



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN  
DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE  
PENCO (*Agave Americano*) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y  
COSMETICOS NATURALES”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** DAYANA MARISOL ARÉVALO CAIZA

**DIRECTORA:** Ing. MÓNICA LILIÁN ANDRADE AVALOS Msc.

Riobamba - Ecuador

2023

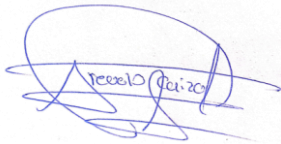
© 2023, Dayana Marisol Arévalo Caiza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Dayana Marisol Arévalo Caiza, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de diciembre de 2023



**Dayana Marisol Arévalo Caiza**

**020247498-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO (*Agave Americano*) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y COSMETICOS NATURALES”**, realizado por la señorita **DAYANA MARISOL ARÉVALO CAIZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Cesar Arturo Puentes Guizarro <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-04
Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos Ms.C. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-04
Dra. Verónica Mercedes Cando Brito <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-04

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto dedicó con mucho amor a mi madre Sra. María Caiza por su sacrificio arduo, brindarme de su apoyo incondicional y creer en mi capacidad, a pesar de los momentos difíciles siempre ha estado ofreciéndome de su comprensión cariño y amor. A mi hija Kerly Bayas que es mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día. A mis hermanos: Jhon, Diego, Edison, Jhajaira y Hernán desde un inicio por brindarme de su confianza, consejos, valores. A Cristian Bayas quien estuvo conmigo ayudándome a crecer tanto en el ámbito académico como en lo personal, y ser parte motivadora e inspiradora en mi vida, por su amor comprensión y paciencia.

Dayana

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por darme la salud, sabiduría y la fuerza necesaria para alcanzar mis metas. A mi madre quien por estar pendiente de mí siempre brindándome su apoyo cuando más lo necesitaba para salir adelante y superar cada adversidad que la vida me ha puesto.

A los docentes de nuestra querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ver impartido sus conocimientos y sabiduría en las diferentes áreas de estudio a lo largo de mi formación académica.

A los distinguidos Docentes: Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos MsC. y a la Dra. Verónica Mercedes Cando Brito agradezco por el apoyo, orientación durante el desarrollo y culminación del trabajo.

Dayana

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes.....	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	2
1.3.	Justificación del proyecto.....	3
1.4.	Línea base del proyecto.....	4
1.4.1.	<i>Localización del proyecto</i> .....	4
1.4.2.	<i>Beneficiarios directos e indirectos</i> .....	4
1.4.2.1.	<i>Directos</i> .....	4
1.4.2.2.	<i>Indirectos</i> .....	5
1.5.	Objetivos.....	5
1.5.1.	<i>Objetivo General</i> .....	5
1.5.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Antecedentes de investigación.....	6
2.2.	Referencias teóricas.....	8
2.2.1.	<i>Agave</i> .....	8
2.2.2.	<i>Descripción de la planta Agave Americano</i> .....	9
2.2.3.	<i>Saponinas</i> .....	11
2.2.4.	<i>Clasificación de las saponinas</i> .....	12
2.2.5.	<i>Tipos de extracción de saponinas</i> .....	13
2.2.6.	<i>Características y propiedades de las saponinas</i> .....	13

2.2.6.1.	<i>Físicas</i> .....	13
2.2.6.2.	<i>Químicas</i> .....	13
2.2.7.	<i>Propiedades de los tenso activos</i> .....	13
2.2.7.1.	<i>Propiedades físico-químicas</i> .....	14
2.2.7.2.	<i>Asociados moleculares</i> .....	14
2.2.8.	<i>Biosurfactantes</i> .....	14
2.2.9.	<i>Shampoo</i> .....	14
2.2.10.	<i>Tenso activo en la formulación de shampoo</i> .....	15
2.2.11.	<i>Características y propiedades limpiadoras de los tenso-activos</i> .....	15
2.2.12.	<i>Beneficio de las plantas de uso cosmético</i> .....	15

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	16
3.1.	<b>Ingeniería del proyecto</b> .....	16
3.1.1.	<i>Tipo de estudio</i> .....	16
3.1.1.1.	<i>Estudio experimental</i> .....	16
3.2.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	16
3.2.1.	<i>Métodos</i> .....	16
3.2.1.1.	<i>Método deductivo</i> .....	17
3.2.1.2.	<i>Método inductivo</i> .....	17
3.2.1.3.	<i>Método experimental</i> .....	17
3.2.2.	<i>Técnicas</i> .....	17
3.2.2.1.	<i>Caracterización de la saponina obtenida</i> .....	17
3.2.3.	<i>Especificaciones para la caracterización físico-química del shampoo</i> .....	19
3.2.4.	<i>Determinación del contenido de saponinas presentes en la raíz de penco mediante pruebas cualitativas</i> .....	19
3.2.4.1.	<i>Materiales</i> .....	19
3.2.4.2.	<i>Sustancias y reactivos</i> .....	19
3.2.4.3.	<i>Procedimiento</i> .....	20
3.3.	<b>Proceso a nivel de laboratorio</b> .....	20
3.3.1.	<i>Descripción del procedimiento</i> .....	20
3.3.1.1.	<i>Sustancias y reactivos</i> .....	20
3.3.1.2.	<i>Equipos y materiales</i> .....	21
3.3.1.3.	<i>Procedimiento</i> .....	21
3.3.2.	<i>Obtención del shampoo liquido</i> .....	22



3.3.2.1.	<i>Sustancias y reactivos</i> .....	22
3.3.2.2.	<i>Materiales y Equipos</i> .....	22
3.3.2.3.	<i>Procedimiento</i> .....	23
3.3.3.	<b><i>Experimentación</i></b> .....	23
3.3.3.1.	<i>Procedimiento</i> .....	23
3.4.	<b>Determinación de la variable del proceso</b> .....	25
3.4.1.	<b><i>Variables de proceso</i></b> .....	25
3.4.2.	<b><i>Descripción del proceso para la elaboración de shampoo líquido</i></b> .....	26
3.4.3.	<b><i>Flujograma del proceso</i></b> .....	29
3.5.	<b>Balance de masa</b> .....	30
3.5.1.	<b><i>Balance de masa</i></b> .....	30
3.5.1.1.	<i>Lavado</i> .....	30
3.5.1.2.	<i>Cortado</i> .....	31
3.5.1.3.	<i>Trituración</i> .....	32
3.5.1.4.	<i>Maceración</i> .....	33
3.5.1.5.	<i>Filtración</i> .....	33
3.5.1.6.	<i>Extracto</i> .....	34
3.5.1.7.	<i>Destilación</i> .....	35
3.6.	<b>Dimensión de los equipos</b> .....	38
3.6.1.	<b><i>Densidad de la materia prima</i></b> .....	38
3.6.2.	<b><i>Diseño de la mesa de recepción</i></b> .....	39
3.6.3.	<b><i>Diseño de la cortadora</i></b> .....	39
3.6.4.	<b><i>Diseño de la licuadora industrial</i></b> .....	41
3.6.5.	<b><i>Tanque macerador</i></b> .....	41
3.6.5.1.	<i>Cálculo del volumen del tanque macerador</i> .....	42
3.6.5.2.	<i>Cálculo del cuerpo del tanque macerador</i> .....	43
3.6.5.3.	<i>Presión hidrostática</i> .....	44
3.6.5.4.	<i>Presión del tanque macerador</i> .....	45
3.6.5.5.	<i>Espesor del tanque macerador</i> .....	45
3.6.6.	<b><i>Selección del filtro prensa</i></b> .....	46
3.6.6.1.	<i>Número de paradas</i> .....	47
3.6.7.	<b><i>Destilador</i></b> .....	48
3.6.8.	<b><i>Tanque de agitación con paleta</i></b> .....	48
3.6.8.1.	<i>Diámetro del tanque de agitación con paleta</i> .....	49
3.6.8.2.	<i>Altura del tanque de agitación con paleta</i> .....	50
3.6.8.3.	<i>Longitud del brazo agitador del dosificador</i> .....	50

3.6.8.4.	<i>Diámetro del rodete del tanque de agitación con paleta</i> .....	51
3.6.8.5.	<i>Caudal y velocidad del fluido del tanque de agitación con paleta</i> .....	51
3.6.8.6.	<i>Velocidad angular del tanque de agitación con paleta</i> .....	53
3.6.8.7.	<i>Número de Reynolds en el rodete del tanque de agitación con paleta</i> .....	54
3.6.8.8.	<i>Número de Froude del tanque de agitación con paleta</i> .....	54
3.6.8.9.	<i>Potencia del tanque de agitación con paleta</i> .....	55
<b>3.7.</b>	<b>Análisis de costo-beneficio</b> .....	<b>57</b>
3.7.1.	<i>Inversión fija</i> .....	57
3.7.2.	<i>Determinación de egresos</i> .....	59
3.7.3.	<i>Total de costos de inversión fija y egresos</i> .....	61
3.7.4.	<i>Determinación de ingresos anuales</i> .....	62
3.7.4.1.	<i>Costo de producción por unidad producida</i> .....	62
3.7.4.2.	<i>Precio de venta unitario al público</i> .....	63
3.7.5.	<i>Valoración económica</i> .....	64
3.7.5.1.	<i>Ganancia mensual de la venta de shampoo</i> .....	64
3.7.5.2.	<i>Punto de equilibrio</i> .....	65
3.7.6.	<i>Tasa interna de retorno (TIR)</i> .....	66
3.7.7.	<i>Valor actual neto (VAN)</i> .....	66
3.7.8.	<i>Período de recuperación</i> .....	67
3.7.9.	<i>Costo - beneficio del proyecto</i> .....	68

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>69</b>
4.1.	<b>Caracterización</b> .....	<b>69</b>
4.1.1.	<i>Análisis físicos de la saponina</i> .....	69
4.1.2.	<i>Pruebas cualitativas del contenido de saponina</i> .....	69
4.2.	<b>Validación del producto</b> .....	<b>70</b>
4.2.1.	<i>Validación del detergente a base de saponina del penco</i> .....	70
4.2.2.	<i>Análisis de costo – beneficio del proyecto</i> .....	70
4.3.	<b>Resultados de diseño de equipos</b> .....	<b>71</b>
4.4.	<b>Área requerida para el proceso</b> .....	<b>73</b>
4.5.	<b>Análisis y discusión de resultados</b> .....	<b>73</b>

## **CAPITULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>76</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Ubicación geográfica .....	4
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación taxonómica.....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Composición de la planta de agave .....	11
<b>Tabla 2-3:</b> Requerimientos de la planta de Agave .....	11
<b>Tabla 2-4:</b> Clasificación de las saponinas.....	12
<b>Tabla 3-1:</b> Parámetros físicos de la saponina.....	18
<b>Tabla 3-2:</b> Norma INEN 851.....	19
<b>Tabla 3-3:</b> Requerimientos para la formulación de shampoo.....	22
<b>Tabla 3-4:</b> Elaboración de shampoo .....	23
<b>Tabla 3-5:</b> Descripción del proceso para la elaboración de shampoo líquido .....	26
<b>Tabla 3-6:</b> Características de la mesa de recepción .....	39
<b>Tabla 3-7:</b> Características de la licuadora industrial .....	41
<b>Tabla 3-8:</b> Tabla acero inoxidable AISI 316L.....	41
<b>Tabla 3-9:</b> Características del destilador.....	48
<b>Tabla 3-10:</b> Costo de maquinaria .....	58
<b>Tabla 3-11:</b> Costos de equipos y materiales para el control de calidad del proceso.....	58
<b>Tabla 3-12:</b> Costo de inversión .....	58
<b>Tabla 3-13:</b> Costos de inversión en recursos humanos para la planta .....	59
<b>Tabla 3-14:</b> Costos de inversión fija en el proceso .....	59
<b>Tabla 3-15:</b> Costo del proceso de elaboración.....	59
<b>Tabla 3-16:</b> Costos de los servicios básicos .....	60
<b>Tabla 3-17:</b> Costo de operarios en el proceso de producción .....	61
<b>Tabla 3-18:</b> Egresos mensuales de producción.....	61
<b>Tabla 3-19:</b> Costos totales de inversión fija y egresos.....	62
<b>Tabla 3-20:</b> Ingresos anuales.....	63
<b>Tabla 3-21:</b> Ganancia mensual .....	64
<b>Tabla 3-22:</b> Utilidad neta con proyección a 5 años.....	65
<b>Tabla 3-23:</b> Comprobación de la rentabilidad de una inversión .....	66
<b>Tabla 3-24:</b> Comprobación del VAN .....	67
<b>Tabla 3-25:</b> Periodo de recuperación de inversión .....	67
<b>Tabla 4-1:</b> Parámetros físicos de la saponina.....	69
<b>Tabla 4-2:</b> Ensayos cualitativos de saponina .....	69
<b>Tabla 4-3:</b> Especificaciones del shampoo líquido .....	70
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis de costo - beneficio del proyecto.....	70

<b>Tabla 4-5:</b> Indicadores financieros de la factibilidad del proyecto .....	71
<b>Tabla 4-6:</b> Resumen de resultados.....	71

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Localización geográfica de la fábrica de “Infusiones y Cosméticos Naturales” ...4
<b>Ilustración 1-2:</b>	Anatomía del Agave.....9
<b>Ilustración 2-2:</b>	Planta Agave Americano ..... 10
<b>Ilustración 3-2:</b>	Estructura general de la saponina ..... 12
<b>Ilustración 1-3:</b>	Pesado de la materia prima .....23
<b>Ilustración 2-3:</b>	Licuada de la materia prima .....24
<b>Ilustración 3-3:</b>	Maceración en frasco ámbar .....24
<b>Ilustración 4-3:</b>	Destilación .....24
<b>Ilustración 5-3:</b>	Saponina obtenida .....25
<b>Ilustración 6-3:</b>	Shampoo.....25
<b>Ilustración 7-3:</b>	Mesa de recepción .....39
<b>Ilustración 8-3:</b>	Ficha técnica de la cortadora .....40
<b>Ilustración 9-3:</b>	Cortadora.....40
<b>Ilustración 10-3:</b>	Licuidora industrial.....41
<b>Ilustración 11-3:</b>	Tanque macerador .....46
<b>Ilustración 12-3:</b>	Filtro prensa .....47
<b>Ilustración 13-3:</b>	Filtro de prensa lateral .....48
<b>Ilustración 14-3:</b>	Destilador .....48
<b>Ilustración 15-3:</b>	Modelo 2 de velocidad del rodete.....52
<b>Ilustración 16-3:</b>	Número de potencia vs Numero de Reynolds del modelo 2 .....56
<b>Ilustración 17-3:</b>	Constantes a y b del modelo 2 .....56
<b>Ilustración 18-3:</b>	Tanque de agitación con paleta.....57

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 3-1:</b> Masa rechazada (g/h) .....	30
<b>Ecuación 3-2:</b> Rendimiento del lavado (%).....	31
<b>Ecuación 3-3:</b> Rendimiento del cortado .....	31
<b>Ecuación 3-4:</b> Mezcla de la raíz de peno -alcohol etílico (g/h).....	32
<b>Ecuación 3-5:</b> Mezcla penco-alcohol etílico .....	33
<b>Ecuación 3-6:</b> Rendimiento de la filtración (%) .....	34
<b>Ecuación 3-7:</b> Rendimiento de la saponina obtenida (%) .....	35
<b>Ecuación 3-8:</b> Volumen del shampoo.....	36
<b>Ecuación 3-9:</b> Densidad de la materia prima .....	38
<b>Ecuación 3-10:</b> Volumen del Penco .....	39
<b>Ecuación 3-11:</b> Masa del Penco .....	40
<b>Ecuación 3-12:</b> Volumen del tanque macerador.....	42
<b>Ecuación 3-13:</b> Cuerpo del tanque macerador.....	43
<b>Ecuación 3-14:</b> Altura del Líquido.....	43
<b>Ecuación 3-15:</b> Volumen del líquido.....	44
<b>Ecuación 3-16:</b> Presión Hidrostática .....	44
<b>Ecuación 3-17:</b> Presión del tanque macerador.....	45
<b>Ecuación 3-18:</b> Espesor del tanque macerador .....	45
<b>Ecuación 3-19:</b> Peso total.....	46
<b>Ecuación 3-20:</b> Número de paradas.....	47
<b>Ecuación 3-21:</b> Volumen del tanque de agitación con paleta .....	48
<b>Ecuación 3-22:</b> Diámetro del tanque de agitación con paleta .....	49
<b>Ecuación 3-23:</b> Altura del tanque de agitación con paleta .....	50
<b>Ecuación 3-24:</b> Longitud del brazo agitador del tanque de agitación con paleta .....	50
<b>Ecuación 3-25:</b> Diámetro del rodete del tanque de agitación con paleta .....	51
<b>Ecuación 3-26:</b> Caudal del fluido del tanque de agitación con paleta.....	51
<b>Ecuación 3-27:</b> Velocidad del fluido del tanque de agitación con paleta .....	52
<b>Ecuación 3-28:</b> Velocidad angular del tanque de agitación con paleta .....	53
<b>Ecuación 3-29:</b> Número de Reynolds del rodete del tanque de agitación con paleta .....	54
<b>Ecuación 3-30:</b> Número de Froude del tanque de agitación con paleta .....	54
<b>Ecuación 3-31:</b> Potencia del tanque de agitación con paleta .....	55
<b>Ecuación 3-32:</b> Constante de masa.....	56
<b>Ecuación 3-33:</b> Costo de producción.....	62
<b>Ecuación 3-34:</b> Precio de venta al público .....	63

<b>Ecuación 3-35:</b> Ganancia Mensual .....	64
<b>Ecuación 3-36:</b> Punto de equilibrio .....	65
<b>Ecuación 3-37:</b> Tasa interna de retorno .....	66
<b>Ecuación 3-38:</b> Valor actual neto .....	66
<b>Ecuación 3-39:</b> Costo-beneficiario del proyecto .....	68



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SHAMPOO

**ANEXO B:** ANÁLISIS DE BIODEGRADABILIDAD

**ANEXO C:** TABLA DE PROPIEDADES DEL AIRE A 20°C

**ANEXO D:** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA AGENTES TENSOACTIVOS CHAMPÚ  
REQUISITOS

**ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL PRODUCTO OBTENIDO

**ANEXO F:** PRUEBAS CUALITATIVAS DE LA SAPONINA OBTENIDA

**ANEXO G:** SHAMPOO BIODEGRADABLE

**ANEXO H:** DISEÑO DE LA MESA DE RECEPCIÓN

**ANEXO I:** DISEÑO DE LA CORTADORA

**ANEXO J:** DISEÑO DE LA LICUADORA INDUSTRIAL

**ANEXO K:** DISEÑO DEL TANQUE MACERADOR

**ANEXO L:** DISEÑO DEL FILTRO PRENSA

**ANEXO M:** DISEÑO DEL DESTILADOR

**ANEXO N:** DISEÑO DEL TANQUE DE AGITACIÓN CON PALETA

**ANEXO O:** DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO

**ANEXO P:** DIAGRAMA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue diseñar un proceso industrial para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (agave americano) para la fábrica “infusiones y cosméticos naturales”, donde se buscó desarrollar una alternativa que brinde un valor agregado a las plantas andinas como el penco. Por lo tanto, como primer paso se seleccionó la materia prima, la cual después de pasar por el proceso de lavado se obtuvo 802,34g de raíz de penco, después se procedió a reducir el tamaño de la raíz de penco para lo cual se utilizó 750g de etanol al 96%, obteniendo de esta manera 1552,34g de mezcla penco-etanol. Posteriormente, se procedió a filtrar la mezcla antes mencionada obteniendo 917,78g de extracto filtrado. Una vez obtenido esto, se realizó una destilación teniendo como resultado 342,78g de saponina, con la cual se obtuvo 500g de shampoo natural. Finalmente, para determinar que el producto es apto para ser comercializado, se efectuaron los análisis fisicoquímicos necesarios basados en la norma NTE INEN 851. Asimismo, se pudo verificar que el proyecto es económicamente viable ya que se obtuvo valor de TIR del 39% y el VAN de \$197,337,87, con una recuperación de la inversión menor a 10 años y con un costo beneficio de \$1,47.

