ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

REDISEÑO DE PLANTAS AGROINDUSTRIALES CON UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR

REDISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA, CON CRITERIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

DAYANA CRISTINA GUASCAL SANGUÑA
dayana.guascal@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. MARCO SINCHE SERRA, M.Sc.
marco.sinche@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Dayana Cristina Guascal Sanguña declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

DAYANA CRISTINA GUASCAL SANGUÑA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Dayana Cristina Guascal Sanguña, bajo mi supervisión.

ING. MARCO SINCHE SERRA, M.Sc.
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DAYANA CRISTINA GUASCAL SANGUÑA

ING. MARCO SINCHE SERRA, M.Sc.

DEDICATORIA

A lo más valioso de mi vida, a mis padres y hermanos que son mi principal fuente de apoyo e inspiración. A mi padre que siempre creyó en mí y nunca dudo de que llegará alcanzar este propósito en la vida, por ayudarme y guiarme siempre.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, que siempre estuvieron a mi lado apoyándome constantemente, brindándome sabiduría y fuerza para no rendirme en el camino, que siempre creyeron en mí y me dieron todo su amor.

A mis docentes que formaron parte de mi educación, que me acompañaron durante esta etapa importante de mi vida, compartiendo sus conocimientos y enseñanzas de la vida. Y en especial a mi tutor, Ing. Marco Sinche por su ayuda, dedicación y paciencia brindada desde el inicio hasta el final de la carrera, ayudándome a alcanzar una meta en mi vida.

A mis amigos, por todos aquellos momentos de felicidad y preocupación compartidos en la carrera, por darme palabras de aliento y estar a mi lado durante el proceso.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA II
DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTO IV
1. JUSTIFICACIÓN 1
1.1. Objetivo General 3
1.2. Objetivos Específicos 3
2. DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO 3
2.1. Diseño del Producto 3
2.1.1. Materias Primas 4
2.1.2. Insumos 6
2.2. Estudio de Mercado 7
2.2.1. Demanda 7
2.2.2. Oferta 9
2.2.3. Proveedores 10
2.2.4. Localización 10
2.2.5. Capacidad de la planta 11
2.3. SITUACIÓN INICIAL 12
2.4. Descripción del Proceso 14
2.4.1. Recepción de la materia prima 14
2.4.2. Lavado 14
2.4.3. Despulpado 14
2.4.4. Microfiltración tangencial 14
2.4.5. Fileteado 15
2.4.6. Pretratamiento de la sábila 15
2.4.6.1. Inmersión (primer lavado) 15
2.4.6.2. Segundo lavado 15
2.4.7. Troceado 15

2.4.8. Mezclado 15
2.4.9. Pasteurización 16
2.4.10. Envasado 16
2.4.11. Almacenamiento 16
3. CRITERIOS DE REDISEÑO 16
3.1. Mejoras en el proceso productivo 16
3.1.1. Tratamiento de desinfección del agua residual 18
3.1.2. Tratamiento enzimático 19
3.1.3. Pasta de acíbar 20
3.1.4. Reutilización del agua de enfriamiento 22
3.1.5. Sistema de envases retornables 22
3.1.6. Producción de pulpa de carambola 23
3.1.7. Producción de abono orgánico 24
3.2. Implementación de procesos de apoyo 26
4. REDISEÑO DE LA PLANTA 28
4.1. Diagrama de bloques BPD (*Block process diagram*) 28
4.2. Balances de masa y energía 30
4.3. Diagrama de flujo (PFD) 31
4.4. Diagrama de instrumentos y tuberías (P&ID) 34
4.5. Especificaciones de tuberías y accesorios 34
4.6. Diseño básico de la planta 36
4.6.1. Distribución de áreas 36
4.7. Análisis de proximidad 37
4.8. *Layout* 39
4.9. Planificación de la producción 39
5. ANÁLISIS FINANCIERO 43
5.1. Inversiones 43
5.2. Costo de operación 44
5.3. Flujo de caja 46
6. ANÁLISIS AMBIENTAL 48
7. ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS DEL REDISEÑO 54

CONCLUSIONES 56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57
ANEXOS 62
ANEXO I 63
ANEXO II 64
ANEXO III 70
ANEXO IV 73
ANEXO V 76
ANEXO VI 79
ANEXO VIII 83

RESUMEN

El presente proyecto se enfocó en el rediseño de una planta productora de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila, bajo los principios del modelo de economía circular. Este modelo plantea repensar los procesos para lograr una producción que sea más amigable con el ambiente, que pueda sostenerse en el tiempo y que sea rentable. Para ello, se toman medidas para reducir al máximo las salidas del proceso (desechos) y, en cambio, recircular o aprovechar de alguna manera los residuos, subproductos y otros recursos empleados.

Los criterios de rediseño fueron aplicados sobre la planta que fue propuesta en la materia Diseño de Plantas Agroindustriales, la cual mantenía un modelo de producción lineal. Se identificaron las corrientes de salida del proceso productivo y se plantearon alternativas para disminuir los residuos, utilizar de mejor manera los recursos, incrementar la eficacia, entre otros. También se tomaron en cuenta los procesos complementarios, tales como limpieza de las instalaciones y equipos, trabajo de oficina, etc. En función de los cambios planteados, se actualizaron los diagramas de la planta, así como los balances de masa y energía.

El análisis de los beneficios del rediseño de la planta agroindustrial se enfocó en los aspectos económico y ambiental. Se determinó que el proyecto sería rentable y más ecoamigable, sobre todo debido al aprovechamiento de los residuos generados, lo cual generaría nuevos ingresos y mitigaría ciertos impactos ambientales. Como ventaja adicional, se tendría un impacto social positivo por la creación de nuevos puestos de trabajo en la planta.

PALABRAS CLAVE: aprovechamiento de subproductos, sistema económico circular, sostenibilidad, reducción.

1. JUSTIFICACIÓN

Desde la revolución industrial a mediados del siglo XVII, la carga ambiental de los seres humanos se ha acelerado y ha causado un gran impacto en los ecosistemas (Sariatli, 2017) . En el 2009 se planteó el concepto de “límites planetarios”, que corresponde a los umbrales ambientales que, al ser sobrepasados, pueden provocar cambios irreversibles en el medio ambiente (Rockström et al., 2009). En los últimos años se ha sobrepasado cuatro de los nueve límites planetarios: clima, ciclos biogeoquímicos, sistema terrestre y biósfera (Steffen, 2015).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima para el año 2050 se alcanzará una población de 9 600 millones de personas y se necesitarán los recursos de al menos tres planetas Tierra para mantener y solventar el actual estilo de vida de las personas (ONU, 2015). El agotamiento acelerado de los recursos naturales se debe, principalmente, al convencional sistema de producción lineal que se ha estado empleando (Correa, 2020). La economía lineal se enfoca en producir, utilizar y tirar, dado que se considera como basura o desperdicio a cualquier salida del proceso (Hermida y Domínguez, 2014).

En el 2010, la Fundación Ellen MacArthur (EMF) propuso el concepto de “economía circular” como un modelo económico, alternativo, regenerativo y restaurativo que busca maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar los impactos ambientales (Guzmán y Guevara, 2020). La sustitución de la economía lineal por una circular es una transición estratégica de producción y consumo, debido a que contempla toda la cadena de valor, desde el diseño de los procesos productivos, hasta la logística inversa (Garabiza et al., 2020). Este modelo económico busca que las salidas de los procesos se reintegren al ciclo productivo o que los recursos se mantengan por el mayor tiempo posible dentro del mismo, a fin de minimizar la generación de desechos (MPCEIP, 2020).

La implementación del modelo económico circular en las industrias podría contrarrestar los impactos ambientales que las mismas generan (Correa, 2020). También, contribuiría con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU para la Agenda 2030 (ONU, 2015). Específicamente, aportaría con la consecución de los objetivos: ODS 12, Producción y consumo responsable, ODS 8, Trabajo decente y

crecimiento económico, ODS 9, Industria, innovación e infraestructura, y ODS 11, Ciudades y comunidades sostenibles (ONU, 2015). A nivel mundial, únicamente un 8,6 % de países y organizaciones han adoptado un sistema de producción circular (MPCEIP, 2020).

Para lograr una transición hacia una economía circular, se debe considerar un círculo de valor que engloba al menos seis acciones: regenerar, compartir, optimizar, ciclos, visualizar e intercambiar (Guzmán y Guevara, 2020); además, considerar que el modelo económico circular se basa en tres principios fundamentales (Ellen MacArthur Foundation, 2015):

- Preservar y mejorar el capital natural, mediante el control de los recursos y la eliminación o reducción de desechos y contaminantes desde el diseño.
- Optimizar el rendimiento de los recursos, al mantener los productos e insumos el mayor tiempo posible dentro de la cadena de valor, es decir, lograr el máximo aprovechamiento posible.
- Mejorar la eficacia del sistema, al promover la regeneración de los recursos naturales y los ciclos productivos renovables, para lograr una mínima dependencia de los combustibles fósiles y materias primas vírgenes.

Según la CEPAL (2021), Latinoamérica maneja un sistema de desarrollo insostenible, debido a que diariamente se genera alrededor de 1 kg de residuos per cápita, de los cuales se disponen el 75 % en rellenos sanitarios, el 20 % en vertederos abiertos o son incinerados y solo el 5 % se destina al reciclaje (CEPAL, 2021). En Ecuador se generan, al año, 4,06 millones de toneladas métricas de residuos (0,74 kg de residuos per cápita) (Ministerio del Ambiente, 2016). No obstante, en el 2020 Ecuador fue uno de los pocos países que logró mantenerse dentro del límite de nivel de huella ecológica per cápita en categoría de “crecimeinto” (MPCEIP, 2020) . Sin embargo, la adopción de un modelo económico circular resultaría primordial para alcanzar un desarrollo sostenible y viable en los procesos productivos; este se basaría en la aplicación de los principios de economía circular y las “7 Rs” (reducir, reutilizar, reparar, renovar, recuperar, reciclar y rediseñar) (Arroyo et al., 2018).

En Ecuador existen varias normativas o iniciativas que fomentan la adopción de este sistema productivo, tales como la Ley de Economía Circular Inclusiva (2021), la Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de Un Solo Uso (2020), la Norma Técnica NTE INEN-AFNOR XP X30-901 (2020) y las Ordenanzas para la Erradicación de

Plásticos de Un Solo Uso, que se relacionan con la recuperación diferenciada de los residuos y la entrega de materiales a recicladores.

1.1. Objetivo General

Rediseñar una planta productora de jugo de carambola con cristales de sábila, mediante la aplicación de los principios de la economía circular.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar las oportunidades de mejora en el diseño de una planta productora de jugo de carambola con cristales de sábila que fue elaborado con criterios de economía lineal.
- Proponer un nuevo diseño del proceso productivo del jugo y de los procesos complementarios, según los principios de la economía circular.
- Analizar las ventajas y desventajas del rediseño, con respecto al diseño original, en los aspectos económico y ambiental.

2. DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.1. Diseño del Producto

En los últimos años, se ha evidenciado una tendencia creciente en las personas hacia un estilo de vida saludable, el cual se ve reflejado en un incremento en la demanda del mercado nacional e internacional de productos naturales y funcionales, como es el caso de jugos naturales provenientes de frutas exóticas (Vasco, 2008). En Ecuador, la carambola es un cultivo no tradicional y una fruta poca comercializada e industrializada, de la cual se registran productos caseros como jaleas, jugos, mermeladas y néctares (Moreira, 2015).

La carambola tiene un gran potencial de industrialización por los beneficios saludables que puede llegar a ofrecer en conjunto con la sábila. Por ello, en el presente proyecto, se plantea el diseño de una planta agroindustrial para la producción de un jugo clarificado de carambola con cristales de sábila, el cual va sería comercializado bajo el nombre de “Aloe Star Fruit”.

En la Tabla 1, se presentan las diferentes materias primas e insumos que se emplearán para la fabricación de la bebida.

Tabla 1. Materias primas e insumos empleados para elaborar "Aloe Star Fruit"

Materias primas	Insumos
Carambola	Botellas de vidrio
Cristales de sábila	Etiqueta
Azúcar blanca	Tillos

2.1.1. Materias Primas

- **Carambola (*Averrhoa carambola*)**

La carambola, también conocida como *star fruit* o fruta china, es una fruta exótica subtropical originaria de Indonesia y Malasia (Cagua et al., 2015). Pertenece a la familia *Oxalidaceae,* tiene un bajo contenido calórico, posee propiedades antioxidantes, fibra dietética y una moderada cantidad de provitamina A y vitamina C (Soliz, 2010). Alrededor del 95 % del fruto es comestible; la pulpa representa el 70 %, la corteza el 25 % y el resto corresponde a las semillas (Cagua et al., 2015). La pulpa tiene un sabor agridulce, que depende del grado de madurez, y posee un color claro amarillento (Arroyo, 2010). En la Tabla 2 se muestran las características nutricionales y fisicoquímicas de la carambola.

Tabla 2. Características fisicoquímicas y nutricionales de la carambola

Parámetros Fisicoquímicas	Valor	Unidad	Características nutricionales	Valor	Unidad (en 100 g)
pH	2,16-2,5	-	Calorías	35,7	kcal
Acidez	1,90-13,10	mg	Humedad	90	g
Densidad	0,93	g/cm^3	Proteína	0,5	g
Azúcares totales	3,50-11,09	%	Grasa	0,3	g
Sólidos solubles	5-13	°Brix	Carbohidratos	9,38	g
Tamaño	7-12	cm	Fibra	0,6-0,9	g
Peso	80-190	g	Ceniza	0,4	g
			Calcio	5,0	mg
			Fósforo	15-21	mg
			Hierro	0,32-1,65	mg
			Caroteno	0,003-0,552	mg
			Niacina	0,29-0,38	m

(Morton, 1999)

En Ecuador, la carambola es un cultivo no tradicional y su producción es a pequeña escala, con fines de comercialización a mercados internos. Principalmente se desarrolla en zonas del litoral como: Quinindé, Santo Domingo, Quevedo, El Triunfo, La Maná, Bucay y Portoviejo (Moreira, 2015). La planta es perenne, tiene un rendimiento de 28 000 – 32 000 kg/ha y entre 3 y 4 fructificaciones anuales, con picos en los meses de abril-mayo y septiembre-octubre (Arroyo,2010).

- **Sábila (*Aloe vera*)**

La sábila es una planta herbácea originaria del continente africano, perteneciente a la familia de las Liláceas (Ramírez, 2003). Las hojas son largas y carnosas, están compuestas por un 98 % de agua y contienen alrededor de 200 componentes activos entre vitaminas, minerales, enzimas, aminoácidos, ácidos grasos y polisacáridos (Davis, 2016). El compuesto activo característico de la sábila es la aloína, un compuesto exudativo de color amarillento, proveniente del anverso de las hojas, que otorga un sabor amargo y funciona como laxante, por lo cual es importante eliminarlo antes de la utilización de la pulpa de la sábila (Erik y Prendes, 2019). Además, el aloe vera presenta propiedades medicinales, antidiabéticas y antinflamatorias, y ayuda a la cicatrización de heridas (Ramírez, 2003).

Según Agrocalidad (2015), en Ecuador se registraron alrededor de 82 ha cultivadas de sábila, en las zonas de Portoviejo, Jipijapa, Atacames, Santa Rosa, Guayllabamba, Machala y Puerto Cayo. En la Tabla 3 se presentan las características fisicoquímicas de la sábila.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de las materias primas

Parámetros	Valor	Unidad
Humedad	98,0	%
Grasa	1,84	%
Cenizas	--	%
Fibra	--	%
Proteínas	--	%
Carbohidratos	--	%
pH	5,81	--
Acidez	3,0	%
Sólidos solubles	0,358	°Brix
Sólidos totales	0,85	%
Densidad	0,975	g/cm^3

(Pérez, 2019)

- **Azúcar blanca**

La azúcar refinada es un producto sólido resultante de la cristalización de la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) proveniente de la caña de azúcar (INCAUCA, 2020). Se utiliza para consumo directo como edulcorante, o como materia prima en procesos industriales. En la Tabla 4 se muestran las características fisicoquímicas del azúcar blanco establecidas en la normativa INEN 259:2017.

Tabla 4. Características fisicoquímicas del azúcar refinada

Parámetros	Valor	Unidades
Cenizas	0,10 (máx.)	%
Color a 420 nm	350 (máx.)	UI
Polarización (20 °)	99,4 (min)	°S
Humedad	0,075 (máx.)	%
Azúcares reductores	90,0 (min)	%
Arsénico (As)	1,0 (máx.)	mg/kg
Plomo (Pb)	0,5 (máx.)	mg/kg
Cobre (Cu)	2,0 (máx.)	mg/kg
Dióxido de azufre (SO_2)	50 (máx.)	mg/kg

2.1.2. Insumos

En la Tabla 1 se presentaron los diferentes insumos requeridos para la elaboración de la bebida “Aloe Star Fruit”. A continuación, se describen los componentes del envase.

- **Envase**

En Tabla 5 se indican las características de los materiales seleccionados para formar parte del envase del producto.

La bebida “Aloe Star Fruit” sería comercializada en botellas de vidrio, en presentación de 450 mL. El vidrio es un material óptimo para contener y proteger productos alimenticios, debido a que representa una buena barrera al agua y al oxígeno y es considerado inerte, en cuanto a la transferencia de sustancias químicas desde el envase hacia el producto y viceversa.

Tabla 5. Caracterización del envase de la bebida "Aloe Star Fruit"

Insumo	Características
Envase	Botellas de vidrio de 450 mL
Etiqueta	Vinil (fuerte adhesión y resistencia al agua)
Tapa	Tillo (metálico, recubierto interiormente de una goma u obturador que asegura un buen sellado)

2.2. Estudio de Mercado

2.2.1. Demanda

La ciudad en las que se evaluó la demanda fue Quito, las cuales cuentan con una población de 2 239 191 según datos del INEC de "Proyección de la población ecuatoriana, por año calendario, según cantones 2010-2020" (INEC, 2020).

- **Población de referencia**

Se tomó como población de referencia a los adultos jóvenes comprendidos entre edades de 20 a 24 años. Según datos del INEC alrededor del 9,6 % de la población del Distrito Metropolitano de Quito se encuentran dentro del rango determinado, representando una población de 214 962 de adultos jóvenes (Quito cómovamos, 2020). La población de referencia fue de 214 962 adultos jóvenes.

- **Población demandante potencial**

La población demandante potencial correspondió a todos aquellos jóvenes de entre 20 y 24 años que consumen jugos naturales de la ciudad de Quito; se calculó mediante la Ecuación 1. A través de un estudio realizado por INSIGHT S.A, empresa consultora, sobre el consumo de diferentes bebidas en el país, se conoció que un 79 % de los quiteños consumen jugos naturales (Mite y Vega,2017). Y según Barba, Carillo y Gaete (2007), en su proyecto de titulación sobre el consumo de bebidas con aloe vera en la ciudad de Guayaquil (Barba et al., 2007), este tipo de producto tiene alrededor del 61 % de aceptación, por lo cual se consideró

como el porcentaje de consumo, y se obtuvo una población demandante potencial de 131 126 adultos jóvenes.

PDP = % consumen jugos naturales * # habitantes en el área de estudio [1]

$$PDP = 0{,}61 * 214\ 962$$

$$PDP = 131\ 126{,}82$$

- **Población demandante efectiva**

La población demandante efectiva fue determinada mediante una encuesta en la ciudad de Quito. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con la Ecuación 2, considerando un tamaño de población (N) de 131 126 adultos jóvenes, un nivel de confianza del 93 %, un error del 7 % y se asumió una probabilidad de éxito del 50 %.

$$n = \frac{z^2\ p\ q\ N}{(B^2(N-1)) + z^2\ p\ q} \qquad [2]$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

z: 1,81 para alcanzar el nivel de confianza del 93 %

p: proporción de individuos con la misma característica (consumen jugos naturales)

q: proporción de individuos que no posee la misma característica

N: tamaño de la población

B: error muestral

$$n = \frac{(1{,}81)^2(0{,}5)(0{,}5)(131126{,}82)}{(0{,}07^2(131126{,}82 - 1)) + (1{,}81)^2(0{,}5)(0{,}5)}$$

$$n = 167$$

Como resultado se obtuvo un tamaño de muestra de 167 personas, a las cuales se les realizó la encuesta. El formato de la encuesta se muestra en el Anexo I y de ella se obtuvieron los siguientes resultados:
El 87 % de los encuestados eran adultos jóvenes dentro de los 20 y 24 años. Todos los encuestados residían en la ciudad de estudio. Solo el 25 % de los encuestados tenía conocimiento acerca de la fruta china o carambola y había consumido en fruta, mas no como jugo o como otro producto industrializado.

Cerca del 80 % respondió haber consumido cristales de sábila en bebidas y que estos son de su agrado. Solo al 15 % le interesaría consumir un jugo de fruta china con cristales de sábila. En consecuencia, se estableció que la población demandante efectiva sería de 19 668 adultos jóvenes.

2.2.2. Oferta

La fruta china es una fruta exótica muy cotizada en mercados internacionales, especialmente en el mercado europeo (Moreira, 2015). Sin embargo, en el país solo se cultiva a pequeña escala en las zonas del litoral y de la región amazónica para su comercialización interna. Es muy poco industrializada, por lo cual solo se evidencian productos de carambola a nivel casero como jaleas, jugos, mermeladas y néctares (Arroyo, 2010). Por otro lado, en los últimos años se ha incrementado el consumo y uso de los cristales de sábila en bebidas como parte de alimentos funcionales. En la Tabla 6, se enlistan las bebidas con cristales de sábila que se ofertan y comercializan en Ecuador.

Tabla 6. Bebidas ofertadas con cristales de sábila

Nombre comercial	Empresa	Presentación
Saviloe	Quala	350 mL (USD 1,00) - sabor a fruta
Houssy	Dimprokel	450 mL (USD 1,00) - varios sabores
BioAloe	Bio Ecuador	500 mL (USD 1,50) - sabor a fruta

Como se puede observar, existen varias marcas de bebidas comercializadas con cristales de sábila; la marca Houssy ofrece una variedad de sabores como mango, original, frutilla, guayaba, granada, coco, piña, entre otros. Sin embargo, ninguna de las anteriores marcas

de bebidas tiene el sabor a carambola, por lo cual, bajo este escenario, no habría competencia directa con el producto “Aloe Star Fruit”.

2.2.3. Proveedores

- **Carambola (*Averrhoa carambola*)**

En el libro de “Estudios de la *Averrhoa carambola* (fruta china), oferta y demanda específica de esta fruta en el mercado local”, publicado en enero del 2021, se ha identificado la mayor producción de la carambola en la provincia de Manabí, principalmente en fincas de la parroquia de Lodana y en los cantones de Santa Ana y Chone (Piguave et al., 2021). Por lo cual, se podría obtener la carambola de fincas cercanas y del mercado local de Chone; se calcula un rendimiento de producción alrededor de 28 000 a 32 000 kg/ha y una producción mensual de 614,4 kg de fruta china (Arroyo, 2010).

- **Sábila (*Aloe vera*)**

Las hojas de sábila se podrían obtener de la Corporación Ecuatoriana Coloncheline, ubicada en Colonche, en Santa Elena. Se trata de una empresa que comercializa la sábila como materia prima y elabora productos como cosméticos artesanales, galletas y jugos a base de esta. Se calcula una productividad de 20 a 26 t/ha.

- **Azúcar blanca**

La azúcar sería abastecida por el Ingenio Azucarero San Carlos, que cuenta con su planta principal en el km 62 de la vía a Guayaquil y que se encarga de distribuir este producto a todo el país.

2.2.4. Localización

Para establecer la localización de la planta agroindustrial se empleó el “método de calificación por factores”, en el cual se propusieron tres alternativas de localización: Esmeraldas – Esmeraldas, Quevedo – Los Ríos y Chone – Manabí, y se consideraron los

factores: clima, transporte, terreno, abastecimiento de agua y disponibilidad de la materia prima. En la Tabla 7 se muestra la evaluación cuantitativa realizada, con su respectiva ponderación, con el fin de seleccionar la mejor ubicación de la planta.

