máquinas, así como la base de producción para cada línea. A continuación, se presenta la cantidad necesaria para cada material empleado. Para este caso, ha sido necesario crear los componentes referentes a Tween 80, aloe vera, cera carnauba e hipoclorito de sodio. Particularmente, el componente de biomasa se escogió para relacionarlo con las frutillas involucradas en el proceso.

Material	kg/yr	kg/batch
Aloe Vera	1,871	3.54
Ascorbic Acid	80	0.15
Biomass	130,287	246.76
Carnauba Wax	1	0.00
Citric Acid	40	0.08
Glycerol	101	0.19
Sodium Hypochlo	2,693	5.10
Tween 80	31	0.06
Water	4,130,870	7,823.62
<b>TOTAL</b>	<b>4,265,974</b>	<b>8,079.50</b>

Figura H 5. Resumen de materiales empleados en simulación mediante *SuperPro Designer*.

En relación con cada equipo y corriente, la composición y sus propiedades se describen como lo siguiente:

Stream Name	Frutillas	Frutillas 1	Frutillas 2	Restos F1
Source	INPUT	CB-301	CB-1	CB-1
Destination	CB-301	CB-1	WC-301	OUTPUT
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,050.00	1,050.00	1,050.00	1,050.00
Total Enthalpy (kW-h)	7.17	7.17	6.74	0.43
Specific Enthalpy (kcal/kg)	24.99	24.99	24.99	24.99
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	1.00	1.00	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Biomass	246.76	246.76	231.95	14.81
TOTAL (kg/batch)	246.76	246.76	231.95	14.81
TOTAL (L/batch)	235.01	235.01	220.90	14.10

Stream Name	Agua 4	Frutillas 3	Restos F2	Frutillas 4
Source	INPUT	WC-301	WC-301	CB-302
Destination	WC-301	CB-302	OUTPUT	DT-301
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	1,050.00	994.76	1,050.00
Total Enthalpy (kW-h)	34.83	6.70	34.87	6.70
Specific Enthalpy (kcal/kg)	25.11	24.99	25.11	24.99
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	1.00	1.00	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Biomass	0.00	230.79	1.16	230.79
Water	1,193.65	0.00	1,193.65	0.00
TOTAL (kg/batch)	1,193.65	230.79	1,194.80	230.79
TOTAL (L/batch)	1,200.00	219.80	1,201.10	219.80

Figura H 6. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Stream Name	Hipoclorito Sodio 2	Frutillas 5	Restos F3	Agua 5
<b>Source</b>	<b>INPUT</b>	<b>DT-301</b>	<b>DT-301</b>	<b>INPUT</b>
<b>Destination</b>	<b>DT-301</b>	<b>WC-302</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>WC-302</b>
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	1,050.00	994.70	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	25.86	6.70	25.86	154.81
Specific Enthalpy (kcal/kg)	25.01	24.99	25.01	25.11
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	1.00	1.00	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Biomass	0.00	230.79	0.00	0.00
Sodium Hypochlo	4.43	0.00	4.43	0.00
Water	885.00	0.00	885.00	5,305.09
<b>TOTAL (kg/batch)</b>	<b>889.43</b>	<b>230.79</b>	<b>889.43</b>	<b>5,305.09</b>
<b>TOTAL (L/batch)</b>	<b>894.16</b>	<b>219.80</b>	<b>894.16</b>	<b>5,333.33</b>
Stream Name	Frutillas 6	Restos F4	Frutillas 7	Restos F5
<b>Source</b>	<b>WC-302</b>	<b>WC-302</b>	<b>W-2</b>	<b>W-2</b>
<b>Destination</b>	<b>W-2</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>DR-301</b>	<b>OUTPUT</b>
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,050.00	994.70	1,050.00	1,050.00
Total Enthalpy (kW-h)	6.70	154.81	6.64	0.07
Specific Enthalpy (kcal/kg)	24.99	25.11	24.99	24.99
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	1.00	1.00	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Biomass	230.79	0.00	228.48	2.31
Water	0.00	5,305.09	0.00	0.00
<b>TOTAL (kg/batch)</b>	<b>230.79</b>	<b>5,305.09</b>	<b>228.48</b>	<b>2.31</b>
<b>TOTAL (L/batch)</b>	<b>219.80</b>	<b>5,333.33</b>	<b>217.60</b>	<b>2.20</b>

Figura H 7. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Stream Name	Frutillas 8	Agua 1	Aloe Vera	Aloe Vera 1
Source	DR-301	INPUT	INPUT	WT-201
Destination	AC-301	WT-201	WT-201	DT-201
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,050.00	994.70	994.70	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	6.64	3.94	0.01	0.01
Specific Enthalpy (kcal/kg)	24.99	25.11	1.69	1.69
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	1.00	0.07	0.07
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	0.00	0.00	3.54	3.53
Biomass	228.48	0.00	0.00	0.00
Water	0.00	135.00	0.00	0.00
TOTAL (kg/batch)	228.48	135.00	3.54	3.53
TOTAL (L/batch)	217.60	135.72	3.56	3.54

Stream Name	Restos 1	Hipoclorito Sodio 200	Aloe Vera 2	Restos 2
Source	WT-201	INPUT	DT-201	DT-201
Destination	OUTPUT	DT-201	WT-202	OUTPUT
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	994.70	994.70	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	3.94	3.94	0.01	3.94
Specific Enthalpy (kcal/kg)	25.11	25.01	1.69	25.01
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	1.00	0.07	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	0.02	0.00	3.51	0.02
Sodium Hypochlo	0.00	0.68	0.00	0.68
Water	135.00	135.00	0.00	135.00
TOTAL (kg/batch)	135.02	135.68	3.51	135.69
TOTAL (L/batch)	135.74	136.40	3.53	136.42

Figura H 8. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Stream Name	Agua 2	Aloe Vera 3	Restos 3	Aloe Vera 4
<b>Source</b>	<b>INPUT</b>	<b>WT-202</b>	<b>WT-202</b>	<b>CT-201</b>
<b>Destination</b>	<b>WT-202</b>	<b>CT-201</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>SP-201</b>
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	994.70	994.70	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	3.94	0.01	3.94	0.01
Specific Enthalpy (kcal/kg)	25.11	1.69	25.11	1.69
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.00	0.07	1.00	0.07
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	0.00	3.49	0.02	3.46
Water	135.00	0.00	135.00	0.00
<b>TOTAL (kg/batch)</b>	<b>135.00</b>	<b>3.49</b>	<b>135.02</b>	<b>3.46</b>
<b>TOTAL (L/batch)</b>	<b>135.72</b>	<b>3.51</b>	<b>135.74</b>	<b>3.47</b>
Stream Name	Restos 4	Aloe Vera 5	Restos 5	Agua 3
<b>Source</b>	<b>CT-201</b>	<b>SP-201</b>	<b>SP-201</b>	<b>INPUT</b>
<b>Destination</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>WT-203</b>	<b>OUTPUT</b>	<b>WT-203</b>
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	994.70	994.70	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	0.00	0.01	0.00	0.74
Specific Enthalpy (kcal/kg)	1.69	1.69	1.69	25.11
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.07	0.07	0.07	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	0.03	3.42	0.03	0.00
Water	0.00	0.00	0.00	25.50
<b>TOTAL (kg/batch)</b>	<b>0.03</b>	<b>3.42</b>	<b>0.03</b>	<b>25.50</b>
<b>TOTAL (L/batch)</b>	<b>0.04</b>	<b>3.44</b>	<b>0.03</b>	<b>25.64</b>

Figura H 9. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Stream Name	Aloe Vera 6	Restos 6	Aloe Vera 7	S-119
Source	WT-203	WT-203	BV-201	INPUT
Destination	BV-201	OUTPUT	VF-201	VF-201
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	10.13	1.01
Density (g/L)	994.70	994.70	994.70	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	0.01	0.74	0.01	0.00
Specific Enthalpy (kcal/kg)	1.69	25.09	1.69	25.11
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.07	1.00	0.07	1.00
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	3.40	0.02	3.40	0.00
Water	0.00	25.50	0.00	0.00
TOTAL (kg/batch)	3.40	25.52	3.40	0.00
TOTAL (L/batch)	3.42	25.65	3.42	0.00
Stream Name	Restos 7	Aloe Vera 8	Aloe Vera 9	Ácido Ascórbico
Source	VF-201	VF-201	PZ-201	INPUT
Destination	OUTPUT	PZ-201	P-11	P-11
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	8.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	10.13	10.13	1.01
Density (g/L)	994.70	994.70	1,000.90	1,603.25
Total Enthalpy (kW-h)	0.00	0.01	0.00	0.00
Specific Enthalpy (kcal/kg)	2.99	1.69	0.54	10.36
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.12	0.07	0.07	0.41
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	0.02	3.39	3.39	0.00
Ascorbic Acid	0.00	0.00	0.00	0.15
Water	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL (kg/batch)	0.02	3.39	3.39	0.15
TOTAL (L/batch)	0.02	3.40	3.38	0.09

Figura H 10. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Stream Name	Ácido Cítrico	Agua Destilada	S-115	Gel Aloe Vera
Source	INPUT	INPUT	P-11	V-201
Destination	P-11	P-11	V-201	MX-204
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	24.11	24.11
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01	10.10
Density (g/L)	1,570.51	994.70	1,006.28	1,006.28
Total Enthalpy (kW-h)	0.00	0.12	0.12	0.12
Specific Enthalpy (kcal/kg)	9.72	25.11	13.81	13.81
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.39	1.00	0.57	0.57
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	0.00	0.00	3.39	3.39
Ascorbic Acid	0.00	0.00	0.15	0.15
Citric Acid	0.08	0.00	0.08	0.08
Water	0.00	4.05	4.05	4.05
TOTAL (kg/batch)	0.08	4.05	7.66	7.66
TOTAL (L/batch)	0.05	4.07	7.62	7.62