**Palabras claves:** <PENCO (*Agave Americano*)>, <SHAMPOO>, <SAPONINA>, <TENSOACTIVO>, <TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)>, <COSTO BENEFICIO>.

2205-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The objective of this work was to design an industrial process for the elaboration of shampoo from the saponin of Penco root (American agave) for the factory "infusions and natural cosmetics," where we sought to develop an alternative that provides an added value to Andean plants such as Penco. Therefore, as a first step, the raw material was selected, and after washing, 802.34g of Penco root was obtained. The size of the Penco root was reduced using 750 g of 96% ethanol., thus getting 1552.34g of the Penco-ethanol mixture. Subsequently, the mixture above was filtered, obtaining 917.78 g of purified extract. Then, a distillation occurs, resulting in 342.78 g of saponin, with which 500 g of natural shampoo was obtained. Finally, the necessary physicochemical analyses are based on the NTE INEN 851 standard to determine whether the product is suitable to be marketed. It was also possible to verify that the project is economically viable since the IRR value was 39% and the NPV was \$197,337.87, with an investment recovery of less than ten years and a cost-benefit of \$1.47.

**Keywords:** <PENCO (American Agave)>, < SHAMPOO>, <SAPONIN>, <SURFACTANT>, <INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)>, < COST-BENEFIT>.



Lic. Edison Renato Ruiz López

060395704-4

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existe una variedad de shampoo, que son elaborados a partir de los componentes químicos; la cual es un jabón líquido para poder lavarse el cabello, la cual se emplea para poder eliminar sebo, del cuero cabelludo. Por lo que este producto, es empleado, para sustituir estos componentes derivados del petróleo, usando productos químicos biodegradables, la cual ha generado problemas ambientales, basados en la Norma Técnica Ecuatoriana de Agentes Tensoactivos Champú delimitada en las INEN 051, así como el análisis físico-químico del shampoo, el cual se da con el empleo de los métodos de referencias definidos en normativas NTE INEN 823:1982/Gravimetría, NTE INEN 3167:2019/Electrometría, NTE INEN 833:220/Volumetría, NTE INEN 821:1982/Volumetría y la NTE INEN 822:1982/Volumetría, como son los requisitos de calidad delimitados para que el producto pueda ser empleado.

El trabajo de Integración Curricular, está compuesta por 5 capítulos, al cual se compone de la siguiente manera: Capítulo I, establece el diagnóstico del problema, el cual está compuesto de antecedentes, planteamiento del problema, seguido por la justificación del proyecto, así como la línea base, finalizando dicho capítulo con los objetivos que son general y específicos. En el Capítulo II, se compone del marco teórico, donde se detallan los antecedentes de la investigación, referencias bibliográficas como el agave, la planta de agave americano, saponinas, además se dio la conceptualización de las propiedades de los tenso activos, seguido de igual manera de los biosurfactantes, así como sus beneficios; en tanto que en el Capítulo III, consta en el marco metodológico, donde se determinan la ingeniería del proyecto, donde se delimitan el tipo de estudio, los métodos y técnicas empleadas, así como la determinación del contenido de saponina presente en la raíz de penco mediante pruebas de tipo cualitativas, delimitados además de materiales, así como el proceso a nivel de laboratorio, descripción del procedimiento, sustancias y reactivos, seguido de la experimentación definida, así como el procedimiento a nivel industrial, así como el balance de masas, continuando el dimensionamiento de los equipos, terminado ese capítulo con los resultados del diseño de equipos y el análisis de costo-beneficio; mientras que en el Capítulo IV, se dan los resultados definidos en la caracterización; finalmente en el último Capítulo conocido como V se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

El champú es un producto cosmético diseñado para limpiar el cabello, eliminando la grasa, la suciedad, la caspa, las partículas de la piel y los contaminantes ambientales. Este producto ha sido utilizado por los egipcios desde la antigüedad como producto de cuidado personal. El shampoo original estaba hecho a base de jabón y hierbas aromáticas; sin embargo, causa irritación de la piel y alergias. En Ecuador, la gente diluye la ceniza en agua para lavarse el cabello y frota la raíz de cabuya (agave americano) en el agua para enjuagar el cabello, dejándolo brillante y suave (Sampedro y Sánchez, 2019, p.48).

Esta situación realmente se destaca cuando se considera que los tensoactivos aniónicos son la base de la mayoría de los detergentes (para textiles, lavavajillas, detergentes generales, champús, etc.). A su vez, los cationes se utilizan principalmente en suavizantes de telas y en pequeñas cantidades en desinfectantes y champús acondicionadores. Esto requiere una consideración por el medio ambiente, ya que los tensoactivos catiónicos son los menos biodegradables, por lo que se pueden prever problemas ambientales a medio y largo plazo (Ortega, 2010, p.34).

Los limpiadores ecológicos son productos elaborados a partir de sustancias no dañinas para el medio ambiente o al menos lo más naturales posible. Los ingredientes de los detergentes deben ser biodegradables para que se consideren respetuosos con el medio ambiente (Quezada, 2021, p.16).

#### 1.2. Planteamiento del problema

Los componentes químicos utilizados en los productos de higiene como el shampoo convencional están compuestos por agentes derivados del petróleo, lo que resulta perjudicial para el medio ambiente es por ello el uso de un shampoo biodegradable una alternativa sustentable. El uso de productos químicos no biodegradables ha causado problemas ambientales, como la eutrofización en los ecosistemas acuáticos debido a la exageración de fosfatos y nitratos que se incorporan en los diferentes detergentes, estos nutrientes provocan una explosión vegetativa del fitoplancton ya que no son eliminados y llegan al medio acuático mediante las aguas residuales, estos compuestos nocivos también intervienen en los procesos de floculación y sedimentación en fases depuradoras que generan malos olores y desequilibrio de pequeños ríos y fuentes de agua (Pacheco, 2015, p.36).

El uso indiscriminado de tensos activos lo convierte en una fuente clave de contaminación, las diferentes investigaciones realizadas han intentado disminuir la degradación de dichos detergentes que se posicionan en el mercado, sin embargo, esto involucra altos costos de producción y materiales de calidad, pero en este caso los consumidores optan por productos buenos y económicos sin importar su influencia con el medio ambiente (Angulo, 2017, p.6).

La empresa menciona que no disponen de productos biodegradables de uso personal como el shampoo lo que le dificulta su inmersión en el mercado comercial de productos naturales de gran beneficio para la salud corporal de las personas., brindando productos con alto valor nutricional para el cabello siendo natural, saludable y concienciamos a la colectividad a utilizar productos naturales que muchas veces se ignora. Se debe conocer que el cabello cumple funciones muy importantes para el cuerpo humano, la más importante es que sirve para proteger o cubrir el cuerocabelludo de cualquier efecto negativo que se pueda presentar.

### **1.3. Justificación del proyecto**

Proponer nuevas tecnologías para la producción de productos cosméticos basados en ingredientes naturales con un impacto mínimo en el medio ambiente contribuye a aumentar la conciencia ecológica, el uso de tensoactivos nocivos para el medio ambiente. Mediante la modificación de saponinas derivadas de la raíz de penco (agave americano) con propiedades especiales, se tendrá como objetivo reducir significativamente los daños causados en diferentes áreas, sobre todo si se utiliza este producto a nivel doméstico ya nivel industrial para mejorar los sistemas biológicos y factores ambientales abióticos del ecosistema (Loachamín y Rodríguez, 2022, p.32).

La presente investigación busca desarrollar una alternativa para brindarle un valor agregado a las plantas andinas como es el penco, aprovechando así sus propiedades y por ende brindando una nueva idea de industrialización. El uso del penco por sus cualidades saponificantes, emulsionantes y medicinales, permite ser utilizado como un shampoo biodegradable y en consecuencia ayudar a mitigar los daños ambientales. Para lo cual se propone el diseño del proceso adecuado para la obtención de un tenso activo biodegradable amigable con el ambiente, con dicho proceso se prevea obtener un shampoo que con su uso proteja las necesidades de las personas por las bondades que posea. Y de igual forma al conseguir la materia prima naturalmente ayudará a diferentes entidades a optimizar recursos y generar un ingreso favorable y rentable al ser un proceso económico.

## 1.4. Línea base del proyecto

### 1.4.1. Localización del proyecto

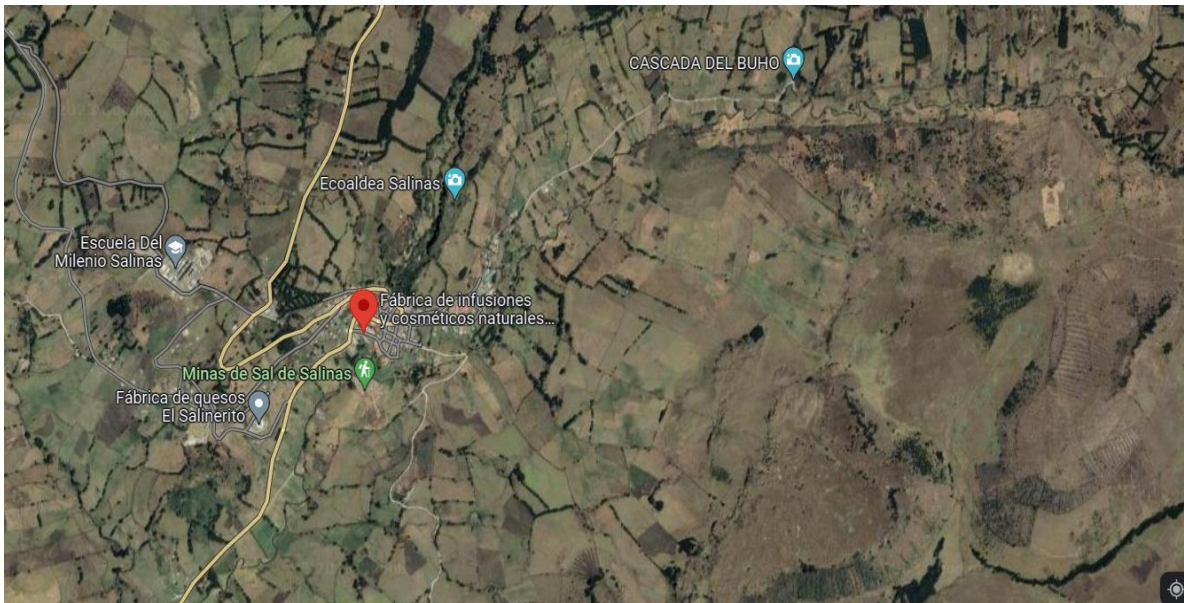
El presente proyecto técnico será desarrollado la fábrica “Infusiones Y Cosméticos Naturales”

**Tabla 1-1:** Ubicación geográfica

<b>Provincia</b>	Guaranda
<b>Cantón</b>	Bolívar
<b>Ubicación</b>	Salinas

Fuente: Google Maps, 2023.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.



**Ilustración 1-1:** Localización geográfica de la fábrica de “Infusiones y Cosméticos Naturales”.

Fuente: Google Maps, 2023.

### 1.4.2. Beneficiarios directos e indirectos

#### 1.4.2.1. Directos

- Los dueños y los trabajadores de la fábrica de “Infusiones y Cosméticos Naturales”, está enfocado en el proceso industrial en la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (agave americano).

#### *1.4.2.2. Indirectos*

- Consumidores que requieran el producto definido de la fábrica de “Infusiones y Cosméticos Naturales”. Habitantes de Salinas de Bolívar, ubicado en Guaranda.

### **1.5. Objetivos**

#### *1.5.1. Objetivo General*

Diseñar un proceso industrial para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (*agave americano*) en la fábrica “infusiones y cosméticos naturales”.

#### *1.5.2. Objetivos Específicos*

- Extraer la saponina de penco (*agave americano*).
- Determinar las variables, parámetros y operaciones del diseño de elaboración de shampoo a partir de la saponina de penco.
- Aplicar cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del proceso productivo.
- Establecer la validación técnica y económica a partir de la caracterización Físicoquímica del producto final con base a la norma NTE INEN 851.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

Según (Machado, Juan, 2013, p.76), ejecutó una investigación para obtener champú antiespumante a partir de mucílago de *Opuntia ficus*, aloe vera y saponinas de agave americano, mediante muestreo y licuación de vegetales, y las soluciones resultantes han sido deshidratadas en secador de bandejas. Las propiedades físicas de 3 champús se obtuvieron de la siguiente manera: tuna pH 6.61, densidad 1.031 g/ml y viscosidad 2031.2 cps; Aloe Vera pH 6,57, densidad 1.030 g/ml y viscosidad 2052,2 cP; Cabuya pH 6,22, densidad 1.030 g/ml y viscosidad 830,5 cps. El champú de aloe vera es probablemente superior a los otros dos champús debido a su consistencia de gel mucho más espesa y también mejor porque reduce el encrespamiento en un 59 %.

Según (Arcos y Vivar, 2015, p.56), gracias a su investigación, desarrolló un método para eliminar CR 6 y 3 en todos los tipos de agua, lo que representa la concentración inicial de 1.25 - 5 horas y 0.05 - 0.25 horas / millones, utilizada raíz de agave estadounidense, rica en saponina como saponina tan un estrés natural, como. Las condiciones óptimas para eliminar CR 6 son: 37.4 horas / millones de extracto de saponina,  $t = 21^{\circ} \text{C}$ , pH = 7.5 y movimiento moderado durante 10 minutos y en 3 es: 74.8 horas / millones de extracto de saponina,  $t = 21^{\circ} \text{C}$ , pH = 8.0 y emoción moderada durante 10 minutos.

Según (Kadam, *et al.*, 2012, p.23-25), ejecutaron estudios para determinar las propiedades farmacológicas y medicinales en raíces de *Agave Americana* (agaváceas), en el cual se utilizan diferentes tipos de análisis como macro morfología, caracteres microscópicos, constantes fisicoquímicas y cribado fotoquímico. La estandarización es una medida importante para evaluar la calidad, la pureza y la caracterización de la muestra, los resultados de las pruebas mostraron la presencia de flavonoides y saponinas que tienen valor terapéutico. De esta manera, se puede realizar una valoración detallada para aislar el componente activo, de modo que se pueda demostrar científicamente que puede acercarse a las respuestas farmacológicas de la planta para determinar el uso y su popularidad de las plantas medicinales.

Así mismo (Murillo, 2019, p.67), en su estudio, propuso un método novedoso para aislar saponinas esteroides del agave americano utilizando las muestras más maduras de unos 12 años (determinación empírica) y con alto contenido de hecogenina, con saponinas Los esteroides son

más activos donde se encuentran los glucósidos (saponinas) en la estructura del rizoma. Este proceso innovador utiliza sustrato de dextrosa de patata como medio nutritivo para la levadura Chaguamishki. Este método es beneficioso para la extracción de O-glucuronidasa, la enzima que cataliza el O-glucósido. Estas moléculas son los ingredientes activos del agave. Finalmente, la importancia de este estudio no tiene nada que ver con la superioridad de las saponinas esteroideas sobre los fármacos o sus efectos en el cuerpo humano; De hecho, la principal ventaja es el fortalecimiento de la industria farmacéutica ecuatoriana a través de la producción en masa y las inversiones en investigación.

Según (Vizcaíno, 2021, p.13), el contenido de saponina en hojas de *A. americana* L. solo fue significativamente menor cuando el ataque de *Phyllosticta* sp., por lo tanto en las hojas de *A. americana* L. infectados con *Phyllosticta* sp., el contenido de saponina cambió según la progresión de la enfermedad. Comience con 3,05 g de diosgenina/kg de muestra seca en el paso 1; aumentó (8%) a 3,29 g de diosgenina/kg de muestra seca en el paso 2; luego disminuyó (11%) a 2,94 g de diosgenina/kg de muestra seca en el paso 3 y (38%) a 2,05 g de diosgenina/kg de muestra seca en el paso 4.

En tanto que (Nicho y Peña, 2019, p.34), explican que la investigación mostró que el uso de shampoo de Saqta influye en la disminución del 99.17% de surfactantes químicos en las aguas grises y es una alternativa sostenible, debido a que este fue elaborado a partir de productos naturales libres de surfactantes químicos. Por lo que se obtuvo la concentración óptima para obtener un shampoo de Saqta fue de 11 mg/mL. Para 500 mL de shampoo fue necesario utilizar 5.5 g de Saqta. Así como las características físicas y químicas del shampoo fueron: pH de 6,5, viscosidad de 16560 cP, índice de espuma de 0.08 y la concentración de surfactantes fue <0.05 mg/L.