Tabla 7. Criterios para la selección de la localización de la planta

Factor relevante	Pondera-ción	Esmeraldas		Quevedo		Chone	
		Calif.	Calif. ponderada	Calif.	Calif. ponderada	Calif.	Calif. ponderada
Clima	20	15	300	15	300	20	400
Transporte	20	20	400	10	200	15	300
Terreno	10	5	50	7	70	10	100
Abastecimiento de agua	15	7	105	10	150	12	180
Materia prima	35	25	875	25	875	35	1225
TOTAL	**100**	**72**	**1 730**	**67**	**1 595**	**92**	**2 205**

Como se observa en la Tabla 7, la localización con mayor puntación fue el cantón Chone, en la provincia de Manabí; los factores influyentes fueron el clima, el terreno y la disponibilidad de la materia prima. Este último factor es primordial debido a que la carambola tiene un corto tiempo de vida útil y, además, es una fruta delicada, propensa a tener daños por golpes, que pueden ser ocasionados en el proceso de transporte.

2.2.5. Capacidad de la planta

Para el cálculo de la capacidad de la planta se consideró la cantidad promedio de una bebida de 250 mL de jugo de fruta china con cristales de sábila por habitante una vez a la semana y un porcentaje de participación del 13 % basado en el porcentaje de personas con interés de consumir el producto ofertado en la encuesta realizada. La capacidad de la planta se calculó a través de la ecuación 3.

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Cantidad necesaria por persona * PDE}}{\text{Frecuencia de consumo}} * \text{\% Participación} \qquad [3]$$

Donde

PDE = población demandante efectiva

$$\text{Capacidad} = \frac{1\left(\frac{250\ \text{mL}}{\text{persona}}\right) * \left(\frac{1\text{L}}{1\ 000\ \text{mL}}\right) * (\ 19\ 668\ \text{personas})}{\text{semanal} * \left(\frac{7\ \text{días}}{1\ \text{semana}}\right)} * 0{,}13$$

$$\text{Capacidad} = 105{,}5\ \text{L/día}$$

Como resultado, se obtuvo una capacidad de producción de 105,5 L/día, que resulta en una capacidad de producción mensual de 2 321 L. Dado que el producto sería comercializado en botellas de 450 mL, la producción sería de 234 botellas/día y de 5 148 botellas/mes.

2.3. Situación inicial

A continuación, en la Figura 1 se muestra el diagrama del proceso de elaboración de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila, de la situación inicial de la planta.

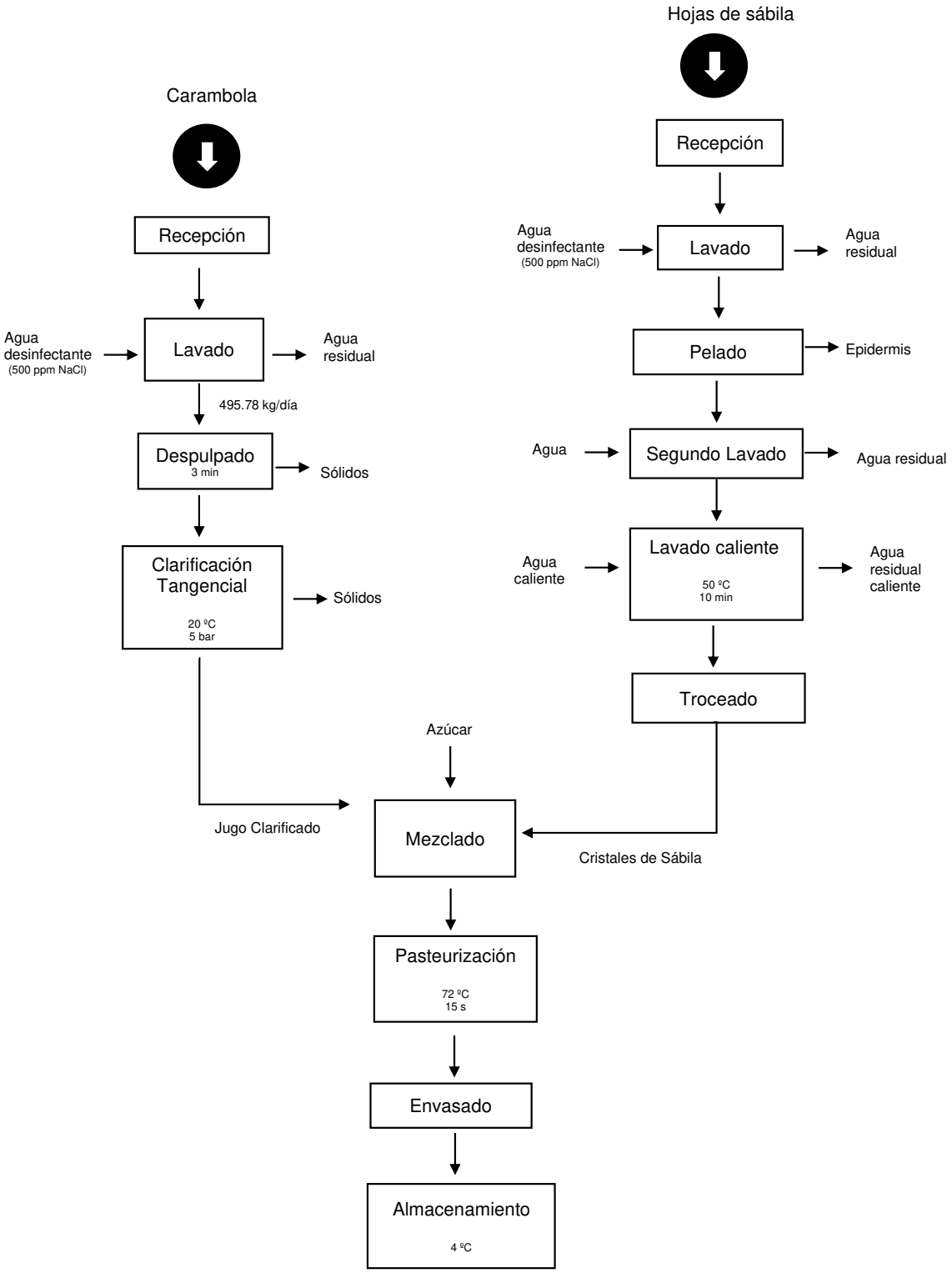


Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración de jugo de carambola

2.4. Descripción del Proceso

A continuación, se describe el proceso productivo del jugo clarificado de carambola con cristales de sábila, establecido en la situación inicial del diseño de la planta productora.

2.4.1. Recepción de la materia prima

La carambola es aceptada si cumple con los estándares de calidad establecidos en el CODEX STAN 187-1993 “Norma para la carambola” (CODEX, 1993) y con un grado de madurez entre el 75 y el 100 % de coloración. Para la sábila no existe una normativa en la cual se establezcan los estándares de calidad; sin embargo, se puede aceptar esta materia prima en función de los índices de madurez. La carambola y las hojas de sábila se deben mantener a 5 - 10 °C, por ser productos perecibles. En la recepción, se pesa cada materia prima con ayuda de una balanza.

2.4.2. Lavado

La carambola y las hojas de sábila son lavadas en una solución de 100 ppm de NaClO, durante 3 min (Estrella, 2020). La fruta lavada ingresa a un proceso de despulpado mientras que las hojas de sábila a un proceso de fileteado.

2.4.3. Despulpado

El despulpado de la carambola se realiza mediante prensado hidráulico, un método tradicional que permite obtener un jugo relativamente claro (Moreira, 2015). Del proceso de despulpado se obtienen dos flujos de salida: la pulpa y los residuos (fibra) de la carambola.

2.4.4. Microfiltración tangencial

Industrialmente, es el método más empleado en bebidas clarificadas; utiliza un diferencial de presión para lograr separar sólidos en suspensión, microorganismos o eliminar la turbidez mediante el uso de membranas (Tupaña, 2012). El proceso de microfiltración se caracteriza

por retener partículas de 0,1 a 10 µm, se produce con una presión de 2 bares y se emplean membranas inorgánicas microporosas.

2.4.5. Fileteado

El fileteado es un proceso manual en el cual se cortan las partes delanteras y laterales de las hojas (Cedeño y Prendes, 2019). Se recomienda realizar este proceso máximo 36 h después de la recolección de las hojas de sábila, para evitar la pérdida de la actividad biológica (Ahlawart y Khatkar, 2011).

2.4.6. Pretratamiento de la sábila

2.4.6.1. Inmersión (primer lavado)

Se sumergen los cristales de sábila en agua durante 15 min para eliminar los restos de aloína y después se lavan los cristales con agua caliente a 55 °C, durante 10 min.

2.4.6.2. Segundo lavado

La pulpa de sábila es sometida a un segundo lavado consecutivo con agua caliente a 55 -60 °C por 10 min, con una relación agua:aloe de 3 a 1 (Nieto y Suárez, 2020). Estos tratamientos se realizan con la finalidad de reducir el contenido de aloína restante, estabilizar la pulpa de sábila y preservar las propiedades nutracéuticas del gel de sábila.

2.4.7. Troceado

En este proceso la pulpa entera de la sábila es cortada en cubos de 0,5 cm por lado.

2.4.8. Mezclado

Al tanque de mezclado entran las corrientes provenientes del clarificado, los cristales de sábila cortados, azúcar y agua. Para la composición del mezclado, se consideran los requisitos establecidos en la norma INEN 2337 para “Jugos, pulpas, concentrados, néctares,

bebidas de frutas y vegetales. Requisitos" (INEN, 2008). La composición del mezclado es de 15 % de cristales de sábila y 85 % del jugo clarificado de carambola. A parte, se añade azúcar hasta alcanzar los 20 °Brix.

2.4.9. Pasteurización

La pasteurización se realiza bajo las condiciones HTST a 72 °C durante 15 s. El proceso térmico no debe ser muy extenso debido a la presencia de la vitamina C, la cual es termolábil (Erik y Predes, 2019).

2.4.10. Envasado

El envasado se realiza en botellas de vidrio etiquetadas, mediante el uso de una máquina automática dosificadora. Se debe dejar un espacio libre del 10 %, de acuerdo con la norma INEN 394.

2.4.11. Almacenamiento

El producto pasteurizado y embotellado es destinado a un almacenamiento a temperatura de 4 °C, para su posterior distribución.

3. CRITERIOS DE REDISEÑO

3.1. Mejoras en el proceso productivo

Se tomaron en cuenta los principios de la economía circular y las 7 Rs para proponer algunas opciones de mejora en el proceso productivo, que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 8. Propuestas de mejora basadas en economía circular

PROCESO	FLUJOS DE SALIDA	ALTERNATIVA DE MEJORA	PRINCIPIO DE ECONOMIA CIRCULAR
Recepción de la materia prima	NA	NA	NA
Lavado	Agua residual	Aplicación de tratamiento de desinfección al agua residual para su posterior reutilización	P3. Mejorar la eficacia del sistema
Despulpado	Residuos (cáscaras de carambola)	Utilización de los residuos generados para la fabricación de abono	P1. Eliminación de residuos desde el diseño
***Tratamiento enzimático**	*NA*	*Se plantea la implementación del proceso para mejorar el rendimiento de la pulpa y facilitar el proceso de clarificación.*	*P2: Mantener los materiales y productos en uso optimizando el rendimiento de los recursos*
Microfiltración tangencial	Retenido (Pulpa de carambola)	Aprovechamiento de la pulpa no filtrada, comercialización de la pulpa	P1. Eliminación de residuos desde el diseño
***Desangrado**	*Acíbar*	*Implementación del proceso de desangrado para la obtención del acíbar como subproducto de la sábila*	*P1. Eliminación de residuos desde el diseño P3. Mejorar la eficacia del sistema*
Fileteado	Corteza de las hojas de sábila	Utilización de los residuos generados para la fabricación de abono	P1. Eliminación de residuos desde el diseño
Inmersión	Agua residual caliente	Aplicación de tratamiento de desinfección al agua residual para su posterior reutilización	P3. Mejorar la eficacia del sistema
Segundo lavado	Agua residual caliente	Aplicación de tratamiento de desinfección al agua residual para su posterior reutilización	P3. Mejorar la eficacia del sistema
Troceado	NA	NA	NA
Mezclado	NA	NA	NA
Pasteurización	Agua de enfriamiento	Reutilización del agua de enfriamiento en procesos de lavado de la materia prima	P3. Mejorar la eficacia del sistema
Envasado	NA	Se implementará un sistema de envases retornables	P1. Reducción de residuos
Almacenamiento	NA	NA	NA

*Nuevos procesos implementados

Las alternativas propuestas permitirían reducir los desechos, aprovechar los subproductos o residuos, mejorar los rendimientos, tratar los efluentes antes de su disposición y reutilizar el agua de la pasteurización y los envases.

3.1.1. Tratamiento de desinfección del agua residual

En las industrias agroalimentarias, se genera una gran cantidad de agua residual en los diversos procesos de producción; estos efluentes pueden tener elevados pH, así como contener materiales sólidos, alta carga microbiana o concentraciones elevadas de sustancias químicas (Llaneza, 2012). Por ello, se plantea realizar un tratamiento de desinfección y purificación del agua residual resultante de los procesos de lavado, para una disposición final responsable, que reduzca los impactos ambientales.

En la Tabla 9, se presentan las características que tendrían los flujos de agua provenientes del proceso productivo. Se consideró también el agua empleada en el lavado de los equipos, al finalizar la etapa de producción.

Tabla 9. Características de los flujos de agua residual

Origen	Procesos	Características del flujo
Proceso productivo	Lavado	Concentración de 100 ppm NaCl a 25 °C
	Segundo lavado (Pretratamiento de la sábila)	Temp. final de 55 °C
Procesos complementarios	Lavado de equipos	Material particulado Temp. final de 25 °C

Los diferentes flujos de aguas residuales se direccionarían a un tanque de almacenamiento localizado en el exterior de la planta, para su posterior tratamiento, el cual se describe a continuación:

- **Desbaste-Tamizado**

Es un pretratamiento que se realiza al efluente (agua residual) con el objetivo de separar residuos sólidos o partículas en suspensión. Primero, el efluente atraviesa un sistema de

rejillas que ayudan a separar material sólido de tamaño considerable; se emplearían rejas finas con una separación entre rejas de 8 a 12 mm (Ministerio del Ambiente, 2020). Después el flujo se dirige al microtamizado, el cual consiste en un sistema de tamices de malla metálica con tamaño de poro de 0,1 mm por el cual el efluente circularía (Llaneza, 2012).

- **Decantación**

Es un proceso mediante el cual se logra disminuir la cantidad de sólidos sedimentables y material en suspensión, por acción de la gravedad (Ministerio del Ambiente, 2020). A través de este tratamiento primario, se reduce la DBO_5 y la turbidez del agua residual (Llaneza, 2012).

- **Microfiltración**

Es un tratamiento secundario cuya finalidad es reducir la cantidad de material orgánico coloidal o disuelto en el efluente; presenta un rendimiento del 80 al 90 % (Llaneza, 2012).

La empresa AWT (Andean Water Treatment), ubicada en Quito, se encarga de la instalación de plantas de tratamiento de agua residuales a nivel industrial, por lo cual se podría contratar su servicio. La planta seleccionada a instalar corresponde al modelo AWT Aguas residuales/MBBR, la cual contiene todos los procesos anteriormente descritos.

Finalmente, se realizará un análisis químico de la corriente de salida para verificar si se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Libro VI, Anexo I: “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: Recurso Agua”. En función de los resultados del análisis químico, el agua tratada será reutilizada en procesos productivos, complementarios o dispuesta hacia el alcantarillado.

3.1.2. Tratamiento enzimático

Según Cano y Barta (2008), como parte de las operaciones unitarias de la fabricación de jugos clarificados, se recomienda realizar un tratamiento enzimático a la pulpa de la fruta,

para aumentar el rendimiento y facilitar el proceso de microfiltración tangencial. Se utilizan enzimas pectinasas para degradar la pectina, que otorga la turbidez y elevada viscosidad a la pulpa, con lo que se favorece la extracción y clarificación de la pulpa.

El tratamiento enzimático ayuda a mejorar el color y sabor del jugo ya que disminuye el contenido de sólidos insolubles en suspensión y, a la vez, reduce el efecto de taponamiento y colmataje de la membrana (Tupaña, 2012). En el proyecto de titulación realizado por Matheus (2012) "Obtención de jugo clarificado de carambola (Averroha carambola L.) mediante microfiltración tangencial", se añadió a la pulpa de carambola 1 g/L del coctel, a 35 °C durante 1 h (Matheus, 2012); dichas condiciones fueron las que mejores resultados presentaron, en cuanto al incremento en el rendimiento de la pulpa.

El coctel enzimático por utilizar sería Klerzyme 150® de DSM Food Specialities, adquirido a la empresa BIOTEC, el cual se caracteriza por su presentación liquida y corresponde a pectinasas provenientes del hongo *Aspergillus niger* (Certerchem, 2011).

3.1.3. Pasta de acíbar

En los últimos años, la demanda de productos con sábila se ha incrementado en diversos campos, principalmente en la industria alimentaria y farmacéutica, debido a los compuestos activos, enzimas y propiedades que posee (Narváez y Pereira, 2013). Los principales productos que se pueden obtener de la sábila son el acíbar y el cristal de sábila. El acíbar es un líquido exudativo de color amarillento que se desprende al cortar las hojas de sábila; se utiliza como laxante y estimulante en la industria farmacológica (Silva, 2019). El acíbar es muy cotizado debido a que tiene una alta concentración de aloína, de alrededor del 20 a 37 %. La aloína es una antroquinona caracterizada por sus propiedades analgésicas, fungicidas y antibacteriales (Pinela, 2014).

La pasta de acíbar es un sólido quebradizo de color marrón – negruzco, se obtiene de la cocción del acíbar y contiene entre 10 y 12 % de humedad (Zambrano, 2004). La pasta de sábila presenta una demanda cercana a 2 000 tm anuales; su principal mercado es el continente europeo, en países como Alemania, Italia, Holanda, Francia y en algunos países orientales. En promedio, se calcula una producción de 70 a 80 gotas de acíbar por penca

(SIOC, 2007). En el 2013, el Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad de Zulia-Venezuela, realizó un estudio en el cual se investigó la producción del gel y acíbar de la sábila cultivada en zonas occidentales de Venezuela; se obtuvo como resultado una producción de acíbar entre 17,73 y 70,50 mL/planta. La cantidad del líquido obtenido depende de las condiciones climáticas de la zona de cultivo y se obtiene un mayor rendimiento en los períodos secos y menor cantidad en los períodos lluviosos (Molero et al.,2013).

En el rediseño de la planta agroindustrial se planteó el aprovechamiento de este subproducto de la sábila, debido a que en el diseño inicial se lo consideraba como desecho. El proceso de obtención de la pasta de acíbar empieza después del lavado de las hojas de sábila y se detalla a continuación (Sánchez, 1998):

- Primero, se realizará un corte en la base de las hojas sábila lavadas.
- Luego, las hojas serán colgadas sobre canaletas, como se puede ver en la Figura 2.

Figura 2. Desangrado del acíbar

- Previamente, se instalará un recipiente debajo de las canaletas para la recolección del acíbar.
- Se dejarán en reposo vertical las hojas, por alrededor de 1 h, hasta que todo el acíbar haya sido retirado.
- El acíbar recolectado entrará a un proceso de cocción, con una suave agitación constante, hasta obtener una pasta de color marrón o negra; el proceso de cocción durará de 1 a 3 h.

- Finalmente, la pasta obtenida será envasada en botellas de vidrio y almacenada para su posterior comercialización.

Se pueden obtener alrededor de 0,5 kg/día de pasta de acíbar, la cual se comercializaría en presentaciones de 250 g, lo que resulta en una producción mensual de 44 frascos de pasta de acíbar, que se comercializarían a un precio de USD 3,50 por unidad.

3.1.4. Reutilización del agua de enfriamiento

En el proceso de pasteurización, se emplearía vapor de agua como fluido caliente para el calentamiento del jugo clarificado de carambola (fluido frío); en el rediseño de la planta agroindustrial se propone reutilizar el fluido condensado proveniente del proceso de pasteurización, como fluido caliente en el proceso de pasteurización de la pulpa de carambola. Finalmente, el fluido resultante de dicho proceso sería nuevamente empleado para mezclarse con el flujo de agua de 58 °C, hasta obtener un flujo de agua caliente de 55 °C, el cual sería empleado en el proceso de pretratamiento de los cristales de sábila, es decir, en los procesos de lavado del cristal.

3.1.5. Sistema de envases retornables

El envase seleccionado para la comercialización del producto “Aloe StarFruit” es una botella de vidrio de 450 mL. La ventaja de este tipo de material es que se puede reciclar. La propuesta en el rediseño fue el acoplamiento de envases retornables del producto en el proceso de envasado, con el objetivo de promover la reutilización y reciclaje de las botellas de vidrio y, así, disminuir la generación de residuos.
El sistema de envases retornables se basa en el concepto de economía circular debido a que su implementación influye en la disminución de recursos en la fuente, lo cual reduce el impacto ambiental.

En Ecuador, el reciclaje de botellas de vidrio se promueve mediante el acuerdo Ministerial 079 “Normativa para la inclusión de un ciclo en la cadena de valor del vidrio”, basado en el principio de responsabilidad de productores, envasadores e importadores. La gestión integral de botellas de vidrio se realizaría mediante la creación de convenios de cooperación entre la

empresa envasadora, en este caso GREDA S.A., y las empresas de distribución y comercialización del producto “Aloe StarFruit”. El producto ofertado sería comercializado en los supermercados de La Corporación Favorita, Mega-Supermercados Santa María, Corporación Rosado y tiendas de barrio.

En el caso de los supermercados de Corporación Favorita, esta compañía mantiene un convenio con GIRA, un gestor ambiental de residuos, debido a ello, en el exterior de estos supermercados se han instalado los “Puntos GIRA”, zonas de reciclaje de diferentes materiales, entre ellos, botellas de vidrio. Entonces, se plantea establecer un convenio que promueva la recolección y reutilización de los envases de vidrio del producto “Aloe StarFruit”; una vez que la empresa gestora recolecte y clasifique los envases del producto, estos serían redireccionados a la empresa GREDA S.A., para que eventualmente se pueda reingresar el recurso al proceso de envasado. Cabe recalcar que, previo a la reutilización de las botellas de vidrio, estas deberán ser correctamente sanitizadas.

Con respecto a los supermercados Mega-Santa María, Corporación Rosado y tiendas de barrio, se procuraría establecer un acuerdo con el fin de instalar en el exterior de los locales contenedores o centros de acopio, en los cuales las personas pueden depositar el envase del producto una vez terminado su consumo, para facilitar la recolección de los envases.

3.1.6. Producción de pulpa de carambola

En el rediseño de la planta se plantea el aprovechamiento del fluido proveniente del proceso de microfiltración tangencial denominado “retenido”, el cual representa la fracción de la pulpa de carambola que no atraviesa la membrana. En el diseño inicial de la planta, este fluido era considerado como un desecho. Sin embargo, tras considerar los principios de economía circular, se plantea comercializar esta pulpa de carambola no clarificada. Para ello, se propone el siguiente proceso:

- El retenido se direccionaría a un tanque de almacenamiento.
- Esta pulpa pasaría por un proceso de filtrado para eliminar sólidos o partículas en suspensión
- La pulpa filtrada ingresaría a un proceso de pasteurización, con el objetivo de eliminar microorganismos. La pasteurización se realizaría durante 15 s, a 72 °C. Cabe mencionar

que en esta parte del proceso se haría uso del fluido proveniente de la pasteurización de la bebida “Aloe StarFruit”, como fluido de calentamiento.

- Finalmente, la pulpa de carambola pasteurizada sería envasada en bolsas de plástico y se almacenaría a 5 °C, para su posterior comercialización.

Alrededor de 28 kg/día de pulpa de carambola serían retirados en la clarificación, lo que equivale a un 5 %. La comercialización de este coproducto sería en presentaciones de 300 g, por lo cual se obtendrían alrededor de 93 fundas, las cuales se comercializarían bajo el nombre de “Star Pulp”, con un valor de USD 1,50 cada funda.

En la Tabla 10, se muestran las características fisicoquímicas de la pulpa de carambola “Star Pulp” a comercializar.

Tabla 10. Características fisicoquímicas de la pulpa de carambola

Parámetros	Valor
Sólidos solubles	9 °Brix
Acidez Cítrica	0,72 %
pH	2,16
Densidad	1,020 g/cm^3

(Tello et al., 2002)

3.1.7. Producción de abono orgánico

En la Tabla 11, se presentan los flujos de salida de residuos resultantes del proceso productivo de jugo de carambola clarificado con cristales de sábila.