Stream Name	Solucion Cera 1	Solucion Cera 2	S-102	Microparticulas CC
Source	INPUT	JV-101	DR-101	DR-101
Destination	JV-101	DR-101	OUTPUT	MX-204
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	85.00	11.99	12.00
Pressure (bar)	1.01	12.81	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	972.83	0.75	999.44
Total Enthalpy (kW-h)	0.09	0.31	2.23	0.00
Specific Enthalpy (kcal/kg)	25.89	87.80	635.88	12.47
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	1.03	1.04	0.46	1.04
Component Flowrates (kg/batch)				
Carnauba Wax	0.00	0.00	0.00	0.00
Tween 80	0.01	0.01	0.01	0.00
Water	3.04	3.04	3.01	0.03
TOTAL (kg/batch)	3.05	3.05	3.02	0.03
TOTAL (L/batch)	3.07	3.14	4,048.64	0.03

Figura H 11. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Stream Name	Tween 80	Glicerol Agua Destilada 2	S-112
Source	INPUT	INPUT	INPUT
Destination	MX-204	MX-204	MX-204
Destination			V-401
Stream Properties			
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	25.00	25.00	25.00
Pressure (bar)	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	994.70	1,258.08	994.70
Total Enthalpy (kW-h)	0.02	0.00	0.07
Specific Enthalpy (kcal/kg)	345.30	14.39	25.11
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	13.76	0.58	1.00
Component Flowrates (kg/batch)			
Aloe Vera	0.00	0.00	0.00
Ascorbic Acid	0.00	0.00	0.00
Citric Acid	0.00	0.00	0.00
Glycerol	0.00	0.19	0.00
Tween 80	0.05	0.00	0.00
Water	0.00	0.00	2.29
TOTAL (kg/batch)	0.05	0.19	2.29
TOTAL (L/batch)	0.05	0.15	2.30

Stream Name	Recubrimiento	Frutillas + Rec	Restos F6	Producto Final
Source	V-401	AC-301	AC-301	DR-302
Destination	AC-301	DR-302	OUTPUT	OUTPUT
Stream Properties				
Activity (U/ml)	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperature (°C)	24.43	25.00	24.43	25.00
Pressure (bar)	10.11	1.01	1.01	1.01
Density (g/L)	1,007.30	1,048.27	1,007.30	1,048.27
Total Enthalpy (kW-h)	0.21	6.83	0.02	6.83
Specific Enthalpy (kcal/kg)	17.98	24.73	17.98	24.73
Heat Capacity (kcal/kg-°C)	0.73	0.99	0.73	0.99
Component Flowrates (kg/batch)				
Aloe Vera	3.39	3.06	0.33	3.06
Ascorbic Acid	0.15	0.14	0.01	0.14
Biomass	0.00	228.48	0.00	228.48
Citric Acid	0.08	0.07	0.01	0.07
Glycerol	0.19	0.17	0.02	0.17
Tween 80	0.05	0.05	0.00	0.05
Water	6.37	5.75	0.62	5.75
TOTAL (kg/batch)	10.23	237.71	1.00	237.71
TOTAL (L/batch)	10.15	226.77	0.99	226.77

Figura H 12. Resumen de corrientes de entrada y salida de los equipos en simulación mediante *SuperPro Designer*.

Como se indicó anteriormente, la corriente de producto final presenta un rendimiento de 237.71 kg/batch, obtenido mediante la simulación de equipos a través de este software. Este valor exhibe una notable precisión al compararlo con el obtenido mediante el balance de masa realizado con *Microsoft Excel Office 365*, el cual fue de 238.96 kg/batch. La discrepancia entre ambos valores podría atribuirse principalmente a la manipulación de cifras significativas por parte del software, destacando su alta precisión en la ejecución de cálculos.

A pesar de una pequeña pérdida del 0.5% al utilizar *SuperPro Designer*, es importante resaltar que este software proporciona una herramienta sumamente útil. Facilita una comprensión integral del funcionamiento de la planta, abordando aspectos como el rendimiento de equipos, condiciones operativas, pérdidas del proceso, e incluso permite realizar un análisis económico detallado en cada etapa, tanto a nivel de producción como en los ámbitos administrativo y financiero.

## ANEXO I – EQUIPOS POR CATÁLOGO

### Liofilizador (DR-101)

**Empresa** Henan Ocean Machinery Equipment

Modelo	1.5
Precio	\$ 20,000.00
Freeze-drying area (m <sup>2</sup> )	1.5
Water capture capacity (kg/batch)	15
Batch weight (kg)	10-15 L
Plate size	L600*W500mm
Layer spacing (mm)	85
Number of layers (blocks)	6
Plate temperature range (°C)	Normal temperature -80°C (no load)
Material tray (pieces)	5
cold trap	1 set
Cold trap minimum temperature (°C)	(-70°C) a 55°C (no load)
Ultimate vacuum degree (Pa)	≤5 (no load)
Total power Kw	13
Ambient temperature(°C)	Normal temperature
Internal dimensions of silo (mm)	750*950*3 (thick)
Installation dimensions (mm)	1800*1300*1900
Silo thickness (mm)	5
Weight	1200
<b>Sistema de refrigeración</b>	
Potencia (kW)	5
<b>Bomba de vacío</b>	
Grado de vacío (Pa)	0.5
Pumping Volume (L/s)	40
Potencia Total (kW)	5.1
<b>Unidad eléctrica de calentamiento</b>	
Potencia Total (kW)	13

#### 1. Small Freeze Dryer



Figura I 1. Especificaciones de liofilizador.

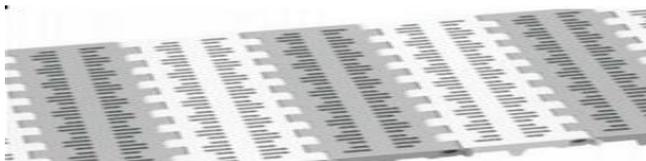
## Bandas Transportadoras (CB-301, CB-302, CB-303, CB-304, CB-305, DR-301, DR-302)

Ancho [m]	0.5
Longitud [m]	15
Material	PP

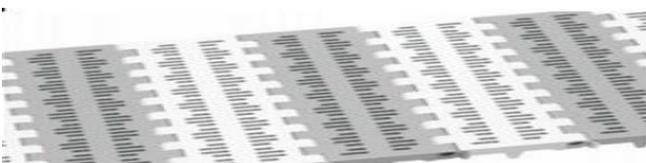
HS-1700B	
CB-301	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 13,180.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



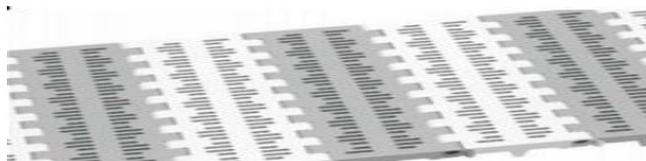
HS-100B-HD-N	
CB-302	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 12,770.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



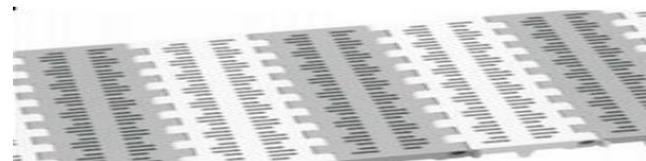
HS-100B-HD-N	
CB-303	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 12,770.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



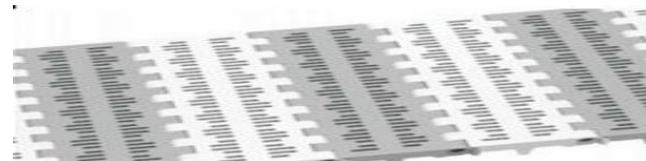
HS-100B-HD-N	
CB-304	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 12,770.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



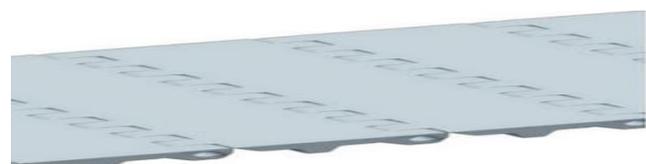
HS-100B-HD-N	
DR-301	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 12,770.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



HS-100B-HD-N	
DR-401	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 12,770.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



HS-100A-HD-N	
CB-305	
Empresa	HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.
Precio	\$ 12,770.00
Dimensiones: L*W*H	15m*0.5m*0.9m+/-50mm
Material de Transportador	Stainless Steel 304, 2mm
Color de banda	Azul
Material de Banda	Polipropileno
Motor	NORD brand
Velocidad mínima (m/h)	1500
Velocidad máxima (m/h)	2100



COSTO	
Bandas Transportadoras	\$ 89,800.00
Fee de Envío a Guayaquil	\$ 2,715.00
Package Fee	\$ 2,555.00

Figura I 2. Especificaciones de bandas transportadoras.

## Lavafondos de desinfección (DT-201) y lavafondo de enjuague (WT-201, WT-202)

Información General	
Empresa	Full Maquinas CL (Chile-Concepción)
SKU / Modelo	VENELF-105
Precio (\$)	\$333.99
Material	Acero Inoxidable
Número de Taza	1
Peso neto (kg)	34
Peso bruto (kg)	36

Dimensión Tanque	
Largo (mm)	1005
Ancho (mm)	700
Alto (mm)	850

Información General	
Cantidad	3
Precio Total	\$1,001.97

Densidad Aloe vera [g/mL]	0.975
Densidad Agua [g/mL]	1.000
Densidad NaClO [g/mL]	1.180

Dimensión de Taza	
Largo (mm)	900
Ancho (mm)	400
Alto (mm)	500
Volumen Total (m <sup>3</sup> )	0.18
Volumen a utilizar Agua(3/4) (m <sup>3</sup> )	0.135



AMC

### Lavafondo VENELF-105 1 TAZA 900x400x500

**\$333.990**

SKU: VENELF-105

Sucursal

Disponibile a pedido

Este producto no tiene stock disponible. Puedes enviarnos una consulta al respecto.