En tanto que (Castellano y Yugsi, 2014, p.19), dicen que a la fecha el uso del agave en la sierra ecuatoriana no ha tenido aplicaciones industriales relacionadas con los beneficios de esta planta, debido a muchos factores desfavorables presentes en nuestro país, como el descuido de la industrialización, falta de investigación sobre los beneficios de agave otra cosa es que la migración de nuestros nativos a las ciudades les ha hecho olvidar por completo que en nuestro país existe una planta que nos puede ser de gran beneficio. Las saponinas son un grupo de glucósidos solubles en agua y tienen la propiedad de que al agitar su solución forman una espuma grande y relativamente estable, y los carbohidratos se obtienen por hidrólisis de las saponinas.

De igual manera (Duque, 2013, p.45), dice que los agaves son rizomas perennes, a menudo propagados por hembras, con raíces duras y fibrosas; También tienen cuerpos muy cortos y gruesos.

Sus hojas son grandes, fibrosas, suculentas, con espigas dispuestas en asterisco por encima, ya lo largo de los bordes de las hojas hay pequeñas espinas en forma de gancho o simples. Brácteas de la inflorescencia, escamosas, en forma de maza o maza. A veces hay tubérculos en las inflorescencias. Las semillas son planas y negras. Los agaves son semicirculares, lo que significa que solo tienen un período de floración en su ciclo de vida, después del cual la planta muere.

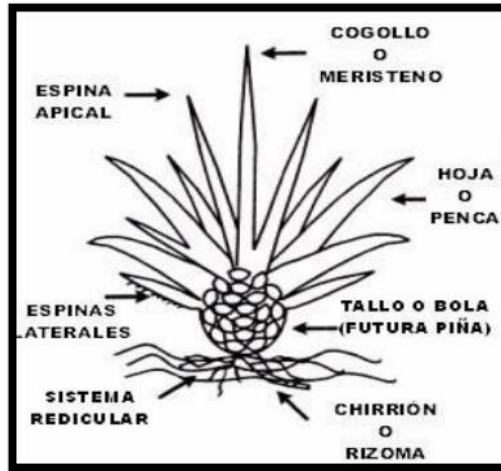
Finalmente (Marruffo, 2019, p.11), dice que las saponinas son metabolitos secundarios del grupo de los glucósidos, que incluyen sustancias con azúcares en forma de acetal. Contienen un núcleo lipofílico que puede tener una estructura esteroide o triterpenoide con una o más cadenas de carbohidratos. El núcleo lipofílico se denomina "aglicona" porque es un grupo unido a un átomo de carbono anómalo, que es un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno o a un oxígeno y cualquier otro heteroátomo, como el nitrógeno. La naturaleza química de la aglicona determina la clasificación de las saponinas como esteroides o triterpenoides.

## **2.2. Referencias teóricas**

### **2.2.1. *Agave***

El nombre "agave" en griego significa "maravilloso" en su especie plantarum, la primera de las cuales es el agave americano o comúnmente conocido como el agave. En México se le dio diferentes nombres en los diferentes idiomas que se hablaban en la época de la conquista (Tuitise y Valverde, 2017, p.6).

Los nativos elegían las variedades más dulces para sus cultivos y así cocinaban los trozos más suaves con extracto simple o agua caliente en lugares similares a las chimeneas en los que se ponían carbón. (Tuitise y Valverde, 2017, p.6).



**Ilustración 1-2:** Anatomía del Agave

Fuente: Tuitise y Valverde, 2017, p.7.

### 2.2.2. Descripción de la planta Agave Americano

Agave americana, tradicionalmente conocida en Ecuador como Cabuya Negra, es una hierba perenne monocotiledónea originaria de México e introducida en diferentes regiones geográficas del mundo. En Ecuador, se presenta en toda la interandina, frecuentemente bordeada, con hojas simples de color verde, ovaladas o simples, flores hermafroditas, constituidas por seis pétalos de color amarillo pálido, cortos tallos cilíndricos, conocida como flor de tierra (Jurado y Sarzosa, 2009, p.18).

El género Agave incluye 200 especies distribuidas en México, Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Venezuela, logrando su madurez entre los 10 y los 25 años y pueden alcanzarlos 2 metros de altura y los 4 metros de ancho con más de 100 hojas. El Agave americano conocido como penco o cabuya, posee gran cantidad de saponinas (Ulloa, 2018, p.20).

Se han distinguido por una variedad de usos desde la antigüedad, como fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, refugio, fibras duraderas obtenidas de las hojas, abono, construcción de viviendas y otros usos herramientas agrícolas, jabón para la ropa, cepillo, escobas, cesta, entre otras aplicaciones (García, 2007, p.5).



**Ilustración 2-2:** Planta Agave Americano

Fuente: Machado, 2013, p.20.

La clasificación taxonómica del agave americano es:

**Tabla 2-1:** Clasificación taxonómica

<b>Clasificación taxonómica</b>	<b>Descripción</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Liliales
Familia	Agaváceas
Especie	Americana
Genero	Agave

Fuente: Tuitise y Valverde, 2017, pp.7-8.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

Mientras que la composición de la planta de Agave es:

**Tabla 2-2:** Composición de la planta de agave

Composición	Porcentaje
Humedad	60
Carbohidratos	25
Fibra y médula	10
Sales minerales	2.5
Otros (proteínas, saponinas, etc.)	2.5

Fuente: Tuitise, y Valverde, 2017, p.9.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

Los requerimientos del cultivo de *A. americana*, los presentados son:

**Tabla 2-3:** Requerimientos de la planta de Agave

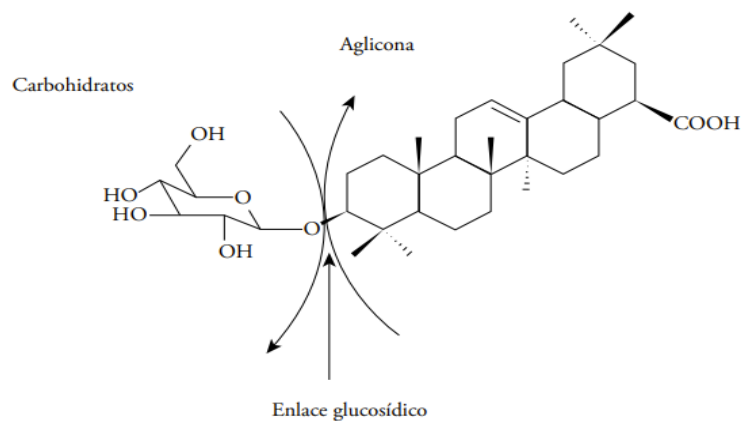
Variable	Requerimientos/potencial agroecológico		
	Óptimo	Sub-óptimo	Marginal
Temperatura nocturna (°C)	11 a 21	-1 a 11 y 21 – 28	<-1 y >28
Probabilidad de heladas	<0.10		>0.10
Altitud (msnm)	1000-2000	600-1000 y 2000-2500	<600 y >2500
Pendiente del terreno	2-15	1-2 y 15-45	<1 y >45
Lluvia anual	600-1500	1500-1800	<600 y >1800

Fuente: Vizcaíno, 2021, p.23.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 2.2.3. Saponinas

Las saponinas son metabolitos secundarios que forman un gran grupo de compuestos con estructura de anillo terpenoide o esteroide, conocidos como agliconas o sapogeninas, que son sustituidos por oligosacáridos a través de enlaces glucosídicos, volviéndolos dimétricos. Las saponinas también muestran una alta actividad superficial debido a la combinación de grupos polares (azúcares) y grupos no polares (esteroides o triterpenos) en su estructura, lo que les permite ser utilizadas como detergentes naturales y al contacto con el agua formarán un coloide, la cual es una solución espumante, con buenas propiedades, así como estabilizantes y emulsionantes en productos de limpieza y cosméticos (Ahumada, *et al.*, 2016, p.4).



**Ilustración 3-2:** Estructura general de la saponina

Fuente: Ahumada *et al.*, 2016, p.4.

### 2.2.4. Clasificación de las saponinas

La clasificación de las saponinas se da según la naturaleza de la aglicona es:

- Saponinas triterpénicas
- Saponinas esteroidales

**Tabla 2-4:** Clasificación de las saponinas

Clasificación	Monocotiledóneas	Dicotiledóneas	Estructura
Esteroidales	Liliaceae Dioscoreaceae amaryllidaceae	Solanaceae Scrofulariaceae	<p>Saponina Esteroidal</p>
Triterpenoides	Caryophyllaceae Sapindaceae Polygaceae Sapotacea		<p>Saponina Triterpenoide</p>

Fuente: Aigaje, *et al.*, 2021, pp.11-12.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023

### **2.2.5. Tipos de extracción de saponinas**

La clasificación de los principales tipos de extracción por maceración, según: (Aigaje, *et al.*, 2021, p.13) es:

- Maceración en frío, consiste en sumergir el producto en un determinado recipiente con una cantidad suficiente de disolventes para poder cubrir por completo lo que se va a macerar.
- Maceración con calor, este proceso consiste en el contacto entre las fases, con la diferencia de la variación de temperatura, donde las condiciones de la maceración pueden variar.

### **2.2.6. Características y propiedades de las saponinas**

Las características y propiedades de las saponinas, según (Méndez, 2016, p.56) es:

#### **2.2.6.1. Físicas**

- Poseen un sabor amargo.
- Posee alta estabilidad térmica.
- Tienen una apariencia gomosa o cristalina.
- Alto peso molecular 600-2700 Da

#### **2.2.6.2. Químicas**

- Ayudan la formación de emulsiones.
- Son muy solubles en agua y alcohol; por lo tanto, la agitación de sus soluciones acuosas e hidroalcohólicas producen la formación de una espuma abundante y estable.
- Poseen propiedades detergentes debido a su aglicón esteroide o triterpénico es soluble en lípidos y sus azúcares solubles en agua (Méndez, 2016, p.56).

### **2.2.7. Propiedades de los tenso activos**

Los agentes tenso activos o surfactantes pueden cambiar la tensión superficial de la solución a la que se agregan y, en ciertas concentraciones, forman agregados de moléculas llamadas micelas. Cambiar la tensión superficial les da propiedades humectantes y espumantes, mejora la formación de espuma y mejora la adhesión o humectación de líquidos a superficies sólidas (Sampedro y Sánchez, 2019, p.17).



#### *2.2.7.1. Propiedades físico-químicas*

- Disminución de la tensión superficial e interracial por adsorción de la moléculade tensoactivos en la interface.
- Aumento de la humectabilidad: Mojado de un líquido sobre un sólido, o la capacita de penetración en los poros.
- Formación de espumas (Sampedro y Sánchez, 2019, p.23).

#### *2.2.7.2. Asociados moleculares*

- Micelación: Formación de agregados moleculares cuando se supera la CMC del tenso activo.
- Solubilización de componentes insolubles en agua en el interior de las micelas (Sampedro y Sánchez, 2019, p.25).

#### **2.2.8. Biosufactantes**

Son tenso activos de fuentes naturales que tienen propiedades comunes como la actividadsuperficial y la biodegradabilidad, que se refiere a la capacidad de los materiales a descomponerse fácilmente en productos inocuos como: agua, dióxido de carbono y productos orgánicos más simples bajo condiciones normales (Sampedro y Sánchez, 2019, p.19).

#### **2.2.9. Shampoo**

Este producto se ha utilizado desde la antigüedad por los egipcios lo consideraban la esencia de la higiene personal. La fórmula del primer champú fue creada en el siglo XX por un peluquero. Luego se agregaron agentes industriales e ingredientes activos a la formulación original. Consiguiendo un shampoo con: compuestos bioactivos de plantas y animales y base limpiadora (acondicionador y perfume (Sampedro y Sánchez, 2019, p.17).

El champú es un producto de preparación cosmética para el cuidado del cabello se lo utiliza para eliminar la suciedad, las partículas de la piel, la grasa, la caspa, los contaminantes ambientales y demás partículas contaminantes que se acumulan en el cabello (Azcona, 2003, pp.1-2).

### ***2.2.10. Tenso activo en la formulación de shampoo***

Los tenso-activos son la base de todas las formulaciones de champú y contribuyen a muchos beneficios, como la limpieza, la formación de espuma, el control geológico, el alisado de la piel y el depósito de sustancias beneficiosas en el cabello y el cuero cabelludo. También desempeñan un papel importante en la eficacia de los sistemas de deposición de polímeros catiónicos que se utilizan para administrar los ingredientes activos al cabello y al cuero cabelludo. Además, deben seleccionarse y mezclarse para que sean lo más suaves posible para el cabello, la piel y los ojos (Cornwell, 2018, p.2).

### ***2.2.11. Características y propiedades limpiadoras de los tenso-activos***

El efecto detergente de los tenso-activos es diferente para los distintos tipos de suciedad del cabello. La suciedad del cabello se parte en cuatro grupos: sebo, restos de células de la piel, contaminantes sólidos del aire y suciedad de productos capilares. Se propone que los tenso-activos funcionen a través de cuatro mecanismos: roll-up, emulsificación espontánea, penetración y solubilización. Las formulaciones de champú a menudo requieren tenso-activos primarios y secundarios, los principales tenso-activos, como sugiere su nombre, se encuentran en las concentraciones más altas en los productos y proveen la mayoría de sus propiedades esenciales (Cano, 2022, p.2).

El papel de los tenso-activos secundario suele ser aumentar la acción de los tensoactivos primarios en las direcciones requeridas para un producto dado, produciendo un aumento de espuma o suavizan el shampoo para el cuero cabelludo y los ojos. Es por ello que los tenso-activos más utilizados son puramente aniónicos e incluyen lauril éter sulfato de sodio, lauril éter sulfato de sodio, lauril éter sulfato de amonio y lauril éter sulfato de amonio. Los tenso-activos secundarios son principalmente los tenso-activos anfóteros incluyen cocamidopropil betaína y la cocobetaína y no iónicos como el monoisopropanolamida decocamida y monoetanolamida de cocamida (Cano, 2022, p.2).

### ***2.2.12. Beneficio de las plantas de uso cosmético***

La producción cosmética utiliza extractos de plantas y aceites esenciales en las formulaciones de champú porque proporcionan salud, brillo, suavidad y vitalidad al cabello. Además, tienen propiedades antisépticas y bactericidas, estos productos se caracterizan por ser amigables con el medio ambiente, innovadores y seguros para los consumidores (Sampedro y Sánchez, 2019, p.17).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ingeniería del proyecto

A continuación, se describen los pasos específicos para el correcto desarrollo del proyecto técnico.

##### 3.1.1. Tipo de estudio

En la presente investigación del diseño de un proceso industrial para la elaboración de Shampoo a partir de la saponina de la raíz de penco (*Agave Americano*) es de modelo técnico, y se basa en investigaciones teóricas y prácticas, así como experimentos identificando variables y cada una de las operaciones unitarias involucradas en el proceso de obtener un surfactante natural y convertirlo en un producto final.

##### 3.1.1.1. Estudio experimental

Para la obtención de saponinas a partir de raíces de penco, se deben controlar todos los procesos y operaciones necesarias como son: secado, remojo, triturado, filtrado, destilado y mezclado para completar el proyecto, para extraer saponinas de difícil descomposición y transporte, para lo cual se debe realizar pruebas en muestras de referencia a nivel de laboratorio, luego planificar la prueba utilizando métodos de recopilación de datos que conduzcan a la producción de un champú más alto aprobado por el consumidor.

#### 3.2. Métodos y técnicas

##### 3.2.1. Métodos

Al efectuar este proyecto se tuvo en cuenta los métodos de tipo inductivo, así como el deductivo y el experimental, los cuales serán utilizados para recolectar datos e información para el procedimiento, así como para determinar las acciones que requiere el proyecto, con condiciones necesarias y aceptables para cada etapa delimitada.

#### *3.2.1.1. Método deductivo*

En este método se utiliza los conocimientos hacia la aplicación del diseño industrial para la elaboración de shampoo con saponinas naturales, que comenzaran mediante la experimentación y pruebas a nivel de laboratorio. Para proceder a la producción de shampoo por lo que es necesario obtener las variables, parámetros y operaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de producción.

#### *3.2.1.2. Método inductivo*

Mediante este método, se pretende comprender y adecuar diferentes procesos para el desarrollo industrial de shampoo para el aseo del cabello como un producto natural y ecológico con el medio ambiente a partir de un surfactante natural, que comienza con la selección de las materias primas adecuadas (raíz de penco) para la debida extracción de la saponina de penco (agave americano).

#### *3.2.1.3. Método experimental*

A través de este método se manejan equipos y diferentes instrumentos apropiados para la obtención de un tenso-activos natural. El producto terminado debe cumplir con las características que debe poseer un shampoo cumpliendo con las especificaciones de la norma NTE INEN 851: Agentes tenso-activos champú.

### **3.2.2. Técnicas**

No existe un estándar específico para la caracterización de materias primas que se base en características encontradas en la bibliografía en estudios y análisis similares realizados sobre materias primas.

#### *3.2.2.1. Caracterización de la saponina obtenida*

Los principales métodos para caracterizar las saponinas derivadas de penco se describen a continuación:

**Tabla 3-1:** Parámetros físicos de la saponina

Métodos	Equipos	Procedimientos
pH	Potenciómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducir el medidor de pH en el líquido de calibración de pH</li> <li>- Esperar unos minutos a que se estabilice la lectura.</li> <li>- En un vaso de precipitación tomar 100 ml de muestra de la saponina</li> <li>- Introducir el electrodo dentro del vaso de precipitación con la muestra</li> <li>- Leer el valor especificado por el potenciómetro</li> <li>- Enjuagar la sonda del medidor de pH con agua destilada</li> </ul>
Viscosidad	Viscosímetro rotacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En un vaso de precipitación de 200 ml tomar una muestra de saponina.</li> <li>- Introducir el rotor del viscosímetro en la muestra de saponina a una velocidad de 100 rpm.</li> </ul>
Densidad	Picnómetro 10 ml Pipeta de 10 ml Balanza analítica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encender la balanza analítica y encerrar.</li> <li>- Pesar el picnómetro vacío.</li> <li>- Pesar el picnómetro con agua destilada y luego con la muestra de la saponina.</li> <li>- Anotar los valores que se muestran en la balanza.</li> </ul> $\rho = \frac{P1 - P2}{Vp}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\rho = \text{densidad (g/mL)}</math></li> <li>- <math>P1 = \text{peso del picnómetro vacío (g)}</math></li> <li>- <math>P2 = \text{peso picnómetro con saponina (g)}</math></li> <li>- <math>Vp = \text{volumen del picnómetro (mL)}</math></li> </ul>
° Brix	Refractómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encender y calibrar el equipo poniendo agua destilada en el lente del equipo.</li> <li>- Comenzar calibración y medición.</li> <li>- Limpiar y poner una gota de la saponina a medir.</li> </ul>
Índice de refracción	Refractómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encender y calibrar el equipo poniendo agua.</li> <li>- Comenzar calibración y medición.</li> <li>- Limpiar y poner una gota de la saponina a medir.</li> <li>- Tomar nota del valor obtenido.</li> </ul>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.2.3. Especificaciones para la caracterización físico-química del shampoo

**Tabla 3-2:** Norma INEN 851

Requisitos	Unidad	Jabón compuesto		Método de ensayo
		Min.	Max.	
Materia grasa saponificada total	% (m/m)	1,0	--	INEN 823
Alcalinidad no saponificada libre (NaOH <sub>2</sub> )	% (m/m)	--	0,03	INEN 821
Acidez libre; ácido oleico	% (m/m)	--	0,25	INEN 822
Tenso-activos total	% (m/m)	15	--	INEN 833
Ph		7,5	--	INEN 820
Biodegradabilidad del tensoactivo	%	90	--	ASTM D2667

Fuente: INEN 851, 2014.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.2.4. Determinación del contenido de saponinas presentes en la raíz de penco mediante pruebas cualitativas

Ensayos cualitativos utilizados para determinar la presencia de saponinas:

#### 3.2.4.1. Materiales

- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Pipeta de 10ml
- Pera de succión
- Extractos vegetales (Agave americano)

#### 3.2.4.2. Sustancias y reactivos

- Ácido sulfúrico
- Vainillina
- Agua destilada

### 3.2.4.3. *Procedimiento*

#### ➤ **Prueba de altura y estabilidad de espuma**

Se coloca 10 ml de agua destilada en un tubo de ensayo junto con 1 ml del extracto de saponina, agitando vigorosamente por 5 minutos y reposando por 15 minutos se mide el índice de espuma. Si el índice de espuma es menor a 5 mm se dice que no existe presencia de saponina.