Tabla 11. Flujos de salida de residuos

Proceso	Descripción del flujo
Despulpado	Piel, residuos de la carambola
Fileteado	Corteza de las hojas de sábila
Filtración	Sólidos de carambola

Como se puede observar en la Tabla 11, en la planta productora se generarían flujos de salida de residuos orgánicos de la carambola y la sábila; tras considerar el modelo de economía circular, se plantea el aprovechamiento y valorización de estos residuos orgánicos para la producción de un abono orgánico. El diagrama de flujo de la producción del abono orgánico se muestra en la Figura 3 y, a continuación, se detalla el proceso:

- Los flujos de salida se direccionarían al área de producción de abono orgánico. En esta área de la planta, lo residuos de gran tamaño, como la corteza de las hojas de sábila, serían picados manualmente, con el fin de reducir su tamaño.
- Luego, los residuos serían mezclados agua, con tierra común y con los restos de las podas de las áreas verdes de la empresa. En estos procesos, se deben controlar parámetros como la temperatura, que no de superar los 35 °C, la humedad, que se debe mantener entre 40 y 60 %, y el pH, que debe estar en valores neutros. También, se debe airear la mezcla de compostaje, es decir, voltearla cada 5 días. El tiempo aproximado del proceso es de 45 días.
- La mezcla del compost sería depositada en cajas de madera; en total se contaría con 5 cajas. Se colocaría una capa de material seco, seguida de una capa de los residuos de carambola y sábila y una capa de tierra; se repetiría el orden de las capas hasta llenar la caja de madera y, finalmente, se regaría con agua.
- El compost resultante podría ser comercializado en sacos de costal y también utilizado como abono para las plantas de los jardines de la empresa. Cada quintal tendría un valor de USD 10 y se producirían mensualmente alrededor de 96 costales de compost

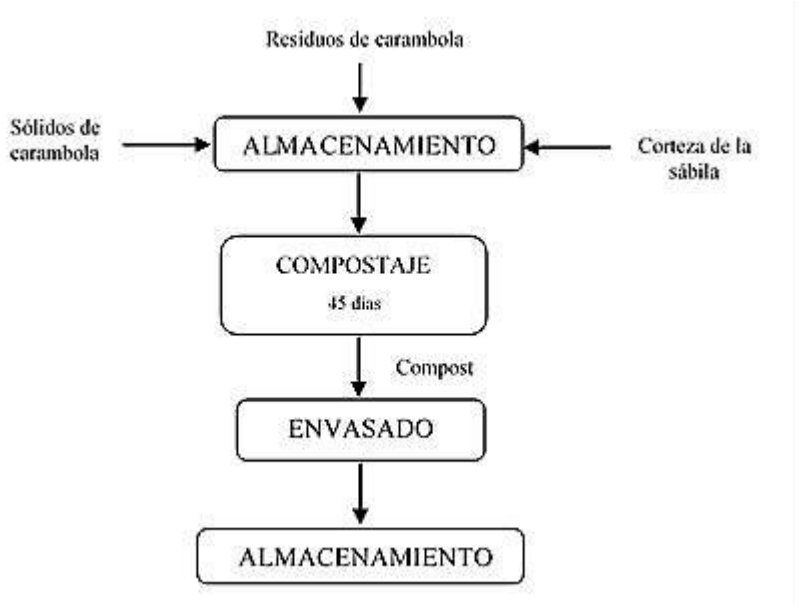


Figura 3. Diagama de bloques de la producción de abono orgánico

3.2. Implementación de procesos de apoyo

En el diseño original de la planta agroindustrial no se tomaron en cuenta algunos procesos de apoyo que, en cambio, sí deben ser considerados según los principios de la economía circular.

A continuación, se detallan las propuestas referentes a los procesos complementarios en las diferentes áreas de la planta:

- **Servicios higiénicos**

Estudios realizados por la BBC (2018) demuestran que el empleo de secadoras de manos es más rentable y amigable con el medio ambiente, comparado con el uso de toallas de manos (Arroyo et al.,2018). Se estima que alrededor 6 mil millones de kilogramos de papel al año se botan en vertederos, lo que constituye un gran desperdicio (CEPAL, 2021). En este sentido, en los servicios higiénicos se podrían instalar secadoras de manos de Sloan XLERATOR-eco, que solo requieren de 500 W para su funcionamiento (Arroyo et al., 2018), por lo que constituyen una de las opciones más ecoamigables y eficientes.

- **Oficinas administrativas**

Las oficinas administrativas constituyen el área que tiende a utilizar la mayor cantidad de hojas de papel bond; por ello, se emplearían hojas elaboradas con 100 % de fibra de caña de azúcar y libre de blanqueadores. También se instalaría un recipiente en el que se puedan almacenar las hojas que todavía tienen una cara en blanco para su reutilización en las impresiones o copias. Mientras que, las hojas que ya no tienen utilidad serían colocadas en otro recipiente para su almacenamiento y posterior reciclaje, mediante la entrega a un gestor calificado, como GIRA, que se encarga también del reciclaje de papel y cartón.

- **Limpieza de áreas**

Para la limpieza y desinfección de las distintas áreas de la planta agroindustrial se emplearían productos de la marca UniLimpio, debido a que estos son fabricados con materias primas que tienen un alto grado de biodegradabilidad y con empaques 100 % reciclables. Además, las formulaciones de estos productos son libres de moléculas bio-acumulativas (UniLimpio, 2018).

- **Buenas prácticas ambientales (BPAs)**

Las buenas prácticas ambientales consisten en actividades o acciones sencillas que se realizan con el fin de reducir el impacto ambiental producido por los procesos, en este contexto se propone:

- La implementación de señaléticas de ahorro de agua y energía en cada grifo de agua e interruptor de luz en las diferentes áreas de la empresa, para promover la concientización en los empleados sobre el uso de agua y energía. Por ejemplo, en los lavabos de los baños se promovería el cierre del grifo mientras se realice el lavado de manos, y en las oficinas apagar la luz cuando no se esté utilizando, para procurar el aprovechamiento máximo de la luz solar.
- Instalación de puntos de reciclaje, con contenedores en los cuales las personas puedan depositar envases vacíos de botellas plásticas, y de un sistema de separación de basura, para promover la clasificación de los desechos.

4. REDISEÑO DE LA PLANTA

4.1. Diagrama de bloques BPD (*Block process diagram*)

A continuación, en la Figura 3, se muestra el diagrama de bloques BPD, después de la implementación de los criterios de rediseño en el proceso productivo.

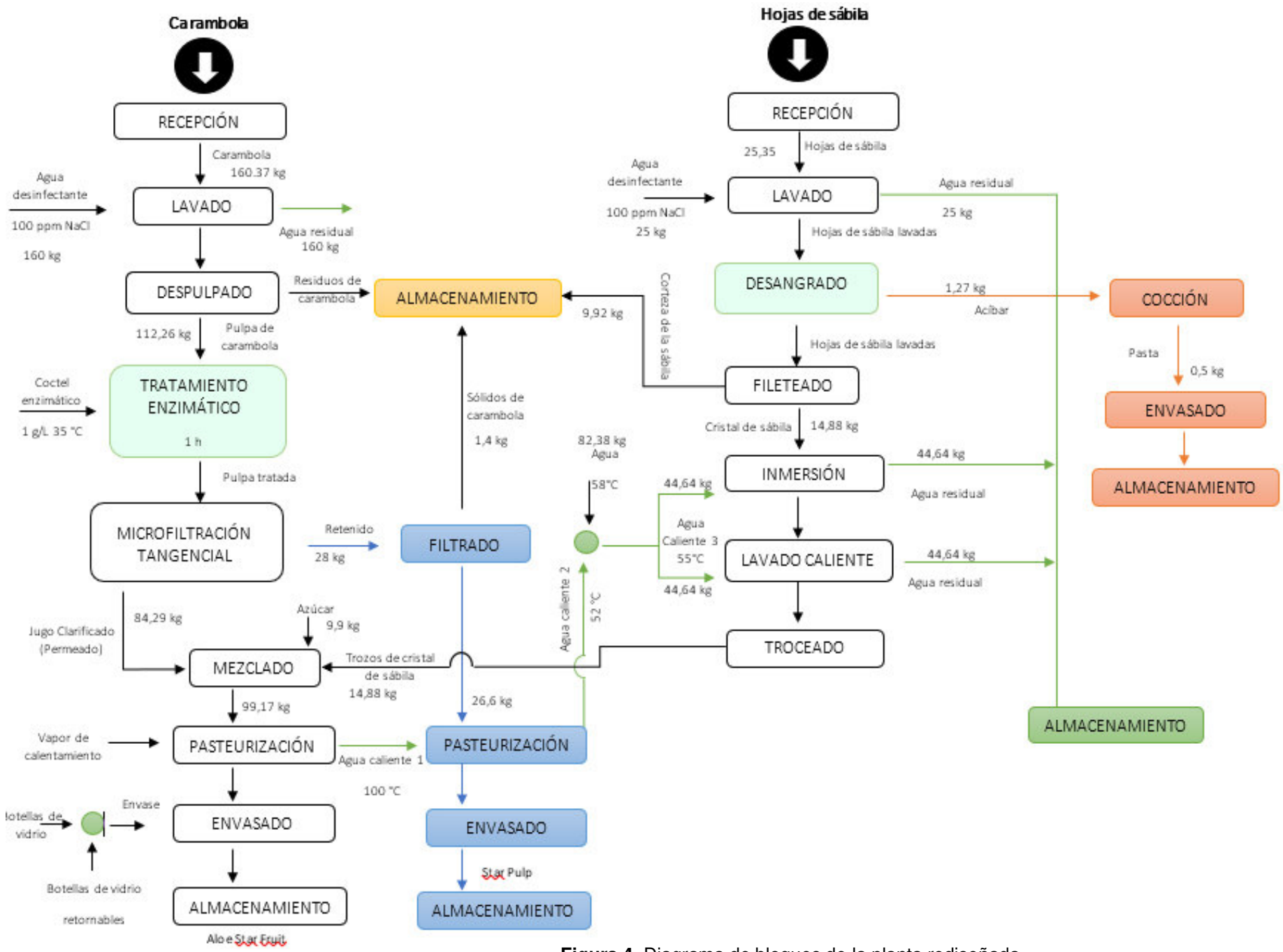


Figura 4. Diagrama de bloques de la planta rediseñada

4.2. Balances de masa y energía

En las Tablas 12 y 13, respectivamente, se muestra un resumen del balance de masa y energía del proceso de producción de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila, con los criterios del rediseño. Los cálculos se muestran en el Anexo II.

Tabla 12. Balance de masa de la producción de "Aloe StarFruit"

Flujos	Corriente	Total (kg/día)
Carambola entera	1	160,37
Carambola Lavada	2	160,37
Pulpa de carambola	3	112,26
Residuos de carambola	4	48,11
Cóctel enzimático	5	0,12
Pulpa tratada	6	112,30
Retenido	7	28,00
Jugo clarificado (permeado)	8	84,29
Azúcar	9	9,90
Mezcla	10	99,17
Hojas de sábila	11	25,35
Hojas de sábila lavadas	12	25,35
Acíbar	13	1,27
Hojas de sábila desangradas	14	24,80
Corteza de sábila	15	9,92
Cristal de sábila	16	14,88
Trozos de cristal de sábila	17	14,88
Pasta de sábila	18	0,50
Agua caliente 3	19	89,28
Sólidos de carambola	20	1,40
Agua	21	82,38
Agua desinfectante (carambola)	22	160,00
Agua desinfectante (sábila)	23	25,00
Vapor de calentamiento	24	6,90
Agua caliente 1	25	6,90
Agua caliente 2	26	6,90
Pulpa Filtrada	27	26,6

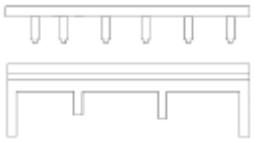
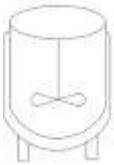
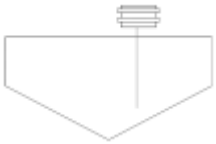
Tabla 13. Balance de energía de la producción de "Aloe StarFruit"

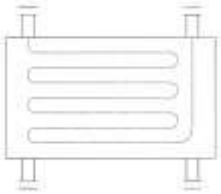
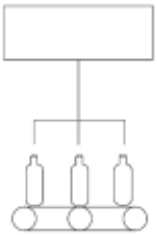
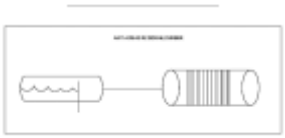
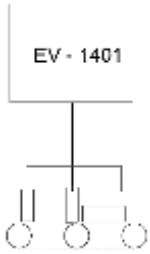
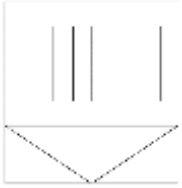
Producto	Proceso	Energía requerida (KJ)
Aloe StarFruit	Pasteurización	15 573,87
Pasta de sábila	Cocción	1 263,70
Star Pulp	Pasteurización	4 397,18

4.3. Diagrama de flujo (PFD)

En la Tabla 14 se presentan los equipos elegidos para cada uno de los procesos de la producción de jugo clarificado de carambola con trozos de sábila. En el Anexo III se muestra el diagrama de flujo de la elaboración (PFD) del producto y los subproductos.

Tabla 14. Listado de equipos de la planta

Proceso	Equipo	Codificación	Simbología
Recepción	--	--	--
Lavado carambola Lavado de hojas de sábila	Lavadora	LV – 101 LV – 102	
----	Banda transportadora	BT-201 BT-202	
Despulpado	Despulpadora	DF – 301	
Tratamiento Enzimático (Hidrólisis enzimática)	Tanque de agitación	TA – 401	
Microfiltración Tangencial	Clarificador	CL – 501	
Fileteado	---	---	---
Inmersión Lavado en caliente	Tina de lavado	HV – 601 HV – 602	

Proceso	Equipo	Codificación	Simbología
Troceado	Troceadora	TR – 701	
Mezclado	Tanque de mezcla	MX – 801	
Pasteurización 1 Pasteurización 2	Intercambiador tubular	TR – 901	
Envasado	Embotelladora	EN – 1001	
Desangrado	Canaletas	CA-1101	
Cocción	Marmita	MA-1201	
Tratamiento de agua residuales	Planta de tratamiento	PT-1301	
Envasado	Envasadora	EV-1401	
Filtración	Filtro	FT-1501	

Proceso	Equipo	Codificación	Simbología
Almacenamiento	Tanque de almacenamiento	TK-1601 TK-1602	

En la Tabla 15 se presenta las bombas elegidas para el proceso tecnológico de acuerdo con el fluido que transporta.

Tabla 15. Listado de bombas de la planta

Código	Tipo de bomba	Fluido que transporta
B - 001	Centrífuga	Pulpa de carambola
B – 002	Centrífuga	Pulpa tratada de carambola
B – 003	Centrífuga	Mezcla
B – 004	Centrífuga	Aloe StarFruit
B – 005	Centrífuga	Pulpa filtrada
B – 006	Centrífuga	Star Pulp

A continuación, en la Tabla 16 se detallan los sistemas auxiliares necesarios para ciertos procesos durante la producción del jugo de carambola con cristales de sábila y para el funcionamiento de la planta.

Tabla 16. Sistemas auxiliares de la planta

Sistema auxiliar	Descripción
Sistemas eléctricos	Para el funcionamiento de la planta en cada área y las diferentes operaciones unitarias del proceso.
Sistemas contraincendios	Obligatoria para la seguridad laboral e higiene, este sistema incluye sistemas de detección de humo, alarma, medios de evacuación y de extinción.
Sistema de drenaje	Utilizado para retirar aguas acumuladas en la planta o también de las aguas provenientes de la operación de lavado de la materia prima (carambola y hojas de sábila).
Sistema de tratamientos de agua grises	Durante la producción del jugo existen varios lavados de la materia prima por lo cual es esencial tratar el agua proveniente de la operación unitaria para después dirigirse al sistema de drenaje.
Sistema de lavado solución NaClO	Este sistema corresponde a una solución de NaClO usada para el lavado de la materia prima en la entrada.

Sistema auxiliar	Descripción
Sistema de agua-vapor	Utilizado en la pasteurización, pues este tipo de operación unitaria necesita del suministro de agua para hacer efectivo el proceso.
Sistema de aire comprimido	Necesario en procesos en los cuales el aire comprimido debe estar 100 % exento de aceite para controlar válvulas y actuadores en líneas automatizadas de llenado, envasado y embotellado.
Sistema de climatización	Ideal para crear condiciones de temperatura, humedad y limpieza de aire adecuadas para la comodidad de los trabajadores.

4.4. Diagrama de instrumentos y tuberías (P&ID)

De manera similar al diagrama de flujos (PFD), se estableció el diagrama de instrumentos y tuberías (PI&D) que se presenta en el Anexo IV. Las especificaciones de las tuberías se establecieron con el uso de la nomenclatura de PDVSA, que se indica en la Figura 5.

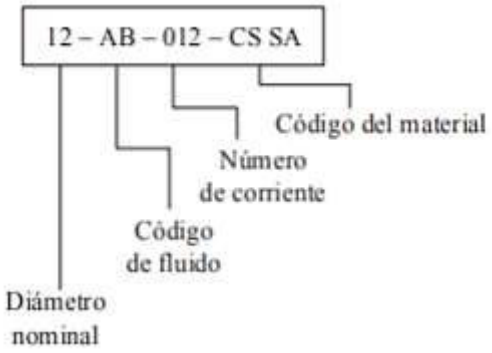


Figura 5. Nomenclatura del diagrama PI&D

4.5. Especificaciones de tuberías y accesorios

En la Tabla 17 se muestran las especificaciones de las diferentes tuberías empleadas en las áreas del proceso rediseñado de producción del jugo clarificado de carambola con cristales de sábila. En la Tabla 18 se presentan las especificaciones de las válvulas utilizadas en el área de producción.

Tabla 17. Especificaciones de tuberías del proceso productivo

	No. de corriente	Nomenclatura	Diámetro nominal	Fluido que transporta	Material
CARAMBOLA	20	2" -SN-20-SS	2"	Solución NaClO	Acero Inoxidable
	22	2" -AL-22-SS	2"	Agua residual	
	10	3" -PC-10-SS	3"	Pulpa de carambola	
	11	3" -PC-11-SS	3"	Pulpa tratada	
	12	3" -JC-12-SS	3"	Jugo clarificado	
	23	2"-JR-23-SS	3"	Retenido	
HOJAS DE SABILA	15	2" -SN-15-SS	2"	Solución NaClO	Acero Inoxidable
	17	2" -AL-17-SS	2"	Agua residual	
	19	2" -AC-19-SS	2"	Acíbar	
	16	2" -HW-16-SS	2"	Agua caliente	
	7	2" -PT-7-SS	2"	Pulpa troceada	
ALOE STARFRUIT	26	2" -VA-26-SS	2"	Vapor de agua	Acero Inoxidable
	27	2" -WH-27-SS	2"	Agua caliente	
	13	2" -JM-13-SS	2"	Jugo mezclado	
	14	2" -JP-14-SS	2"	Jugo pasteurizado	
OTROS PRODUCTOS	31	2" -JF-31-SS	2"	Pulpa filtrada	Acero Inoxidable
	32	2" -SP-32-SS	2"	StarPulp	
	35	4" -WR-35-SS	4"	Agua residual a tratar	
	36	4" -WT-36-SS	4"	Agua tratada	

Tabla 18. Especificaciones de las válvulas

No. de corriente	Nomenclatura	Diámetro nominal
16	VC-001	1 1/2"
15	VC-001	1 1/2"
26	VC-002	2"
10	VC-003	2"
20	VM-004	2"
11	VC-005	2"
23	VC-006	2"
12	VC-007	2"
7	VC-008	2"

No. de corriente	Nomenclatura	Diámetro nominal
13	VC-009	2"
14	VC-010	2"
27	VC-011	2"
17	VC-012	2"
22	VC-013	2"
33	VC-014	2"
31	VC-015	2"

4.6. Diseño básico de la planta

4.6.1. Distribución de áreas

En la Tabla 19 se presenta la distribución de las áreas de trabajo dentro de la planta, en función de los procesos que se realizan en cada una de ellas.

Tabla 19. Distribución de las áreas

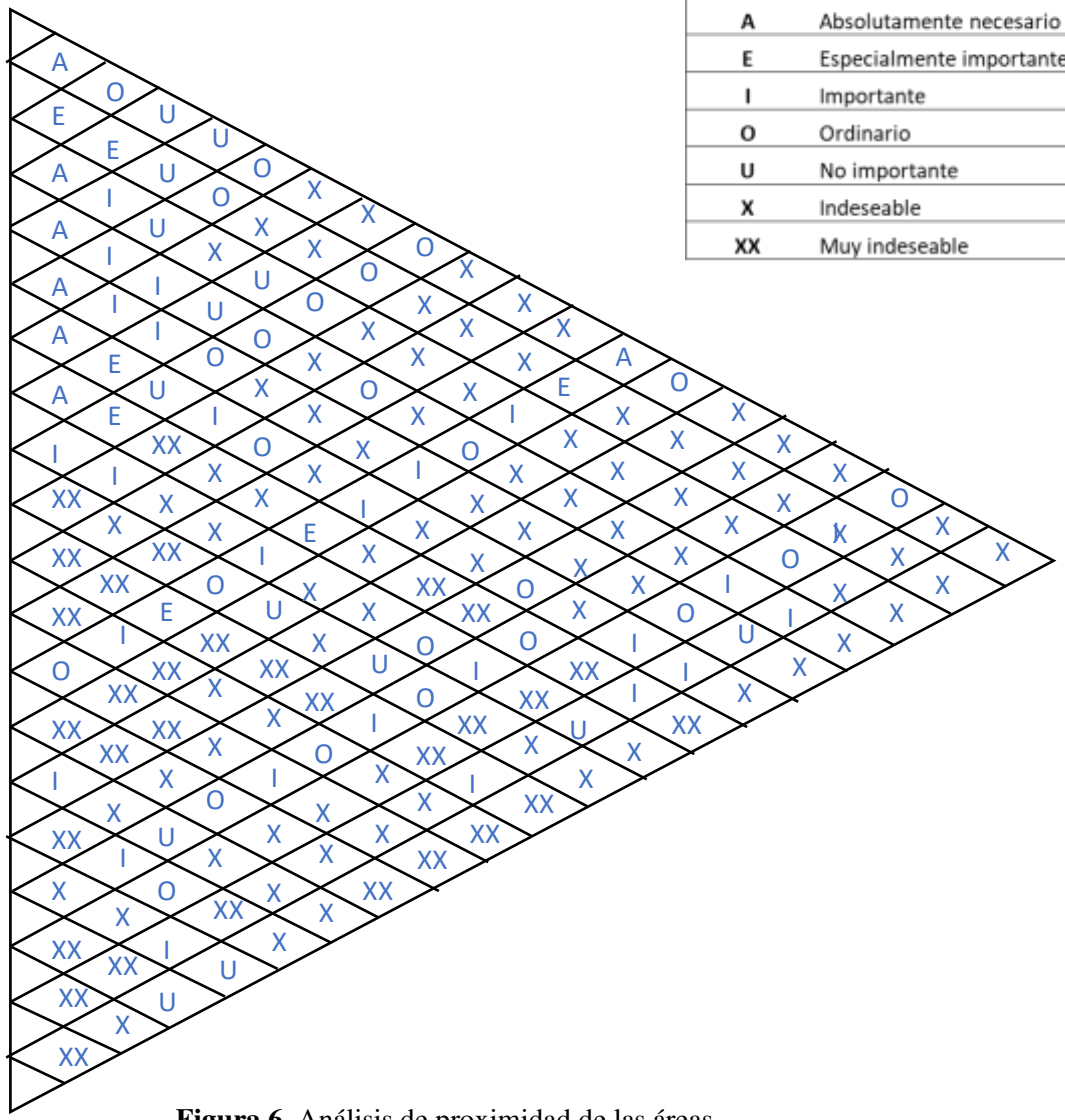
N° área	Área	Proceso
1	Recepción de materia prima	Recepción de carambola Recepción de hojas de sábila
2	Selección y lavado	Selección de la materia prima Lavado de carambola Lavado de hojas de sábila
3	Desangrado	Desangrado
4	Fileteado - Despulpado	Fileteado de sábila Despulpado de carambola
5	Estabilización	Inmersión Lavado en caliente Troceado
6	Clarificación	Tratamiento enzimático Microfiltración tangencial Filtrado

N° área	Área	Proceso
7	Zona aséptica	Mezclado Pasteurización
8	Envasado	Envasado Sanitización de botellas de vidrio
9	Almacenamiento	Almacenamiento
10	Producción de la pasta de acíbar	Cocción Envasado
11	Producción de Abono orgánico	Compostaje
12	Tratamiento de agua residuales	Decantación Microfiltración

4.7. Análisis de proximidad

En la Figura 6 se presenta el análisis de proximidad que permite determinar las áreas que podrían estar juntas o no, en la distribución de la planta.