[CONTÁCTANOS](#)
[CONTINÚA COMPRANDO](#)

Descripción

- VENELF-105
- Completamente construido en acero inoxidable.
- Estructura de atril en perfil tubular redondo.
- Patines regulables de alta resistencia.
- Incluye respaldo mural sanitario.
- Cubierta presenta ángulos perimetrales antiderrames.
- Ideales para cocinas de alto tráfico.
- Opcional: Kit de llave.

Dimensiones (mm): 1005x700x850

Numero de tazas: 1

Dimensiones de la taza (mm): 900x400x500

Peso neto (Kg): 34

Peso bruto (Kg): 36

Figura I 3. Especificaciones de lavafondos.

## Tanque de desinfección (DT-301)

Información General	
Empresa	KRONEN
SKU / Modelo	Sistema de descontaminación y de lavado DECONWA Prep
Precio (\$)	\$45,000.00
Material	Acero inoxidable AISI 304
Aplicación	Vegetales, frutas
Peso (kg)	390
Función	Desinfección Húmeda

Dimensión	
Alto (mm)	1559
Ancho (mm)	1178
Largo (mm)	3399
Altura de entrada (mm)	887
Altura de salida (mm)	979
Ancho de la banda transportadora (mm)	550

Agua	
Conexión de Agua (in)	2 x 3/4
Salida de Agua (in)	2 x 2
Volumen Total (L)	885

Parámetros	
Potencia kW	2.9
Tensión (V N/PE)	3-400
Frecuencia (Hz)	50
Velocidad de la Banda Transportadora (m/s)	0.05



Figura I 4. Especificaciones de tanque de desinfección para frutillas.

## Despulpadora (SP-201)

Información General	
Empresa	Zhengzhou Aslan Machinery Co., Ltd
Garantía	1 año
Marca	Aslan Jixie
Tipo	Pelador de cortado dicier
SKU / Modelo	ASL-1500
Precio (\$)	\$8,125.00
Material	Acero Inoxidable Alimentario
Aplicación	Materiales planos, largos aloe y cactus
Peso neto (kg)	230

Dimensión Mesa	
Largo (mm)	1700
Ancho (mm)	550
Alto (mm)	1300

Parámetros	
Caudal máximo (kg/h)	1500
Energía (W)	750
Voltaje (V)	380
Potencia (kW)	0.75

<https://spanish.alibaba.com/p-detail/aloe-60021925678.html>

Parámetros Balance Masa	
Caudal Sábila (C20) (g/lote)	3455.099
Caudal Sábila (C20) (kg/h)	1.30



Figura I 5. Especificaciones de despulpadora.

## Mesa de lavado (WT-203)

Información General	
Empresa	Equipo Sur - Fricosmos
SKU / Modelo	FRI_073020
Especificación	Mesa central con reborde, desagüe y entrepaño
Precio (\$)	\$782.37
Material	Acero Inoxidable Grado Alimenticio
Peso (kg)	46
Soporte	Patas cuadradas 40*40 mm

Dimensión Mesa	
Longitud (cm)	100
Ancho (cm)	60
Alto (cm)	85
Alto Reborde (cm) (10%)	8.5

Parámetros	
Volumen mesa (mL) o (cm <sup>3</sup> )	51000

Descripción	Unidad	WT - 203
Caudal máximo sábila entrada	$\frac{g}{lote}$	3.42
	$\frac{kg}{h}$	0.00
Caudal volumétrico agua entrada	$\frac{mL}{lote}$	25.50
	$\frac{m^3}{h}$	0.00

L	A	H	W	Modelo	
1.000	600	850	200	46	073020
1.500	600	850	200	54	073022
2.000	600	850	200	76	073024
3.000	700	850	200	49	073026
1.500	700	850	200	58	073028
2.000	700	850	200	81	073030
1.000	800	850	200	38	073002
1.500	800	850	200	51	073004
2.000	800	850	200	67	073006



Figura I 6. Especificaciones de mesa de lavado.

## Mesa de cortado (CT-201)

Información General	
Empresa	WL. Equipos Gastronómicos (UIO)
SKU / Modelo	Mesa de Trabajo Lisa
Precio (\$)	\$127.00
Material	Acero Inoxidable Grado Alimenticio
Soporte	Tubo redondo 1 1/2" en 1.5mm (reforzadas)

Dimensión Mesa	
Alto (cm)	90
Ancho (cm)	110
Fondo (cm)	55

Descripción	Unidad	CT - 201
Caudal másico hojas entrada	$\left[ \frac{g}{lote} \right]$	3.49
	$\left[ \frac{kg}{h} \right]$	0.00
Caudal másico salida	$\left[ \frac{g}{lote} \right]$	0.03
	$\left[ \frac{kg}{h} \right]$	0.00



Figura I 7. Especificaciones de mesa de cortado.

## Triturador de pulpa (BV-201)

Información General	
Empresa	Luohe Juyou Commercial & Trading Co., Ltd
Garantía motor	1 año
Marca	JUYOUMECH
Tipo	Maquina exprimidor
SKU / Modelo	JU-PLZ-0.5
Precio (\$)	\$1,800.00
Material	Acero Inoxidable Calidad Alimentaria
Peso neto (kg)	115

Dimensión Mesa	
Largo (mm)	1000
Ancho (mm)	330
Alto (mm)	1000

Parámetros	
Caudal máximo (kg/h)	500
Energía (W)	750
Voltaje (V)	220
Aplastado velocidad rotativo (rpm)	1000
Velocidad tornillo giratorio (rpm)	380
Pantalla de filtro de tamaño del agujero (mm)	0.6
Potencia Triturador de Motor (Kw)	0.75
Potencia Motor Exprimidor (kw)	1.5



<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hot-62211705973.html?spm=a2700.8699010.29.42.3d2f4fb6sC48CW>

Parámetros Balance Masa	
Caudal Sábila (C20) (g/lote)	3.420
Caudal Sábila (C20) (kg/h)	0.00

Figura I 8. Especificaciones de triturador de pulpa.

## Filtro al vacío (VF-201)

Información General	
Empresa	Xi an Toption Instrument Co. Ltd
Garantía	1 año
Marca	Toption
Tipo	Equipo de filtración al vacío
SKU / Modelo	TP-CL 10L(S)
Precio (\$)	\$1,650.00
Shipping (\$)	\$1,797.00
Material	Acero Inoxidable Alimentario SS304L
Embudo Volumen (L)	10
Soporta Presión (Pa)	100000
Peso neto (kg)	130

Dimensión Mesa	
Largo (mm)	450
Ancho (mm)	450
Alto (mm)	1000

Parámetros Balance Masa	
Caudal Sábila (C20) (kg/lote)	3.420



<https://spanish.alibaba.com/p-detail/10L-1600593359070.html?spm=a2700.wholesale.0.0.21f934cdN2iDpw>

Figura I 9. Especificaciones de filtro a vacío.

Información General	
Empresa	Wenzhou Leno Machinery
Garantía	1 año
Marca	Leno
Tipo	Bomba Multietapa con alimentación eléctrica
SKU / Modelo	LNP-3001
Precio (\$)	\$600.00
Tamaño de salida (plg)	2
Material	Acero Inoxidable Alimentario SS304L
Presion extrema (bar)	8
Velocidad (rpm)	0-960



Parámetros	
Flujo (ton/h)	0-100
Tensión (V)	120-480
Frecuencia (Hz)	50-60
Potencia (kW)	1.5

Figura I 10. Especificaciones de bomba de filtro a vacío.

### Pasteurizador (PZ-201)

Información General	
Empresa	Runway Machinery Co., Ltd.
SKU / Modelo	BS-5
Precio (\$)	\$350.00
Material	Stainless Steel 304
Aplicación	Zumo, leche
Peso (kg)	13
Función	Calentamiento y Agitación

Dimensión Mesa	
Alto (mm)	660
Ancho (mm)	470
Fondo (mm)	420
Grosor de Material (mm)	1.2

Parámetros	
Capacidad Volumétrica (L)	5
Rango de Temperatura (°C)	85-95
Agente de Calentamiento	Agua
Voltaje (V)	220v/110v
Potencia (kW)	2



Figura I 11. Especificaciones de pasteurizador.

## Banda Transportadora Vibratoria de Lavado (WC-301)

Información General	
Empresa	KRONEN
SKU / Modelo	Lavadora GEWA 5000 EC
Precio (\$)	\$75,000.00
Material	Acero inoxidable AISI 304
Aplicación	Vegetales, hierbas, frutas
Peso (kg)	900
Función	Lavado por vibración

Dimensión	
Alto (mm)	1537
Ancho (mm)	1549
Largo (mm)	5065
Altura de entrada (mm)	1103
Altura de salida (mm)	710

Agua	
Conexión de Agua (in)	2 x 3/4
Salida de Agua (in)	2 x 2
Volumen Total (L)	1210

Parámetros	
Potencia kW	11
Tensión (V N/PE)	3-400
Frecuencia (Hz)	50



Figura I 12. Especificaciones de lavadora de frutillas.

## Banda Transportadora de Rodillos de enjuague por aspersión (WC-302)

Información General	
Empresa	Shandong Hede Food Machinery Co.Ltd.
Precio (\$)	\$4,500.00
Material Machine and Conveyer	SUS 304
Banda	Rodillos
Largo Banda (m)	3
Distancia spray y banda (mm)	250
Ancho Rodillos (mm)	800

Dimensión Mesa	
Largo (mm)	3000
Ancho (mm)	1500
Alto (mm)	1400

Agua	
Consumo (m3/h)	1 a 2
Recupera (%)	50

Parámetros	
Voltaje (V)	380
Voltaje (Hz)	50
Velocidad Banda	Se puede ajustar
Potencia (Kw)	3.75

Parámetros Balance Masa	
Caudal Frutillas (M97) (g/lote)	229.725
Caudal Frutillas (C20) (kg/h)	0.09



Figura I 13. Especificaciones de enjuague de frutillas.