#### ➤ **Reacción de Rosenthaler**

En un tubo de ensayo colocar 1 ml del extracto concentrado, luego se le añade dos gotas de reactivo de vainillina y estratificando con dos gotas de ácido sulfúrico concentrado. Si la coloración es violeta, se considera positiva para saponinas triterpenoides y una coloración verde para saponinas esteroidales.

### **3.3. Proceso a nivel de laboratorio**

A continuación, se describe en detalle el proceso de obtención de saponinas a base de la raíz de penco.

#### **3.3.1. Descripción del procedimiento**

Obtención de saponina de la raíz de penco con alcohol etílico al 96 % de pureza.

#### **Requerimientos equipos y materiales a nivel de laboratorio**

##### **3.3.1.1. Sustancias y reactivos**

- Agua destilada
- Etanol 96%
- Raíz de penco

### *3.3.1.2. Equipos y materiales*

- Licuadora industrial
- Rota vapor
- Vasos de precipitación
- Picnómetro
- Pera de succión
- Embudo buchner
- Kitasato
- Pipeta
- Cuchillo
- Papel aluminio
- Recipientes
- Balanza analítica
- Envases ámbar
- Probeta

### *3.3.1.3. Procedimiento*

- **Recolección y selección:** de la materia prima rizoma de la planta agave americano una cantidad de un kilo
- **Lavado de rizomas:** Los rizomas se lavan con abundante agua limpia para eliminar las impurezas y residuos de tierra que quedaron de su recolección.
- **Cortado de la raíz** en pequeños trozos
- La extracción del zumo se lo realiza mediante el licuado de la raíz con el etanol al 96% de pureza para obtener el zumo o extracto.
- Una vez licuado la raíz con todo y sin filtrar se deja macerar durante 72 horas.
- Después del proceso de maceración se instala el equipo de filtración al vacío y se procesa a filtrar el extracto alcohólico y se reúne los extractos alcohólicos en un envase ámbar previamente esterilizado.
- **Destilación:** En esta etapa, el extracto alcohólico pre filtrado se concentra a sequedad en un rota vapor a 50°C, al instante se coloca el extracto en un matraz evaporador y se enciende a baño maría para el procedimiento adecuado hasta la recolección del residuo sifuroso y se recupera el alcohol etílico. Una vez que se complete el proceso, medimos el volumen con la ayuda de una probeta y guardamos en un recipiente estéril etiquetado



**Tabla 3-3:** Requerimientos para la formulación de shampoo

<b>Necesidades</b>	<b>Materia prima</b>
Materia prima	Raíz de penco
Materia prima	Comperlan
Materia prima	Agua destilada
Materia prima	Texapon
Materia prima	Nacarante
Materia prima	Glicerina
Materia prima	Vitamina E
Materia prima	Aceite de karité
Materia prima	Aroma

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### **3.3.2. Obtención del shampoo liquido**

#### *3.3.2.1. Sustancias y reactivos*

- Agua destilada
- Saponina penco
- Texapon
- Comperlan
- Glicerina
- Aroma
- Vitamina E
- Aceite de karité
- Dehyquart
- Conservante
- Nacarante

#### *3.3.2.2. Materiales y Equipos*

- Balanza analítica
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación
- Envase de 500 ml
- Probeta 100 ml

### 3.3.2.3. Procedimiento

- Pesar las cantidades requeridos correctamente para la elaboración de shampoo de 500 ml.
- Añadir en un vaso de precipitación el texapon y agitar cuidadosamente durante 15 minutos
- Agregar la saponina del penco sobre el texapon y seguir agitando durante 10 minutos
- A continuación, se siguió añadiendo los demás ingredientes como: Comperlan, Glicerina, Aroma, Vitamina E, Aceite de karité, Conservante y Nacarante. Es necesario que a mezcla debe estar debidamente homogeneizada para evitar la presencia de partículas extrañas de cualquier componente sin dilución completa.
- Hacer el envasado del shampoo en recipientes estériles

### 3.3.3. Experimentación

**Tabla 3-4:** Elaboración de shampoo

Texapon	60 g
Saponina	250 g
Comperlan	100g
Glicerina	20g
Aroma	10 g
Vitamina E	10 g
Aceite de karité	10g
Nacarante	15 g
Conservante	1,5 g

**Elaborado por:** Arévalo Dayana, 2023.

#### 3.3.3.1. Procedimiento

- Se inicia con el lavado y pesado de la materia prima



**Ilustración 1-3:** Pesado de la materia prima

**Realizado por:** Arévalo Dayana, 2023.

- Otro paso a ejecutar es el licuado de la materia prima



**Ilustración 2-3:** Licuado de la materia prima

**Realizado por:** Arévalo Dayana, 2023.

- El siguiente paso es la maceración en frasco ámbar del licuado realizado de la materia prima



**Ilustración 3-3:** Maceración en frasco ámbar

**Realizado por:** Arévalo Dayana, 2023.

- Una vez macerado el producto se procede a filtrar ya obtenido el extracto se inicia con la destilación



**Ilustración 4-3:** Destilación

**Realizado por:** Arévalo Dayana, 2023.

- Por lo que se obtiene la saponina siguiente



**Ilustración 5-3:** Saponina obtenida

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

- Obteniéndose el shampoo



**Ilustración 6-3:** Shampoo

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.4. Determinación de la variable del proceso

#### 3.4.1. Variables de proceso

Las variables que inciden directamente en la producción de shampoo mediante la saponina de la raíz de penco se especifican a continuación:

- **Concentración del alcohol:** en esta etapa de la obtención de saponina es importante tomar en cuenta la concentración del alcohol, por lo que, si no se separa por completo el alcohol del

extracto, no se obtendrán buenos resultados de líquido de saponina también puede alterar en la preparación del shampoo con la mezcla de los demás ingredientes.

- **Temperatura:** es una variable importante dentro del proceso puesto que al concentrar los extractos a sequedad no debe sobrepasar de los 100°C, debido a que si esto ocurre la saponina obtenida tiende a desestabilizarse y empieza a burbujear provocando una ruptura del condensador debido a la presión ejercida por la expansión de la saponina al equipo.
- **Celeridad de agitación:** es necesario mantener una agitación constante y vigorosa ya que de ello depende crear un medio adecuado para que los componentes del shampoo líquido se incorporen con fácilmente.
- **Tiempo de extracción:** para la extracción del extracto etanolito se emplea un tiempo estimado de 2 horas, y esto a su vez depende de la cantidad que se quiera concentrar por lo que el tiempo va variar.

### 3.4.2. Descripción del proceso para la elaboración de shampoo líquido

**Tabla 3-5:** Descripción del proceso para la elaboración de shampoo líquido

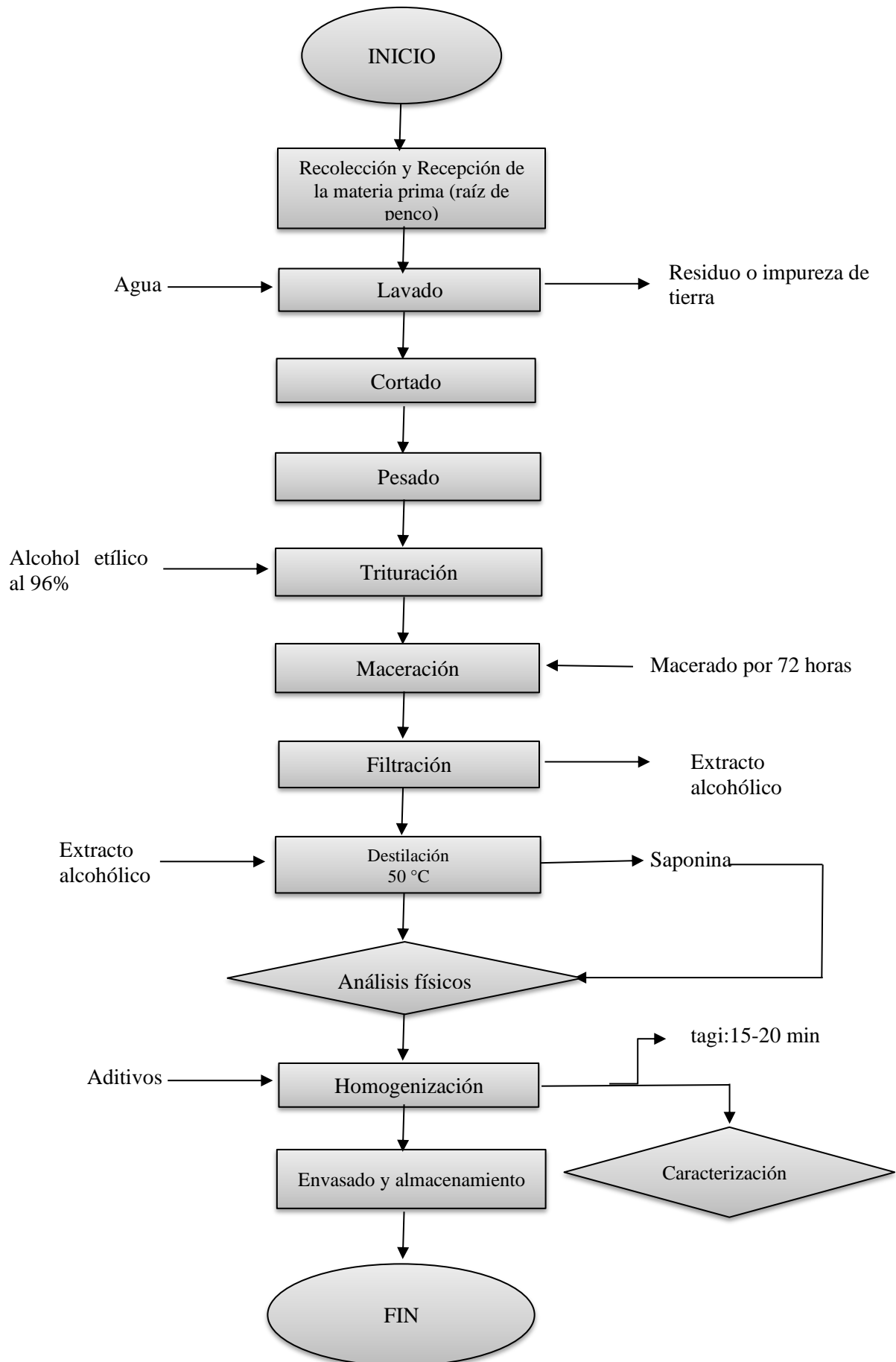
Variable	Proceso	Descripción	Parámetro
Inocuidad	Recolección y recepción de la materia prima	En esta etapa para la extracción de saponinas se obtiene de la raíz del agave americano en su estado vegetativo inicial, en este caso un agave joven de unos 40 cm de altura más o menos.	Cualitativo
Cantidad de partículas extrañas e impurezas	Lavado	Una vez que la materia prima haya ingresado al proceso inicial, se procede a la eliminación de cualquier impureza o residuo de tierra.	
Fuerza Inocuidad	Cortado	En este proceso se realiza teniendo en cuenta las herramientas adecuadas, que produzcan cortes limpios y nítidos que no involucren en lo posible partículas extrañas, para evitar contaminar el producto.	
Disminución de tamaño	Trituración	Una vez cortado la raíz del penco se realiza el licuado, utilizando como disolvente etanol al 96%, pudiendo	

		obtenerse partículas más pequeñas o finas.	
Tiempo de maceración	Maceración	En esta etapa, se deja a macerar el extracto obtenido del proceso de trituración, en un frasco ámbar previamente esterilizado.	72 horas
Concentración o cantidad del extracto	Filtración	Luego de proceso de maceración procedemos a filtrar todo el extracto alcohólico, asegurándonos de que todos los residuos vegetales hayan sido filtrados.	
Temperatura	Destilación	Para la destilación, se debe tener en cuenta la temperatura, puesto que al concentrar los extractos a sequedad no debe sobrepasar de los 100°C, debido a que si esto ocurre la saponina obtenida tiende a desestabilizarse y al empezar a ebullición la materia sube por el condensador lo provocando una pérdida del material para la elaboración del shampoo líquido. El tiempo estimado es de unas 2 horas y está relacionado a la cantidad que se vaya a concentrar. En este proceso también se recupera gran parte del disolvente etanol para su reutilización en el proceso.	Menos 100°C
	Análisis de saponina	Obtenida la saponina de la raíz de penco se determina sus condiciones y se realiza la caracterización física y pruebas cualitativas.	Densidad Temperatura pH °Brix Viscosidad Índice de refracción Índice de espuma Prueba de rosenthaler

<p>Celeridad de agitación</p> <p>Tiempo de agitación</p>	<p>Homogenización</p>	<p>En esta etapa se procede a homogeneizar los ingredientes que contendrá el shampoo líquido, con la saponina obtenida, puesto que se debe mantener un mezclado continuo y vigoroso mientras se agrega cada aditivo para obtener un mejor efecto en el producto final.</p>	<p>15-20 Minutos</p>
	<p>Análisis del shampoo líquido</p>	<p>Una vez obtenido el producto final se realiza la respectiva caracterización físico-química.</p>	<p>Materia grasa saponificada total</p> <p>Alcalinidad no saponificada libre (NaOH)</p> <p>Acidez libre; ácido oleico</p> <p>Tenso-activos total</p> <p>pH</p> <p>Biodegradabilidad</p>
<p>Esterilización</p> <p>Temperatura</p>	<p>Envasado y almacenamiento</p>	<p>Finalmente, el producto se envasa en recipientes de 500 ml, una vez envasado se etiqueta y se lleva al área de almacenamiento para su distribución.</p>	<p>Temperatura ambiente</p>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.4.3. Flujograma del proceso





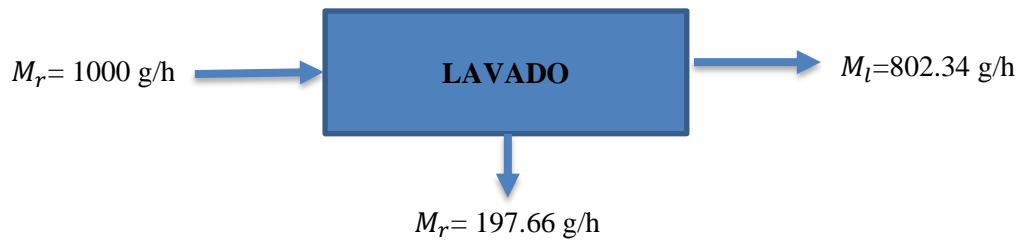
### 3.5. Balance de masa

#### 3.5.1. Balance de masa

Para elaborar el shampoo se sigue el siguiente procedimiento:

##### 3.5.1.1. Lavado

En esta etapa se obtiene la raíz de penco en buen estado y se seleccionan para ingresar al proceso de lavado donde se retiran los residuos.



**Ecuación 3-1:** Masa rechazada (g/h)

$$M_s = M_l - M_r$$

Donde:

- $M_s$  = Masa de penco sin lavar (g/h)
- $M_l$  = Masa de penco lavado (g/h)
- $M_r$  = Masa rechazada (g/h)

$$M_s = M_l - M_r$$

$$M_r = M_s - M_l$$

$$M_r = 1000g/h - 802.34g/h$$

$$M_r = 197.66 g/h$$

**Ecuación 3-2:** Rendimiento del lavado (%)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M_l}{M_s} * 100$$

Donde:

- $M_l$  = Masa de penco lavado (g/h)
- $M_s$  = Masa de penco sin lavar (g/h)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M_l}{M_s} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{802.34 \text{ g/h}}{1000 \text{ g/h}} * 100 = 80.23\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 80.23\%$$

**3.5.1.2. Cortado**

El ingreso de la materia prima previamente lavado



**Ecuación 3-3:** Rendimiento del cortado

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M_l}{M_c} * 100$$

Donde:

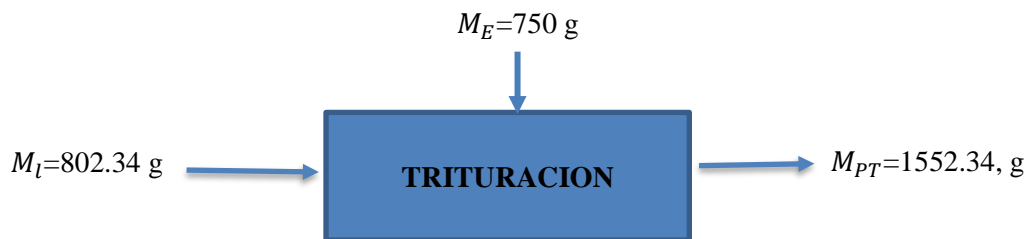
- $M_l$ =Masa de penco lavado (g/h)
- $M_c$ =Masa de penco cortado (g/h)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M_l}{M_c} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{802.34 \text{ g/h}}{802.34 \text{ g/h}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 100\%$$

### 3.5.1.3. Trituración



**Ecuación 3-4:** Mezcla de la raíz de penco -alcohol etílico (g/h)

$$M_l + M_E = M_{PT}$$

Donde:

- $M_l$ =Masa del penco lavado = 802.34 g/h
- $M_{PT}$ = Masa del penco triturado=1552.34g
- $M_E$ = Volumen del alcohol etílico =750g

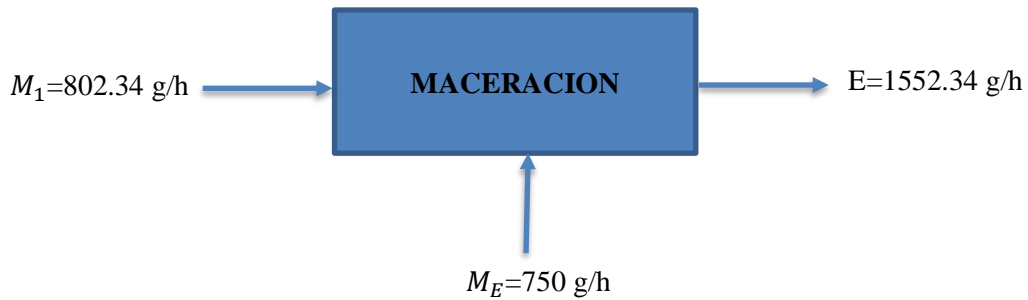
$$M_l + M_E = M_{PT}$$

$$M_{PT} = 802.34 \text{ g/h} + 750 \text{ g/h}$$

$$M_{PT} = 1552.34 \text{ g/h}$$

#### 3.5.1.4. Maceración

En esta etapa, la raíz de penco trituradas se macera en un solvente orgánicos durante 72 horas, para este proceso se utiliza alcohol etílico puro al 96%, con la finalidad de obtener un concentrado rico en saponina y aprovechar todas sus propiedades.