ÁREA
Recepción de materia prima
Selección y lavado
Desangrado
Fileteado - Despulpado
Estabilización
Clarificación
Zona aséptica 1
Envasado
Almacenamiento
Producción de la pasta de sábila
Producción de Abono
Tratamiento de agua residuales
Laboratorio de calidad
Vestuarios
Sanitarios
Mantenimiento
Administración (oficinas-comedor)
Bodega de químicos
Caldero
Bodega de insumos



CÓDIGO	SIGNIFICADO
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinario
U	No importante
X	Indeseable
XX	Muy indeseable

Figura 6. Análisis de proximidad de las áreas

4.8. *Layout*

En base al análisis de proximidad realizado se el *layout* o la distribución de la planta, el cual se muestra en el Anexo V así como el flujo del proceso y la circulación de los operarios.

4.9. Planificación de la producción

- **Duración de las actividades en planta**

Para la elaboración del jugo de carambola con cristales de sábila se realizan diferentes actividades que van desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del jugo envasado. En la Tabla 20 se detallan todas las actividades, junto con el tiempo de duración de cada una.

Tabla 20. Duración de las actividades

Actividad	Capacidad del equipo	Flujo para procesar (kg/día)	Duración de la actividad (min)
Recepción de carambola	NA	160,37	30
Lavado de carambola	150 – 3 00 kg	160,37	30
Despulpado de carambola	250 kg	112,26	60
Tratamiento enzimático	5 m^3	112,30	90
Clarificación	2 – 8 m^3	84,29	60
Recepción de sábila	No aplica	25,35	30
Lavado	30 – 100 kg	25,35	30
Desangrado	NA	1,27	120
Fileteado manual	NA	14,88	30
Inmersión	100 L	45	30
Lavado en caliente	100 L	45	30
Troceado de sábila	80 kg	14,88	30
Mezclado	80 – 500 L	99,17	40
Pasteurización	50 – 250 L	99,17	30
Envasado	15 unidades/min	235 unidades/día	90
Cocción	15 kg	1,27	90
Envasado acíbar	--	0,5	60

Actividad	Capacidad del equipo	Flujo para procesar (kg/día)	Duración de la actividad (min)
Producción de abono	--	58.03	60
Filtrado	20-50 L	26.6	30
Pasteurización	80-250 L	26.6	30
Envasado	10 un/min	87 unidades/día	30

- **Horario de actividades a realizarse en la planta**

En la Tabla 21 se muestran los horarios en los que se realizarían las diferentes actividades de la planta procesadora de jugo de carambola.

Tabla 21. Horario de las actividades de la planta

Actividad	Horario de inicio	Horario final	Duración de la actividad (min)
Recepción de carambola	07:30	8:00	30
Lavado de carambola	08:00	8:30	30
Despulpado de carambola	8:30	9:30	60
Tratamiento enzimático	9:30	11:00	90
Clarificación	11:00	12:00	60
Recepción de sábila	07:00	07:30	30
Lavado	07:30	8:00	30
Desangrado	8:00	10:00	120
Fileteado	10:00	10:30	30
Inmersión	10:30	11:00	30
Lavado en caliente	11:00	11:30	30
Troceado de sábila	11:30	12:00	30
Mezclado	12:00	12:40	40
Pasteurización	12:40	13:10	30
Envasado	13:30	15:00	90
Filtrado	14:00	14:30	30
Pasteurización	14:30	15:00	30
Envasado	15:00	15:30	30
Cocción	10:00	11:30	90
Envasado acíbar	11:30	12:30	60
Mezcla de compostaje	10:30	11:00	30

Actividad	Horario de inicio	Horario final	Duración de la actividad (min)
Control de condiciones del compost	15:00	15:30	30
Limpieza de equipos/maquinarias	13:30 16:00	14:00 17:00	30 60

- **Diagrama de Gantt**

En la Figura 7 se muestra el diagrama de Gantt, en el que consta la duración de cada uno de los procesos involucrados en la elaboración del jugo clarificado de carambola con cristales de sábila.

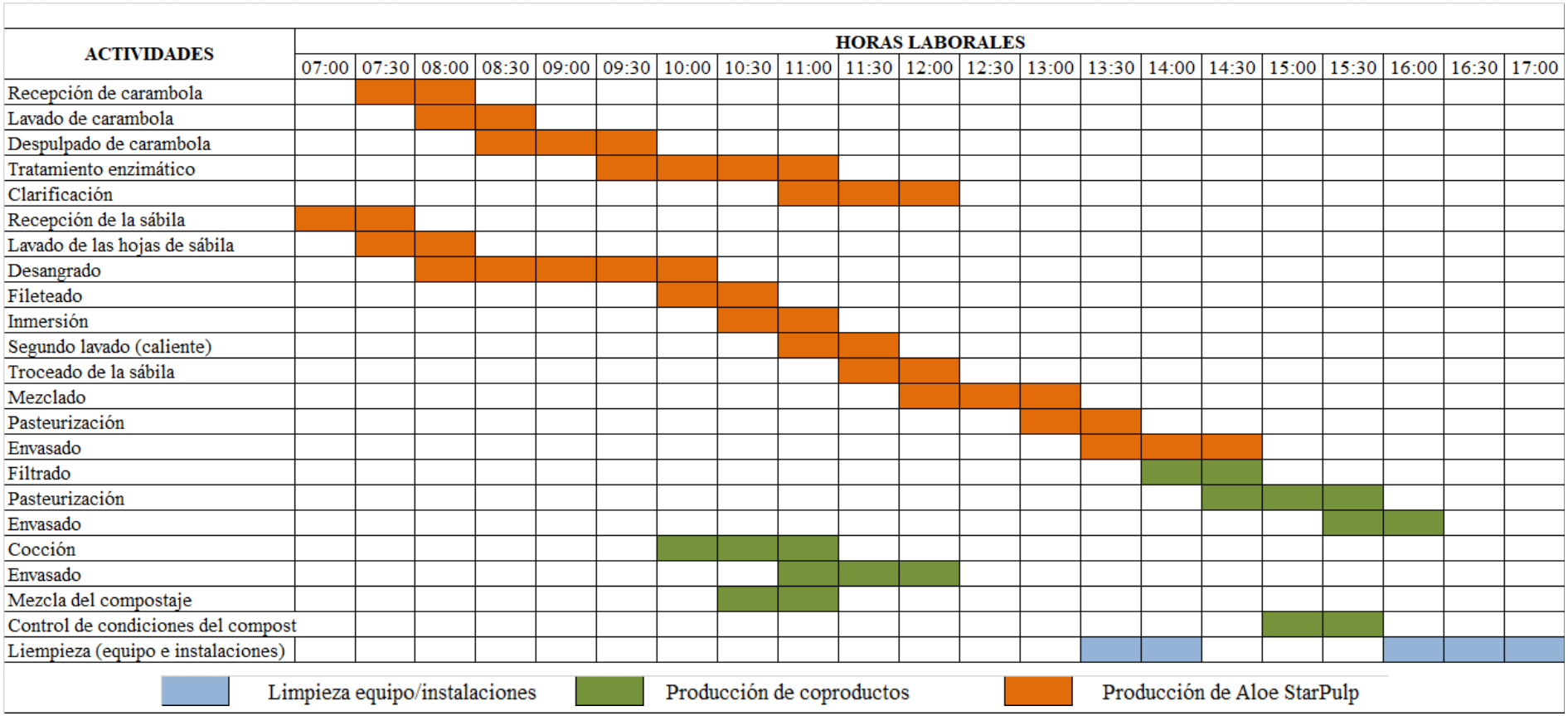


Figura 7. Diagrama de Gantt para la producción de “Aloe StarFruit”

5. ANÁLISIS FINANCIERO

Se realizó un estudio de factibilidad económica con el objetivo de determinar la viabilidad del proyecto luego del rediseño.

5.1. Inversiones

En la Tabla 22 se presenta la inversión del proyecto, mientras que el desglose del rubro de maquinaria y equipos se muestra en la Tabla 23. Los demás detalles de cada rubro se pueden observar en el Anexo VI.

Tabla 22. Inversión de proyecto

Rubro	Valor (USD)	Porcentaje (%)
Terreno y construcciones	86 000	33,4
Maquinaria y equipo	88 853	34,5
Otros activos	63 394	24,6
Imprevistos	11 912	4,8
Capital de operación	7 414	2,9
TOTAL	**257 574**	**100**

Como se puede observar en la Tabla 22, la inversión total de la implementación de la planta productora de jugo clarificado de carambola sería de USD 257 574, de los cuales el 34,5 % corresponden al terreno y las construcciones. Se consideró cerca del 5 % para imprevistos que se puedan presentar durante la construcción y montaje del proyecto.

La inversión del capital propio, aportado por parte de los socios de la empresa GREDA S.A., sería de USD 115 908, que representan el 45 %, mientras que el resto de la inversión se obtendría de un financiamiento por parte de la entidad financiera Ban Ecuador, con una tasa de interés anual del 9,76 %.

Tabla 23. Costo de la maquinaria y equipos

Equipo	Costo (USD)
Lavadora	4 534,00
Banda transportadora	1950,00
Despulpadora	2 895,20
Tanque de agitación	5 620,00
Clarificador	8 897,36
Tina de lavado	2 004,00
Troceadora	3 650,00
Tanque de mezcla	5 150,00
Intercambiador tubular	9 068,80
Envasadora	5 500,00
Canaletas	500,00
Marmita	2 000,00
Equipos auxiliares	3 857
Filtrador	3500,00
Tanque de almacenamiento	2000,00
Gastos de instalación y montaje	7631,00
Planta de tratamiento de agua	20000,00
TOTAL	**88 853,00**

5.2. Costo de operación

En la Tabla 24 se detalla los costos de producción anual, los cuales se determinaron en función de los costos de producción, gastos administrativos, gastos de ventas y gastos financieros, entre otros. Cada rubro se especifica en el Anexo VI.

Con base en la Tabla 24 y los detalles presentados en el Anexo VI, se obtuvo que, para la elaboración de 65 000 botellas anuales, el precio unitario de producción sería de USD 0,95, y que, para generar ganancias, el precio de comercialización del producto Aloe StarFruit debería ser de USD 1,15.

Tabla 24. Costos de producción anuales

Rubro	Valor (USD)
Materiales directos	
Materia prima	19 555
Mano de obra directa	14 232
Carga fabril	
Mano de obra indirecta	15 900
Materiales indirectos	10 580
Suministros	464
Depreciaciones	
Construcciones	6 600
Maquinaria y equipo	7 000
Otros	1 400
Mantenimiento	
Maquinaria y equipo	1 777
Edificios	860
Imprevistos (5 %)	2 761
Seguros	6 994
TOTAL	**88 123**

En la Tabla 25, se muestra el desglose de los costos operaciones anuales generados.

Tabla 25. Costos operacionales anuales

Rubro	Valor ((USD)
Costo de producción	88 123,00
Costo de ventas	13 837,00
Costo de administración y generales	18 135,00
Gastos financieros	1 172,73
TOTAL	**121 280,73**

En el Anexo VI se detallan los costos de operación, se presentan los gastos de administración compuestos por los sueldos del personal administrativo, la depreciación de los equipos y los suministros de oficina. También se detallan los costos de ventas, donde se encuentran los sueldos del personal de ventas y publicidad. Además, se detallan los

gastos financieros que corresponden al interés que se paga a la institución financiera por el crédito.

5.3. Flujo de caja

En la Tabla 26 se presenta el flujo de caja de efectivo de este proyecto; los valores están proyectados para un plazo de 10 años.

Tabla 26. Flujos de caja del proyecto a 10 años

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	257573.58										
Ingreso por ventas	0	121932	132389	143744	156072	169457	183990	199770	216903	235506	255703
Costos directos	0	33787	34970	36193	37460	38771	40128	41533	42986	44491	46048
Carga fabril	0	20691	21312	21952	22610	23288	23987	24707	25448	26211	26998
Gastos ventas	0	13837	14252	14680	15120	15574	16041	16522	17018	17528	18054
Gastos administrativos	0	18135	18679	19239	19816	20411	21023	21654	22303	22972	23662
Costos totales	**0**	**86450**	**89213**	**92064**	**95007**	**98044**	**101179**	**104415**	**107756**	**111203**	**114762**
Utilidad marginal	**0**	**35482**	**43177**	**51680**	**61065**	**71413**	**82811**	**95355**	**109148**	**124302**	**140942**
Impuestos	0	8870	10794	12920	15266	17853	20703	23839	27287	31076	35235
Valor rescate infraestructura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43000.00
Valor rescate equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15224.70
Flujo neto efectivo	**-257573.58**	**26611**	**32383**	**38760**	**45799**	**53560**	**62108**	**71516**	**81861**	**93227**	**163931**

En la Tabla 27 se muestra un resumen comparativo de los indicadores financieros obtenidos del diseño inicial de la planta agroindustrial y del rediseño basado en los principios de economía circular. Los indicadores financieros facilitan la toma de decisiones, pues ayudan a determinar si el proyecto planteado es viable o si es conveniente invertir en él.

Tabla 27. Indicadores Financieros

Indicadores Financieros	Diseño Inicial	Rediseño de la planta
Valor Actual Neto (VAN)	USD 26 492,42	USD 30 243,08
Tasa Interna de Retorno (TIR)	15 %	16 %
Período de Recuperación (PR)	7 años	6 años
Punto de Equilibrio (PE)	55,0 %	55,7 %

- **Valor Actual Neto (VAN)**

Como se puede observar en la Tabla 27, el VAN del proyecto de la planta rediseñada es de USD 30 184.61, mientras que el del diseño inicial era de USD 26 492,42; esto implica un incremento de alrededor del 1,14 %. En ambas situaciones, el VAN resultó positivo, lo que significa que el proyecto sería rentable. La tasa de descuento anual considerada es del 14 %; este valor se estableció considerando la tasa máxima convencional activa que, según el Banco Central del Ecuador, para febrero del 2022 es de 8,63 %. La tasa de riesgo del proyecto sería del 5,14%, esta se estimó con base en que existe poca competencia directa del producto ofertado.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa la tasa de interés máxima que el inversionista puede llegar a pagar sin que se generen pérdidas monetarias; es decir, es la tasa de descuento en la cual el VAN se iguala a cero (Martínez, 2017). En la Tabla 27 se puede observar que el TIR obtenido en el diseño inicial era del 15 %, mientras que, en el rediseño es del 16 %. Igualmente, en ambas situaciones, el TIR es mayor que la tasa de descuento anual establecida para el VAN (14 %), lo que implica que el proyecto sería viable.

- **Período de Recuperación (PR)**

El periodo de recuperación, como su nombre lo indica, representa el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial. En el caso del diseño inicial, el tiempo de recuperación era de 7 años, mientras que en el rediseño es de 6 años. Con la implementación de los

principios de economía circular se lograría acortar el tiempo de recuperación de la inversión inicial en 1 año. El PR obtenido en el rediseño se obtuvo del flujo de caja presentado en la Tabla 27 e indica que el proyecto es viable debido a que la recuperación del capital se lograría en casi la mitad del tiempo de vida del proyecto, que es de 10 años.

- **Punto de Equilibrio (PE)**

El punto de equilibrio (PE) indica el nivel de producción que la empresa debe alcanzar para que se igualen el total de ingresos y el de costos. En este punto no existen pérdidas ni ganancias. Como se puede observar en la Tabla 27, el punto de equilibrio inicial era de 55,0 %, mientras que, en el rediseño, es de 55,7 %. Esto significa que la planta productora debería operar por encima de la mitad de su capacidad para que no incurra en pérdidas monetarias.

6. ANÁLISIS AMBIENTAL

Uno de los objetivos de implementar los criterios de rediseño basados en los principios de economía circular en una planta agroindustrial es lograr reducir los impactos ambientales que se generan por la actividad productiva. Por esta razón, se realizó un análisis ambiental, a través de matrices de Leopold. La matriz de Leopold es un método sistemático y cuantitativo que ayuda a evaluar los impactos asociados a la construcción de proyectos (Ramos, 2004). Los criterios de calificación empleados en la matriz se basaron en el Estudio de Impacto Ambiental de la empresa Láctea “FLORALP S.A”, realizado en el 2017. En la Tabla 28 se presentan los criterios de evaluación. El valor del impacto ambiental se obtuvo mediante la Ecuación 4.

$$\text{Impacto Ambiental} = \text{Magnitud} * \text{Importancia} \quad [4]$$

Los valores magnitud e importancia se obtuvieron de las Ecuaciones 5 y 6, respectivamente.

$$\text{Magnitud (M)} = w_i*I+w_d*D+w_E*E \quad [5]$$

$$\text{Importancia (Im)} = w_r*r+w_e*e+w_g*g \quad [6]$$

Donde

w_r = Peso del criterio de reversibilidad (0,20)

w_g = Peso del criterio de riesgo (0,50)

w_e = Peso del criterio de extensión (0,30)

w_i = Peso del criterio de intensidad (0,40)

w_d = Peso del criterio de duración (0,20)

w_E = Peso del criterio de Extensión (0,40)

Los pesos de cada criterio son asignados por el evaluador; en este caso, se asumieron los mismos valores empleados en la Evaluación Ambiental de la empresa ecuatoriana FLORALP S.A.

Tabla 28. Criterios de Evaluación de Impactos Ambientales

MAGNITUD			
CRITERIO		**VALOR**	**DESCRIPCIÓN**
INTENDISIDAD (I) Grado de alteración ambiental	Alta	10	Alteración evidente, necesita intervención del hombre y recuperación a corto, mediano y largo plazo
	Media	5	Alteración visible con intervención del hombre y mitigación sencilla
	Baja	2	Perturbación ligera, recuperación natural sin intervención del hombre
EXTENSIÓN (E) Escala espacial del efecto ambiental	Regional	10	Incluye la región en la cual se ubica el proyecto
	Local	5	Zona de 1 km de la ubicación del proyecto
	Puntual	2	Sitio propio del proyecto
DURACIÓN (D) Periodo de tiempo de los cambios ambientales	Largo	10	>10 años
	Temporal	5	5-10 años
	Periódica	2	1-5 años
NATURALEZA (N) Benéfico o dañino	Positivo	+	Beneficio de un componente
	Negativo	-	Afectación negativo o deterioro de un componente
IMPORTANCIA			
EXTENSIÓN (e) Área de influencia del efecto ambiental	Regional	10	Incluye la región en la cual se ubica el proyecto
	Local	5	Zona de 1 km de la ubicación del proyecto
	Puntual	2	Sitio propio del proyecto
REVERSIVILIDAD (r) Retorno natural al	Reversible	10	Recuperación natural
	Poco recuperable	5	Necesita de la intervención del hombre y difícil retorno a las condiciones iniciales

estado inicial	Irrecuperable	2	No puede ser recuperado
Riesgo (g) Probabilidad de ocurrencia	Bajo	2	1-10 %
	Medio	5	Entre 10-50 %
	Alto	10	> 50 %

En la Figura 8 se presenta la matriz de Leopold de la planta agroindustrial en el estado inicial, antes de la implementación de los criterios de rediseño, y en la Figura 9, se detalla la matriz luego del rediseño.

		ACTIVIDADES DEL PROYECTO / FACTOR AMBIENTAL	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMPRESA GREDA S.A.																Impacto Total		
			Remoción de capa vegetal	Construcción de obras temporales	Recepción de materia prima	Área de Lavado de materia prima	Área deDesangrado	Área de Fileteado-Despulpado	Área de estabilización	Área de clarificación	Zona Aséptica 1	Envasado y Almacenamiento	Laboratorio de calidad	Área de calderos y generador eléctrico	Bodega de productos químicos	Bodegas de insumos	Taller o área de mantenimiento	Limpieza de instalaciones	Magnitud	Importancia	Total
SISTEMA BIO-FÍSICO	AIRE	Calidad de aire	-6 / 2	-4 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-10.4	4	-20.8
		Nivel de ruido	-4 / 1	3.2 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 3.5	-4 / 6.6	-2 / 6	0 / 0	-4 / 6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-14.2	25.1	-70.9
	AGUA	Calidad del agua	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 6.6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3.4	6.6	-22.44
		Uso de agua	0 / 0	-2 / 2	0 / 0	-3 / 6.6	0 / 0	0 / 0	-4 / 6.6	0 / 0	-3 / 4.1	0 / 0	0 / 0	-3 / 4.1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 6.6	-18.2	30	-95.92
	SUELO	Generación de desechos peligrosos y especiales	0 / 0	-5 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-2 / 3.5	0 / 0	-2 / 4.1	0 / 0	-2 / 4.4	0 / 0	-10.8	13.95	-33.5
		Generación de desechos no peligrosos	-2 / 3.5	-3 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 4.1	0 / 0	-3 / 6	0 / 0	-3 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 2	-3 / 2	-3 / 4.1	-24.4	25.7	-78.04
		Calidad del suelo	-6 / 3.5	-5 / 3.5	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-10.8	7	-37.8
	BIÓTICO	Flora	-7 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-6.8	2	-13.6
		Fauna	-5 / 2	-4 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-8.6	4	-17.2
SOCIO-ECONÓMICO	Socioeconómico	Empleo	2 / 2	2 / 2	3.6 / 2	0 / 0	0 / 0	3.6 / 3.5	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	3.6 / 6	14.8	15.5	49.4
		Servicios básicos (Energía)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 6	-4 / 6	-3 / 6	0 / 0	-3 / 6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-12	24	-72
		Magnitud	-28	-17.8	3.6	-6.6	0	0.4	-4	-8.8	-10.8	-8.2	-2	-9.6	-2	-3.2	-5.2	-2.6			
		Importancia	16	17.5	2	13.2	0	7.6	6.6	15.5	16.7	14	3.5	16.1	4.1	2	6.35	16.7			
		Total	-63.6	-42.8	7.2	-43.56	0	-0.52	-26.4	-45.3	-61.5	-36.4	-7	-51.9	-8.2	-6.4	-15.1	-11.32			

Figura 8. Matriz de Leopold (Diseño inicial)

		ACTIVIDADES DEL PROYECTO / FACTOR AMBIENTAL	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMPRESA GREDA S.A.																						Impacto Total		
			Remoción de capa vegetal	Construcción de obras temporales	Recepción de materia prima	Área de Lavado de materia prima	Área de Desangrado	Área de Filetado-Despulpado	Área de estabilización	Área de clarificación	Zona Aséptica 1	Envasado y Almacenamiento	Laboratorio de calidad	Producción de pasta de sábila	Producción de Abono	Planta de tratamiento de aguas residuales	Área de calderos y generador eléctrico	Producción de Pulpa de carambola	Bodega de productos químicos	Bodegas de insumos	Taller o área de mantenimiento	Almacenamiento de desechos reciclables	Limpieza de instalaciones	Magnitud	Importancia	Total
SISTEMA BIO-FÍSICO	AIRE	Calidad de aire	-6 / 2	-4 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-10.4	4	-20.8
		Nivel de ruido	-4 / 1	3.2 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-5 / 3.5	-4 / 6.6	-2 / 6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-4 / 6	-5 / 3.5	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-17.2	28.6	-81.4
	AGUA	Calidad del agua	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 6.6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	5.2 / 6.6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1.8	13.2	11.88
		Uso de agua	0 / 0	-2 / 2	0 / 0	-3 / 6	0 / 0	0 / 0	-4 / 6	0 / 0	-3 / 4	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-2 / 2	5 / 6.6	-4 / 6	-2 / 6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-4 / 6	-19.2	44.6	-90.2
	SUELO	Generación de desechos peligrosos y especiales	0 / 0	-5 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-2 / 3.5	0 / 0	0 / 0	2 / 3.5	0 / 0	0 / 0	-2 / 4.1	0 / 0	-2 / 4.4	0 / 0	0 / 0	-8.8	17.45	-26.5
		Generación de desechos no peligrosos	-2 / 3.5	-3 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 4.1	0 / 0	-3 / 4	0 / 0	-3 / 2	0 / 0	0 / 0	3.2 / 2	0 / 0	0 / 0	-3 / 2	0 / 0	-3 / 2	-3 / 2	3.2 / 4.1	-3 / 4.1	-21.2	31.8	-58.52
		Calidad del suelo	-6 / 3.5	-5 / 3.5	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	3.2 / 4.1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-7.6	11.1	-24.68
	BIÓTICO	Flora	-7 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-6.8	2	-13.6
		Fauna	-5 / 2	-4 / 2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0		0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-8.6	4	-17.2
SOCIO-ECONÓMICO	Socioeconómico	Empleo	2 / 2	2 / 2	3.6 / 2	0 / 0	0 / 0	3.6 / 3.5	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	4 / 3.5	3.6 / 3.5	0 / 0	0 / 0	4 / 6	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	3.6 / 4	26.4	26.5	92.8
		Servicios básicos (Energía)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-3 / 6	-3 / 4	-4 / 4	0 / 0	-3 / 4	0 / 0	-3 / 3.5	-3 / 6	-3 / 4	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	-19.8	31.5	-88.3
		Magnitud	-28	-17.8	3.6	-6.6	0	0.4	-4	-8.8	-10	-9	-2	1.4	8	9.6	-10.6	-6.8	-2	-3.2	-5.2	3.2	-3.6			
		Importancia	16	17.5	2	12.8	0	7.6	6	13.5	14.6	12	3.5	7.5	11.6	20.2	18	21.5	4.1	2	6.35	4.1	14.1			
		Total	-63.6	-42.8	7.2	-41.64	0	-0.52	-24	-58.9	-50.4	-33.6	-7	3.6	28.12	65.22	-63.6	-15.5	-8.2	-6.4	-15.1	13.12	-22.72			

Figura 9. Matriz de Leopold (Rediseño de la planta agroindustrial)

En la Tabla 29 se presenta una tabla comparativa entre los valores de los impactos ambientales obtenidos en el diseño inicial y en el rediseño de la planta productora de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila; se consideraron las actividades operativas y de apoyo, excluyendo las actividades de remoción de la capa vegetal y construcción de obras temporales, las cuales hacen referencia al montaje de la planta agroindustrial.