## Banda Transportadora de Rodillos con cono de aspersión (AC-301)

Información General	
Empresa	Shandong Hede Food Machinery Co.Ltd.
Precio (\$)	\$12,000.00
Material Machine and Conveyer	SUS 304
Banda	Rodillos
Largo Banda (m)	8
Distancia spray y banda (mm)	250
Ancho Rodillos (mm)	800

Dimensión Mesa	
Largo (mm)	8000
Ancho (mm)	1500
Alto (mm)	1400

Agua	
Consumo (m3/h)	2 a 3
Recupera (%)	50

Parámetros	
Voltaje (V)	380
Voltaje (Hz)	50
Velocidad Banda	Se puede ajustar (Lento)
Potencia (Kw)	10.5

Parámetros Balance Masa	
Caudal Frutillas (V97) (g/lote)	229.725
Caudal Frutillas (C20) (kg/h)	0.09



Figura I 14. Especificaciones de equipo para aplicar recubrimiento de frutillas.

## Envasadora (PK-301)

Información General	
Empresa	SAMFULL
SKU / Modelo	SF-680 Horizontal Plastic Box Strawberry Packing Machine with Upper Roll Film Structure
Precio (\$)	\$19,500.00
Material	Acero inoxidable AISI 304
Función	Empaque y etiquetado

Dimensión	
Alto (mm)	1500
Ancho (mm)	800
Largo (mm)	4000
Peso (kg)	920

Parámetros	
Voltaje (V)	220
Voltaje (Hz)	50
Potencia (Kw)	5.7

Material de Empaque	
Cut-off length (mm)	50-6000
Ancho de producto (mm)	320
Altura de producto (mm)	110
Reel diameter (mm)	300
Core diameter (mm)	75
Ancho de material de empaque (mm)	680



Descripción	Unidad	CS - 401
Caudal Másico de Frutillas	$\left[ \frac{g}{lote} \right]$	238.96

Figura I 15. Especificaciones de envasadora de frutillas.

## Cámara de almacenamiento en frío (CS-401)

Información General	
Empresa	RUIXUE
Precio (\$)	\$1,800.00
Material	Acero inoxidable AISI 304
Aplicación	Hoteles, planta de fabricación, fábrica de alimentos y bebidas, granjas, restaurantes, uso doméstico, venta al por menor, tienda de alimentos, tiendas de alimentos y bebidas
Material	PU
Peso (kg)	70
Función	Suministro directo de fábrica, almacenamiento de cámara frigorífica

Dimensión	
Alto (mm)	5000
Ancho (mm)	5000
Largo (mm)	3000

Parámetros	
Temperatura Mínima (°C)	-5
Temperatura Máxima (°C)	5

Descripción	Unidad	CS - 401
Caudal Másico de Frutillas	$\left[ \frac{g}{lote} \right]$	238.96
Número de Frutillas		6
Peso de Caja Punnets	kg	0.5
Número de Cajas	-	0
Material Caja		PET
Alto de Caja	mm	85
Ancho de Caja	mm	111
Largo de Caja	mm	187



Figura I 16. Especificaciones de cámara de frío para almacenamiento de producto final.

## Resumen de Equipos Seleccionados y Dimensionados

Tabla I 1. Resumen de equipos seleccionados y dimensionados acorde a condiciones operacionales.

Código	Equipo	Dimensiones	Especificaciones	Condiciones Operacionales
JV - 101	Tanque	Diámetro: 0.220 (m) Altura: 0.440 (m) Grosor de pared: 2.01 (mm)	Acero inoxidable, SS-304	$P = 1 \text{ atm}$ $T_i = 20^\circ\text{C}$ $T_f = 85^\circ\text{C}$
	Agitador	Diámetro: 0.066 (m) Tipo: Helicoidal Velocidad: 4945.21 (rpm) Potencia: 0.62 (kW)	Acero inoxidable, SS-304	
	Chaqueta	Grosor: 0.0018 (m) Potencia: 5.28 (kW)	Acero inoxidable, SS-304	
DR - 101	Liofilizador	Capacidad: 10-15 (L) Largo: 1.90 (m) Alto: 1.80 (m) Profundidad: 1.30 (m) Potencia: 13 (kW)	Catálogo: Henan Ocean Machinery Equipment	$P = 0 \text{ atm}$ $T = -70^\circ\text{C}$
CB - 301	Bandas Transportadoras	Largo: 15 (m) Ancho: 0.50 (m) Material: Polipropileno Material Transportador: Acero inoxidable, SS-304 Velocidad mínima: 1500 (m/h) Velocidad máxima: 2100 (m/h)	Catálogo: HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^\circ\text{C}$
CB - 302				
CB - 303				
CB - 304				
CB - 305				
DT - 201	Lavafondos de desinfección	Largo tanque: 1.05 (m) Alto tanque: 0.70 (m) Profundidad tanque: 0.85 (m) Largo taza: 0.90 (m) Alto taza: 0.40 (m) Profundidad taza: 0.50 (m) Volumen total: 0.18 (m <sup>3</sup> )	Catálogo: Full Maquinas CL (Chile- Concepción)	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^\circ\text{C}$
DT - 301	Tanque de desinfección	Largo: 3.399 (m) Alto: 1.559 (m) Profundidad: 1.178 (m) Ancho banda transportadora: 0.55 (m) Velocidad banda transportadora: 0.05 (m/s) Potencia: 2.9 (kW)	Catálogo: KRONEN	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^\circ\text{C}$
SP - 201	Despulpadora	Largo: 1.70 (m) Alto: 1.30 (m) Ancho: 0.55 (m) Caudal másico: 1500 (kg/h) Potencia: 0.75 (kW)	Catálogo: Zhengzhou Aslan Machinery Co., Ltd	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^\circ\text{C}$
WT - 201	Lavafondo de enjuague	Largo tanque: 1.05 (m) Alto tanque: 0.70 (m) Profundidad tanque: 0.85 (m) Largo taza: 0.90 (m) Alto taza: 0.40 (m) Profundidad taza: 0.50 (m)	Catálogo: Full Maquinas CL (Chile- Concepción)	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^\circ\text{C}$
WT - 202				

		Volumen total: 0.18 (m <sup>3</sup> )		
WT – 203	Mesa de lavado	Largo: 1.00 (m) Alto: 0.85 (m) Ancho: 0.60 (m) Volumen mesa: 51.0 (L)	Catálogo: Equipo Sur - Fricosmos	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
CT – 201	Mesa de cortado	Fondo: 0.55 (m) Alto: 0.90 (m) Ancho: 1.10 (m)	Catálogo: WL. Equipos Gastronómicos (UIO)	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
BV – 201	Triturador de pulpa	Largo: 1.00 (m) Alto: 0.85 (m) Ancho: 0.60 (m) Potencia Triturador: 0.75 (kW) Potencia Motor Exprimidor: 1.50 (kW)	Catálogo: Luohe Juyou Commercial & Trading Co., Ltd	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
VF – 201	Filtro al vacío	Largo: 0.45 (m) Alto: 1.00 (m) Ancho: 0.45 (m)	Catálogo: Xi an Toption Instrument Co. Ltd	$P = 0 \text{ atm}$
		Presión extrema bomba: 8 (bar) Velocidad: 0-960 (rpm) Potencia: 1.50 (kW)	Catálogo: Wenzhou Leno Machinery	
PZ – 201	Pasteurizador	Fondo: 0.42 (m) Alto: 0.66 (m) Ancho: 0.47 (m) Grosor de material: 1.20 (m) Capacidad: 5.00 (L) Temperatura: 85-95 (°C) Potencia: 2.00 (kW)	Catálogo: Runway Machinery Co., Ltd.	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 85^{\circ}\text{C}$
V – 201	Tanque de mezclado	Diámetro: 0.34 (m) Altura: 0.68 (m) Grosor de pared: 2.01 (mm)	Acero inoxidable, SS-304	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
	Agitador	Diámetro: 0.10 (m) Tipo: Abierta de flujo radial de hoja curva Velocidad: 1675.60 (rpm) Potencia: 0.62 (kW)	Acero inoxidable, SS-304	
V – 301	Tanque de mezclado	Diámetro: 0.37 (m) Altura: 0.74 (m) Grosor de pared: 2.02 (mm)	Acero inoxidable, SS-304	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
	Agitador	Diámetro: 0.11 (m) Tipo: Helicoidal Velocidad: 563.03 (rpm) Potencia: 0.013 (kW)	Acero inoxidable, SS-304	
DR – 301	Secado por convección	Largo: 15 (m) Ancho: 0.50 (m)	Catálogo: HUANAN XINHAI (SHENZHEN) TECHNOLOGY CO., LTD.	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
DR – 302		Material: Polipropileno Material Transportador: Acero inoxidable, SS-304 Velocidad mínima: 1500 (m/h) Velocidad máxima: 2100 (m/h)		
WC – 301	Banda Transportadora Vibratoria de Lavado	Largo: 5.065 (m) Alto: 1.537 (m) Ancho: 1.549 (m) Altura de entrada: 1.103 (m) Altura de salida: 0.710 (m)	Catálogo: KRONEN	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$