#### Ecuación 3-5: Mezcla penco-alcohol etílico

$$E = M_E + M_l$$

Donde:

- E = Mezcla del extracto penco – alcohol
- $M_{etilico}$  = Masa del alcohol etílico = 750g/h
- $M_l$  = Masa del penco lavado = 802.34 g/h

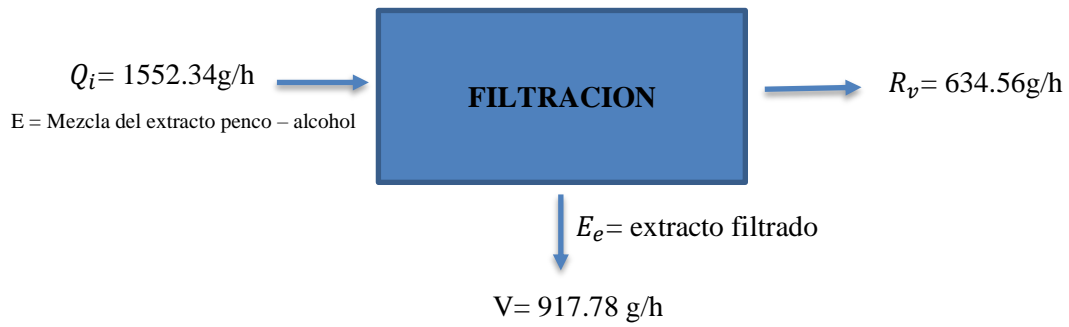
$$E = M_E + M_l$$

$$E = 802.34g/h + 750g/h$$

$$E = 1552.34 g/h$$

#### 3.5.1.5. Filtración

Este proceso se realiza en un filtro prensa para separar los residuos al pasar por un medio poroso, donde se suspenden la fibra de la raíz de penco, formándose una torta sólida y permitiendo así obtener un extracto concentrado.



**Ecuación 3-6:** Rendimiento de la filtración (%)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{R_v}{Q_i} * 100$$

Donde:

- $E_e$  = Extracto filtrado
- $V$  = Volúmen del extracto filtrado = 917.78 ml
- $E$  = Mezcla del extracto penco - alcohol = 1552.34g/h
- $R_v$  = Residuo vegetal = 634.56g/h

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{R_v}{Q_i} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{634.56g/h}{1552.34 g/h} * 100 = 40.87\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 40.87\%$$

### 3.5.1.6. Extracto

$$E_f = 917.78 \text{ ml}$$

### 3.5.1.7. Destilación



**Ecuación 3-7:** Rendimiento de la saponina obtenida (%)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{S_o}{E_f} * 100$$

Donde:

- $E_f$  = Extracto filtrado = 917.78 ml/h
- $S_o$  = Saponina obtenida = 342.78 ml/h
- $A_{rec}$  = Alcohol recuperado = 575 ml/h

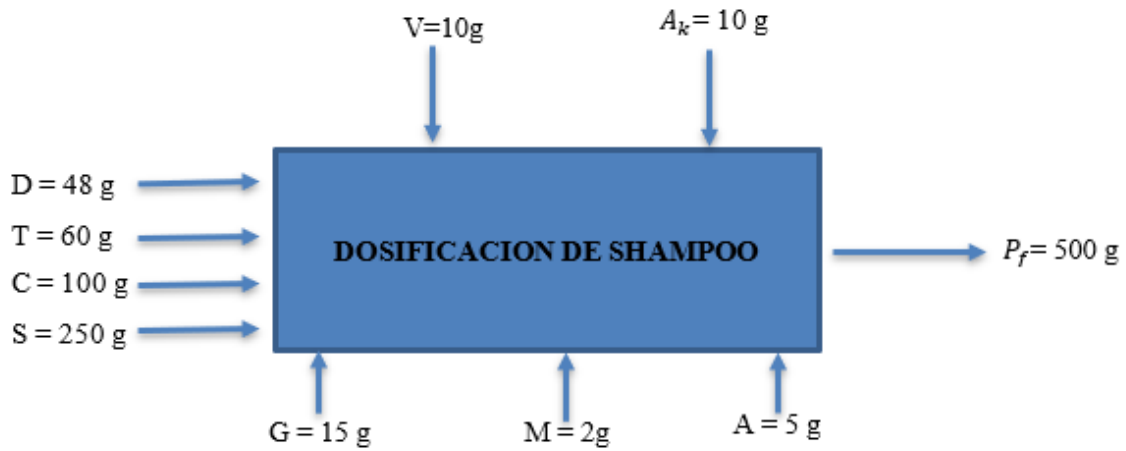
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{S_o}{E_f} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{342.78ml}{917.78ml} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 37.34\%$$

### 3.5.1.8. Mezclador para aditivos del shampoo

Finalmente, en esta etapa, pesamos y medimos cada ingrediente necesario para hacer el shampoo, que se mezclará hasta lograr una solución homogénea.



**Ecuación 3-8:** Volumen del shampoo

$$V_{Shampoo} = T+C+S+G+M+A+D+V+A_k$$

Donde:

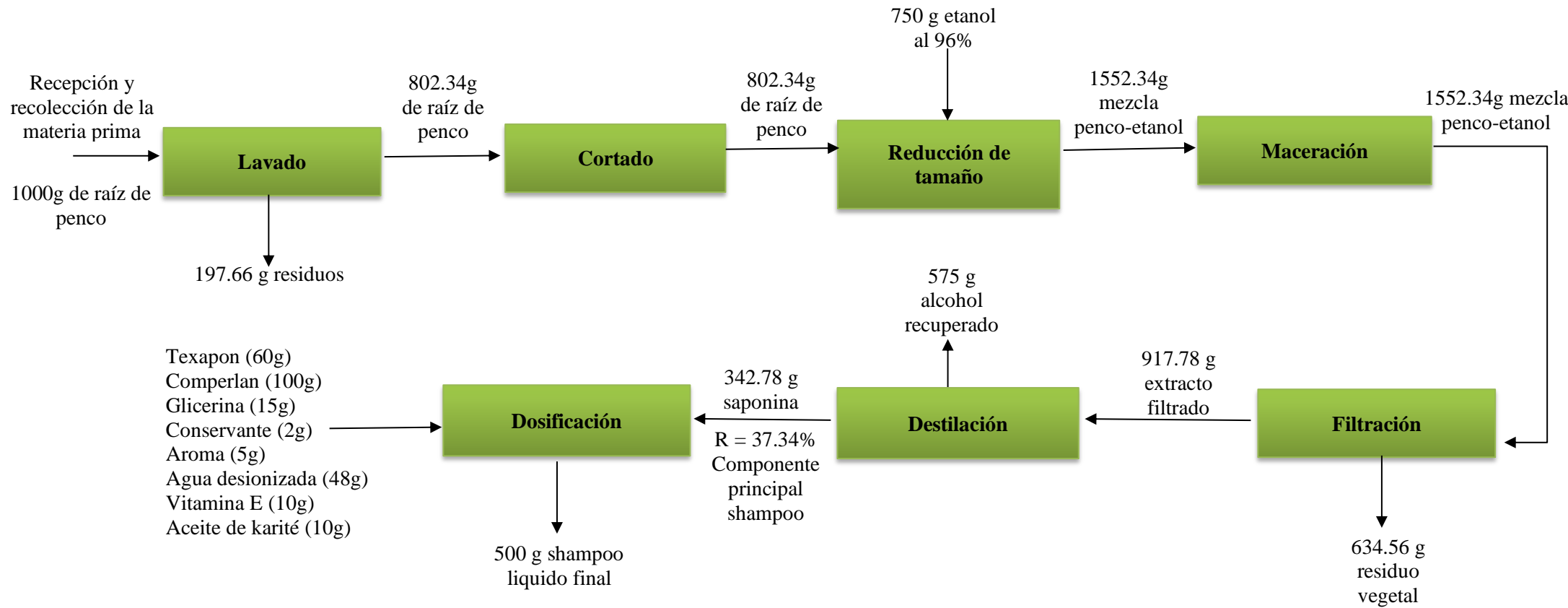
- T = Texapon = 60ml
- C = Comperlan = 100ml
- S = Saponina = 250ml
- G = Glicerina = 15ml
- M = Conservante = 2ml
- A = Aroma = 5ml
- D = Agua destilada = 48ml
- V = Vitamina E = 10ml
- $A_k$  = Aceite de karité=10ml
- $V_{Shampoo}$  = Volumen del shampoo = 500ml

$$V_{Shampoo} = T+C+S+G+M+A+D+V+A_k$$

$$V_{Shampoo} = (60 + 100 + 250 + 15 + 2 + 5 + 48 + 10 + 10)ml$$

$$V_{Shampoo}=500 \text{ ml}$$

### 3.5.2. Balance de masa general del proceso





### 3.6. Dimensión de los equipos

El dimensionamiento ingenieril de sus equipos es para una producción de hasta 500 litros nominales mensuales, para así determinar los costos de operación.

#### 3.6.1. Densidad de la materia prima

La densidad de la materia prima se da de la siguiente manera:

**Ecuación 3-9:** Densidad de la materia prima

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

- $m$  = Masa del producto = 802.34 g
- $V$  = Volumen del etanol = 750 ml

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{802.34 \text{ g}}{750 \text{ ml}}$$

$$\rho = 1,07 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

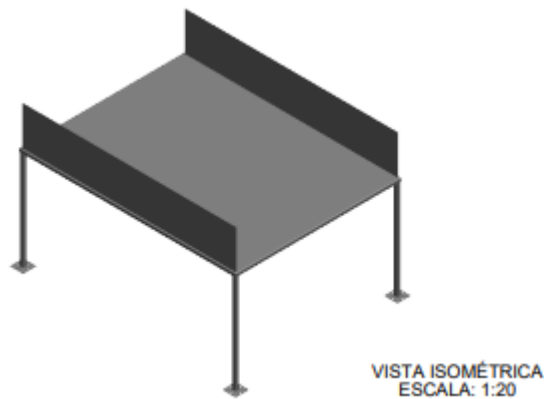
$$\rho = 1070 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

### 3.6.2. Diseño de la mesa de recepción

**Tabla 3-6:** Características de la mesa de recepción

Equipo	Característica	Valor	Unidad
Mesa de recepción y lavado	Volumen de la mesa	582,552	L
	Largo de la mesa	1620	mm
	Ancho de la mesa	1240	mm
	Altura de los pliegues	290	mm
	Espesor de la bandeja	5	mm
	Altura de la estructura de la mesa	453	mm

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.



**Ilustración 7-3:** Mesa de recepción

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.6.3. Diseño de la cortadora

La cortadora se selecciona en base a los siguientes parámetros que son:

**Ecuación 3-10:** Volumen del Penco

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

- $\rho$  = Densidad de materia prima penco = 1,07 g/ml = 1070 kg/m<sup>3</sup>
- m = Masa del producto = 802,343 g
- V = Volumen del penco

$$V = \frac{802,34g}{1070g/m^3}$$

$$V = 0,74985 m^3$$

**Ecuación 3-11:** Masa del Penco

$$m = \rho V$$

Donde:

- m = Masa

$$m = (1070 \frac{kg}{m^3}) \times (0,74985m^3)$$

$$m = 802,34 Kg$$

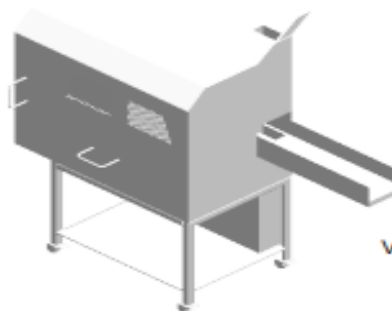
En función de la masa a cortar se selecciona la cortadora:

**Ficha técnica**

<b>Capacidad</b>	hasta 1000 kg por hora
<b>Conexión eléctrica</b>	1 Ph / 230 V / 50 Hz / 8.25 A
<b>Potencia</b>	1.85 kW
<b>Dimensiones</b>	1685 x 645 x 1440 mm
<b>Peso</b>	306.5 kg, juego de cuchillas no incluido

**Ilustración 8-3:** Ficha técnica de la cortadora

Fuente: JEGERINGS.COM, 2023.



**Ilustración 9-3:** Cortadora

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.6.4. Diseño de la licuadora industrial

**Tabla 3-7:** Características de la licuadora industrial

Equipo	Características	Valor	Unidad
<b>Licuadora industrial</b>	Altura	85	Cm
	Ancho	45	Cm
	Profundidad	55	Cm
	Volumen de producto	40	L
	Potencia	2,5	Kw

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023



**Ilustración 10-3:** Licuadora industrial

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.6.5. Tanque macerador

El equipo macerado operará a presión atmosférica, donde la mezcla triturada se deja reposar por un tiempo determinado, que posteriormente será extraído la saponina para la elaboración de shampoo. El material más apropiado para la fabricación del macerador será del acero inoxidable AISI 316L.

**Tabla 3-8:** Tabla acero inoxidable AISI 316L

<b>ASI 316L</b>		
<b>Propiedades Eléctricas</b>		
Resistividad eléctrica	70-78	μOhmcm
<b>Propiedades Físicas</b>		
Densidad	7,96	g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	1370-1400	°C
<b>Propiedades Mecánicas</b>		
Alargamiento (%)	<60	-

Dureza Brinell	160-190	-
Impacto Izod	20-136	J/m
Módulo de Elasticidad	190-210	Gpa
Resistencia a la tracción	460-1100	Mpa
<b>Propiedades térmicas</b>		
Propiedades térmicas	16,3	W/(m.k)
Calor específico a 23°C	502	J/(k.kg)

Fuente: Ricor, 2019, pp.57-58.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

Con base en los datos proporcionados, se determinaron los parámetros del macerador. El tiempo de trabajo esperado es de 8 horas, 350 días al año. El volumen de líquido de nuestro equipo será de 1000 litros aproximados. Por lo que se aplicará un margen de seguridad del 25% de volumen extra para fabricar el tanque, entonces resulta que el tanque macerador será de 1250 litros.

### 3.6.5.1. Cálculo del volumen del tanque macerador

#### Ecuación 3-12: Volumen del tanque macerador

$$V_m = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

Donde:

- $V_m$  = Volumen del producto = 1492L
- D = Diámetro del tanque macerador = 1 m
- h = Altura del tanque macerador = 1,9 m

La relación altura-diámetro utilizada por normas API-650 será de 1,9; y en base a este dato se obtienen la altura y el diámetro del macerador donde será de 1,9 metros de alto y 1 metro de diámetro (Ricor ,2019, p.57-58).

$$V_m = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

$$V_m = \frac{\pi * (1m)^2}{4} * (1,9m)$$

$$V_m = 1,49m^3 \times 1000L$$

$$V_m = 1492L$$

### 3.6.5.2. Cálculo del cuerpo del tanque macerador

Para este cálculo es necesario conocer la presión máxima del tanque, para esto debemos de calcular la presión hidrostática y el volumen del líquido contenido en el tanque, por lo que partimos de la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 3-13:** Cuerpo del tanque macerador

$$V_L = \frac{\pi}{4} * D * h$$

Donde:

- $V_L$  = volumen líquido
- $D$  = diámetro del tanque
- $h$  = altura

#### **Ecuación 3-14:** Altura del Líquido

$$h_L = \frac{4 * V_L}{\pi * D^2}$$

Donde:

- $V_L$  = volumen líquido
- $D$  = diámetro del tanque
- $h_L$  = altura del líquido

$$h_L = \frac{4 * V_L}{\pi * D^2}$$

$$h_L = \frac{4 * (1,25m^3)}{\pi * (1)^2}$$

$$h_L = 1,59m$$

**Ecuación 3-15:** Volumen del líquido

$$V_L = \frac{\pi}{4} * D^2 * h$$

Donde:

- $V_L$  = volumen líquido en =  $1,25m^3$
- $D$  = diámetro del tanque = 1 m
- $h_L$  = altura de líquido = 1,59 m

$$V_L = \frac{\pi}{4} * D^2 * h$$

$$V_L = \frac{\pi}{4} * (1)^2 * (1,59m)$$

$$V_L = 1,25m^3$$

3.6.5.3. *Presión hidrostática*

**Ecuación 3-16:** Presión Hidrostática

$$P_L = \rho * g * h_L$$

Donde:

- $\rho$  = Densidad del producto = 1,07 g/ml = 1070 kg/m<sup>3</sup>
- $g$  = Gravedad = 9,8 m/s<sup>2</sup>
- $h_L$  = Altura de líquido = 1,59 m

$$P_L = \rho * g * h_L$$

$$P_L = 1070 \frac{kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2} * 1,59 m$$

$$P_L = 16672,74 \frac{kg}{mS^2} * 1Pa$$

$$P_L = 16672,74 Pa$$

### 3.6.5.4. Presión del tanque macerador

#### **Ecuación 3-17:** Presión del tanque macerador

$$P_{m\acute{a}x} = P_o + P_L$$

Donde:

- $P_{m\acute{a}x}$  = Presión máxima
- $P_o$  = Presión atmosférica = 101325 Pa
- $P_L$  = Presión hidrostática = 16672,74 Pa

$$P_{m\acute{a}x} = P_o + P_L$$

$$P_{m\acute{a}x} = 101325 \text{ Pa} + 16672,74 \text{ Pa} = 117997,74 \text{ Pa}$$

### 3.6.5.5. Espesor del tanque macerador

#### **Ecuación 3-18:** Espesor del tanque macerador

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2 * e}$$

Donde:

- $\sigma_{m\acute{a}x}$  = Tensión admisible del acero AISI 316L = 485 N/mm<sup>2</sup>=4850000 N/m<sup>2</sup>
- $P_{m\acute{a}x}$  = Presión máxima 117997,74 Pa
- $e$  = Espesor del tanque

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2 * e}$$

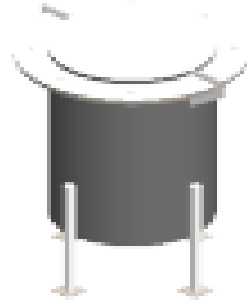
$$e = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2 * \sigma_{m\acute{a}x}}$$

$$e = \frac{117997,74 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}}{2 * 4850000 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2 * \text{m}^2}}$$



$$e = 0,01216 \text{ m}$$

$$e = 12,1647 \text{ mm}$$



**Ilustración 11-3:** Tanque macerador

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.6.6. Selección del filtro prensa

Mediante los datos obtenidos de la experimentación realizada se determinó el caudal de entrada es de 1552,34 g/h.