Tabla 29. Comparación de Impactos Ambientales

	DISEÑO INCIAL		REDISEÑO	
	Valor	Componente	Valor	Componente
Factor Ambiental	-95.92	Uso del agua	-90.2	Uso del agua
	-78.04	Generación de desechos no peligrosos	-88.3	Servicios básicos (energía)
	-70.9	Nivel de ruido	-81.4	Nivel de Ruido
	-72	Servicios básicos (energía)	-58.52	Generación de desechos no peligrosos
Actividades del Proyecto	-61.5	Zona Aséptica	-63.6	Caldero y generador eléctrico
	-51.9	Caldero y generador eléctrico	-50.4	Zona Aséptica
	-45.3	Clarificación	-41.64	Lavado de materia prima
	-43.56	Lavado de materia prima	-38.9	Clarificación

En la Tabla 30 se detalla el nivel de impacto ambiental de acuerdo con el valor obtenido de la matriz de Leopold.

Tabla 30. Nivel de Impacto Ambiental

VALOR	NIVEL DE IMPACTO	
>100	Critico	Impacto irreversible, difícil eliminación y alta inversión
60-99	Alto	Inversión considerable, impacto alto ocasionado a corto plazo
30-59	Medio	Necesita de regulaciones sin daño irreversible
10-29	Bajo	Dentro de los limites permisible
1-9	Muy Bajo	Impacto imperceptible

(MoyaGest, 2017)

Como se puede observar en la Tabla 30, en el diseño inicial los principales factores ambientales eran el uso del agua y la generación de desechos no peligrosos, los cuales serían considerados como críticos, por sus valores de -95,92 y -78,04, respectivamente.

El uso del agua se genera principalmente en los procesos de lavado, pasteurización, limpieza de equipos y estabilización del cristal de sábila. En el rediseño de la planta, los valores son menores debido a la recirculación de corrientes de agua, como es el caso de reutilización de la corriente de salida de agua caliente, la cual sería utilizada como fluido de calentamiento en la segunda pasteurización y después sería redireccionada para ser utilizada en el proceso de estabilización de los cristales de sábila.

Con respecto a la generación de desechos no peligrosos, el valor inicial era de -78,04, debido a que, en los procesos de clarificación, despulpado y fileteado, las corrientes de salida eran consideradas como desechos. En el rediseño, el nivel de impacto es medio y el valor es de -58,52, debido a que se planteó la adición de procesos para dar un valor agregado a los residuos generados. Los residuos de los procesos de despulpado y fileteado se transformarían en abono, mientras que la corriente de salida de la clarificación, el retenido, sería comercializado como pulpa de carambola.

En la Tabla 29 se observa que las actividades que generan mayor impacto ambiental son las mismas en el rediseño; sin embargo, el valor obtenido es distinto. La actividad que mayor impacto genera en el diseño inicial es la zona aséptica, debido al uso de agua y energía, mientras que, en el rediseño, el mayor valor corresponde al caldero y generador eléctrico. El aumento del valor del impacto se debe a la implementación de nuevos equipos y procesos que consumen mayor energía.

7. ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS DEL REDISEÑO

El cambio de un sistema lineal de producción a un sistema circular implica la implementación de las 7 Rs y los principios de economía circular a lo largo de toda la cadena de valor, es decir, incluyendo las áreas de diseño de la planta, procesos productivos, distribución y comercialización del producto ofertado. En el análisis ambiental realizado, se evidencia la reducción de los impactos ambientales gracias al rediseño de la planta; principalmente se observa una reducción significativa en la generación de desechos no peligrosos; dicha reducción se asocia con el primer principio de economía circular, el cual buscar eliminar o reducir los residuos desde el diseño. Esto se logró mediante el aprovechamiento máximo de los recursos utilizados. En el caso de los

residuos de cáscaras de las materias primas, se planteó la reutilización mediante la generación de compost.

Por otro lado, un grave problema identificado era la corriente de salida “retenido”, proveniente del proceso de microfiltración tangencial, debido a que alrededor del 25 % de la pulpa de carambola de alimentación, no continuaba en el proceso, lo que representaba una gran pérdida, pues era tratada como desecho. Anualmente, 7 392 kg de pulpa de carambola hubieran sido desechados. Se planteó la comercialización de la pulpa no clarificada como un segundo producto por ofertar, “Star Pulp”, con lo que se favoreció al perfil económico de la empresa GREDA S.A. La adición del proceso de desangrado, el cual tiene como objetivo el aprovechamiento del acíbar generado de las hojas de sábila y la posterior producción de la pasta de sábila para ser comercializada, también contribuyó en este aspecto.

La valorización de los subproductos y la generación de nuevos productos se reflejaría en un aumento del número de puestos de trabajo, como se puede evidenciar en las Figuras 8 y 9. En el inicio, el empleo era un impacto positivo de nivel medio, pero con el rediseño, el factor antes mencionado pasa a ser un impacto positivo de nivel crítico, lo cual resultaría beneficioso para el sector en el que funcionaría la empresa, por una mayor generación de empleos.

En lo relacionado con la distribución y comercialización del producto, como alternativa de rediseño se planteó la creación de convenios con empresas externas; esto generaría lazos cooperativos para lograr obtener aliados estratégicos, con el fin de ser una empresa sólida, rentable y elevar la marca del producto ante la competencia y los consumidores.

Un obstáculo de la implementación del sistema circular, principalmente en Ecuador, es la presencia de pocas leyes y normativas que promuevan e incentiven a las empresas la adopción del modelo circular. Sin embargo, en relación con el Acuerdo Ministerial 079 “Normativa para la inclusión de un ciclo en la cadena de valor del vidrio”, se lograría establecer un compromiso de las partes involucradas para reciclar los envases de la bebida ofertada. Mediante la “Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva”, publicada en el 2021, se lograría proteger, valorizar y fomentar sistemas de reciclaje y el correcto

manejo de los residuos, así como promover la concientización de los consumidores por el correcto reciclaje y clasificación de los desechos.

CONCLUSIONES

1. En el estudio técnico se determinó la factibilidad de implementar una planta agroindustrial para la producción de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila con enfoque de economía circular, con una capacidad de 2 321 L/mes, ubicada en la ciudad de Chone, la cual necesitaría una inversión de USD 257 574

2. La adición del proceso de hidrólisis enzimática ayudaría a aumentar el rendimiento de la pulpa en el proceso de microfiltración tangencial ya que reduciría la cantidad de sólidos solubles presentes permitiendo un mayor volumen de permeado y reduciría problemas ocasionados por el taponamiento en la membrana.

3. El aprovechamiento de los fluidos de salida del proceso productivo mediante la producción de coproductos como la pulpa de carambola, pasta de sábila y compost ayudaría a generar ganancias económicas y reduciría los impactos ambientales.

4. La tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y el periodo de recuperación (PR) obtenidos en el rediseño serían levemente superiores que los correspondientes al diseño inicial. De cualquier manera, los indicadores financieros obtenidos indican que el proyecto sería rentable y viable.

5. La implementación de criterios de rediseño basados en los principios de economía circular ayudaría a disminuir significativamente los impactos ambientales con respecto al uso del agua y la generación de desechos.

6. El impacto en cuanto a empleo sería mayor en el rediseño, debido a la implementación de nuevos procesos y la generación de nuevos productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrocalidad. (2015). *Víveros registrados*. Obtenido de http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/viveros-registrados- haste-el-mes-defebrero2015.xlsx
2. Aguasplendor. (11 de 08 de 2018). *Aguasplendor (S.F.)*. Obtenido de Propiedades únicas del agua SPLENDOR: http://www.aguasplendor.com.ec/propiedades-unicas.html
3. Ahlawat, S., & Khatkar, S. (2011). Processing, food applications and safety of aloe vera products: a review. *J Food Sci Technol*, 525–533.
4. Arroyo, D. (2010). Obtenido de Estudio del uso combinado de radiación UV-C y empacado al vacío para aumentar la vida poscosecha de carambola (Averrhoa carambola L.): http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4869/1/41724_1.pdf
5. Arroyo, F., Bravo, D., & Rivera, M. (15 de Noviembre de 2018). Economía circular: un camino hacia un Quito más sostenible. *INNOVA Research Journal*, 139-158. Obtenido de Economía circular: un camino hacia un Quito más sostenible.
6. Astudillo, J., & Pachel, D. (Julio de 2015). Obtenido de Transformación de Frutas y Verduras en Bebidas Naturales:: https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4893/1/121580.pdf
7. Barba, J., Carillo, X., & Gaete, C. (2007). *Elaboración de jugo de frutas enriquedicidos con aloe vera.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
8. Cagua, D., Arias, M., & Orduz, J. (2015). El cultivo de carambolo (Averrhoa carambola L.) . *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 135-148. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a12.pdf
9. Canon, P., & Barta, J. (2008). *Handbook of fruits and fruit processing.* New Jersey: Wiley-Blackwell.
10. CEPAL. (23 de Junio de 2021). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Obtenido de Avances hacia una economía circular en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades para lograr un estilo de desarrollo más sostenible y bajo en carbono: https://www.cepal.org/es/eventos/avances-economia-circular-america-latina-caribe-desafios-oportunidades-lograr-un-estilo
11. Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). *Economía Circular, Estrátegia y Competividad empresarial* . Obtenido de https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf
12. Certerchem. (2011). Obtenido de Application Data Sheet Klerzyme 150®: https://www.centerchem.com/PDFs/Klerzyme150%20Applications.pdf,(Diciem

13. CODEX. (1993). *Norma para la carambola.* Obtenido de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B187-1993%252FCXS_187s.pdf

14. Correa, N. (2020). *Modelo conceptual para la implemnetación de prácticas de ecnomía circular en la cadena de suministro Farm to Fork.* Colombia: Universidad de La Sabana.

15. Davis, R. (2016). *Aloe vera: A scientific approach.* New York: Vantage Press.

16. Domínguez, R., Arzate, I., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, S., Calderón, G., . . . Gutiérrez, G. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista méxica de Ingeniería Química*, 1665-2738.

17. Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Schools of thought – cradle to cradle*. Obtenido de https://ellenmacarthurfoundation.org/

18. Erik, d. l., & Prendes, B. (2019). *Evaluación del uso al Aloe Vera (Barbadensis Miller), en bebidas naturales frías.* Guayaquil: Universidad.

19. Estrella, E. (2020). *Guía de prácticas de higiene en frutas y hortalizas para centros de acopio, que garanticen la incuidad de sus productos .* Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.

20. Garabiza, Prudente, & Quinde. (2020). *La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio caso.* Ecuador: Espacios.

21. Geankoplis, C. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias.* México: Continental S.A .

22. Gónzales, E., Castillo, F., Socorro, S. d., & Retto, C. (2017). *Sistema de Aprovechamiento de residuos orgánicos vacunos y su aplicaciónen la agropecuaria de campos del Chira.* Pirhua: Universidad de Pirhua.

23. Guzmán, M., & Guevara, C. (2020). *Economía circular, una estrategia para el desarrollosostenible.* Quito: Estudio de la Gestión.

24. Hermida, C., & Domíngez, M. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño:el modelo ECO-3. *Informador Técnico (Colombia)*, 82-90.

25. INCAUCA. (2020). Obtenido de Azúcar para industria: https://www.incauca.com/es/tag/azucar-para-industria/#:~:text=El%20az%C3%BAcar%20Incauca%20Refinado%20es,sectores%20de%20alimentos%20y%20farmac%C3%A9uticos.

26. INEC. (2020). Obtenido de Proyecciones Poblacionales: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/

27. INEN. (2008). *Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos.* Quito-Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización .

28. INEN. (2011). *Agua potable. Requisitos.* Quito: Instituto Nacional de Normalización.

29. INEN. (2017). *Azúcar blanca. Requisitos.* Quito: Instituto Nacional de Normalización.

30. La Hora. (15 de Noviembre de 2015). *Carambola: La fruta estrella.* Obtenido de https://www.lahora.com.ec/noticia/1101881144/carambola-la-fruta-estrella-

31. Llaneza, A. (2012). *Tratamiento de aguas residuales en la industria del zumo de manzana.* Obtenido de https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/3994/TFM_LlanezaGonzalez.pdf;jsessionid=41BEF7D7F5301710FBB620B2976EC8CA?sequence=3

32. Martínez, C. (2017). Obtenido de Evaluación Finaciera: http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/MartinezSCM/cap4.pdf

33. Matheus, C. (2012). *Obtención de Jugo clarificado de carambola (Averroha carambola L.) mediante microfiltración tangencial.* Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial .

34. Ministerio del Ambiente. (2016). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR: https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/

35. Ministerio del Ambiente. (2020). Obtenido de Estudio de potenciales impactos medioambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador.: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART5.pdf

36. Mite, J., & Vega, D. (2017). *Estudio de la participación del mercado en bebidas nutritivas en la parroquia Ximena en Guayaquil.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

37. Molero, T., Viloria, M., Patiño, D., & Ocando, M. (2013). Producción de Gel y Acíbar en plantaciones de sábila (Aloe barbadensis) en el Occidentes de Venezuela. *Bioagro*, 71-76.

38. Moreira, T. (2015). *Método de extracción del concentrado de carambola (Averrhoa carambola L.) en el cantón Mocache.* Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

39. Morton, J. (1999). *Fruits of warm climates.* Miami: Wipf and Stock Publishers.

40. MoyaGest. (2017). *Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo ambiental industria láctea FLORALP S.A.* Quito: MoyaGest.

41. MPCEIP. (2020). *Libro Blanco de la economía circular del Ecuador .* Quito: Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca.

42. Murillo, G. (11 de 06 de 2018). *Ficha técnica, extracto de caña de azúcar granulada*. Obtenido de https://www.e-agrizon.com/wpcontent/uploads/2019/04/FICHA-TECNICA-ECV-18-_compressed.pdf

43. Narváez, R., & Pereira, N. (2013). *La sábila (aloe vera):petróleo verde cristalino Venezuela.* Caracas: El perro y la rana.

44. Nieto, J., & Suárez, C. (2020). Desarrollo de una bebida energizante con pulpa de maracuyá,cristales de aloe vera, panela y propiedades antioxidantes. *Universidad de la Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA)*, 1456.

45. ONU. (2015). Obtenido de Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

46. Pérez, V. (13 de Junio de 2019). *Composición Química, Propiedades Físicas y Reológicas del mucílago de Aloe barbadensis Miller.* Obtenido de http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/128.pdf

47. Piguave, V., Mantuano, M., Moreira, R., Calero, F., Avellán, J., Calderón, M., . . . Mero, R. (2021). *Estudios de la averrhoa carambola (fruta china), oferta y demanda específica de esta fruta en el mercado local.* Manta: Cuerpodevoces.

48. Pinela, B. (2014). *Producción y aprovechamiento de la sábila (Aloe vera) como planta medicinal y sus beneficios.* Santa Cruz del Quiché: Universidad de San Carlos de Guatemala.

49. Quito cómovamos. (2020). Obtenido de Información sobre demografía Quito como vamos 2020: https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2021/05/1.DEMOGRAF%C3%8DA.pdf

50. Ramirez, G. (2003). Fisioterapia, revisones monográficas. En *Sábila (Aloe Vera)* (págs. 23-32). Natura M.

51. Ramírez, G. (2003). Sábila (Aloe Vera). *NATURA M*, 26-32. Obtenido de Sábila (Aloe Vera).

52. Ramos, A. (2004). *Metodolgías matriciales de Evalaución ambiental para paises en desarrollo: Matriz de Leopold y método Mel-Enel.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

53. Rockström, J. –S.–N. (2009). A safe operating space for humanity. *In Nature*, 472-475.

54. Sánchez, L. (1998). *Manual para la elaboración artesanal de pasta de zábila.* Venezulea: Ciepe.

55. Sariatli, F. (2017). Linear Economy versus Circular Economy:A comparative and analyzer study for Optimization of Economy for Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 31-34.

56. Silva, J. (2019). *Agrotendencia*. Obtenido de Sábila (aloe vera): https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-aloe-vera/

57. SIOC. (2007). *Cadena Productiva de sábila.* Santa Marta-Colombia: Gremio sabilero Colombiano.

58. SNI. (2020). Obtenido de Ficha de cifras generales: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/1301_PORTOVIEJO_MANABI.pdf

59. Solis, C. (13 de Agosto de 2010). *Modelamineto matemático de la transferencia de sacarosa en la deshidratación del fruto de la carambola (Averrhoa carambola L.).* Obtenido de http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/59/004-2-1-007.pdf?sequence=1&isAllowed=y

60. Soliz, C. (2010). *Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios.* Obtenido de Modelamiento matemático de la transferencia de sacarosa en la deshidratación osmótica del fruto de la carambola (Averrhoa carambola L.)): https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/59/004-2-1-007.pdf?sequence=1&isAllowed=y

61. Steffen, W. –R.–R.–C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *In Science*, 347.

62. Tello, O., García, R., & Vásquez, O. (2002). Conservación de Averrhoa carambola "carambola". *Revista Amazónica de Investigación*, 49-58.

63. Tupaña, D. (2012). *Obtención de jugo clarificado de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) medinate el uso de tecnología de membranas.* Quito: Escuela Politécnica Nacional .

64. Vasco, A. (2008). Obtenido de Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de jugos clarificados y jugos clarificados concentrados de mora, tomate de árbol y naranjilla, utilizando la tecnología de membranas: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26372/1/35%20GIS.pdf

65. Zambrano, H. (2004). *El conglomerado zábila (aloe vera) en el estado de Falcón-Venezuela.* Venezuela: Cuadernos de desarrollo rural.

ANEXOS

ANEXO I Encuesta realizada en la ciudad de Quito

ANEXO II Balances de Masa y Energía

ANEXO III PFD (*Process Flow diagram*) del Rediseño de la planta productora

ANEXO IV P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) -Rediseño de la planta productora

ANEXO V Diagrama de Distribución y circulación del personal de la planta productora

ANEXO VI Estudio de Prefactibilidad Económica

ANEXO VII Ficha Técnica de los equipos

ANEXO I

Encuesta realizada en la ciudad de Quito

La encuesta tiene la finalidad de obtener información sobre los potenciales consumidores de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila. Lea atentamente cada pregunta y responda con honestidad. Gracias por su colaboración

1) Seleccione su rango de edad

- 15 – 19
- 20 – 24
- Mayores a 24

2) ¿En qué cuidad del país vive actualmente?

- Quito
- Otro

3) ¿Conoce la fruta china o carambola?

- Si
- No

4) Si su respuesta anterior fue "si", ¿Ha consumido como jugo u otro producto procesado?

- Si
- No

5) ¿Alguna vez ha consumido bebidas con cristales de sábila?

- Si
- No

6) Si la respuesta anterior fue afirmativa, ¿consideraría agradable la adición de los cristales de sábila?

- Si
- No
- Me es indiferente

7) ¿Estaría interesado en consumir un jugo natural de fruta china o carambola con cristales de sábila?

- Si
- No

ANEXO II

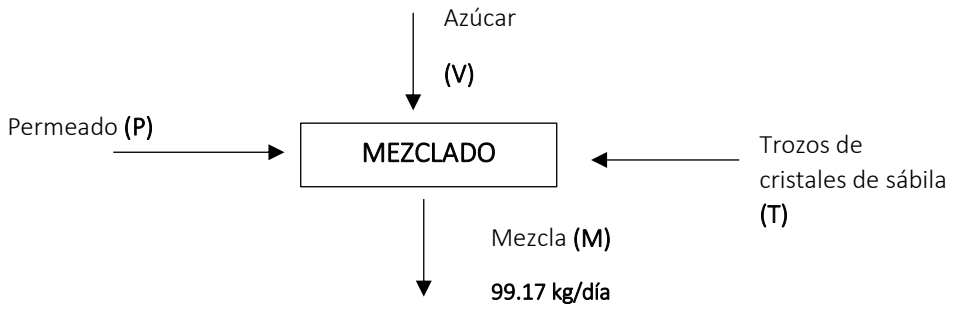
Balances de Masa

Producción de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila:

Se considero la densidad promedio del jugo clarificado de carambola con cristales de sábila en base a la composición del producto, resultando en densidad del producto de 0.94 kg/L

$$105.5\,\frac{L}{día} * \frac{0.94\ kg}{1\ L} = 99.17\ kg/día$$

- ***Balance en el Mezclado***



Considerando:
T= 0.15 M
P=0.85 M

$$P = 84.29\ kg/día$$
$$T = 14.88\ kg/día$$

Según Morton (1999) la pulpa de la carambola tiene alrededor de 5-13 °Brix (Morton, 1999), considerando un valor de 12°Brix, como la cantidad de °Brix inicial y estableciendo que al final el producto va a contener alrededor de 20°Brix.La cantidad de azúcar añadida es de:

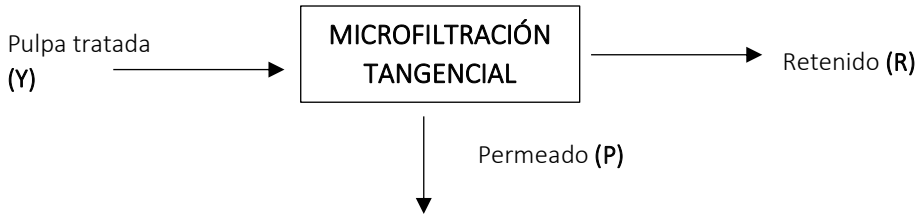
$$Cantidad\ de\ azúcar\ (kg) = \frac{Mezcla * (°Brix\ final - °Brix\ incial)}{100 - °Brix\ final}$$

$$Cantidad\ de\ azúcar\ = \frac{99.17 * (20\ °Brix\ - 12\ °Brix\ )}{100 - 20\ °Brix}$$

$$Cantidad\ de\ azúcar\ = 9.917\,\frac{kg}{día}\,de\ azúcar$$

$$V = 9.917\ kg/día$$

Balance en la Microfiltración Tangencial



-Cálculo del Factor de Retención Volumétrica (FVR)

El FRV es un factor de rendimiento que relaciona el volumen de alimentación y el volumen de permeado que se obtiene y se calcula mediante la Ecuación 6. Según Matheus (2012) se consideró un FVR de 4, obtenido en su estudio (Matheus, 2012).

$$FRV = \frac{V_Y}{(V_Y - V_P)} \qquad [6]$$

$Donde$:

$V_Y = Volumen\ de\ alimentación\ que\ ingresa\ al\ circuito$

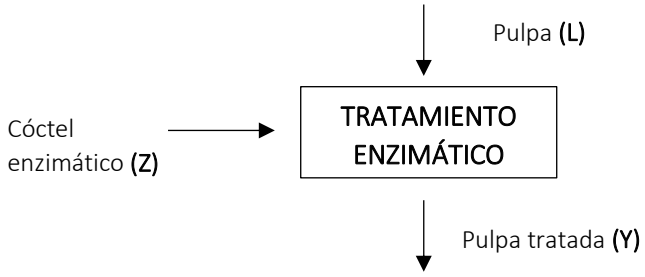
$V_P = Volumen\ del\ permeado$

$$V_P = 84.29 \frac{kg}{día} * \frac{1\ L}{0.93\ kg} = 90.63\ L/día$$

$$4 = \frac{V_Y}{(V_Y - 90.63)}$$

$$V_Y = 120.84\ L/día$$
$$Y = 112.38\ kg/día$$
$$R = 28\ \ kg/día = 30.2\ L/día$$

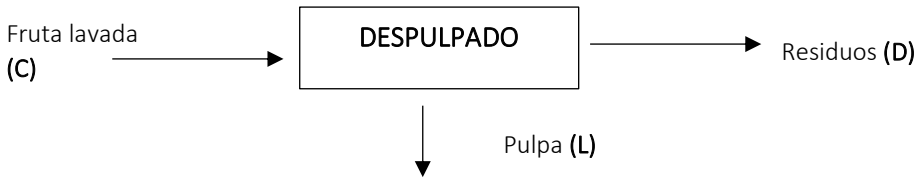
Balance en el Tratamiento Enzimático



$$Z = 120.84\ \frac{L}{día} * \frac{1\ g}{L} = 120.84\ g/día = 0.12\ kg/día$$

$$Entrada = Salida$$
$$Z + L = Y$$
$$L = 112.26\ kg/día$$

Balance en el Despulpado

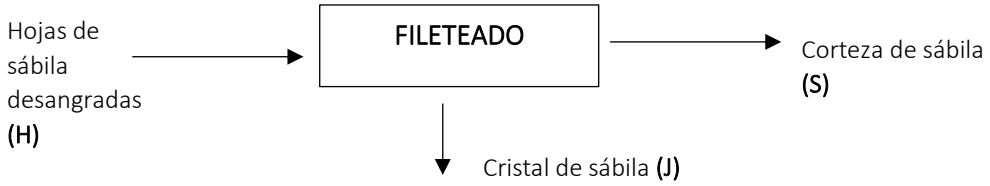


Las cáscaras y semillas representan el 30 % de la fruta fresca (D=0.30 C)

$$Entrada = Salida$$
$$C = L + D$$

$$C = 112.26\ kg/día + 0.30\ C$$
$$C = 160.37\ \frac{kg}{día}$$
$$D = 48.11\ kg/día$$

Balance en el Fileteado



La corteza representa el 30 % de las hojas de sábila, considerando una pérdida del 10 % por el proceso manual. El flujo de salida representa el 40 %.