		Volumen total: 1210 (L) Potencia: 11.00 (kW)		
WC – 302	Banda Transportadora de Rodillos para Enjuague por Aspersión	Largo: 3.00 (m) Alto: 1.40 (m) Ancho: 1.50 (m) Distancia spray: 0.25 (m) Largo Banda: 3.00 (m) Ancho rodillos: 0.80 (m) Potencia: 3.75 (kW)	Catálogo: Shandong Hede Food Machinery Co.Ltd.	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
AC – 301	Banda Transportadora de Rodillos con Cono de Aspersión	Largo: 8.00 (m) Alto: 1.40 (m) Ancho: 1.50 (m) Distancia spray: 0.25 (m) Largo Banda: 8.00 (m) Ancho rodillos: 0.80 (m) Potencia: 10.5 (kW)	Catálogo: Shandong Hede Food Machinery Co.Ltd.	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
PK – 301	Envasadora	Largo: 4.00 (m) Alto: 1.50 (m) Ancho: 0.80 (m) Potencia: 5.70 (kW)	Catálogo: SAMFULL	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 20^{\circ}\text{C}$
CS – 401	Cámara de almacenamiento en frío	Largo: 3.00 (m) Alto: 5.50 (m) Ancho: 5.00 (m) Temperatura mínima: $-5^{\circ}\text{C}$ Temperatura máxima: $5^{\circ}\text{C}$ Potencia: 5.70 (kW)	Catálogo: RUIXUE	$P = 1 \text{ atm}$ $T = 4^{\circ}\text{C}$



## ANEXO K – ESTIMACIÓN ECONÓMICA

### Estimación de inversión de capital fijo

En primer lugar, partiendo de la metodología establecida por Sinnot & Towler, se parte del cálculo de los costos de los equipos en función de datos históricos para lo cual se utiliza la fórmula (2020):

$$C_e = a + bS^n \quad (24)$$

Donde  $C_e$ , es el costo de equipo adquirido en la costa del Golfo de los Estados Unidos en enero del 2006,  $a$  y  $b$  son constantes de costos y  $n$  es un exponente propio para cada tipo de equipo y su operación establecidos en la Tabla 6.6 del libro de Sinnot & Towler. Por otro lado,  $S$  representa la unidad en la que se debe expresar el tamaño, volumen o masa de entrada al equipo. Es importante destacar que existe un rango definido, con valores máximo y mínimo, para la utilización de los parámetros.

A partir de esos datos se los reemplazó en la ecuación previamente mencionada y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla K 1. Costo de Equipos por Datos Históricos

<b>Código Equipo</b>	<b>S unidades</b>	<b>S</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>n</b>	<b>Ce (Total)</b>
<b>JV-101</b>	$m^3$	0.01	14000	15400	0.7	\$ 14,613.09
<b>DR-101</b>	$m^2$	0.30	1100	850	0.4	\$ 1,625.13
<b>WT-201</b>	$m^3$	0.18	53000	2400	0.6	\$ 53,857.78
<b>DT-201</b>	$m^3$	0.18	53000	2400	0.6	\$ 53,857.78
<b>WT-202</b>	$m^3$	0.18	53000	2400	0.6	\$ 53,857.78
<b>SP-201</b>	$\frac{kg}{h}$	1500.00	3000	3900	0.5	\$ 154,046.35
<b>BV-201</b>	$\frac{kg}{h}$	1500.00	3000	3900	0.5	\$ 154,046.35
<b>VF-201</b>	$kW$	1.50	920	600	0.7	\$ 1,716.92
<b>PZ-201</b>	$m^2$	0.20	13000	95	1.0	\$ 13,018.75
<b>V-201</b>	$\frac{L}{s}$	0.14	780	62	0.8	\$ 792.78
<b>CB-301</b>	$m$	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>WC-301</b>	$m$	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00

<b>CB-302</b>	<i>m</i>	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>DT-301</b>	<i>m</i>	3.40	21000	340	1.0	\$ 22,155.66
<b>WC-302</b>	<i>m</i>	8.00	23000	575	1.0	\$ 27,600.00
<b>DR-301</b>	<i>m</i>	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>CB-303</b>	<i>m</i>	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>V-401</b>	$\frac{L}{s}$	0.14	780	62	0.8	\$ 792.78
<b>AC-401</b>	<i>m</i>	8.00	23000	575	1.0	\$ 27,600.00
<b>DR-401</b>	<i>m</i>	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>CB-401</b>	<i>m</i>	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>PK-401</b>	$m^3$	4.80	0	3700	1.0	\$ 17,760.00
<b>CB-402</b>	<i>m</i>	15.00	21000	340	1.0	\$ 26,100.00
<b>CS-401</b>	<i>kW</i>	5.00	4900	720	0.9	\$ 7,964.82
<b>Costo Total por Datos Históricos</b>						<b>\$ 814,105.97</b>

Adicionalmente se calcularon los costos de los equipos por catálogo a través de cotizaciones con los proveedores, considerando el costo de importación que representa un aumento del 40% del costo ofertado. A continuación, se muestran los resultados.

Tabla K 2. Costo de Equipos por Catálogo

<b>Código Equipos</b>	<b>Costo Catálogo</b>	<b>Costo más importación</b>
<b>JV-101</b>	\$ 8,000.00	\$ 11,200.00
<b>DR-101</b>	\$ 20,000.00	\$ 28,000.00
<b>WT-201</b>	\$ 333.99	\$ 467.59
<b>DT-201</b>	\$ 333.99	\$ 467.59
<b>WT-202</b>	\$ 333.99	\$ 467.59
<b>CT-201</b>	\$ 127.00	\$ 127.00
<b>SP-201</b>	\$ 8,125.00	\$ 11,375.00
<b>WT-203</b>	\$ 782.37	\$ 1,095.32
<b>BV-201</b>	\$ 1,800.00	\$ 2,520.00
<b>VF-201</b>	\$ 1,650.00	\$ 2,310.00
<b>PZ-201</b>	\$ 350.00	\$ 490.00
<b>V-201</b>	\$ 2,000.00	\$ 2,800.00
<b>CB-301</b>	\$ 13,180.00	\$ 18,452.00
<b>WC-301</b>	\$ 75,000.00	\$ 105,000.00
<b>CB-302</b>	\$ 12,770.00	\$ 17,878.00
<b>DT-301</b>	\$ 45,000.00	\$ 63,000.00
<b>WC-302</b>	\$ 4,500.00	\$ 6,300.00
<b>DR-301</b>	\$ 12,770.00	\$ 17,878.00
<b>CB-303</b>	\$ 12,770.00	\$ 17,878.00
<b>V-401</b>	\$ 2,000.00	\$ 2,800.00
<b>AC-401</b>	\$ 12,000.00	\$ 16,800.00
<b>DR-401</b>	\$ 12,770.00	\$ 17,878.00
<b>CB-401</b>	\$ 12,770.00	\$ 17,878.00
<b>PK-401</b>	\$ 19,500.00	\$ 27,300.00
<b>CB-402</b>	\$ 12,770.00	\$ 17,878.00

<b>CS-401</b>	\$ 1,800.00	\$ 2,520.00
<b>Costo Total por Catálogo</b>		<b>\$ 410,760.08</b>

Comparando el costo total obtenido en las Tablas K 2 y K 3, se observó una notable diferencia y discrepancia entre ambos, por lo que se optó por trabajar con un promedio de ambos (Ce) considerando la diferencia de costos de las 2 metodologías ( $\Delta Ce$ ) y el costo por catálogo, expresado en forma porcentual ( $\% \Delta Ce$ ). En la tabla se muestran los resultados obtenidos

Tabla K 3. Costo Promedio de Equipos

Código Tabla	Costos por Catálogo	Costos por metodología	$\Delta Ce$	$\% \Delta Ce$	Ce
JV-101	\$ 11,200.00	\$ 14,613.09	-3413	-30%	\$ 12,906.54
DR-101	\$ 28,000.00	\$ 1,625.13	26375	94%	\$ 14,812.57
WT-201	\$ 467.59	\$ 53,857.78	-53390	-11418%	\$ 467.59
DT-201	\$ 467.59	\$ 53,857.78	-53390	-11418%	\$ 467.59
WT-202	\$ 467.59	\$ 53,857.78	-53390	-11418%	\$ 467.59
SP-201	\$ 11,375.00	\$ 154,046.35	-142671	-1254%	\$ 11,375.00
BV-201	\$ 2,520.00	\$ 154,046.35	-151526	-6013%	\$ 2,520.00
VF-201	\$ 2,310.00	\$ 1,716.92	593	26%	\$ 2,013.46
PZ-201	\$ 490.00	\$ 13,018.75	-12529	-2557%	\$ 490.00
V-201	\$ 2,800.00	\$ 792.78	2007	72%	\$ 1,796.39
CB-301	\$ 18,452.00	\$ 26,100.00	-7648	-41%	\$ 22,276.00
WC-301	\$ 105,000.00	\$ 26,100.00	78900	75%	\$ 65,550.00
CB-302	\$ 17,878.00	\$ 26,100.00	-8222	-46%	\$ 21,989.00
DT-301	\$ 63,000.00	\$ 22,155.66	40844	65%	\$ 42,577.83
WC-302	\$ 6,300.00	\$ 27,600.00	-21300	-338%	\$ 6,300.00
DR-301	\$ 17,878.00	\$ 26,100.00	-8222	-46%	\$ 21,989.00
CB-303	\$ 17,878.00	\$ 26,100.00	-8222	-46%	\$ 21,989.00
V-401	\$ 2,800.00	\$ 792.78	2007	72%	\$ 1,796.39
AC-401	\$ 16,800.00	\$ 27,600.00	-10800	-64%	\$ 22,200.00
DR-401	\$ 17,878.00	\$ 26,100.00	-8222	-46%	\$ 21,989.00
CB-401	\$ 17,878.00	\$ 26,100.00	-8222	-46%	\$ 21,989.00
PK-401	\$ 27,300.00	\$ 17,760.00	9540	35%	\$ 22,530.00
CB-402	\$ 17,878.00	\$ 26,100.00	-8222	-46%	\$ 21,989.00
CS-401	\$ 2,520.00	\$ 7,964.82	-5445	-216%	\$ 5,242.41
<b>Total Costo Promedio</b>					<b>\$ 367,723.35</b>

Con el costo promedio (Ce) obtenido, se calculó el Costo ISBL mediante 3 metodologías, Lang, Hand y Método Factorial Detallado.