Donde:

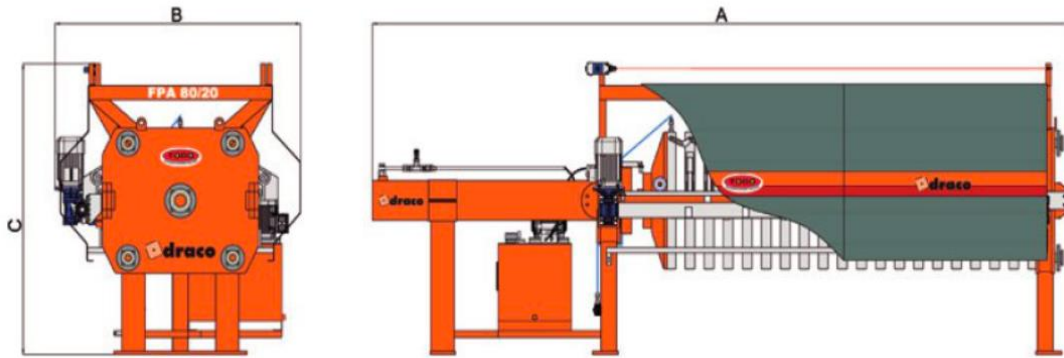
- $Q_{entrada}$  = Caudal de entrada = 1552,34 g/h
- $P_V$  = Peso en vacío del filtro prensa
- $P_C$  = Peso en carga del filtro prensa

**Ecuación 3-19:** Peso total

$$P = P_C + P_V = 688 \text{ kg} - 660 \text{ kg}$$

$$P = 28 \text{ kg} = 28000 \text{ gr.}$$

Como el peso máximo a aplicarse es de 1552,34 gramos el cual es una cifra menor al delimitado por la máquina que es de hasta 28000 gramos es válido

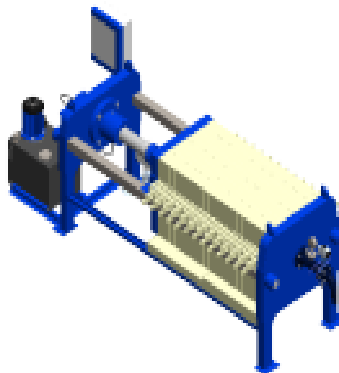


MODELO	Nº de placas	Nº de cámaras	Longitud mm (A)	Anchura mm (B)	Altura mm (C)	Peso en vacío (Kg)	Peso en carga (Kg)	Superficie filtrante total (m²)	Volumen torta total FP (l)	Tamaño placas y telas
	5	4	1.455	1.167	1.396	660	688	1,5	21	470
	10	9	2.330	1.167	1.396	800	860	3,3	47	470
<b>FPA 47/</b>	15	14	3.170	1.167	1.396	940	1.035	5,2	73	470
	20	19	4.030	1.167	1.396	1.100	1.230	7,0	98	470
	25	24	4.910	1.167	1.396	1.260	1.420	8,9	124	470
	30	29	5.775	1.167	1.396	1.410	1.605	10,7	150	470

Caudal bomba (l/m): 6,8 Volumen depósito (l): 30 Potencia: 3 Kw Calculado para un espesor de torta de: 32 mm

**Ilustración 12-3:** Filtro de prensa

Fuente: Draco, 2021, p.6.



**Ilustración 13-3:** Filtro de prensa lateral

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.6.6.1. Número de paradas

**Ecuación 3-20:** Número de paradas

$$N_{PARADAS} = \frac{t_o}{t_d}$$

Dónde:

- $N_{PARADAS}$  = Número de paradas
- $t_o$  = tiempo de operación por día = 8 h/día
- $t_d$  = tiempo de deshidratación = 120 minutos = 2 horas

$$N_{PARADAS} = \frac{t_o}{td}$$

$$N_{PARADAS} = \frac{8 \text{ h/día}}{2 \text{ h}} = 4 \text{ al día}$$

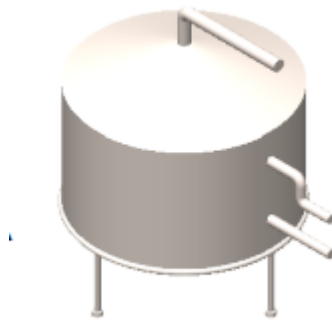
$$N_{PARADAS} = 4 \text{ al día}$$

### 3.6.7. Destilador

**Tabla 3-9:** Características del destilador

Equipo	Características	Valor	Unidad
Destilador	Volumen inferior	9,708	L
	Volumen de la cámara	72,813	L
	Volumen de alimentación	592,258	L
	Volumen concentrado	82,521	L
	Volumen evaporado	509,737	L

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.



**Ilustración 14-3:** Destilador

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.6.8. Tanque de agitación con paleta

Para el diseño de tanque se define una capacidad volumétrica de 500 L o 0,5 m.

**Ecuación 3-21:** Volumen tanque de agitación con paleta

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

- $\rho = \text{Densidad del producto} = 1,07 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1070 \text{ kg/m}^3$
- $m = \text{Masa del producto} = 535 \text{ kg}$
- $V = \text{Volumen del producto} = 0,5 \text{ m}^3$

$$m = \rho * V$$

$$m = 1070 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,5 \text{ m}^3$$

$$m = 535 \text{ kg}$$

### 3.6.8.1. Diámetro del tanque de agitación con paleta

Una vez obtenido el volumen se procede a determinar el diámetro en función de una altura definida.

**Ecuación 3-22:** Diámetro del tanque de agitación con paleta

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

Donde:

- $V = \text{Volumen del producto} = 0,5 \text{ m}^3$
- $D = \text{Diámetro del tanque}$
- $h = \text{Altura predefinida} = 1 \text{ m}$

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{h * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,5m^3}{1 m * \pi}}$$

$$D = 0,79 m$$

### 3.6.8.2. Altura del tanque de agitación con paleta

**Ecuación 3-23:** Altura del tanque de agitación con paleta

$$h = \frac{V * 4}{\pi * D^2}$$

Donde:

- V = Volumen del producto =  $0,5 m^3$
- D = Diámetro del tanque =  $0,79 m$
- h = Altura del tanque

$$h = \frac{V * 4}{\pi * D^2}$$

$$h = \frac{0,5 m^3 * 4}{\pi * (0,79 m)^2}$$

$$h = 1 m$$

### 3.6.8.3. Longitud del brazo agitador del dosificador

**Ecuación 3-24:** Longitud del brazo agitador del tanque de agitación con paleta

$$L_A = \frac{5 * D}{8}$$

Donde:

- $L_A$  = Longitud del brazo agitador
- D = Diámetro del tanque agitador =  $0,79 m$

$$L_A = \frac{5 * D}{8}$$

$$L_A = \frac{5 * 0,79 \text{ m}}{8}$$

$$L_A = 0,49 \text{ m}$$

#### 3.6.8.4. Diámetro del rodete del tanque de agitación con paleta

**Ecuación 3-25:** Diámetro del rodete del tanque de agitación con paleta

$$D_R = \frac{3 * D}{4}$$

Donde:

- $D_R$  = Diámetro del rodete
- $D$  = Diámetro del tanque del agitador = 0,79 m

$$D_R = \frac{3 * D}{4}$$

$$D_R = \frac{3 * 0,79 \text{ m}}{4}$$

$$D_R = 0,59 \text{ m}$$

#### 3.6.8.5. Caudal y velocidad del fluido del tanque de agitación con paleta

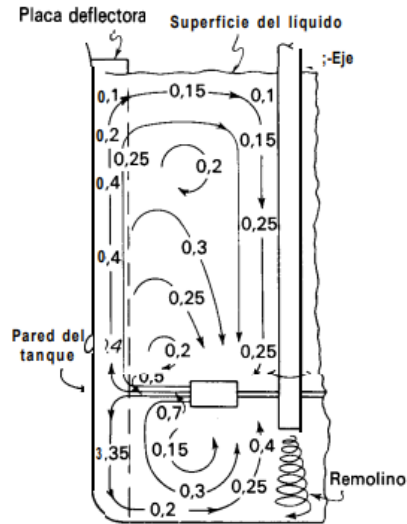
**Ecuación 3-26:** Caudal del fluido del tanque de agitación con paleta

$$Q_P = \frac{\pi}{4} * V_m * D^2$$

Donde:

- $V_m$  = Velocidad del agitador = 0,7 m/s

- $Q_p$  = Caudal propio del fluido
- $D$  = Diámetro del tanque agitador = 0,79 m



**Ilustración 15-3:** Modelo 2 de velocidad del rodete

Fuente: McCabe, Smith y Harriott, 1991, p.256.

$$Q_p = \frac{\pi}{4} * V_m * D^2$$

$$Q_p = \frac{\pi}{4} * 0,7 \frac{m}{s} * (0,79 m)^2 = 0,3431 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_p = 0,3431 \frac{m^3}{s}$$

**Ecuación 3-27:** Velocidad del fluido del tanque de agitación con paleta

$$V_f = \frac{Q_p}{\frac{\pi}{4} * D_R^2}$$

Donde:

- $V_f$  = Velocidad de flujo
- $Q_p$  = Caudal propio del fluido
- $D_R$  = Diámetro del rodete = 0,59 m

$$V_f = \frac{Q_P}{\frac{\pi}{4} * D_R^2}$$

$$V_f = \frac{0,3431 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4} * (0,59m)^2}$$

$$V_f = 1,25 \frac{m}{s}$$

### 3.6.8.6. Velocidad angular del tanque de agitación con paleta

**Ecuación 3-28:** Velocidad angular del tanque de agitación con paleta

$$V_f = W * \frac{D_R}{2}$$

Donde:

- $W$  = Velocidad angular
- $V_f$  = Velocidad de flujo =  $1,25 \frac{m}{s}$
- $D_R$  = Diámetro del rodete =  $0,59 m$

$$W = V_f * \frac{2}{D_R}$$

$$W = 1,25 \frac{m}{s} * \frac{2}{0,59 m}$$

$$W = 4,237 \frac{rad}{s} * \frac{60}{2\pi}$$

$$W = 40,463 rpm \approx 40 rpm$$



### 3.6.8.7. Número de Reynolds en el rodete del tanque de agitación con paleta

**Ecuación 3-29:** Número de Reynolds del rodete del tanque de agitación con paleta

$$Re = \frac{W * D_R^2 * \rho}{\mu}$$

Donde:

- Re = Número de Reynolds
- W = Velocidad angular = 40 rpm = 0,67 rps
- D<sub>R</sub> = Diámetro del rodete = 0,59 m
- ρ = Densidad del producto = 1,07  $\frac{gr}{cm^3}$  = 1070 kg/m<sup>3</sup>
- μ: Viscosidad dinámica del aire a 20 °C, lo cual es la temperatura promedio requerida, 1,825x10<sup>-5</sup> [kg/ms] (Çengel, 2007, p.250).

$$Re = \frac{W * D_R^2 * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,67 \text{ rps} * (0,59\text{m})^2 * 1070 \text{ kg/m}^3}{1,825 \times 10^{-5} \frac{kg}{ms}}$$

$$Re = 13674130,96$$

### 3.6.8.8. Número de Froude del tanque de agitación con paleta

**Ecuación 3-30:** Número de Froude del tanque de agitación con paleta

$$FR = \frac{W^2 * D_R}{g}$$

Donde:

- FR = Número de Froude
- W = Velocidad angular = 40 rpm = 0,67 rps

- $D_R = \text{Diámetro del rodete} = 0,59 \text{ m}$
- $g = \text{Gravedad} = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$FR = \frac{W^2 * D_R}{g}$$

$$FR = \frac{(0,67 \text{ rps})^2 * 0,59 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$FR = 0,03$$

### 3.6.8.9. Potencia del tanque de agitación con paleta

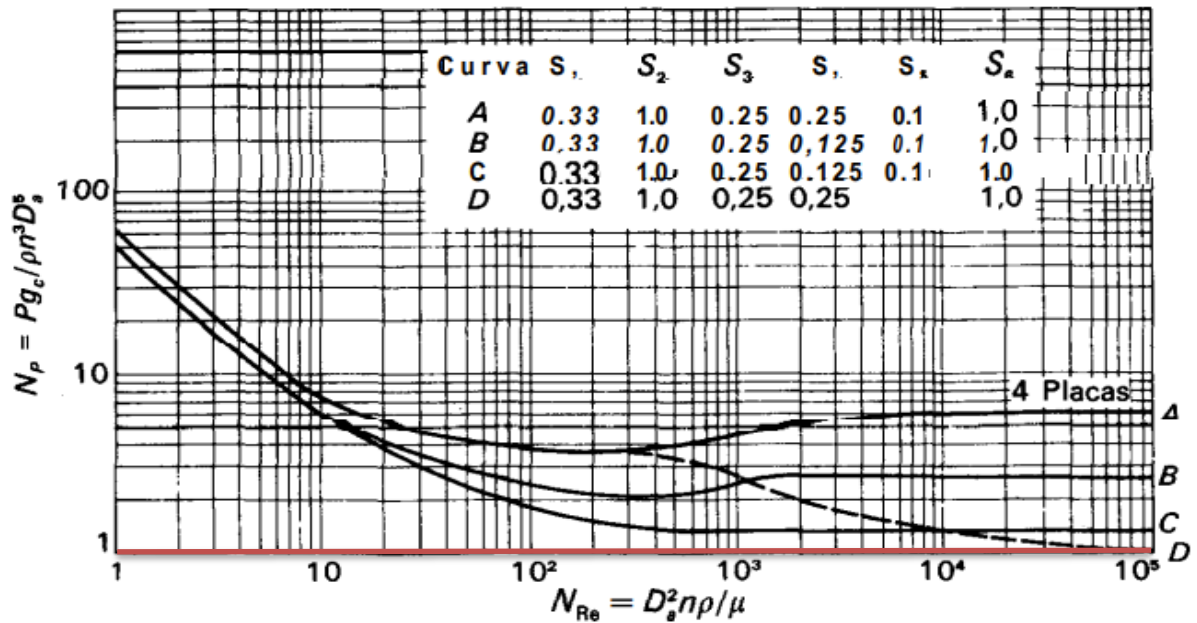
**Ecuación 3-31:** Potencia del tanque de agitación con paleta

$$P = \frac{N_P * FR^m * W^3 * D_R^5 * \sigma}{g}$$

Donde:

- $FR = \text{Número de Froude} = 0,03$
- $W = \text{Velocidad angular} = 40 \text{ rpm} = 0,67 \text{ rps}$
- $D_R = \text{Diámetro del rodete} = 0,59 \text{ m}$
- $g = \text{Gravedad} = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $\rho = \text{Densidad del producto} = 1,07 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1070 \text{ kg/m}^3$
- $Re = \text{Número de Reynolds} = 13674130,96$
- $N_p = \text{Número de potencia}$
- $m = \text{Constante}$

Como no se tiene el número de potencia se procede a determinar



**Ilustración 16-3:** Número de potencia vs Numero de Reynolds del modelo 2

Fuente: McCabe y Harriott, 1991, p.259.

Para determinar el número de potencia tendremos en cuenta que es una turbina de 6 placas, por lo que se selecciona la curva D, en vista que es un tanque sin placas deflectoras. Según el gráfico se encoge un  $N_p = 1$ . A continuación, se determina la constante de masa.