Considerando:

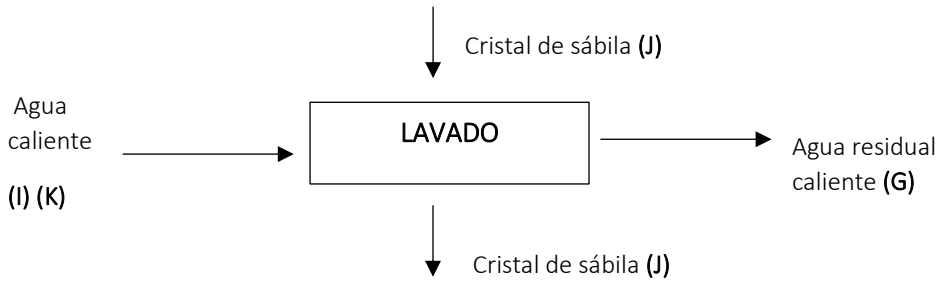
T=J (14.88 kg/día)

S=0.35 H

$$Entrada = Salida$$
$$H = J + S$$
$$H = J + 0.35\ H$$
$$H = 24.8\ kg/día$$

$$S = 9.92\ kg/día$$

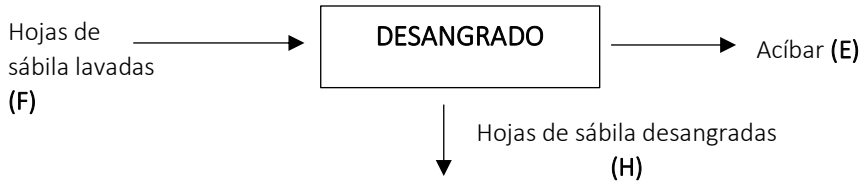
Balance en el Pretratamiento de la sábila (Inmersión y Segundo Lavado)



$$Relación \rightarrow \frac{Agua}{Cristal\ de\ sábila} = 3$$

$$I = 3 * (14.88)$$
$$I = 44.64\ kg/día$$
$$I = K = 44.64\ kg/día$$

Balance en el Desangrado



Se estimó una producción de 60 mL de acíbar por planta, es decir alrededor del 5 % en perdida del peso de la hoja de sábila.

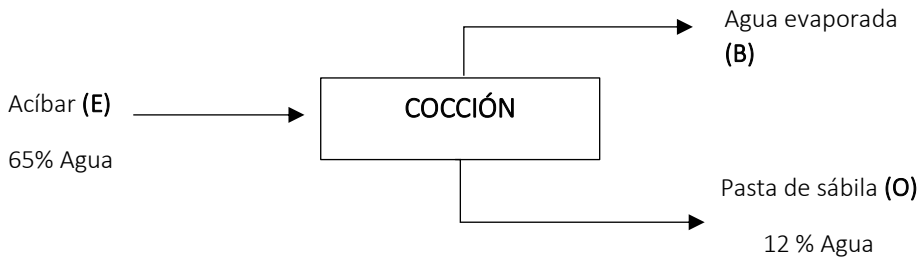
Considerando:

E=0.05*F

$$Entrada = Salida$$
$$F = H + E$$
$$F = H + 0.05\ F$$

$$F = 25.35\ kg/día$$
$$E = 1.27\ kg/día$$

Balance en la Cocción



Se estimó un contenido de agua inicial de 65%.

$$Entrada = Salida$$

$$E = B + O$$

Balance de agua

$$E * X_{agua} = O * X_{agua} + B$$
$$E * X_{agua} = O * X_{agua} + E - O$$

$$1.27 * 0.65 = O * 0.12 + 1.27 - O$$
$$O = 0.50\ kg/día$$
$$B = 0.77\ kg/día$$

Balance de Energía

- ***En la pasteurización (Aloe StarFruit)***

$$Q_{ganado} = -Q_{perdido}$$
$$m_{mezcla} \times Cp_{mezcla} \times (\Delta T_{mezcla}) = -m_{agua} \times (\widehat{H}_L - \widehat{H}_v)$$
$$99.17 \times 3{,}7391\ \frac{kJ}{kg°C} \times (72 - 30)°C = -m_{agua} \times (419.06 - 2675.6)$$
$$m_{agua} = 6.9\ \frac{kg}{día}$$
$$Q_{requerido} = 99.17kg \times 3{,}7391\ \frac{KJ}{kg°C} \times (72 - 30)°C$$

$$Qrequerido = 15573.87\ KJ$$

- ***En la Cocción***

$$Q = m_{agua} \times Cp_{agua} \times (\Delta T_{agua})$$
$$Q = 4.03 \times 4.181\ \frac{kJ}{kg°C} \times (100 - 25)°C$$

$$Q = 1263.70\ KJ$$

- ***En la pasteurización (Star Pulp)***

$$Q_{ganado} = -Q_{perdido}$$

$$m_{pulpa\ de\ carambola} \times Cp_{pulpa} \times \left(\Delta T_{pulpa}\right) = -m_{agua} \times Cp_{agua} \times \left(\Delta T_{agua}\right)$$

$$28 \times 3{,}7391\ \frac{kJ}{kg°\mathrm{C}} \times (72 - 30)°\mathrm{C} = -6.9 \times 4.181\ \frac{kJ}{kg°\mathrm{C}} \times (Tf - 100)°C$$

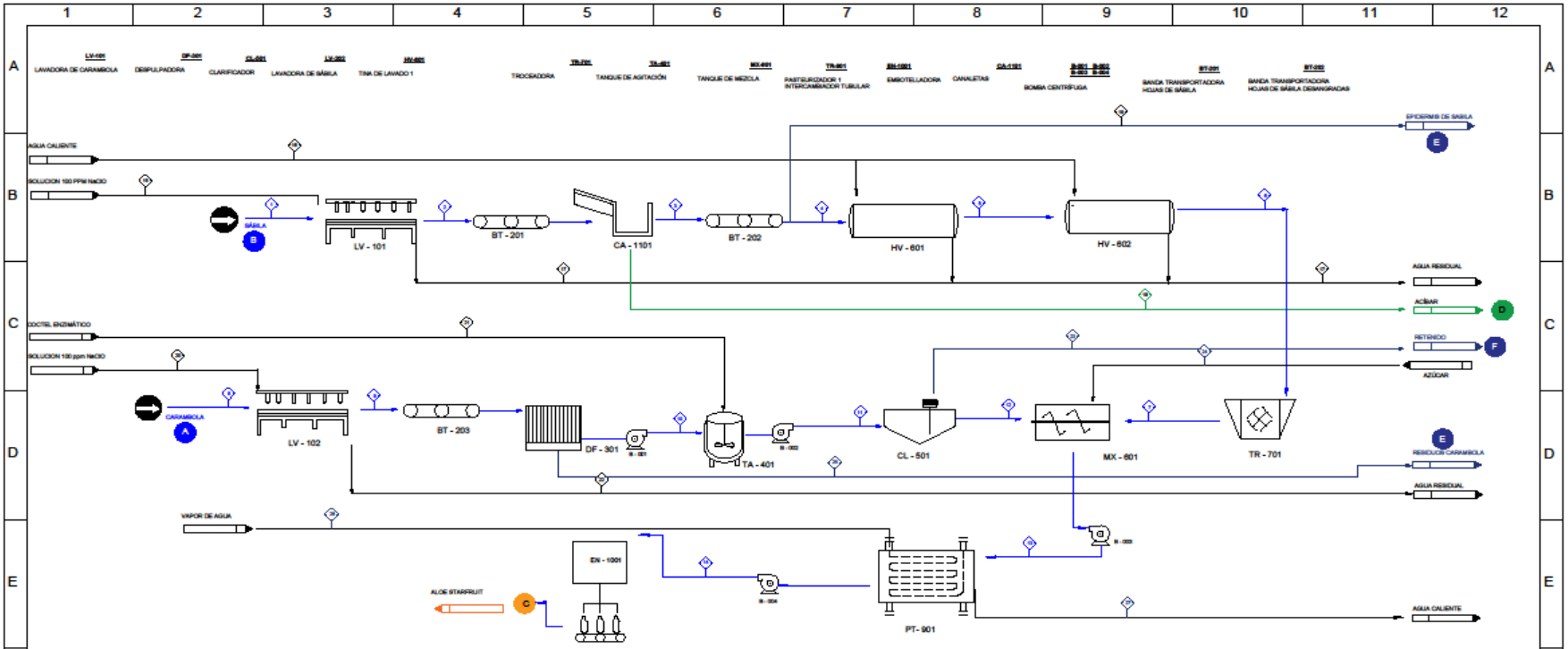
$$Tf = 52.4\ °C$$

$$Q_{requerido} = 28\ kg \times 3{,}7391\ \frac{KJ}{kg°\mathrm{C}} \times (72 - 30)°\mathrm{C}$$

$$Qrequerido = 4397.18\ \ KJ$$

ANEXO III

PFD (*Process Flow diagram*) del Rediseño de la planta productora de Jugo clarificado de carambola con cristales de sábila



Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Descripción	Hojas de sábila	Hojas de sábila lavadas	Hojas desmangradas	Cristal de sábila	Cristal de sábila	Cristal de sábila	Trozos de sábila	Carambola fresca	Carambola avesc	Pulpa de carambola	Pulpa Tratada	Permeado	Mezcla	Mezcla pasteurizada
Presión (bar)	1	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	3	1	-
Temperatura (°C)	15	20	20	25	55	55	25	15	20	25	35	30	50	90
Estado	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Sólido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Flujo masico (kg/dia)	25.35	25.35	24.8	14.88	14.88	14.88	14.88	160.37	160.37	112.25	112.25	84.29	89.17	89.17
Corriente	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Descripción	Sol. de NaClO	Agua caliente	Agua residual	Cortezas de sábila	Aceites	Sol. de NaClO	Coctel enzimático	Agua residual	Retenido	Aceites	Residuos de Carambola	Vapor de agua	Agua caliente	
Presión (bar)	1	-	-	1	-	-	-	1	3	1	1	-	1	
Temperatura (°C)	25	50	25	25	25	25	35	25	25	25	25	100	100	
Estado	Líquido	Líquido	Líquido	Sólido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Sólido	Sólido	Gaseoso	Líquido	
Flujo masico (kg/dia)	25	10.54	114.29	9.92	1.27	160	0.12	160	26	13.0	23.11	3.06	0.38	

OBSERVATIONS

REVISIONS

REV.	DESCRIPTION	RATE

ENGINEERING / DESIGN RECORD DRAWING	SIGN	DATE
Dayana Guascal	DG	28/02/2023
CHECKED:		
PROJECT ENG:		
CLIENT APROVAL		

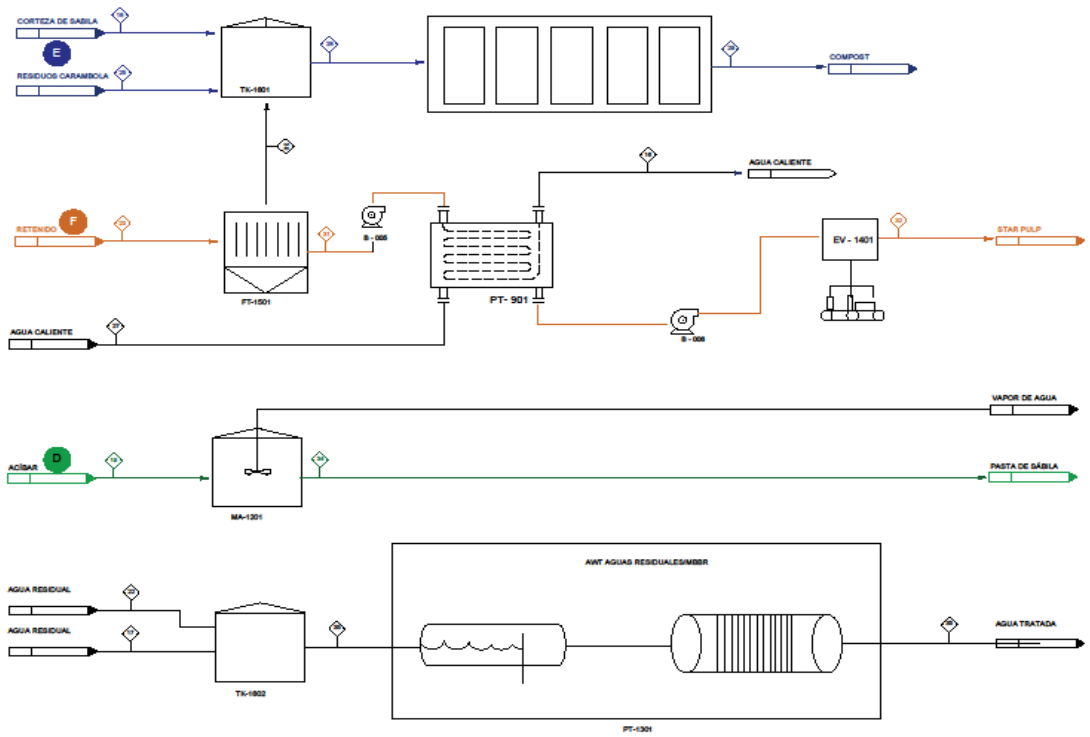
EPN

PROJECT: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DESCRIPTION: PFD-PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA

SIZE: A3 SCALE: N/S

DRAWING Nº: 001 SHEET: 1 OF 4 REV: 1



BALANCE DE MASA (kg/dia)

Corriente	18	17	18	19	22	23	25	27	28	29	30	31	33	34	35
Descripción	Agua estéril	Agua residual	Residuos de cobre	Acíbar	Agua residual	Retenido	Residuos de Carambola	Agua caliente	Mezcla de residuos	Compost	Sólidos de Carambola	Pulpa filtrada	Pulpa de carambola	Residuo de cobre	Agua filtrada
Flujo másico	6.09	114.29	9.92	1.27	160	20	45.11	8.00	99.45	90.02	1.4	28.8	26.6	0.5	274.3
Presión (bar)	-	1	1	-	1		1		1	-	1	-	1	1	-
Temperatura (°C)	62.4	25	25	25	25	25	25	100	25	25	25	25	25	25	25
Estado	Líquido	Líquido	Sólido	Líquido	Líquido	Líquido	Sólido	Líquido	Sólido	Sólido	Sólido	Líquido	Líquido	Sólido	Líquido

OBSERVATIONS	REVISIONS					
	REV.	DESCRIPTION	RATE	ENGINEERING / DESIGN RECORD DRAWING	SIGN	DATE
				Dayana Guascal	DG	28/02/2023
				CHECKED:		
				PROJECT ENG:		
				CLIENT APROVAL		

EPN

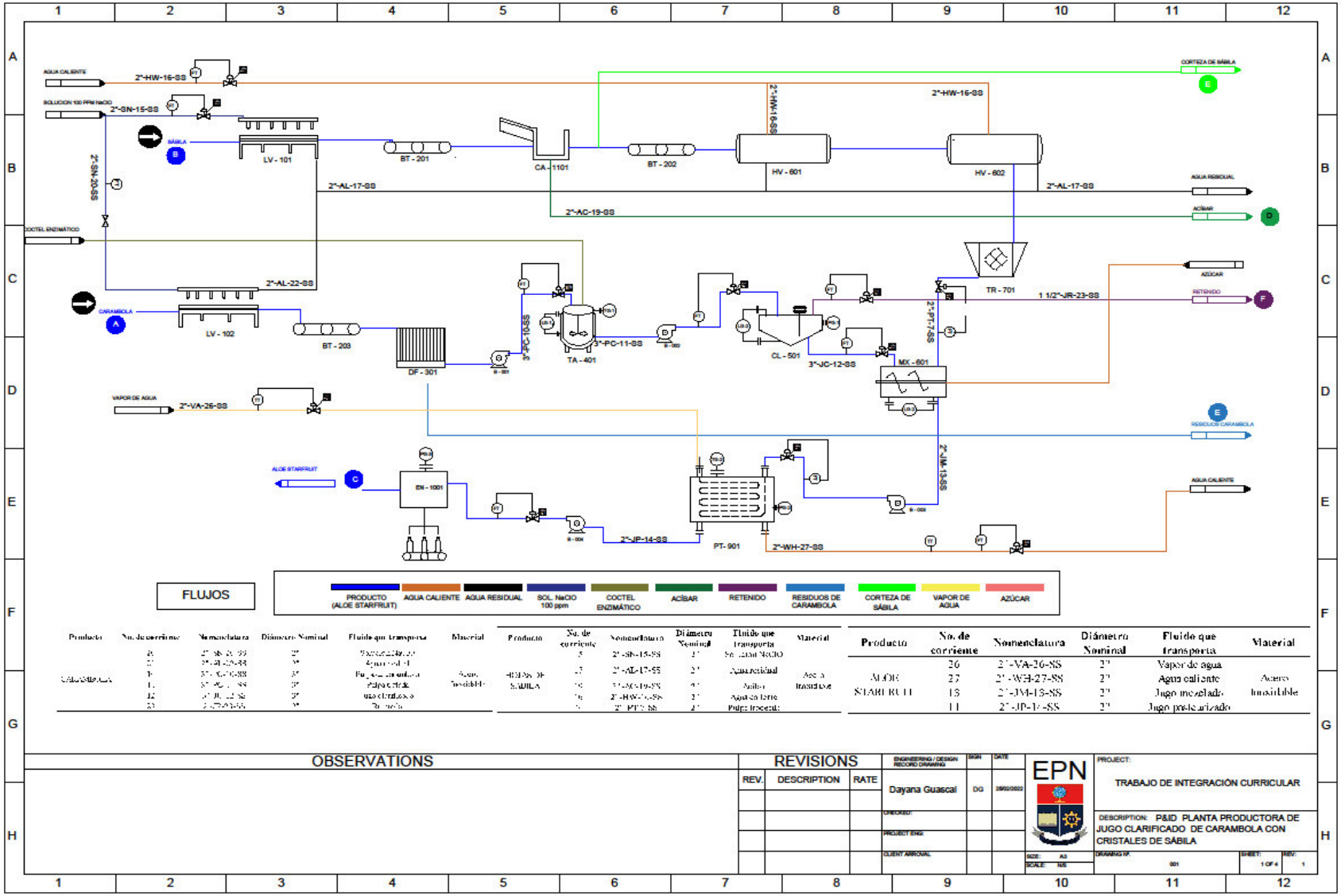
PROJECT: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DESCRIPTION: PFD-PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA

SIZE: A3 SCALE: NS DRAWING N°: 001 SHEET: 1 OF 4 REV: 1

ANEXO IV

P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*) -Rediseño de la planta productora de Jugo clarificado de carambola con cristales de sábila



Producto	No. de corriente	Nomenclatura	Diámetro Nominal	Fluido que transporta	Material
CARAMBOLA	8	2"-SN-8-SS	2"	Solución NaClO	Acero Inoxidable
	9	2"-SN-9-SS	2"	Agua residual	
	10	2"-AC-10-SS	2"	Pulpa de carambola	
	11	3"-JC-11-SS	3"	Jugo de caña	
	12	2"-JC-12-SS	2"	Jugo clarificado	
	23	1 1/2"-JR-23-SS	1 1/2"	Retenido	

Producto	No. de corriente	Nomenclatura	Diámetro Nominal	Fluido que transporta	Material
SÁBILA	5	2"-SN-15-SS	2"	Solución NaClO	Acero Inoxidable
	13	2"-AL-17-SS	2"	Agua residual	
	14	2"-AC-19-SS	2"	Acíbar	
	16	2"-HW-16-SS	2"	Agua caliente	
	7	2"-PT-7-SS	2"	Pulpa inocuada	

Producto	No. de corriente	Nomenclatura	Diámetro Nominal	Fluido que transporta	Material
ALOE STARFRUIT	26	2"-VA-26-SS	2"	Vapor de agua	Acero Inoxidable
	27	2"-WH-27-SS	2"	Agua caliente	
	13	2"-JM-13-SS	2"	Jugo mezclado	
	14	2"-JP-14-SS	2"	Jugo pasteurizado	

OBSERVATIONS

REVISIONS		
REV.	DESCRIPTION	RATE

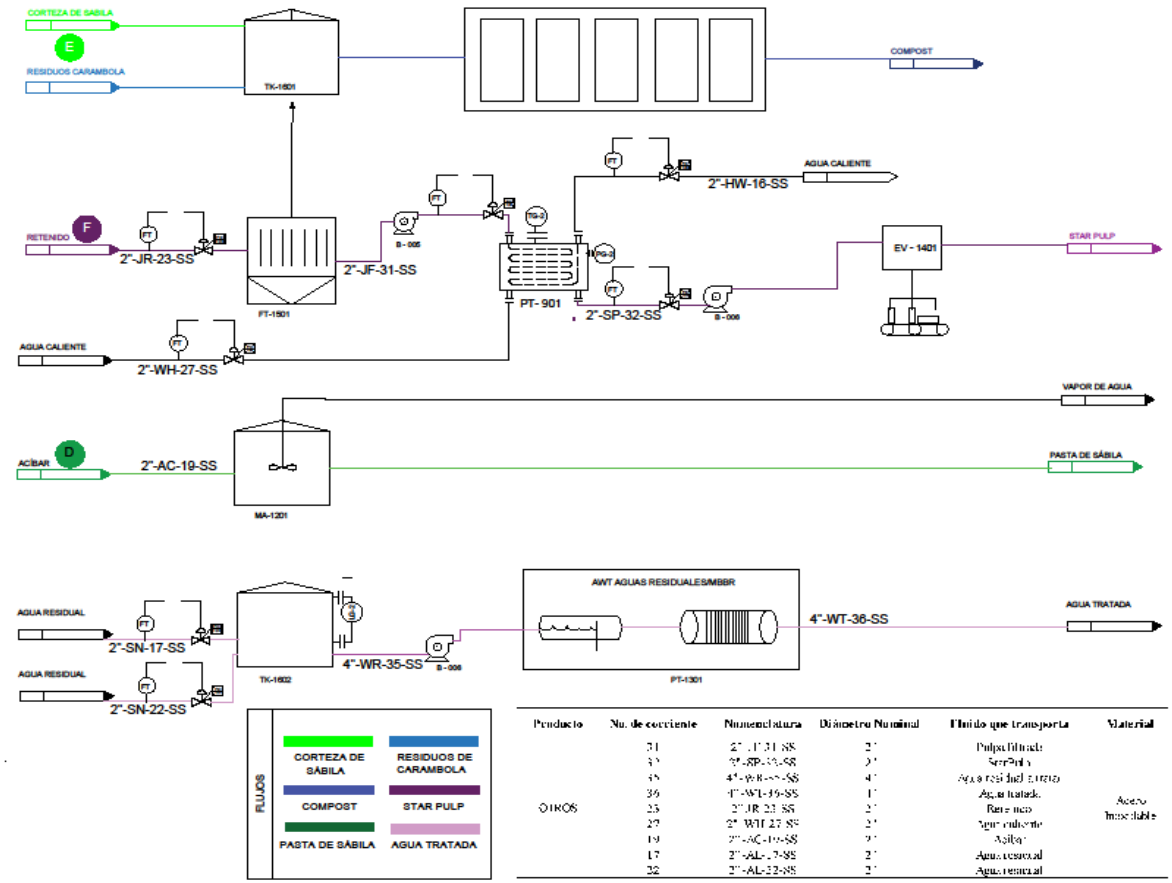
ENGINEERING / DESIGN RECORD DRAWING	SIGN	DATE
Dayana Guascal	DG	25/02/2022
CHECKED:		
PROJECT ENG:		
CLIENT APPROVAL		