### Metodología según Lang

Lang establece calcular el costo de capital fijo ISBL en función del costo total de los equipos mediante la siguiente ecuación:

$$C_L = \sum f_{Li} * C_e \quad (25)$$

Para el factor de Lang ( $f_{Li}$ ), su valor está en función del tipo/material de procesamiento de cada equipo, siendo estos (Sinnot & Towler, 2020):

$$f_{Li} = 3 \text{ (Procesos con sólidos)}$$

$$f_{Li} = 4 \text{ (Procesos mixtos)}$$

$$f_{Li} = 3 \text{ (Procesos con líquidos)}$$

### Metodología según Hand

Hand establece calcular el costo de capital fijo ISBL en función del costo promedio de los equipos, cuenta con un factor/constante en función del material (todos los equipos se trabajaron con material de acero inoxidable de grado alimentario “SS304”) y el respectivo factor de instalación de Hand, la ecuación que se aplica es:

$$C_H = \sum f_{Hi} * f_m * C_e \quad (26)$$

Donde

$$f_m = \text{Factor del material}$$

$$f_{Li} = 1.3 \text{ (Acero inoxidable)}$$

Para el factor de Hand ( $f_{Hi}$ ), su valor se encuentra tabulado para cada tipo de equipo, siendo estos (Sinnot & Towler, 2020):

Tabla K 4. Factores de Hand

<b>Equipment Type</b>	<b>Installation Factor</b>
Compressors	2.5
Distillation columns	4
Fired heaters	2
Heat exchangers	3.5
Instruments	4
Miscellaneous equipment	2.5
Pressure vessels	4
Pumps	4

Nota: De Chemical Engineering Desing (p. 319 - 320), por R. Sinnott, & G. Towler, 2020, Butterworth-Heinemann (ISBN: 9780750685511)

### Metodología según Factorial Detallado

El método factorial detallado genera una estimación de los costos con mayor precisión considerando el tipo de proceso que opera en cada máquina (sólido, líquido o mixto) y parámetros adicionales de operación de los equipos, a través de la ecuación:

$$C_{ISBL} = \sum C_e [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_s + f_l)] \quad (27)$$

Donde

$f_p =$  Factor de instalación de tuberías

$f_{er} =$  Factor de montaje

$f_{el} =$  Factor eléctrico

$f_i =$  Factor de instrumentación y control de procesos

$f_s =$  Factor de estructuras y construcción

$f_l =$  Factor de pinturas y revestimiento

Los valores de cada factor se detallan en la siguiente tabla establecida por (Sinnott & Towler, 2020):

Tabla K 5. Factores de instalación para el método factorial detallado

Item	Process Type		
	Fluids	Fluids-Solids	Solids
1. Major equipment, total purchase cost	$C_e$	$C_e$	$C_e$
$f_{er}$ Equipment erection	0.3	0.5	0.6
$f_p$ Piping	0.8	0.6	0.2
$f_i$ Instrumentation and control	0.3	0.3	0.2
$f_{el}$ Electrical	0.2	0.2	0.15
$f_c$ Civil	0.3	0.3	0.2
$f_s$ Structures and buildings	0.2	0.2	0.1
$f_l$ Lagging and paint	0.1	0.1	0.05
ISBL cost $C = \sum C_e \times$	3.3	3.2	2.5
Offsites (OS)	0.3	0.4	0.4
Design and Engineering (D&E)	0.3	0.25	0.2
Contingency (X)	0.1	0.1	0.1
Total fixed capital cost $C_{FC} = C(1 + OS)(1 + DE + X)$			
$= C \times$	1.82	1.89	1.82
$= \sum C_e \times$	6.00	6.05	4.55

Nota: De Chemical Engineering Desing (p. 319 - 320), por R. Sinnott, & G. Towler, 2020, Butterworth-Heinemann (ISBN: 9780750685511)

A continuación, se adjunta la tabla donde se agruparon los costos ISBL calculados para cada metodología.

Tabla K 6. Estimación de Costos ISBL por Lang, Hand y Factorial Detallado

<b>Código Tabla</b>	<b>Ce</b>	<b>Factor de Lang fL</b>	<b>Costo Lang</b>	<b>Factor del material fm</b>	<b>Factor de Hand fH</b>	<b>Costo Hand</b>	<b>fp</b>	<b>fer</b>	<b>fel</b>	<b>fi</b>	<b>fs</b>	<b>fl</b>	<b>CISBL</b>
<b>JV-101</b>	\$12,906.54	4	\$ 51,626.17	1.3	2.5	\$ 41,946.26	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 43,624.11
<b>DR-101</b>	\$14,812.57	4	\$ 59,250.26	1.3	3.5	\$ 67,397.17	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 50,066.47
<b>WT-201</b>	\$ 467.59	5	\$ 2,337.93	1.3	2.5	\$ 1,519.65	0.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 1,608.50
<b>DT-201</b>	\$ 467.59	5	\$ 2,337.93	1.3	2.5	\$ 1,519.65	0.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 1,608.50
<b>WT-202</b>	\$ 467.59	5	\$ 2,337.93	1.3	2.5	\$ 1,519.65	0.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 1,608.50
<b>SP-201</b>	\$11,375.00	4	\$ 45,500.00	1.3	2.5	\$ 36,968.75	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 38,447.50
<b>BV-201</b>	\$ 2,520.00	4	\$ 10,080.00	1.3	2.5	\$ 8,190.00	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 8,517.60
<b>VF-201</b>	\$ 2,013.46	5	\$ 10,067.30	1.3	4	\$ 10,469.99	0.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 6,926.30
<b>PZ-201</b>	\$ 490.00	5	\$ 2,450.00	1.3	3.5	\$ 2,229.50	0.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 1,685.60
<b>V-201</b>	\$ 1,796.39	4	\$ 7,185.56	1.3	2.5	\$ 5,838.27	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 6,071.80
<b>CB-301</b>	\$22,276.00	3	\$ 66,828.00	1.3	4	\$ 115,835.20	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 59,254.16
<b>WC-301</b>	\$65,550.00	4	\$ 262,200.00	1.3	2.5	\$ 213,037.50	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 221,559.00
<b>CB-302</b>	\$21,989.00	3	\$ 65,967.00	1.3	4	\$ 114,342.80	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 58,490.74
<b>DT-301</b>	\$42,577.83	4	\$ 170,311.32	1.3	2.5	\$ 138,377.95	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 143,913.07
<b>WC-302</b>	\$ 6,300.00	4	\$ 25,200.00	1.3	2.5	\$ 20,475.00	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 21,294.00
<b>DR-301</b>	\$21,989.00	3	\$ 65,967.00	1.3	4	\$ 114,342.80	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 58,490.74

<b>CB-303</b>	\$21,989.00	3	\$ 65,967.00	1.3	4	\$ 114,342.80	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 58,490.74
<b>V-401</b>	\$ 1,796.39	4	\$ 7,185.56	1.3	2.5	\$ 5,838.27	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 6,071.80
<b>AC-401</b>	\$22,200.00	4	\$ 88,800.00	1.3	2.5	\$ 72,150.00	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	\$ 75,036.00
<b>DR-401</b>	\$21,989.00	3	\$ 65,967.00	1.3	4	\$ 114,342.80	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 58,490.74
<b>CB-401</b>	\$21,989.00	3	\$ 65,967.00	1.3	4	\$ 114,342.80	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 58,490.74
<b>PK-401</b>	\$22,530.00	3	\$ 67,590.00	1.3	2.5	\$ 73,222.50	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 59,929.80
<b>CB-402</b>	\$21,989.00	3	\$ 65,967.00	1.3	4	\$ 114,342.80	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 58,490.74
<b>CS-401</b>	\$ 5,242.41	3	\$ 15,727.24	1.3	3.5	\$ 23,852.97	0.2	0.6	0.15	0.2	0.1	0.05	\$ 13,944.82
<b>Total Costo Promedio</b>	\$367,723.35	<b>Total Costo Lang</b>	\$ 1,292,817.20	<b>Total Costo Hand</b>	\$ 1,526,445.10	<b>Total Costo Factorial Detallado</b>							\$1,112,111.95

Por otro lado, el costo OSBL se lo obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$C_{OSBL} = 0.4 * C_{ISBL} \quad (28)$$

La estimación de los costos de ingeniería, diseño y construcción se calculó mediante:

$$C_{Ingeniería,Diseño,Construcción} = 0.5 * (C_{ISBL} + C_{OSBL}) \quad (29)$$

Finalmente, los costos para imprevistos se determinaron por:

$$C_{Imprevistos} = 0.1 * (C_{ISBL} * 1.4) \quad (30)$$

### **Estimación de costos de capital de trabajo y producción**

Previo a la estimación de los costos de capital de trabajo y producción se realizó el cálculo de los costos fijos y variables.

#### Costos Fijos

Los costos fijos constan se conforman de la sumatoria de 8 parámetros siendo estos:

1. Labor de operación: Se obtiene multiplicando el salario básico unificado mensual de USD\$ 450, por 1 año incluyendo el décimo tercer sueldo (13 meses) para 30 operarios.

$$C_{Labor\ Operación} = \# \text{ operarios} * \text{Salarios Anuales} \quad (31)$$

2. Supervisión: Representa el 25% del costo de labor de operación.

$$C_{Supervisión} = C_{Labor\ Operación} * 0.25 \quad (32)$$

3. Gastos Salariales Directos: Se calcula mediante la ecuación

$$C_{Gastos\ Salariales\ Directos} = C_{Supervisión} + (C_{Labor\ Operación} * 0.5) \quad (33)$$

4. Mantenimiento: Representa el 3% del Costo ISBL

$$C_{Mantenimiento} = 0.03 * C_{ISBL} \quad (34)$$

5. Impuestos Propiedad y Seguros: Representa el 0.01% del Costo ISBL

$$C_{\text{Impuestos Propiedad y Seguros}} = 0.01 * C_{\text{ISBL}} \quad (35)$$

6. Alquiler tierra: Representa el 0.01% de la sumatoria del Costo ISBL y Costo OSBL.

$$C_{\text{Impuestos Propiedad y Seguros}} = 0.01 * (C_{\text{ISBL}} + C_{\text{OSBL}}) \quad (36)$$

7. Gastos Generales: Representa el 0.65% de la sumatoria de los gastos salariales directos y de mantenimiento.

$$C_{\text{Gastos Generales}} = 0.65 * (C_{\text{Gastos Salariales Directos}} + C_{\text{Mantenimiento}}) \quad (37)$$

8. Gastos Ambiente: Representa el 0.01% de la sumatoria del Costo ISBL y Costo OSBL.

$$C_{\text{Impuestos Propiedad y Seguros}} = 0.01 * (C_{\text{ISBL}} + C_{\text{OSBL}}) \quad (38)$$

A continuación, se adjunta los valores tabulados de los costos de producción fijos.