**Ecuación 3-32:** Constante de masa

$$m = \frac{a - \log_{10} Re}{b}$$

$$m = \frac{2,3 - \log_{10} 13674130,96}{18}$$

$$m = -0,2686$$

Línea	a	b
D	1,0	40,0
B	1,7	18,0
C	0	18,0
D	2,3	18,0

**Ilustración 17-3:** Constantes a y b del modelo 2

Fuente: McCabe y Harriott, 1991, p.261.

$$P = \frac{1 * 0,03^{-0,2686} * (0,67 \text{ rps})^3 * (0,59\text{m})^5 * 1070 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$P = 6,0151 \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$$

$$P = 0,0791 \text{ hp}$$



**Ilustración 18-3:** Tanque de agitación con paleta

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7. Análisis de costo-beneficio

#### 3.7.1. Inversión fija

Se denomina inversión fija al monto económico para adquirir recursos, equipos, materiales u otros bienes necesarios y servicios básicos para la elaboración de shampoo. Como tal, las siguientes tablas muestran los costos de equipos y materiales necesarios para la línea de producción principal y el control de calidad del proceso, y muestran la inversión en la planta de procesamiento y los recursos humanos para la instalación del proceso. El análisis de costo beneficio se da de la siguiente manera:

**Tabla 3-10:** Costo de maquinaria

<b>Maquinas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Cortadora	1	1500	1500
Tanque Macerador	1	1500	1500
Filtro prensa	1	2000	2000
Dosificador	1	2600	2600
<b>Sub total</b>			<b>7600</b>
<b>Imprevistos 10%</b>			<b>760</b>
<b>Total</b>			<b>8360</b>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

**Tabla 3-11:** Costos de equipos y materiales para el control de calidad del proceso

<b>Equipos/ materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Refractómetro	1	80,00	80,00
Potenciómetro	1	375,0	375,00
Viscosímetro	1	418,00	418,00
Picnómetro	1	15,00	15,00
Probeta (500 ml)	2	10,00	20,00
Vasos de precipitación (500 ml)	2	6,00	12,00
Pipetas (10 ml)	2	2,00	4,00
Balones de aforo	2	12,00	24,00
<b>Subtotal</b>			<b>948,00</b>
<b>Imprevistos 10%</b>			<b>94,8</b>
<b>Total</b>			<b>1042,8</b>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

El costo de inversión para la planta de producción es:

**Tabla 3-12:** Costo de inversión

<b>Inversión</b>	<b>Costo (\$)</b>
Infraestructura	2500
Servicios básicos	1000
Mejora del laboratorio de control de calidad	1500
<b>Sub total</b>	<b>5000</b>
<b>Imprevistos 10%</b>	<b>500</b>
<b>Total</b>	<b>5500</b>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

Costo de inversión en recursos humanos para la línea de producción

**Tabla 3-13:** Costos de inversión en recursos humanos para la planta

<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
Mano de obra para la infraestructura	1500,00
Mano de obra para la instalación de equipos	1000,00
<b>Subtotal</b>	<b>2500,00</b>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

**Tabla 3-14:** Costos de inversión fija en el proceso

<b>Costos de inversión</b>	<b>Valor (\$)</b>
Costos de maquinaria en el proceso de producción	8360
Costos de equipos y materiales para el control de calidad del proceso	1042,8
Planta de producción	5500,00
Recursos humanos	2500,00
<b>Total</b>	<b>17402,8</b>

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7.2. Determinación de egresos

Los egresos más importantes a considerar es el costo de fabricación de shampoo líquido a base de saponina extraído de la raíz de penco, la cual implica la adquisición de insumos y componentes necesarios para la elaboración, así también para la obtención de servicios básicos, mano de obra y costos de recursos humanos, como se ilustra a continuación:

**Tabla 3-15:** Costo del proceso de elaboración

<b>Características</b>	<b>Valor por presentación</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Cantidad necesaria</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Total</b>
Raíz de penco	\$15 por 1 kg	15	2	Kg	30,00
Texapon	\$3,50 por 1 kg	3,50	2	Kg	7,00
Aroma	\$1,80 por 50 ml	1,80	2	Ml	3,60
Vitamina E	\$6,50 por 250 ml	6,50	2	Ml	6,50
Glicerina	\$4,75 por 100 ml	4,75	2	Ml	9,50

Conservante	\$ 1,10 por 1 oz	1,10	2	Oz	2,20
Comperlan	3,40 por 1kg	3,40	3	Kg	10,2
Agua destilada	3,30por 1 gal	3,30	1	Gal	3,30
Aceite de karite	4,20por 150 ml	4,20	2	MI	8,40
Envases	\$ 0,95 por presentación de 500 ml	0,95	500	Unidad	475,00
Etiqueta	\$ 3,25 de 50 Etiquetas	0,07	500	Unidad	35,00
Cofia	\$3,50 por 100 unidades (caja)	3,50	1	Unidad	3,50
Guantes	\$ 6,00 por caja de 50 pares	6,00	1	Unidad	6,00
Mascarillas	\$ 2,50 por caja de 50 unidades	2,50	1	Unidad	2,50
<b>Sub-total</b>					602,7
<b>Imprevistos 10%</b>					60,27
<b>Total mensual</b>					662.54
<b>Total anual</b>					7950,48

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

**Tabla 3-16:** Costos de los servicios básicos

Servicio	Costo mensual (\$)
Agua potable	40,00
Energía eléctrica	80,00
Teléfono	10,00
Internet	20,00
<b>Sub-total (\$)</b>	140,00
<b>Total Anual (\$)</b>	1680,00

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

**Tabla 3-17:** Costo de operarios en el proceso de producción

<b>Personal</b>	<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo de trabajo (h)</b>	<b>Salario mensual (\$)</b>	<b>Total</b>
Supervisor	Asesoramiento en la producción y control de calidad	1	8	580,00	580,00
Operarios dentro del proceso.	Recepción, selección y lavado de materia prima. Maquinado y empaquetado	2	8	460,00	920,00
Chofer	Transporte y distribución de producto.	1	8	400	400,00
<b>Sub total</b>					1900,00
<b>Total anual</b>					22800,00

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

En la siguiente tabla se muestra un resumen con los egresos anuales de producción:

**Tabla 3-18:** Egresos mensuales de producción

<b>Descripción de egresos</b>	<b>Valor (\$)</b>
Materia prima e insumos	662,54
Servicios básicos	140,00
Personal en el proceso de la producción	1900,00
<b>Total mensual</b>	2702,54
<b>Total anual</b>	32430,48

Elaborado por: Arévalo Dayana 2023.

### **3.7.3. Total de costos de inversión fija y egresos**

A continuación, se indican los costos totales de inversión fija y los egresos anuales que involucra en el desarrollo del proyecto.



**Tabla 3-19:** Costos totales de inversión fija y egresos

Descripción de costos	Valor (\$)
Inversión fija	17402.8
Egresos anuales	32430,48

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7.4. Determinación de ingresos anuales

Para conocer los ingresos anuales se determina el precio de venta por unidad del producto al público, ya que corresponde a los ingresos que se generan durante la producción de shampoo, puesto que se define el costo de producción tomando en cuenta que se obtendrá 500 L de shampoo mensual y se producirá 10 lotes, cada lote con 100 unidades de 500 mL de shampoo, considerando el 35% de utilidad deseada.

#### 3.7.4.1. Costo de producción por unidad producida

#### **Ecuación 3-33:** Costo de producción

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{\text{N}^\circ \text{ unidades producidas} * \text{Días producción mensual} * \text{meses totales}}$$

Donde:

- CP = Costo de producción por unidad, en \$

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{\text{N}^\circ \text{ unidades producidas} * \text{Días producción mensual} * \text{meses totales}}$$

$$CP = \frac{17402,8 + 32430,48}{(100) * (10) * (12)}$$

$$CP = 4,15\$$$

### 3.7.4.2. Precio de venta unitario al público

#### Ecuación 3-34: Precio de venta al público

$$PVP = CP \left( \frac{100}{100 - U} \right)$$

Donde:

- PVP: Precio de venta unitario al público, en \$.
- CP: Costo de producción por unidad, en \$.
- U: Utilidad o ganancia deseada, 35 %.

$$PVP = CP \left( \frac{100}{100 - U} \right)$$

$$PVP = 4,15 \left( \frac{100}{100 - 35} \right)$$

$$PVP = 6,38 \$$$

En la siguiente tabla, se mostrarán los ingresos anuales del producto a producir:

**Tabla 3-20:** Ingresos anuales

<b>Unidades producidas mensuales</b>	<b>Lotes mensuales</b>	<b>Costo de producción anual (\$)</b>	<b>Costo de producción por unidad (\$)</b>	<b>PVP (\$)</b>	<b>Ingresos anuales (\$)</b>
100 (500ml)	10	32430,48	4,15	6,38	

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7.5. Valoración económica

#### 3.7.5.1. Ganancia mensual de la venta de shampoo

**Tabla 3-21:** Ganancia mensual

<b>Gastos mensuales</b>	2.702,54
<b>PVP unitario (500ml)</b>	6,38
<b>Venta mensual (500ml)</b>	6380
<b>Margen de utilidad</b>	0,35
<b>Ganancia mensual</b>	3.677,46
<b>Ganancia anual</b>	44129,52

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

#### **Ecuación 3-35:** Ganancia Mensual

$$Ganancia\ mensual = Venta\ mensual - Inversion\ mensual$$

$$Ganancia\ mensual = 6.380 - 2.702,54$$

$$Ganancia\ mensual = 3677,46 \$$$

$$Ganancia\ anual = Ganancia\ mensual * 12\ meses$$

$$Ganancia\ anual = 3677,46 \$ * 12$$

$$Ganancia\ anual = 44129,52 \$$$

El ingreso del primer año es de 44129,52 \$ (2024), por lo que se requiere elaborar 12000 total de unidades, con un PVP de 6,38 \$ envases de 500 ml.

### 3.7.5.2. Punto de equilibrio

#### Ecuación 3-36: Punto de equilibrio

$$PE = \frac{\text{Costos fijos}}{1 - \frac{\text{Costo de variables unitarios}}{\text{Precio de venta por unidad}}}$$

$$PE = \frac{19562,8}{1 - \frac{32430,48}{76560}}$$

$$PE = 33939,36 \$$$

Margen de utilidad: 0,35%

$$PE = 33939,39 \times 0,35$$

$$PE = 11878,77\$$$

### 3.7.5.3. Utilidad neta

Se espera que las ventas aumenten un 4%, ajustada un 2,5%

**Tabla 3-22:** Utilidad neta con proyección a 5 años

Cuentas	4%	Años proyectados				
		2024	2025	2026	2027	2028
Ventas	3062,4	76560	79.622,40	82.684,80	85.747,20	88.809,60
Costo de unidades vendidas	1297,2192	32430,48	33.727,70	35.024,92	36.322,14	37.619,36
Utilidad neta o flujo de caja	1765,1808	44129,52	45.894,70	47.659,88	49.425,06	51.190,24

Realizado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7.6. Tasa interna de retorno (TIR)

#### Ecuación 3-37: Tasa interna de retorno

$$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- I: Inversión inicial
- F: Flujos de caja anuales
- I: Tasa interna de retorno 39%
- n: Número de años

**Tabla 3-23:** Comprobación de la rentabilidad de una inversión

Año	N	F	i	Ecuación	I
2024	0	44.129,52	39%	$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$	44.129,52
2025	1	45.894,88			33017,8993
2026	2	47.659,88			24.667
2027	3	49.425,06			18403,6008
2028	4	51.190,24			13712,8576
<b>Total</b>				<b>TIR</b>	133.931,28

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7.7. Valor actual neto (VAN)

#### Ecuación 3-38: Valor actual neto

$$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- I: Inversión inicial
- F: Flujos de caja anuales
- I: Tasa interna de retorno 10%
- n: Número de año

**Tabla 3-24:** Comprobación del VAN

Año	N	F	I	Ecuación	I
2024	0	44.129,52	10%	$I = \frac{F}{(1+i)^n}$	44.129,52
2025	1	45.894,88			41722,6182
2026	2	47.659,88			39.388
2027	3	49.425,06			37133,7791
2028	4	51.190,24			34963,6227
<b>Total</b>				<b>VAN</b>	197.337,87

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 3.7.8. Período de recuperación

El Período de Recuperación (PDR) se conoce como un parámetro que mide el tiempo estimado y preciso en el que se recuperarán todas las inversiones iniciales realizadas para ejecutar un proyecto y sus utilidades.

**Tabla 3-25:** Periodo de recuperación de inversión

Año	N	F	i	Ecuación	I	I (Acumulada)
2024	0	44.129,52	10%	$I = \frac{F}{(1+i)^n}$	44.129,52	44.129,52
2025	1	45.894,88			41722,6182	85.852,14
2026	2	47.659,88			39.388	125.240,47
2027	3	49.425,06			37133,7791	162.374,25
2028	4	51.190,24			34963,6227	197.337,87

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

A partir del año 2025 de producción de shampoo de penco, se recupera la inversión realizada, con 85.852,14 \$ iniciales y este monto cubre la implementación en infraestructura y producción de la planta.

### 3.7.9. Costo - beneficio del proyecto

**Ecuación 3-39:** Costo-beneficiario del proyecto

$$BC = \frac{\text{Beneficio (Rec. Inversión)}}{\text{Costo (TIR)}}$$

$$BC = \frac{197337,87}{133931,28}$$

$$BC = 1,4734 \$$$

El valor costo beneficio establece una rentabilidad de \$1.4734 por cada dólar invertido, equivalente a un beneficio aproximada del 40 %, llegando a la conclusión de que la inversión en el proyecto es viable y rentable.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

Para la elaboración de shampoo a partir de la saponina de penco (agave americano), se inició por la recepción y selección de materia prima, una vez obtenida la saponina se realiza la caracterización física para luego obtener el producto final, los análisis físicos se realizaron en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### 4.1. Caracterización

##### 4.1.1. Análisis físicos de la saponina

**Tabla 4-1:** Parámetros físicos de la saponina

Caracterización	Resultados	Unidades
Brix	28,82	Grados
Densidad	1,11	$g/cm^3$
Índice de refracción	1,37903	-
Viscosidad	9,94	Cp
Temperatura	20 C	°C
PH	5,06	Ph

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

##### 4.1.2. Pruebas cualitativas del contenido de saponina

A continuación, se presentó ensayos cualitativos utilizados para determinar la presencia de saponinas:

**Tabla 4-2:** Ensayos cualitativos de saponina

Pruebas cualitativas	Resultados
Prueba de altura y estabilidad de espuma	+
Reacción de Rosenthaler	+ (coloración verde)

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.



## 4.2. Validación del producto

### 4.2.1. Validación del detergente a base de saponina del penco

En la tabla que se presentó a continuación se puede certificar el análisis físico – químicos del producto final (shampoo a partir de la saponina de penco), la cual son comparados con base a la norma NTE INEN 851: Agentes tenso activos, esto para cumplir con la técnica de calidad y pueda ser consumido. También, estos resultados certifican cumplir con los parámetros establecidos y que son aptos para la elaboración de acuerdo con la normativa ecuatoriana.

**Tabla 4-3:** Especificaciones del shampoo líquido

Parámetros	Resultado	Unidad	Método de análisis interno	Método de análisis de referencia
Materia grasa total	25.10	%	MFQ-131	NTE INEN 823:1982/ Gravimetría
pH	7.50	(T: 20.0 °C) Unidades de pH	MFQ-333	NTE INEN 3167:2019/ Electrometría
Tensoactivos aniónicos	10.29	%	MFQ-83	NTE INEN 833:2020/ Volumetría
Alcalinidad libre	0.00	% (NaOH)	MFQ-136	NTE INEN 821:1982/ Volumetría
Acidez libre	0.23	% (Ác. Oleico)	MFQ-460	NTE INEN 822:1982/ Volumetría

Fuente: Multianálityca S.A., 2023.

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

### 4.2.2. Análisis de costo – beneficio del proyecto

El análisis económico para la producción de 500 ml de shampoo en 1000 unidades

**Tabla 4-4:** Análisis de costo - beneficio del proyecto

Detalle	Valor (\$)
TIR	133.931,28
VAN	197.337,87
Costo – beneficio	1,4734

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

El valor costo beneficio establece una rentabilidad de \$1.3308 por cada dólar invertido, equivalente a un beneficio aproximada del 39 %, llegando a la conclusión de que la inversión en el proyecto es viable y rentable.

**Tabla 4-5:** Indicadores financieros de la factibilidad del proyecto

Conclusión	Resultado	Factible / No Factible
TIR (Tasa interna de retorno) es mayor a la tasa de descuento	39% > 10%	FACTIBLE
VAN (Valor actual neto) es mayor que la inversión inicial	197.337,87 > 133.931,28	FACTIBLE
Recuperación de inversión es menor a 10 años	2 años > 10 años	FACTIBLE
Costo – beneficio mayor a 1	1,4734 > 1	FACTIBLE

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

El proyecto es viable y factible para la producción de shampoo biodegradable a partir de la saponina de penco, ya que tiene un coeficiente de costo – beneficio de 1,4734 \$ y los valores de VAN y TIR son superiores a la inversión inicial y a la tasa de descuento, respectivamente, por lo tanto, se llega a la conclusión que el proyecto técnico es viable para su ejecución.

### 4.3. Resultados de diseño de equipos

Los resultados obtenidos de cada equipo diseñado fueron:

**Tabla 4-6:** Resumen de resultados

Equipo	Característica	Valor	Unidad
<b>Mesa de recepción y lavado</b>	Volumen de la mesa	582,552	L
	Largo de la mesa	1620	Mm
	Ancho de la mesa	1240	Mm
	Altura de los pliegues	290	Mm
	Espesor de la bandeja	5	Mm
	Altura de la estructura de la mesa	453	Mm
	Densidad del producto	1,07	gr/ cm <sup>3</sup>
	Masa del producto	802,34	Kg
<b>Cortadora</b>	Capacidad	1000	kg/h

	Potencia	1,85	Kw
	Largo de la cortadora	1685	Mm
	Ancho de la cortado	645	Mm
	Alto de la cortadora	1440	Mm
<b>Licuada Industrial</b>	Altura	85	Cm
	Ancho	45	Cm
	Profundidad	55	Cm
	Volumen de producto	40	L
	Potencia	2,5	Kw
<b>Tanque macerador</b>	Presión hidrostática	16672,74	Pa
	Presión máxima	117997,74	Pa
	Espesor del tanque	12,1647	Mm
	Material	AISI 316L	U
<b>Filtro prensa</b>	Nº de placas	15	U
	Nº de cámaras	14	U
	Longitud	1455	Mm
	Anchura	1167	Mm
	Altura	1396	Mm
	Volumen de la torta	21	L
	Caudal de la bomba	6,8	l/m
	Volumen del depósito	30	L
	Potencia	3	kW
<b>Destilador</b>	Volumen inferior	9,708	L
	Volumen de la cámara	72,813	L
	Volumen de alimentación	592,258	L
	Volumen concentrado	82,521	L
	Volumen evaporado	509,737	L
<b>Dosificador</b>	Volumen del producto	500	L
	Diámetro del tanque	0,79	Mm
	Altura del tanque	1	Mm
	Longitud del brazo agitador	0,49	Mm
	Diámetro del rodete	0,59	Mm
	Velocidad angular	40,463	Rpm
	Potencia del agitador	0,0791	Hp

Elaborado por: Arévalo Dayana, 2023.

#### **4.4. Área requerida para el proceso**

El área de producción es un departamento cuya tarea principal es fabricar los productos de la empresa, transformando insumos o recursos (energía, mano de obra materias primas, capital, conocimiento) en productos terminados (bienes o servicios). Por lo que el proyecto requiere de un área 190,62 metros cuadrados la misma que la empresa dispone y sea factible poder ejecutarla.