EPN

PROJECT: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DESCRIPTION: P&ID PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA

SIZE: A3 SCALE: N/E DRAWING N°: 001 SHEET: 1 OF 4 REV: 1



Producto	Nu. de corriente	Nomenclatura	Diámetro Nominal	Fluido que transporta	Material
OTROS	31	2"-JF-31-SS	2"	Pulpa filtrada	Acero Inoxidable
	32	2"-SP-32-SS	2"	SterPulp	
	35	4"-WR-35-SS	4"	Agua residual filtrada	
	36	4"-WT-36-SS	4"	Agua tratada	
	23	2"-JR-23-SS	2"	Retenido	
	27	2"-WH-27-SS	2"	Agua caliente	
	19	2"-AC-19-SS	2"	Acibar	
	17	2"-AL-17-SS	2"	Agua residual	
	22	2"-AL-22-SS	2"	Agua residual	

OBSERVATIONS

REVISIONS		
REV.	DESCRIPTION	RATE

ENGINEERING / DESIGN RECORD DRAWING	SIGN	DATE
Dayana Guascal	DG	28/02/2023
CHECKED:		
PROJECT ENG:		
CLIENT APPROVAL		

EPN

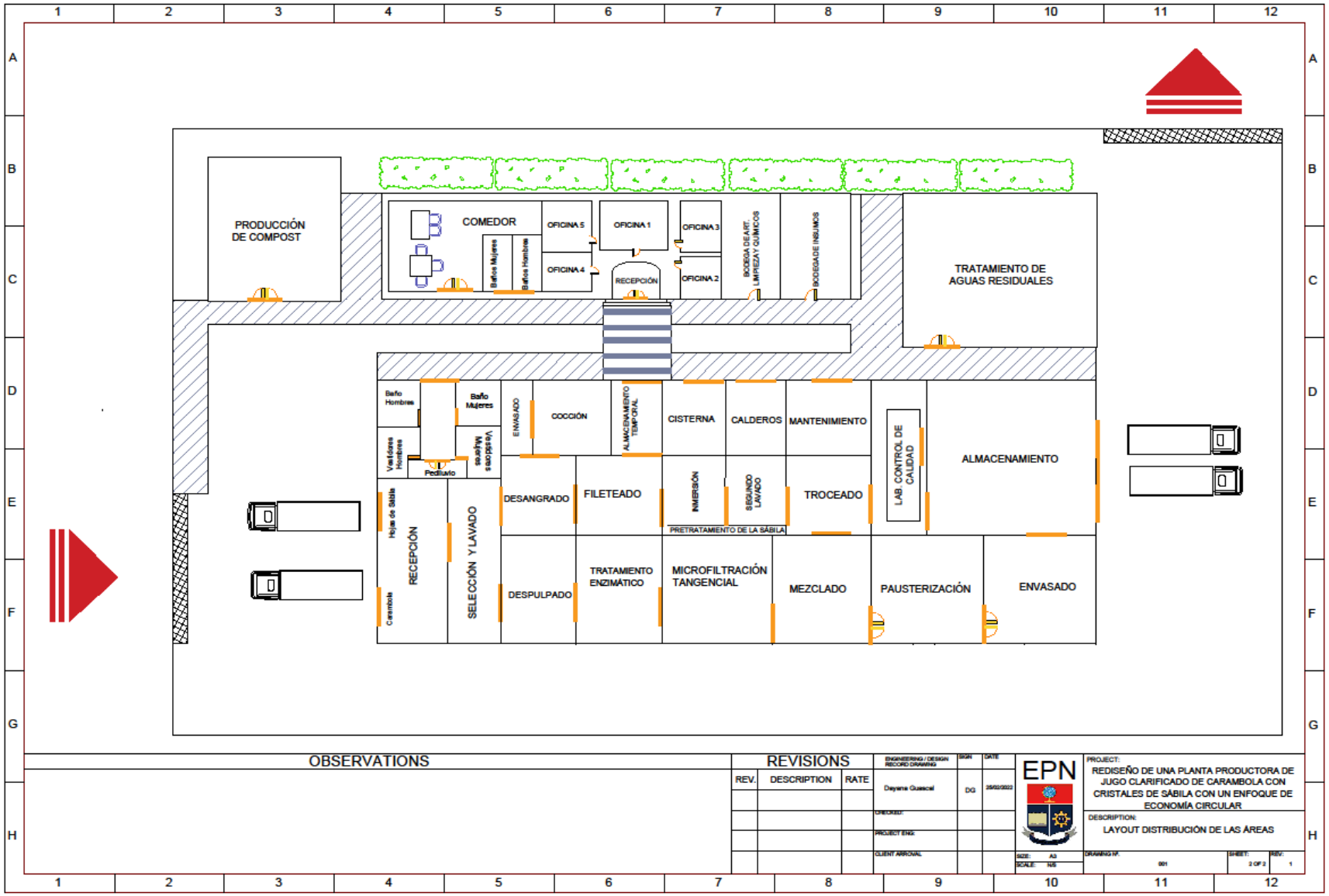
PROJECT: TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

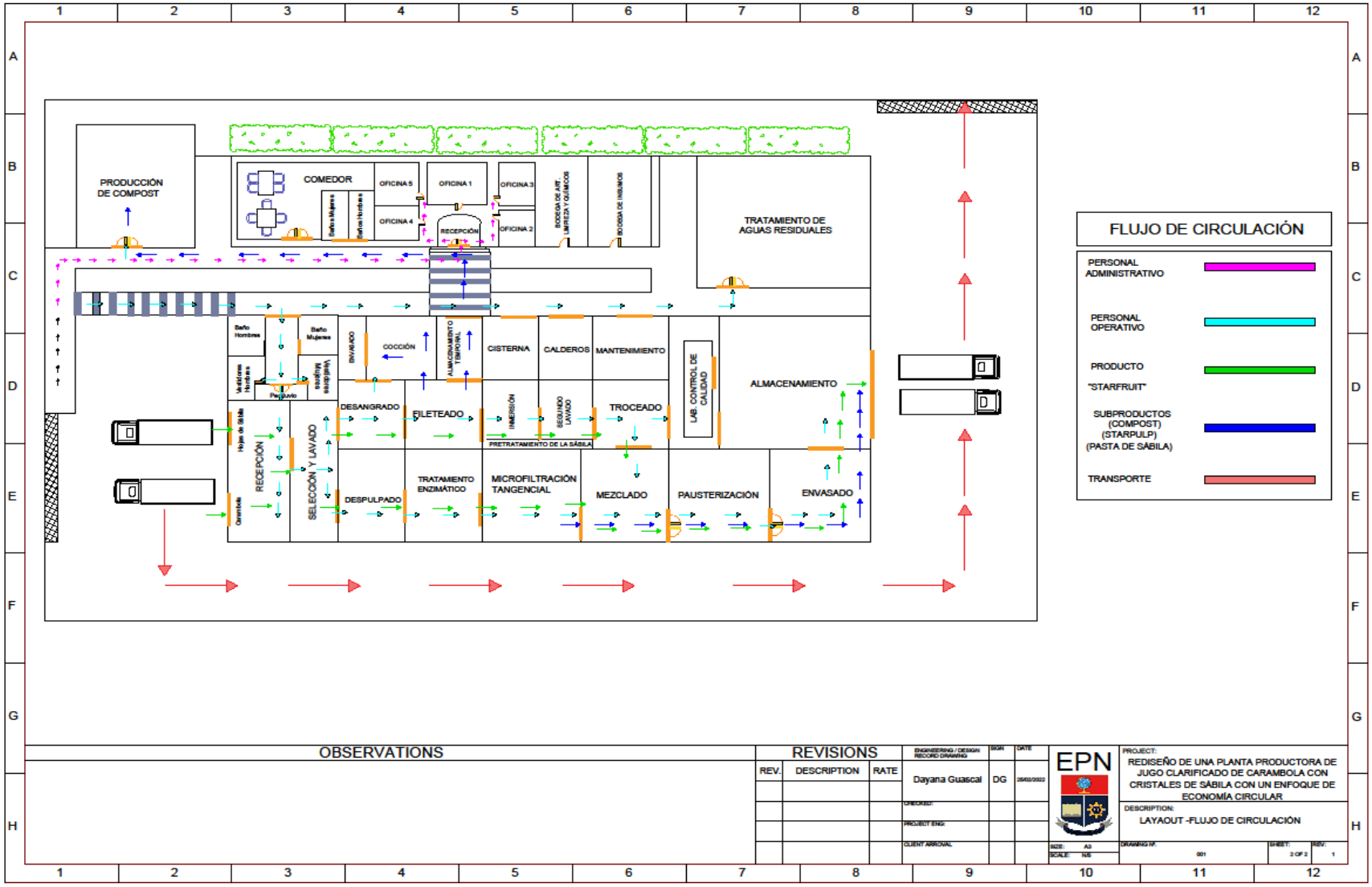
DESCRIPTION: P&ID PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA

SIZE: A3 SCALE: N/S DRAWING N°: 001 SHEET: 1 OF 4 REV: 1

ANEXO V

Diagrama de Distribución y circulación del personal de la planta productora de Jugo clarificado de carambola con cristales de sábila


PRODUCCIÓN DE COMPOST
COMEDOR
Baños Mujeres
Baños Hombres
OFICINA 5
OFICINA 4
OFICINA 1
RECEPCIÓN
OFICINA 3
OFICINA 2
BODEGA DE ART. LIMPIEZA Y QUÍMICOS
BODEGA DE INSUMOS
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
Baño Hombres
Baño Mujeres
Vestidores Hombres
Vestidores Mujeres
Pediluvio
ENVASADO
COCCIÓN
ALMACENAMIENTO TEMPORAL
CISTERNA
CALDEROS
MANTENIMIENTO
LAB. CONTROL DE CALIDAD
ALMACENAMIENTO
Hojas de Sábila
Cerramiento
RECEPCIÓN
SELECCIÓN Y LAVADO
DESANGRADO
FILETEADO
INMERSIÓN
SEGUNDO LAVADO
TROCEADO
PRETRATAMIENTO DE LA SÁBILA
DESPULPADO
TRATAMIENTO ENZIMÁTICO
MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL
MEZCLADO
PAUSTERIZACIÓN
ENVASADO
OBSERVATIONS
REVISIONS
REV.
DESCRIPTION
RATE
ENGINEERING / DESIGN RECORD DRAWING
SIGN
DATE
Dayana Guascal
DG
25/02/2022
CHECKED:
PROJECT ENG:
CLIENT APPROVAL
EPN
PROJECT:
REDISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA CON UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR
DESCRIPTION:
LAYOUT DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS
SIZE: A3
SCALE: 1:25
DRAWING N°: 001
SHEET: 2 OF 2
REV: 1


PRODUCCIÓN DE COMPOST
COMEDOR
OFICINA 5
OFICINA 1
OFICINA 3
OFICINA 4
OFICINA 2
RECEPCIÓN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
COCCIÓN
CISTERNA
CALDEROS
MANTENIMIENTO
LAB. CONTROL DE CALIDAD
ALMACENAMIENTO
DESANGRADO
FILETEADO
TROCEADO
RECEPCIÓN
SELECCIÓN Y LAVADO
DESPULPADO
TRATAMIENTO ENZIMÁTICO
MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL
MEZCLADO
PAUSTERIZACIÓN
ENVASADO
FLUJO DE CIRCULACIÓN
PERSONAL ADMINISTRATIVO
PERSONAL OPERATIVO
PRODUCTO "STARFRUIT"
SUBPRODUCTOS (COMPOST) (STARPULP) (PASTA DE SÁBILA)
TRANSPORTE
OBSERVATIONS
REVISIONS
REV.
DESCRIPTION
RATE
Dayana Guascal
DG
EPN
PROJECT:
REDISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE JUGO CLARIFICADO DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA CON UN ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR
DESCRIPTION:
LAYAOUT -FLUJO DE CIRCULACIÓN

ANEXO VI

Estudio de Prefactibilidad Económica

INVERSIONES

En las Tabla A1 se presentan las cotizaciones de las bombas que se necesitan para la implementación del proyecto.

Tabla A1. Cotizaciones de bombas y válvulas

Equipos	Unidades	Valor unitario	Valor total
Centrífugas	6	250	$ 1500
Válvulas	15	157.13	$ 2357
	Total		**$3857**

En la Tabla A2, se presentan los costos del terreno y las construcciones de la planta.

Tabla A 2. Costo del terreno y construcciones

Designación	Cantidad (m^2)	Valor unitario	Valor total
Terreno			
Terreno	1000	$11	$11 000
Construcciones			
Fábrica	450	100	45000
Oficinas, laboratorios, lockers	100	100	10000
Cerramiento	150	80	12000
Corredores y bodegas	100	50	5000
Taller	35	80	2800
Reservorio de agua	10	20	200
	Total		**$86000**

En la Tabla A3, se detallan los costos de los equipos y muebles de oficina

Tabla A 3. Costos de equipos y muebles de oficina

Equipos	Unidades	Valor unitario	Valor total
Computador	4	750	3000
Impresora	1	140	140
Escritorios	3	82.3	246.9
Muebles	2	200	400
Anaqueles	6	100	600
Juego de comedor	1	110	110
Mesa de conferencia	1	150	150
Sillas	10	15	150
Proyector	1	150	150
	Total		**$4.947**

COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación de la planta productora de jugo clarificado de carambola con cristales de sábila están determinados por el costo de producción, gasto administrativo, gasto de venta y gasto financiero. En las siguientes Tablas se desglosan el valor de cada rubro.

En la Tabla A4 se presentan los costos de la materia prima los cuales fueron calculados para un año y los precios detallados en valor unitario se encuentra por cada kilogramo.

Tabla A4. Costos de materia prima

Materia prima	Cantidad (Kg)	Valor unitario	Valor total
Carambola	14411	1	14411
Sábila	6692	0.1	669
Azúcar	2613	0.5	3168
Cóctel enzimático	32	100	1307
	Total		**$19555**

En la Tabla A5 se presentan los costos de envases y etiquetas anuales.

Tabla A5. Materiales indirectos

Denominación	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Botellas	46000	$0.20	$9200
Etiquetas	46000	$0.03	$1380
	Total		**$10580**

La mano de obra directa está formada por 4 operarios como se presenta en la Tabla A6.

Tabla A 6. Salario del personal de mano de obra directo

Número	Cargo	Sueldo	Total anual
2	Operario	$400	$9200
2	Semi-calificado	$193	$4632
	Total		**$14232**

En la Tabla A7 se presentan los salarios de la mano de obra indirecta.

Tabla A 7.Salario del personal de mano de obra indirecto

Número	Cargo	Sueldo	Total anual
1	Jefe de planta	$650	$7800
1	Mantenimiento	$425	$5100
1	Limpieza	$250	$3000
	Total		**$15900**

En la Tabla A8, se presentan los gastos de administración los cuales están compuestos por los salarios del personal administrativo, depreciación de equipos e insumos de oficina.

Tabla A 8.Gastos administrativos anuales

Rubro	Valor
Sueldos administrativos	$17580
Depreciación de muebles y equipo de oficina	$495
Telefono	$ 60
TOTAL	**$18135**

En la Tabla A9 se muestra el desglose de los salarios anuales del personal administrativo.

Tabla A9. Salario del personal administrativo

Número	Cargo	Sueldo	Total anual
1	Gerente	$650	$7800
1	Personal administrativo	$415	$4980
1	Seguridad	$400	$4800
	Total		**$17580**

En la Tabla A10, se presentan los gastos de ventas donde se encuentran los sueldos del personal de ventas y publicidad.

Tabla A 10. Gasto de ventas

Rubro	Valor
Sueldos de ventas	$11700
Publicidad	$1000
Distribución	$1000
Imprevistos	$137
TOTAL	**$13837**

En la Tabla A11 se muestra el desglose de los salarios anuales del personal de ventas.

Tabla A 11. Sueldo del personal del ventas

Número	Cargo	Sueldo	Total anual
1	Jefe de ventas	$575	$6900
1	Vendedores	$400	$9600
	Total		**$11700**

ANEXO VIII

Ficha Técnica de los equipos

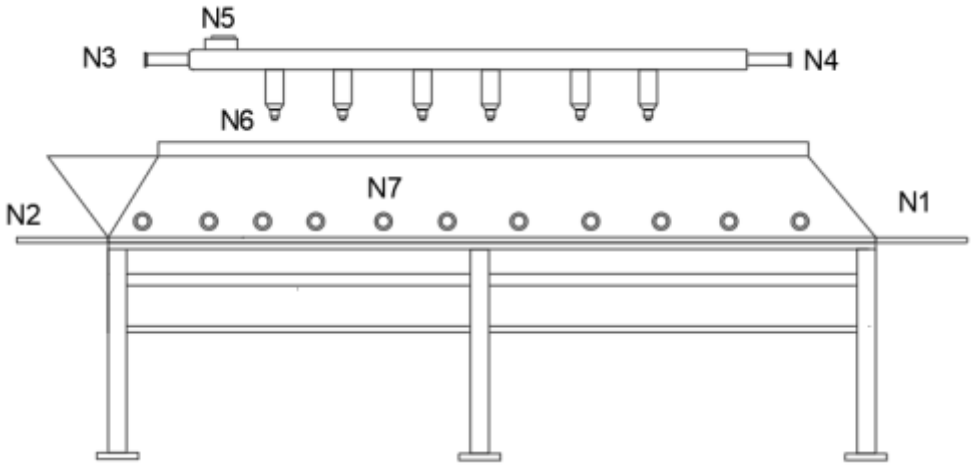
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE LAVADORA**	**1**
		1

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	2022-02
		DOC. No. FT-EQ-001

DESCRIPCIÓN:	**LIMPIADORA DE FRUTAS POR CEPILLOS**		
GENERAL			
ETIQUETA:	**LV-102**	**ESPECIFICACIONES**	
TIPO	POR CEPILLOS	NÚMERO DE RODILLOS	25
CAPACIDAD	300 kg/h	MATERIAL DEL CEPILLO	PVC CON CERDAS DE PLÁSTICO
DIMESIONES		MATERIAL	ACERO INOXIDABLE
LARGO	2 m	POTENCIA	1.1 kW
ANCHO	0.7 m		
PESO	280 Kg		

BOQUILLAS

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	90 x 200 cm
N2	SALIDA DEL PRODUCTO	91 x 200 cm
N3	INGRESO DE SOL. DESINFECTANTE	4"
N4	SALIDA DE SOL. DESINFECTANTE	4"
N5	VÁLVULA REGULADORA	3"
N6	BOQUILLAS	1"
N7	RODILLOS	65 x 500 mm



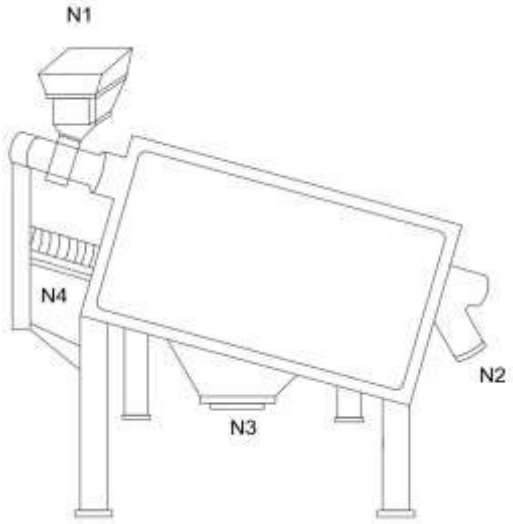
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE DESPULPADORA**	**1**
		2

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA: 2022-02
		DOC. No. FT-EQ-002
DESCRIPCIÓN:	**DESPULPADORA**	

GENERAL			
ETIQUETA:	**DF-301**	**ESPECIFICACIONES**	
TIPO	HORIZONTAL INCLINADO	TAMIZ PERFORADO	1.2 mm
CAPACIDAD MÁXIMA	250 kg /h	MATERIAL	ACERO INOXIDABLE A304
DIMESIONES		POTENCIA	5 kW
LARGO	2.2 m	TENSIÓN	220 VAC
ANCHO	1 m	ACABADOS	JUNTAS SOLDADAS CON TIG
PESO	80 Kg		

BOQUILLAS

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	45 x 40 cm
N2	SALIDA DEL PRODUCTO	8"
N3	SALIDA DE LOS RESIDUOS	6"
N4	MOTOR	45 x 40 cm



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DEL CLARIFICADOR**	**1** / **3**

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02
		DOC. No. FT-EQ-004

DESCRIPCIÓN: **TANQUE CLARIFICADOR**

GENERAL

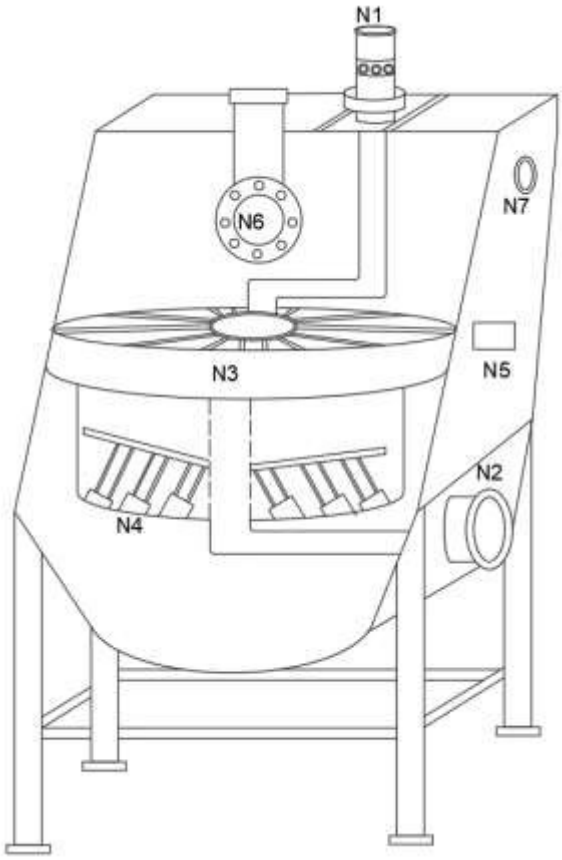
ETIQUETA:	**CL-501**	**PROPIEDADES DEL LÍQUIDO**	
CAPACIDAD MÁXIMA:	1 BBL	LÍQUIDO:	PULPA DE CARAMBOLA
CAPACIDA NETA:	2.83 BBL	GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1.02
DIMENSIONES		TEMPERATURA:	40 °C
DIÁMETRO:	35'-0"		
ALTURA:	32'-0"	**MATERIAL DEL TANQUE**	
DATOS DE DISEÑO		MATERIAL TECHO:	ACERO INOXIDABLE
TEMPERATURA DE DISEÑO:	60° C	MATERIAL ENVOLVENTE:	ACERO INOXIDABLE
PRESIÓN DE DISEÑO:	20 atm		