Tabla K 7. Costos de Producción Fijos.

<b>Tipo</b>	<b>Valor (USD/anual)</b>
<i>Labor Operación</i>	\$ 175,500.00
<i>Supervisión</i>	\$ 43,875.00
<i>Gastos Salariales Directos</i>	\$ 131,625.00
<i>Mantenimiento</i>	\$ 39,313.74
<i>Impuestos Propiedad y Seguros</i>	\$ 13,104.58
<i>Alquiler tierra</i>	\$ 18,346.41
<i>Gastos Generales</i>	\$ 111,110.18
<i>Gastos Ambiente</i>	\$ 18,346.41
<b>Total</b>	\$ 551,221.33

### Costos Variables

Los costos variables se conforman de la sumatoria de 2 parámetros siendo estos:

1. Costos Variables a partir del Balance de Masa: Se obtiene el costo de las materias primas para una producción durante 2 semanas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla K 8. Costos Variables a partir del Balance de Masa

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad necesaria por Batch</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo Total por Batch</b>	<b>Costo 2 Semanas</b>	<b>Empresa</b>
<i>Frutillas</i>	246.76	\$1.50/kg	\$ 370.13	\$ 11,104.00	Sectores Aledaños
<i>Cera Carnauba</i>	0.025	\$20.16/kg	\$ 0.51	\$ 15.34	ALMON
<i>Hojas de Aloe Vera</i>	3.54	\$1.11/kg	\$ 3.93	\$ 117.99	Sectores Aledaños
<i>Tween 80</i>	0.06	\$9.50/L	\$ 0.55	\$ 16.63	REFAQUIM
<i>Agua Destilada</i>	9.42	\$2.39/L	\$ 22.51	\$ 675.29	Baterías Ecuador
<i>Glicerol</i>	0.15	\$5.40/L	\$ 0.82	\$ 24.66	ProduQuimic
<i>Ácido cítrico</i>	0.08	\$10.00/kg	\$ 0.76	\$ 22.83	Innovapec
<i>Ácido ascórbico</i>	0.15	\$15.00/kg	\$ 2.28	\$ 68.49	-
<i>Hipoclorito de sodio</i>	5.10	\$10.00/L	\$ 51.00	\$ 1,530.00	QuimPack
<b>Costo Total Materias Primas</b>			<b>\$ 452.51</b>	<b>\$ 13,575.21</b>	

Mediante estos valores se determinó el costo de materias primas diario al multiplicar el costo por un lote \$452.51 por 3 lotes diarios y la producción de recubrimiento obtenida en función del balance de masa, ambos datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla K 9. Costos diarios de Materias Primas y Producción de Recubrimiento Diario

Costo de materias primas diario	\$1358/día
Producción de recubrimiento diario	0.72 ton/día

2. Costos Variables de Servicios Auxiliares: Se obtiene el costo estimado anual para agua, luz, gas, alcantarillado, internet y telefonía, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla K 10. Costos Variables de Servicios Auxiliares

<b>Servicios auxiliares</b>	<b>Costo base</b>	<b>Costo estimado (USD/año)</b>
<i>Agua</i>	\$0.83/m <sup>3</sup>	\$ 1,411.00
<i>Luz</i>	\$0.06/kWh	\$ 16,778.20
<i>Gas</i>	\$0.09/kg	\$ 1,395.00
<i>Alcantarillado</i>	\$2,073.77/in	\$ 2,073.77
<i>Internet</i>	\$6.93/GB	\$ 47.25
<i>Telefonía</i>	\$0.06/min-on-net	\$ 364.00
<b>Costo Total Servicios Auxiliares</b>		<b>\$ 22,069.22</b>

Por lo tanto, con estos datos obtenidos se procede a calcular el capital de trabajo el cual consta de 10 componentes en total, siendo estos:

1. Costo Materia Prima Diario: Como se menciona previamente tiene un valor de USD\$ 1358/día.
2. Costo de Producción de Frutillas + Recubrimiento: Se calcula mediante la relación del Costo de Materia Prima Diario (USD\$ 1358/día) sobre Producción de recubrimiento diario (0.72 ton/día)
3. Margen de Ganancia: Se fijó en un 80%
4. Precio de venta Frutillas + Recubrimiento: Se calculó mediante la ecuación:

$$PV = \text{Costo Producción}_{Frut+Rec} * (1 + \text{Margen Ganancia}) \quad (39)$$

5. Producción de Frutillas + Recubrimiento Diario: Como se menciona previamente tiene un valor de 0.72 ton/día.
6. Inventario de Materias Primas: Es el costo de las materias primas utilizadas para una producción de 2 semanas (10 días), es decir USD\$ 13,575.21.
7. Inventario de Productos: Se obtiene a través del producto del Precio de venta Frutillas + Recubrimiento por la Producción de Frutillas + Recubrimiento por 10 días, considerando una semana laboral de 5 días por 2 semanas, es decir:

$$\text{Inventario}_{Prod} = PV * \text{Producción Diaria} * 10 \text{ días} \quad (40)$$

8. Efectivo en Caja: Implica el producto del Precio de venta Frutillas + Recubrimiento por la Producción de Frutillas + Recubrimiento por 1 semana.

$$\text{Efectivo Caja} = PV * \text{Producción Diaria} * 5 \text{ días} \quad (41)$$

9. Cuentas por cobrar: Implica el producto del Precio de venta Frutillas + Recubrimiento por la Producción de Frutillas + Recubrimiento por 4 semanas.

$$Cuentas\ a\ cobrar = PV * Producción\ Diaria * 20\ días \quad (42)$$

10. Créditos de cuentas: Es el inventario de materias primas por 4 semanas.

$$Créditos\ de\ Cuentas = Inventario\ MP * 20\ días \quad (43)$$

9. Inventario de Repuestos: Representa el 0.015% de la suma del Costo ISBL y OSBL.

$$C_{Impuestos\ Propiedad\ y\ Seguros} = 0.015 * (C_{ISBL} + C_{OSBL}) \quad (44)$$

A continuación, se adjunta los valores tabulados de los costos de capital de trabajo.

Tabla K 11. Costos de Capital de Trabajo

Descripción	Valor
Costo Materia Prima	\$ 1,357.52
Costo de producción de frutillas + recubrimiento	\$ 1,893.61
Margen de ganancia	80.00%
Precio de venta Frutillas + Recubrimiento	\$ 3,408.50
Producción de Frutillas + Recubrimiento	0.717
Inventario de materias primas	\$ 13,575.21
Inventario de productos	\$ 24,435.38
Efectivo en caja	\$ 12,217.69
Cuentas por cobrar	\$ 48,870.76
Créditos de cuentas pendientes	\$ 271,504.23
Inventario de repuestos	\$ 27,519.62
<b>Capital de trabajo</b>	<b>\$ 398,122.89</b>

Por ende, se tienen los costos para la implementación de la planta como para su operación, siendo estos:

Tabla K 12. Costos para la Implementación de la Planta

Tipo	Valor (USD/año)
Inversión de capital fijo	\$ 2,293,301.65
Capital de trabajo	\$ 398,122.89
<b>Inversión inicial total</b>	<b>\$ 2,691,424.54</b>

Finalmente se calcularon costos adicionales de utilidades, embalaje y transporte.

Tabla K 13. Costos Adicionales de la Planta

<b>Tipo</b>	<b>Valor (USD/año)</b>	
<b>Costo de Utilidades</b>	\$	20,000.00
<b>Costo de Embalaje</b>	\$	19,200.00
<b>Costo de Transporte</b>	\$	9,600.00
<b>Total</b>	\$	<b>48,800.00</b>

### Estimación de ingresos y flujo de caja

A continuación, se presenta la tabla que resume la generación de ingresos en una proyección de 10 años. Se aprecia cómo a diferencia de la Tabla 4-4, el beneficio neto se vuelve positivo, en aproximadamente 7.21 años, pese a un valor negativo de VAN.

Tabla K 14. Cambio de beneficio neto de proyecto mediante aumento de ingresos en 20%.

Año	Incremento de ingresos	Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	Costo anual de las materias primas	Margen bruto de ganancias del producto	Beneficio bruto	Beneficio Neto
1	0%	\$ 549,796.07	\$ 305,442.26	\$ 244,353.81	\$ -328,936.75	\$ -342,041.33
2	20%	\$ 659,755.28	\$ 376,060.51	\$ 283,694.77	\$ -218,977.54	\$ -232,082.12
3	22%	\$ 804,901.44	\$ 458,793.82	\$ 346,107.62	\$ -73,831.37	\$ -86,935.95
4	24%	\$ 998,077.79	\$ 568,904.34	\$ 429,173.45	\$ 119,344.97	\$ 106,240.39
5	26%	\$ 1,257,578.01	\$ 716,819.47	\$ 540,758.55	\$ 378,845.20	\$ 365,740.62
6	28%	\$ 1,609,699.86	\$ 917,528.92	\$ 692,170.94	\$ 730,967.04	\$ 717,862.46
7	30%	\$ 2,092,609.81	\$ 1,192,787.59	\$ 899,822.22	\$ 1,213,877.00	\$ 1,200,772.42
8	32%	\$ 2,762,244.95	\$ 1,574,479.62	\$ 1,187,765.33	\$ 1,883,512.14	\$ 1,870,407.56
9	34%	\$ 3,701,408.24	\$ 2,109,802.70	\$ 1,591,605.54	\$ 2,822,675.42	\$ 2,809,570.84
10	36%	\$ 5,033,915.21	\$ 2,869,331.67	\$ 2,164,583.54	\$ 4,155,182.39	\$ 4,142,077.81

Tabla K 15. Indicadores económicos originales.

Tasa de descuento	15%
VAN	\$ 534,715.39
TIR	18%
Payback (años)	7.43

### Análisis de flexibilidad

Se propusieron escenarios alternativos al original, para evaluar la rentabilidad del proyecto ante cambios en el diseño de proceso y planta. Asimismo, se presentan las tablas de datos para los siguientes dos escenarios en donde se cambió el liofilizador por una centrifugadora, así como eliminar la línea de producción de gel de aloe vera, para optar por su adquisición como materia prima en el mercado.

Tabla K 16. Cambio de beneficio neto de proyecto tras incluir centrifugadora.

Año	Incremento de ingresos	Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	Costo anual de las materias primas	Margen bruto de ganancias del producto	Beneficio bruto	Beneficio Neto
1	0%	\$549,796.07	\$305,442.26	\$244,353.81	\$-314,184.31	\$-327,047.09
2	20%	\$659,755.28	\$376,060.51	\$283,694.77	\$-204,225.10	\$-217,087.88
3	22%	\$804,901.44	\$458,793.82	\$346,107.62	\$-59,078.94	\$-71,941.72
4	24%	\$998,077.79	\$568,904.34	\$429,173.45	\$134,097.41	\$121,234.63
5	26%	\$1,257,578.01	\$716,819.47	\$540,758.55	\$393,597.63	\$380,734.85
6	28%	\$1,609,699.86	\$917,528.92	\$692,170.94	\$745,719.48	\$732,856.70
7	30%	\$2,092,609.81	\$1,192,787.59	\$899,822.22	\$1,228,629.44	\$1,215,766.65
8	32%	\$2,762,244.95	\$1,574,479.62	\$1,187,765.33	\$1,898,264.58	\$1,885,401.79
9	34%	\$3,701,408.24	\$2,109,802.70	\$1,591,605.54	\$2,837,427.86	\$2,824,565.08
10	36%	\$5,033,915.21	\$2,869,331.67	\$2,164,583.54	\$4,169,934.83	\$4,157,072.05

Tabla K 17. Cambio de beneficio neto de proyecto ante adquisición de gel de aloe vera

Año	Incremento de ingresos	Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	Costo anual de las materias primas	Margen bruto de ganancias del producto	Beneficio bruto	Beneficio Neto
1	0%	\$564,761.35	\$313,756.31	\$251,005.05	\$(214,782.13)	\$(227,226.94)
2	20%	\$677,713.62	\$386,296.77	\$291,416.86	\$-101,829.85	\$-114,274.67
3	22%	\$826,810.62	\$471,282.05	\$355,528.57	\$47,267.14	\$34,822.33
4	24%	\$1,025,245.17	\$584,389.75	\$440,855.42	\$245,701.69	\$233,256.88
5	26%	\$1,291,808.92	\$736,331.08	\$555,477.83	\$512,265.44	\$499,820.62
6	28%	\$1,653,515.41	\$942,503.78	\$711,011.63	\$873,971.93	\$861,527.12
7	30%	\$2,149,570.03	\$1,225,254.92	\$924,315.11	\$1,370,026.56	\$1,357,581.74
8	32%	\$2,837,432.45	\$1,617,336.49	\$1,220,095.95	\$2,057,888.97	\$2,045,444.16
9	34%	\$3,802,159.48	\$2,167,230.90	\$1,634,928.58	\$3,022,616.00	\$3,010,171.19
10	36%	\$5,170,936.89	\$2,947,434.03	\$2,223,502.86	\$4,391,393.41	\$4,378,948.60

Por tanto, al comparar los indicadores económicos ante los diferentes enfoques se obtiene lo siguiente:

Tabla K 18. Indicadores económicos según cambio en diseño de proceso.

Indicadores	Liofilizador	Centrifugadora	Sin Gel
Tasa de descuento	15%	15%	15%
VAN	\$ 534,715.39	\$ 636,948.04	\$ 1,245,648.93
TIR	18%	18%	22%
Payback (años)	7.43	7.28	6.53

Frente a un mismo diseño de proceso y planta, es posible variar la tasa de ingresos para evaluar la rentabilidad del proyecto. Similar a lo anterior, se representa ello en la siguiente tabla:

Tabla K 19. Cambio de beneficio neto de proyecto en escenario realista.

Año	Incremento de ingresos	Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	Costo anual de las materias primas	Margen bruto de ganancias del producto	Beneficio bruto	Beneficio Neto
1	0	\$549,796.07	\$305,442.26	\$244,353.81	\$-328,936.75	\$-342,041.33
2	100%	\$1,099,592.13	\$626,767.52	\$472,824.62	\$220,859.32	\$207,754.74
3	40%	\$1,539,428.99	\$877,474.52	\$661,954.46	\$660,696.17	\$647,591.59
4	35%	\$2,078,229.13	\$1,184,590.61	\$893,638.53	\$1,199,496.32	\$1,186,391.74
5	5%	\$2,182,140.59	\$1,243,820.14	\$938,320.45	\$1,303,407.77	\$1,290,303.19
6	5%	\$2,291,247.62	\$1,306,011.14	\$985,236.48	\$1,412,514.80	\$1,399,410.22
7	5%	\$2,405,810.00	\$1,371,311.70	\$1,034,498.30	\$1,527,077.18	\$1,513,972.60
8	5%	\$2,526,100.50	\$1,439,877.29	\$1,086,223.22	\$1,647,367.68	\$1,634,263.10
9	5%	\$2,652,405.53	\$1,511,871.15	\$1,140,534.38	\$1,773,672.71	\$1,760,568.13
10	5%	\$2,785,025.80	\$1,587,464.71	\$1,197,561.10	\$1,906,292.99	\$1,893,188.41

Tabla K 20. Cambio de beneficio neto de proyecto en escenario pesimista.

Año	Incremento de ingresos	Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	Costo anual de las materias primas	Margen bruto de ganancias del producto	Beneficio bruto	Beneficio Neto
1	0%	\$549,796.07	\$305,442.26	\$244,353.81	\$-328,936.75	\$-342,041.33
2	80%	\$989,632.92	\$564,090.76	\$425,542.16	\$110,900.10	\$97,795.52
3	40%	\$1,385,486.09	\$789,727.07	\$595,759.02	\$506,753.27	\$493,648.69
4	35%	\$1,870,406.22	\$1,066,131.55	\$804,274.67	\$991,673.40	\$978,568.82
5	5%	\$1,963,926.53	\$1,119,438.12	\$844,488.41	\$1,085,193.72	\$1,072,089.13
6	5%	\$2,062,122.86	\$1,175,410.03	\$886,712.83	\$1,183,390.04	\$1,170,285.46
7	5%	\$2,165,229.00	\$1,234,180.53	\$931,048.47	\$1,286,496.18	\$1,273,391.60

8	5%	\$2,273,490.45	\$1,295,889.56	\$977,600.89	\$1,394,757.63	\$1,381,653.05
9	5%	\$2,387,164.97	\$1,360,684.03	\$1,026,480.94	\$1,508,432.16	\$1,495,327.58
10	5%	\$2,506,523.22	\$1,428,718.24	\$1,077,804.99	\$1,627,790.41	\$1,614,685.83

Tabla K 21. Cambio de beneficio neto de proyecto en escenario optimista.

Año	Incremento de ingresos	Ingresos anuales de la venta de frutillas + recubrimiento	Costo anual de las materias primas	Margen bruto de ganancias del producto	Beneficio bruto	Beneficio Neto
1	0%	\$549,796.07	\$305,442.26	\$244,353.81	\$-328,936.75	\$-342,041.33
2	150%	\$1,374,490.17	\$783,459.40	\$591,030.77	\$495,757.35	\$482,652.77
3	40%	\$1,924,286.23	\$1,096,843.15	\$827,443.08	\$1,045,553.42	\$1,032,448.84
4	35%	\$2,597,786.42	\$1,480,738.26	\$1,117,048.16	\$1,719,053.60	\$1,705,949.02
5	5%	\$2,727,675.74	\$1,554,775.17	\$1,172,900.57	\$1,848,942.92	\$1,835,838.34
6	5%	\$2,864,059.52	\$1,632,513.93	\$1,231,545.60	\$1,985,326.71	\$1,972,222.13
7	5%	\$3,007,262.50	\$1,714,139.63	\$1,293,122.88	\$2,128,529.69	\$2,115,425.10
8	5%	\$3,157,625.63	\$1,799,846.61	\$1,357,779.02	\$2,278,892.81	\$2,265,788.23
9	5%	\$3,315,506.91	\$1,889,838.94	\$1,425,667.97	\$2,436,774.09	\$2,423,669.51
10	5%	\$3,481,282.25	\$1,984,330.88	\$1,496,951.37	\$2,602,549.44	\$2,589,444.86

Por tanto, al comparar los indicadores económicos ante los diferentes enfoques se obtiene lo siguiente:

Tabla K 22. Indicadores económicos según cambio tasa de ingresos.

Indicadores	Realista	Pesimista	Optimista
Tasa de descuento	15%	15%	15%
VAN	\$ 1,729,420.78	\$ 1,009,422.75	\$ 3,529,415.86
TIR	27%	22%	36%
Payback (años)	4.85	4.01	3.52