CARACTERÍSTICAS

REQUERIMIENTO ENERGÉTICO	0.75 kW
TASA DE FLUJO	20 m^3/h
PESO	5500 kg

BOQUILLAS:

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	8"
N2	SALIDA DE PRODUCTO	8"
N3	CANAL DE ALIMENTACIÓN	6"
N4	RASPADORES	35 x 55 cm
N5	CANAL DE DESBORDAMIENTO	6"
N6	SALIDA DE SÓLIDOS	8"
N7	TOMA MUESTRAS	4"



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TROCEADOR**	**1** / **4**

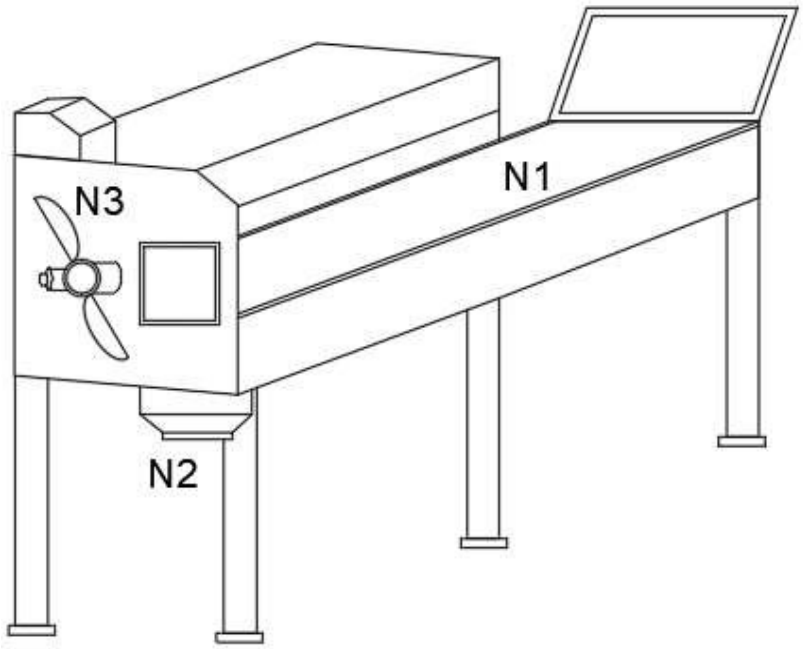
PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA: 2022-02
		DOC. No. FT-EQ-005

DESCRIPCIÓN: **TROCEADOR**

GENERAL			
ETIQUETA:	**TR-701**	**DIMENSIONES DEL CORTE**	
CAPACIDAD NETA	80 kg/d	TAMAÑO	0.5 x 0.5 mm
CAPACIDAD MÁXIMA	200 Kg/h	**CARACTERÍSTICAS**	
DIMESIONES		MATERIAL	ACERO INOXIDABLE
LARGO	1.6 m	CUCHILLA TIPO MARIPOSA	ACERO INOXIDABLE
ANCHO	0.645 m	TENSIÓN	1 Ph
POTENCIA	1.85 KW		
PESO	306.5 Kg		

BOQUILLAS

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	60 x 50 cm
N2	SALIDA DEL PRODUCTO	10"
N3	CUCHILLAS	4"



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE**	**1** / **5**

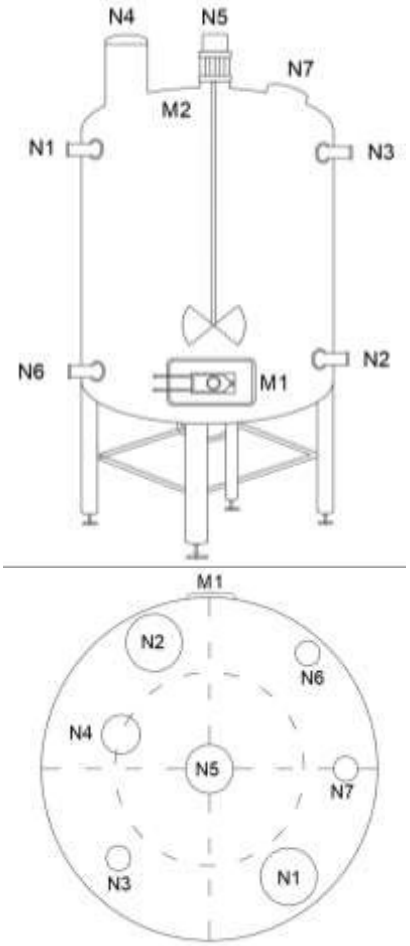
PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02 / DOC. No. FT-EQ-006
DESCRIPCIÓN:	**TANQUE DE MEZCLA CON AGITACIÓN**	

GENERAL

ETIQUETA:	**TX-801**	**PROPIEDADES DEL LÍQUIDO**	
CAPACIDAD MÁXIMA:	500 L	LÍQUIDO:	CLARIFICADO DE CARAMBOLA
CAPACIDA NETA:	50 L	GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1.02
DIMENSIONES		TEMPEARTURA:	20 °C
DIÁMETRO:	35"	PRESIÓN DE VAPOR:	
ALTURA:	72"	**MATERIAL DEL TANQUE**	
DATOS DE DISEÑO		MATERIAL TECHO:	ACERO INOXIDABLE
TEMPERATURA DE DISEÑO:	180° C	MATERIAL ENVOLVENTE:	ACERO INOXIDABLE
PRESIÓN DE DISEÑO:	0.71 atm		
CARACTERÍSTICAS			
ENVOLVENTE:	0.003 mm		
FONDO:	0.006 mm		
TIPO DE TECHO FIJO:	CONO		

BOQUILLAS:

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	8"
N2	SALIDA DE PRODUCTO	8"
N3	INDICADOR DEL NIVEL	3"
N4	VÁLVULA DE SEGURIDAD	6"
N5	AGITADOR	2"
N6	SUJETADOR DE TAPA	8"
N7	TOMA MUESTRAS	4"
M1	PUERTA DE LIMPIEZA	45 X 38"
M2	DOMO	8"



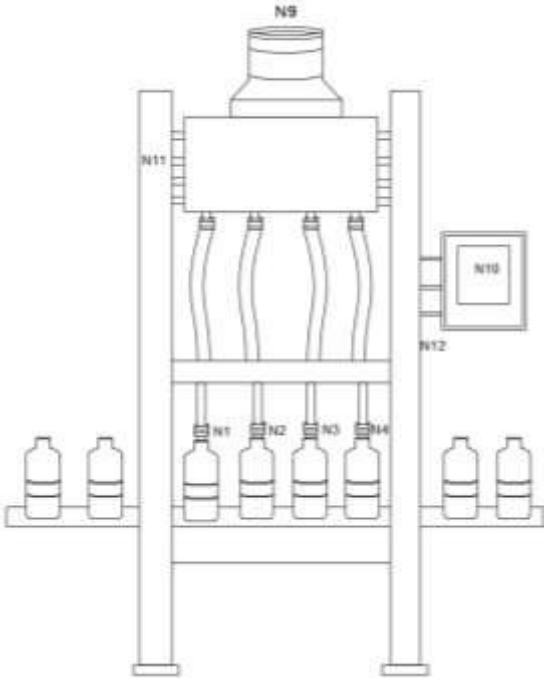
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EMBOTELLADORA**	**1** / **6**
PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:202-02 / DOC. No. FT-EQ-007

DESCRIPCIÓN: **EMBOTELLADORA**

GENERAL			
ETIQUETA:	**EN-1001**	**PROPIEDADES DEL LÍQUIDO**	
ANCHO DE BOCA ENVASE	< 0.0 5 m	LÍQUIDO:	JUGO DE CARAMBOLA CON CRITALES DE SÁBILA
TAMAÑO DEL ENVASE	400 mL	VISCOSIDAD (CPS)	0.9 a 250
DIMENSIONES		TEMPEARTURA:	15 -20 °C
DIÁMETRO:	35'-0"		
ALTURA:	32'-0"	**CINTA TRANSPORTADORA**	
DATOS DE DISEÑO		DIMENSIONES	5 X 0.5 m
TEMPERATURA DE DISEÑO:	180° C	DISTANCIA ENTRE RODILLOS	0.30 m
PRESIÓN DE DISEÑO:	0.71 atm		
CARACTERÍSTICAS			
ENVASADO POR MINUTO	15 u/min		
REQUERIMIENTO ENERGÉTICO	220 V (60 Hz)		
AIRE COMPRIMIDO	6 Kg /cm2		

BOQUILLAS Y SENSORES:

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	BOQUILLA 1	1"
N2	BOQUILLA 2	1"
N3	BOQUILLA 3	1"
N4	BOQUILLA 4	1"
N5	BOQUILLA 5	1"
N6	BOQUILLA 6	1"
N7	BOQUILLA 7	1"
N8	BOQUILLA 8	1"
N9	INGRESO DEL PRODUCTO	8"
N10	INDICADOR DE NIVEL	Si
N11	INYECCIÓN AIRE COMPRIMIDO	1/2"
N12	SENSOR DE NIVEL	9"



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE PASTEURIZADOR**	**1** / **7**

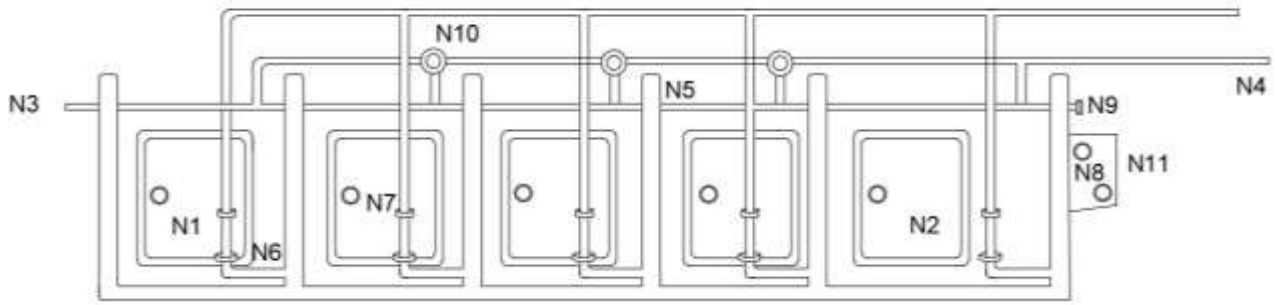
PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA: 2022-02 DOC. No. FT-EQ-008
DESCRIPCIÓN:	**INTERCAMBIADOR TUBULAR**	

GENERAL

ETIQUETA:	**TR-901**	**PROPIEDADES DEL AGUA CALIENTE**	
TIPO	TUNEL	FLUJO MÁSICO:	676.4 kg/d
CAPACIDAD	250L	TEMPERATURA	92 °C
DIMESIONES		CALOR ESPECIFICO	4.181 KJ/kg °C
LARGO	5 m	**PROPIEDADES DEL PRODUCTO**	
ANCHO	2 m	FLUJO MÁSICO:	917.18 kg/d
TEMPERATURA DE OPERACIÓN:	72 °C	TEMPERATURA	72 °C
PRESIÓN DE OPERACIÓN:	0.101325 Mpa	CALOR ESPECIFICO	4.7391 KJ/kg °C
DATOS DE DISEÑO		**CARACTERÍSTICAS**	
TEMPERATURA DE DISEÑO:	90 °C	CORAZA	ACERO INOXIDABLE
PRESIÓN DE DISEÑO:	20.41 MPa	PLACAS Y TUBERÍAS	ACERO INOXIDABLE
		JUNTAS	NITRILO

BOQUILLAS

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	90 x 200 cm
N2	SALIDA DEL PRODUCTO	91 x 200 cm
N3	SALIDA DEL FLUIDO DE CALENTAMIENTO	8"
N4	INGRESO DEL VAPOR DE CALENTAMIENTO	8"
N5	BOQUILLAS	3"
N6	CORAZA	5"
N7	VÁLVULA DE SEGURIDAD	2"
N8	INDICADOR DE TEMPERATURA	Si
N9	INDICADOR DE PRESIÓN	Si
N10	VÁLVULA DE REGULACIÓN	2"
N11	TABLERO DE CONTROL	30 X 40 cm



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE**	**1** / **8**

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02
		DOC. No. FT-EQ-006

DESCRIPCIÓN: **MARMITA**

GENERAL

ETIQUETA:	**MA-1201**	**PROPIEDADES DEL LÍQUIDO**	
CAPACIDAD MÁXIMA:	15 L	LÍQUIDO:	ACÍBAR
CAPACIDA NETA:	5 L	GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1.02
DIMENSIONES		TEMPEARTURA:	75 °C
DIÁMETRO:	35"	PRESIÓN DE VAPOR:	
ALTURA:	72"	**MATERIAL DEL TANQUE**	
DATOS DE DISEÑO		MATERIAL TECHO:	ACERO INOXIDABLE
TEMPERATURA DE DISEÑ	180° C	MATERIAL ENVOLVENTE:	ACERO INOXIDABLE
PRESIÓN DE DISEÑO:	0.71 atm		
CARACTERÍSTICAS			
ENVOLVENTE:	0.003 mm		
FONDO:	0.006 mm		
TIPO DE TECHO FIJO:	CONO		

BOQUILLAS:

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	8"
N2	SALIDA DE PRODUCTO	8"
N3	INDICADOR DEL NIVEL	3"
N4	VÁLVULA DE SEGURIDAD	6"
N5	AGITADOR	2"
N6	SUJETADOR DE TAPA	8"
N7	TOMA MUESTRAS	4"
M1	PUERTA DE LIMPIEZA	45 X 38"
M2	DOMO	8"

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE FILTRO**	**1** / **9**

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02
		DOC. No. FT-EQ-006

DESCRIPCIÓN: **MARMITA**

GENERAL

ETIQUETA:	**FT-1501**	**PROPIEDADES DEL LÍQUIDO**	
CAPACIDAD MÁXIMA:	50L	LÍQUIDO:	PULPA DE CARAMBOLA
CAPACIDA NETA:	20 L	GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1.02
DIMENSIONES		TEMPEARTURA:	75 °C
DIÁMETRO:	35"	PRESIÓN DE VAPOR:	
ALTURA:	72"	**MATERIAL DEL TANQUE**	
DATOS DE DISEÑO		MATERIAL TECHO:	ACERO INOXIDABLE
TEMPERATURA DE DISEÑO:	150 °C	MATERIAL ENVOLVENTE:	ACERO INOXIDABLE
PRESIÓN DE DISEÑO:	1 atm		

CARACTERÍSTICAS

ENVOLVENTE:	0.003 mm
FONDO:	0.006 mm
TIPO DE TECHO FIJO:	CONO

BOQUILLAS:

ÍTEM	SERVICIO	DIMENSIONES
N1	INGRESO DE PRODUCTO	8"
N2	SALIDA DE PRODUCTO	8"
N3	INDICADOR DEL NIVEL	3"
N4	VÁLVULA DE SEGURIDAD	6"
N6	SUJETADOR DE TAPA	8"
N7	TOMA MUESTRAS	4"
M1	PUERTA DE LIMPIEZA	45 X 38"
M2	DOMO	8"

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA**	**1** / **10**
PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02 DOC. No. FT-BO-001

DESCRIPCIÓN: **BOMBA CENTRIFUGA DE PULPA DE CARAMBOLA**

ETIQUETA: B-001

LÍQUIDO

LÍQUIDO	**PULPA DE CARAMBOLA**					
TEMPERATURA DE BOMBEO						
NORMAL	**AMB**	(°F)	MÁX.	**86**	(°F)	MIN **68** (°F)
GRAVEDAD ESPECÍFICA @ 60 °F				**1.2**		
PRESIÓN DE VAPOR @ 100 °F :				**0.24**	(psia)	
VISCOSIDAD	**1.75**	(cP)@		**100**	(°F)	
CALOR ESPECÍFICO, Cp			**0.908**	(Btu/lb°F)		

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPACIDAD NORMAL	**0**	(gpm)		
PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁX/PROM.	**145**	/	**4.4**	(psi)
PRESIÓN DE DESCARGA	**50**	(psi)		
PRESIÓN DIFERENCIAL/TDH	**45.6**	(psi)		

INFORMACIÓN DEL LUGAR

ALTITUD	**2200**	(m.s.n.m.)	PRESIÓN BAROM. **11.25**	(psi)
RANGO DE TEMP. AMBIENTE MIN/MÁX	**44.6**	/	**96**	(°F)
HUMEDAD RELATIVA MIN/MÁX	**80**	/	**97**	(%)

DESEMPEÑO

VELOCIDAD DEL IMPULSOR	**4,000**	(rpm)		
RENDIMIENTO DEL EQUIPO	**92**	(%)		
POTENCIA PROM.	**110**	(hp)	EFICIENCIA	**82** (%)
TIPO:	**Centrífuga**			

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA**	1
		11

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02
		DOC. No. FT-BO-001

DESCRIPCIÓN: **BOMBA CENTRIFUGA PULPA DE CARAMBOLA TRATADA**

ETIQUETA: B-002

LÍQUIDO

LÍQUIDO **PULPA DE CARAMBOLA TRATADA**

TEMPERATURA DE BOMBEO

NORMAL **AMB** (°F) MÁX. **86** (°F) MIN **68** (°F)

GRAVEDAD ESPECÍFICA @ 60 °F **1.2**

PRESIÓN DE VAPOR @ 100 °F : **0.24** (psia)

VISCOSIDAD **1.75** (cP)@ **100** (°F)

CALOR ESPECÍFICO, Cp **0.908** (Btu/lb°F)

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPACIDAD NORMAL **0** (gpm)

PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁX/PROM. **145** / **4.4** (psi)

PRESIÓN DE DESCARGA **50** (psi)

PRESIÓN DIFERENCIAL/TDH **45.6** (psi)

INFORMACIÓN DEL LUGAR

ALTITUD **2200** (m.s.n.m.) PRESIÓN BAROM. **11.25** (psi)

RANGO DE TEMP. AMBIENTE MIN/MÁX **44.6** / **96** (°F)

HUMEDAD RELATIVA MIN/MÁX **80** / **97** (%)

DESEMPEÑO

VELOCIDAD DEL IMPULSOR **4,000** (rpm)

RENDIMIENTO DEL EQUIPO **92** (%)

POTENCIA PROM. **110** (hp) EFICIENCIA **82** (%)

TIPO: **Centrífuga**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA**	1 / 12

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02 DOC. No. FT-BO-001

DESCRIPCIÓN: **BOMBA CENTRIFUGA MEZCLA**

ETIQUETA: B-003

LÍQUIDO

LÍQUIDO **MEZCLA PULPA-CRISTALES**

TEMPERATURA DE BOMBEO

NORMAL **AMB** (°F) MÁX. **86** (°F) MIN **68** (°F)

GRAVEDAD ESPECÍFICA @ 60 °F **1.2**

PRESIÓN DE VAPOR @ 100 °F : **0.24** (psia)

VISCOSIDAD **1.75** (cP)@ **100** (°F)

CALOR ESPECÍFICO, Cp **0.908** (Btu/lb°F)

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPACIDAD NORMAL **0** (gpm)

PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁX/PROM. **145** / **4.4** (psi)

PRESIÓN DE DESCARGA **50** (psi)

PRESIÓN DIFERENCIAL/TDH **45.6** (psi)

INFORMACIÓN DEL LUGAR

ALTITUD **2200** (m.s.n.m.) PRESIÓN BAROM. **11.25** (psi)

RANGO DE TEMP. AMBIENTE MIN/MÁX **44.6** / **96** (°F)

HUMEDAD RELATIVA MIN/MÁX **80** / **97** (%)

DESEMPEÑO

VELOCIDAD DEL IMPULSOR **4,000** (rpm)

RENDIMIENTO DEL EQUIPO **92** (%)

POTENCIA PROM. **110** (hp) EFICIENCIA **82** (%)

TIPO: **Centrífuga**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA**	1 / 13

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02 / DOC. No. FT-BO-001

DESCRIPCIÓN: **BOMBA CENTRIFUGA ALOE STAR FRUIT**

ETIQUETA: B-004

LÍQUIDO

LÍQUIDO **PULPA DE CARAMBOLA CON CRISTALES DE SÁBILA**

TEMPERATURA DE BOMBEO

NORMAL **AMB** (°F) MÁX. **86** (°F) MIN **68** (°F)

GRAVEDAD ESPECÍFICA @ 60 °F **1.2**

PRESIÓN DE VAPOR @ 100 °F : **0.24** (psia)

VISCOSIDAD **1.75** (cP)@ **100** (°F)

CALOR ESPECÍFICO, Cp **0.908** (Btu/lb°F)

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPACIDAD NORMAL **0** (gpm)

PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁX/PROM. **145** / **4.4** (psi)

PRESIÓN DE DESCARGA **50** (psi)

PRESIÓN DIFERENCIAL/TDH **45.6** (psi)

INFORMACIÓN DEL LUGAR

ALTITUD **2200** (m.s.n.m.) PRESIÓN BAROM. **11.25** (psi)

RANGO DE TEMP. AMBIENTE MIN/MÁX **44.6** / **96** (°F)

HUMEDAD RELATIVA MIN/MÁX **80** / **97** (%)

DESEMPEÑO

VELOCIDAD DEL IMPULSOR **4,000** (rpm)

RENDIMIENTO DEL EQUIPO **92** (%)

POTENCIA PROM. **110** (hp) EFICIENCIA **82** (%)

TIPO: **Centrífuga**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA**	1 / 14

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02 / DOC. No. FT-BO-001

DESCRIPCIÓN: **BOMBA CENTRIFUGA PULPA FLITRADA**

ETIQUETA: B-005

LÍQUIDO

LÍQUIDO **PULPA DE CARAMBOLA FILTRADA**

TEMPERATURA DE BOMBEO

NORMAL **AMB** (°F) MÁX. **86** (°F) MIN **68** (°F)

GRAVEDAD ESPECÍFICA @ 60 °F **1.2**

PRESIÓN DE VAPOR @ 100 °F : **0.24** (psia)

VISCOSIDAD **1.75** (cP)@ **100** (°F)

CALOR ESPECÍFICO, Cp **0.908** (Btu/lb°F)

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPACIDAD NORMAL **0** (gpm)

PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁX/PROM. **145** / **4.4** (psi)

PRESIÓN DE DESCARGA **50** (psi)

PRESIÓN DIFERENCIAL/TDH **45.6** (psi)

INFORMACIÓN DEL LUGAR

ALTITUD **2200** (m.s.n.m.) PRESIÓN BAROM. **11.25** (psi)

RANGO DE TEMP. AMBIENTE MIN/MÁX **44.6** / **96** (°F)

HUMEDAD RELATIVA MIN/MÁX **80** / **97** (%)

DESEMPEÑO

VELOCIDAD DEL IMPULSOR **4,000** (rpm)

RENDIMIENTO DEL EQUIPO **92** (%)

POTENCIA PROM. **110** (hp) EFICIENCIA **82** (%)

TIPO: **Centrífuga**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	**HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BOMBA**	1 / 15

PROYECTO:	**Rediseño de una planta prductora de jugo de carambola con cristales de sábila**	FECHA:2022-02 / DOC. No. FT-BO-001

DESCRIPCIÓN: **BOMBA CENTRIFUGA**

ETIQUETA: B-006

LÍQUIDO

LÍQUIDO **PULPA FILTRADA STAR PULP**

TEMPERATURA DE BOMBEO

NORMAL **AMB** (°F) MÁX. **86** (°F) MIN **68** (°F)

GRAVEDAD ESPECÍFICA @ 60 °F **1.2**

PRESIÓN DE VAPOR @ 100 °F : **0.24** (psia)

VISCOSIDAD **1.75** (cP)@ **100** (°F)

CALOR ESPECÍFICO, Cp **0.908** (Btu/lb°F)

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPACIDAD NORMAL **0** (gpm)

PRESIÓN DE SUCCIÓN MÁX/PROM. **145** / **4.4** (psi)

PRESIÓN DE DESCARGA **50** (psi)

PRESIÓN DIFERENCIAL/TDH **45.6** (psi)

INFORMACIÓN DEL LUGAR

ALTITUD **2200** (m.s.n.m.) PRESIÓN BAROM. **11.25** (psi)

RANGO DE TEMP. AMBIENTE MIN/MÁX **44.6** / **96** (°F)

HUMEDAD RELATIVA MIN/MÁX **80** / **97** (%)

DESEMPEÑO

VELOCIDAD DEL IMPULSOR **4,000** (rpm)

RENDIMIENTO DEL EQUIPO **92** (%)

POTENCIA PROM. **110** (hp) EFICIENCIA **82** (%)

TIPO: **Centrífuga**