#### **4.5. Análisis y discusión de resultados**

- Para la obtención de la saponina biodegradable se efectuó la extracción a partir de la raíz de penco donde se utilizó alcohol etílico al 96 % de pureza como solvente orgánico con el uso del rotavapor para concentrar las saponinas. Mientras para la elaboración de shampoo se utilizaron los siguientes componentes 250 g de saponina del Agave americano, mezclado con texapon en 60 g, así como los 100 g de comperlan, mientras que la glicerina unos 20 g, con unos 10 g de aroma y de vitamina E, así como el mismo valor de aceite de karité, en tanto que nacarante y conservantes de 1,5 g cada uno.
- En cuanto a la caracterización final del shampoo biodegradable realizado de acuerdo a la Norma NTE INEN 851: Agentes tensoactivos. Champú requisitos para shampoo líquido de uso doméstico, se establece que los resultados obtenidos son de utilidad para la validación del diseño del proceso de elaboración de este producto, por tanto que se obtienen los siguientes valores: materia grasa total 25,10 %; tensoactivos aniónicos 10,29 %; alcalinidad libre (NaOH) 0 %; acidez libre 0,23 % y pH 7,50. Estos resultados muestran que el shampoo cumple con los requisitos especificados por la norma y ningún parámetro está fuera de rango, por lo que se valida el proceso, indicando que se ha obtenido un producto de alta calidad, con propiedades biodegradables.
- Se realizó un análisis de costo beneficio para la producción mensual de 500 litros de shampoo en lotes de 1000 unidades, el costo de producción por unidad es de \$ 4,15 que puede ser comercializada a \$ 6,38 tomando en cuenta un margen de utilidad del 35 %. Este análisis tiene en cuenta los costos de materias primas, equipos y materiales, recursos humanos, infraestructura, servicios básicos y montaje de planta necesarios para calcular -TIR, VAN y PNR. Los resultados obtenidos en este análisis permiten determinar que el proyecto técnico es viable para su realización, de igual manera el periodo de recuperación para la inversión será a partir del segundo año.

- Según (Tuitise y Valverde ,2017, p.56), en la elaboración del Shampoo “TZAWARSHAMPOO”, indica que, por 500 ml, el costo de producción es de 9,09\$, presentado un pH de 4,58, donde el coeficiente de variación de los análisis sensoriales como el color, olor, textura y aceptabilidad, generaron resultados entre 15,41 – 17,98 de coeficiente de variación. Mientras que (Machado 2013), en la evaluación del efecto Antisponge de las Saponinas de Agave Americano en un shampoo de personas para cabello esponjado, dice que; en tanto que el pH, es de 6,22, con una viscosidad de 830.5cP, generando un costo de 6,90\$. Por lo que en el estudio propio, indica que por 500 ml, el costo de producción, sería de 6,38\$, presentadas en un 7.5 de pH, observando, que permite la disminución del costo de producción con el primer proyecto en un valor del 29,81 %, en tanto que en comparación con la segunda investigación permite disminuir el 7,53%, notándose que tiene un costo razonable, además considerando que el producto elaborado tiene características propias del agave como crecimiento y suavidad, así mismo generando un pH aceptable de acuerdo a la norma INEN 851 la cual garantiza que el shampoo es apto para su uso correspondiente.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- ❖ A través de metodologías utilizadas en el laboratorio se extrajo la saponina de penco (agave americano), de 1000 gramos, siguiendo un procedimiento de lavado de penco teniendo 802,35 g, posterior a ello se realizó el proceso de trituración añadiendo 750 ml de etanol al 96%, se logra obtener 1152.34 gramos de la mezcla penco-etanol, el cual se procede a macerar durante 72 horas, separando mediante filtración 634.56 gramos de residuos vegetales, logrando un extracto de 917.78 g el cual mediante una destilación en el rota vapor se logra generar 578 gramos de alcohol y 342,78 gramos de saponina.
- ❖ Mediante el análisis de la saponina extraída y su poder tenso-activos se determinaron las variables parámetros de operaciones de diseño que fueron la concentración del alcohol, temperatura, tiempo de extracción, y la celeridad de agitación, durante operaciones como son el lavado, la trituración, la maceración, la filtración, la destilación, y la dosificación que influyen en la elaboración del shampoo a base de la saponina extraída de la raíz de penco.
- ❖ Con la aplicación de cálculos de ingeniería se dimensiono el proceso productivo donde se obtuvo una cortadora con una capacidad de hasta 1000 kg/h, con una potencia de hasta 1,85 kW, de igual manera el diseño de un tanque macerador, genera una presión máxima de 117997,74 Pa, de acero inoxidable de tipo AISI 316L; mientras se obtiene un filtro de presa de 15 placas y 14 cámaras con un volumen de depósito de hasta 30 L, finalmente se daría un agitador de un volumen de hasta 500 L.
- ❖ Se validó el shampoo líquido biodegradable elaborado a nivel de laboratorio mediante el análisis físico-química de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 851: Agentes tenso activos. Champú. Requisitos., norma que establece los parámetros mínimos de calidad del producto terminado apto para el uso doméstico posterior en aplicación de lavado de cabello. Finalmente se estableció la validación económica para el proyecto, siendo esta factible y viable, dado que el TIR (Tasa interna de retorno) de 39 % es superior a la tasa de descuento del 10 %, el VAN (Valor actual neto) de 203.768,50 es mayor que la inversión inicial 138.295,66 y la recuperación de la inversión es menor a 10 años, y el costo beneficio es de 1,3308 \$ de manera que es mayor a 1.

## 5.2. Recomendaciones

- ❖ Las variables de diseño y especificaciones deben controlarse durante el proceso de fabricación para obtener un producto seguro y de calidad.
  
- ❖ Se deben determinar las variables de entradas, parámetros y operaciones del diseño de elaboración de shampoo a partir de la saponina de penco.
  
- ❖ Cuando se agregue los otros componentes para el shampoo, es preciso agitar de forma rápida con ayuda de un instrumento de agitación que permita deshacer los grumos que quedan a causa del texapon.
  
- ❖ Colocar los extractos de saponina obtenidos en recipientes completamente esterilizados, ya que si los mezclan pueden contaminarse y perder sus propiedades.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AHUMADA, A., ORTEGA, A., CHITO, D. y BENÍTEZ, R.,** 2016. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, vol. 45, no. 3, ISSN 0034-7418. DOI 10.15446/rcciquifa.v45n3.62043.

**AIGAJE, Y. y MOPOSITA, G.,** 2021. Evaluación del poder inhibitorio de las saponinas de dos variedades de agave en la fermentación del aguamiel [en línea]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8174>.

**ANGULO, K.,** 2017. Aprovechamiento como tensioactivo de las saponinas de saponinas del pericarpio de los fr l pericarpio de los frutos *Sapindus saponaria* L. para form ra formular jabones más a abones más amigables con la piel. [en línea]. S.l.: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/487950033/TESIS-1144-KEINER-RASHID-ANGULO-GRIJALBA-pdf>.

**ARCOS, A. y VIVAR, A.,** 2015. Evaluación de la actividad de las saponinas extraídas de Agave americana como agentes precipitantes y coadyuvantes para la remediación de aguas contaminadas con cromo hexavalente y arsénico. [en línea]. Quito: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9405>.

**AZCONA, L.,** 2003. Dermofarmacia. *Farmacia Profesional* [en línea], vol. 7, no. 9, [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/455647153/DERMOFARMACIA-Champues-y-acondicionadores-capilares-Cuidado-integral#>.

**CANO, E.,** 2022. Actualidades de la estética y cuidado del pelo. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/369719849>.

**CASTELLANO, V. y YUGSI, L.,** 2014. Evaluación de la extracción de saponinas de dos variedades de agave (*Sisalana Perrine*, Americana L.) con el método de soxhlet utilizando tres solventes (metanol, etanol y butanol) para la elaboración de jabón líquido en los Laboratorios Académicos de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el período 2014-2015. [en línea]. Latacunga: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2647>.



**ÇENGEL, Y.**, 2007. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. McGRAW-HIL. México, D.F.

**CORNWELL, P.**, 2018. A review of shampoo surfactant technology: consumer benefits, raw materials and recent developments. Int J Cosmet Sci [en línea], [consulta: 31 julio 2023]. DOI 10.1111/ics.12439. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29095493/>.

**DRACO**, 2021. FILTRO PRENSA. [en línea]. S.l.: [consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://toroequipment.com/wp-content/uploads/2021/10/Toro-Equipment-Filtro-Prensa.pdf>.

**DUQUE, J.**, 2013. Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (Agave americana), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha [en línea]. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5068>.

**GARCIA, A.**, 2007. Los agaves de México. [en línea]. Mexico: Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx>.

**JEGERINGS.COM B.V.**, 2023. Prospecto Cortadora de Banda BCM-1650.

**JURADO, S. y SARZOSA, X.**, 2009. Estudio de la cadena agroindustrial de la cabuya en la producción de miel y licor de la cabuya [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1693>.

**KADAM, P., DEODA, R., NARAPPANAWAR, N., SHIVATARE, R. y PATIL, M.**, 2012. Pharmacognostic and phytochemical studies on roots of agave americana (Agavaceae). Article in International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research [en línea], ISSN 0975-4873. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/289621082>.

**LOACHAMÍN, W. y RODRÍGUEZ, K.**, 2022. Caracterización de un jabón en barra elaborado con saponinas del Agave (Furcraea andina) y Jaboncillo (Sapindus saponaria L.) incorporando el aceite de las semillas de Cannabis (Cannabis sativa L. [en línea]. Latacunga: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8728>.

**MACHADO, J.**, 2013. Evaluación del efecto antisponge de los mucílagos de puntia ficus, Aloe vera y las saponinas de Agave americana en un shampoo en personas con cabello esponjado. [en línea].

S.l.: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3223>.

**MARRUFFO, L.**, 2019. Extracción de las saponinas obtenidas a partir de las hojas de *Baccharis Emarginata* para la elaboración de un champú biodegradable [en línea]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13710>.

**MCCABE, W.L., SMITH, J.C. y HARRIOTT, P.**, 1991. Operaciones unitarias en ingeniería química. S.l.: McGraw-Hill. ISBN 8448119185.

**MÉNDEZ, J.**, 2016. Obtención de saponinas de los frutos de la *Solanum Marginatum* y análisis de sus propiedades como surfactante [en línea]. Quito: Universidad Central del Ecuador. [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6859>.

**MURILLO, C.**, 2019. Steroidal saponins isolation of *Agave americana* subsp. *andina* by enzymatic hydrolysis: a new approach. MODI [en línea]. Quito, 17 julio 2019. pp. 1-4. ISSN 2624-5078. Disponible en: <http://sciforum.net/conference/mol2net-05>.

**NICHO, M. y PEÑA, H.**, 2019. Uso del shampoo de Saqta como alternativa de disminución de surfactantes químicos en aguas grises [en línea]. Lima: Universidad César Vallejo. [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60545>.

**ORTEGA, M.**, 2010. Comportamiento reológico de disoluciones acuosas de surfactantes comerciales no iónicos [en línea]. S.l.: Editorial de la Universidad de Granada. [consulta: 31 julio 2023]. ISBN 9788469283721. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/3489/18526536.pdf?sequence=1>.

**PACHECO, W.**, 2015. "Contaminación por detergentes-agentes nocivos olvidados. Caso de estudio: el río granobles. 2015". [en línea]. Quito: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1452/1/Contaminaci%C3%B3n%20por%20detergentes%20nocivos%20olvidadosCaso%20de%20estudio.El%20r%C3%ADo%20Granobles%2081%29.pdf>.

**QUEZADA, T.**, 2021. Plan de negocio para la producción y comercialización de productos de limpieza biodegradables en la Ciudad de Quito. [en línea]. Quito: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2232>.

**RICOR, A.,** 2019. DISEÑO DE UN MACERADOR E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS EN UNA FÁBRICA DE CERVEZA. [en línea], [consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38282/TFG-I-1404.pdf?sequence=1>.

**SAMPEDRO, A. y SÁNCHEZ, I.,** 2019. Elaboración de un shampoo a base de extractos de plantas: ortiga (Urtica), romero (Rosmarinus officinalis), limonero (Citrus aurantifolia) analizando la factibilidad técnica y financiera, aplicado en la ciudad de Ambato [en línea]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. [consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29419/1/BQ%20181.pdf>.

**TUITISE, J. y VALVERDE, M.,** 2017. Industrialización del Agave; Tzawarshampoo [en línea]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5576>.

**ULLOA, C.,** 2018. Evaluación in vitro de la capacidad inhibitoria de saponinas presentes en el penco (Agave americano) frente a Fusarium sp. [en línea]. Cuenca: [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15743/1/UPS-CT007727.pdf>.

**VIZCAÍNO, D.,** 2021. Concentración de saponinas en hojas de cabuya negra (Agave americana Linneo) afectadas sanitariamente; en la parroquia Tulcán provincia del Carchi. [en línea]. Tulcán: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI. [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1007>.



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SHAMPOO



INFORME DE RESULTADOS

INF-DIV-FQ-445086

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	AREVALO CAJZA DAYANA MARCE
Dirección:	GUARANDA
Teléfono:	0987579476

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	SHAMPOO		
Lote:	---	Contenido Declarado:	500 g
Fecha de Elaboración:	2023-01-06	Fecha de Venta/Entrega:	---
Fecha de Recepción:	2023-01-13	Fecha de Recepción:	07/07/23
Fecha de Análisis:	2023-01-13	Fecha de Emisión:	2023-01-26
Materia de Envase:	PET		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

CODI:	CODIFISICO	Med:	CARACTERES
Estado:	SÓLIDO	Conservación:	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	AUSENTE		

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICO

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS INTERNO	MÉTODO DE ANÁLISIS DE REFERENCIA
MATERIA GRASA TOTAL	25.10	%	MFQ-121	MTE INEM 821:1982/ Gravimetría
PH	7.50	(T: 25.0 °C) Unidades de pH	MFQ-333	MTE INEM 2367:2019/ Electrometría
**TENSOACTIVOS ANIONICOS	10.29	%	MFQ-83	MTE INEM 823:2020/ Volumetría
ALCALINIDAD LIBRE	0.00	% (NaOH)	MFQ-136	MTE INEM 821:1982/ Volumetría
ACIDIZ LIBRE	0.23	% (Ác. Oleico)	MFQ-460	MTE INEM 823:1982/ Volumetría

Nota 1: "Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalytica S.A., y fueron suministrados por M<sup>a</sup> SAE LEN 12-091, que no está acreditada para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalytica S.A.

Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.

El tiempo de retención de las Muestras en el Laboratorio a partir de la fecha de ingreso será de 15 días para muestras perecibles y 1 mes calendario para muestras médicamente perecibles y estables. Muestras para análisis microbiológico 5 días laborables a partir de la fecha de análisis, posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y con responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de devios encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información física relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Rumbo 8-4-2 CR GAD1 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según MTE INEM- ISO/IEC 17025:2018).

Quím. Mercedes Parra  
Jefe División Instrumental



JORGE BRAZO N50-136 Y HOMBRO SALAS  
LA CONCERCIÓN - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR  
TAF (02) 330 0247, 226 9745, 244 4670 / email: informe@multianalytica.com

## ANEXO B: ANÁLISIS DE BIODEGRADABILIDAD



### INFORME DE RESULTADOS

INF-DIV-FQ.64513a

#### DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	AREVALO CAIZA DAYANA MARISOL
Dirección:	GUARANDA
Teléfono:	0981579476

#### DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	SHAMPOO		
Lote	---	Contenido Declarado:	500 g
Fecha de Elaboración:	2023-01-06	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Recepción:	2023-01-13	Hora de Recepción:	10:10:31
Fecha de Análisis:	2023-01-13	Fecha de Emisión:	2023-02-15
Material de Envase:	PET		
Toma de Muestra realizada por:	El cliente		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico.	Olor:	Característico.
Estado:	Líquido.	Conservación:	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

#### RESULTADOS FISICOQUÍMICO

05 Biodegradabilidad				
PARAMETRO	TIEMPO DE	UNIDAD	RESULTADO	METODO
DQO	7 DIAS	mg/L	3806	MFQ-149 / OECD GUIDELINES FOR THE TESTING OF CHEMICALS TEST: 301
DBO		mg/L	1000	
RELACION (DBO/DQO)		%	2.6	
DQO	14 DIAS	mg/L	3795	
DBO		mg/L	2100	
RELACION (DBO/DQO)		%	55.3	
DQO	21 DIAS	mg/L	3773	
DBO		mg/L	3200	
RELACION (DBO/DQO)		%	84.8	
DQO	28 DIAS	mg/L	3769	
DBO		mg/L	3700	
RELACION (DBO/DQO)		%	98.2	



**Nota 1:** \*Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 12-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio a partir de la fecha de ingreso será de 15 días para muestras perecibles y 1 mes calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para análisis microbiológicos 5 días laborables a partir de la fecha de análisis, posterior a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar reensayos para verificación de datos o valores no conformes por parte del cliente.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio. El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE (INEN-ISO/IEC 17025:2018).

Quim. Mercedes Parra  
Jefe División Instrumental

ANEXO C: TABLA DE PROPIEDADES DEL AIRE A 20°C

**TABLA A-15**

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T$ , °C	Densidad, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, $c_p$ , J/kg · K	Conductividad térmica, $k$ , W/m · K	Difusividad térmica, $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica, $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$  y Pr son independientes de la presión. Las propiedades  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a una presión  $P$  (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de  $\rho$ , a la temperatura dada, por  $P$  y al dividir  $\nu$  y  $\alpha$  entre  $P$ .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306067020-8.

# ANEXO D: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA AGENTES TENSOACTIVOS CHAMPÚ REQUISITOS

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGENTES TENSOACTIVOS CHAMPÚ REQUISITOS	INEN 851 1982-02
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos generales que debe cumplir el champú.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se refiere al champú líquido y en pasta.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. TERMINOLOGÍA</b></p> <p>3.1 <b>Champú.</b> Es el producto elaborado a base de jabones o detergentes sintéticos, destinado al lavado del cabello y/o corporal.</p> <p>3.2 <b>Champú jabonoso.</b> Es el champú cuya base activa es el jabón.</p> <p>3.3 <b>Champú sintético.</b> Es el champú cuya base activa es un detergente sintético.</p> <p>3.4 <b>Champú compuesto.</b> Es el champú cuya base activa es una mezcla de jabón y detergente sintético.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. REQUISITOS GENERALES</b></p> <p>4.1 El champú deberá presentarse como un líquido o pasta de composición homogénea.</p> <p>4.2 El olor debe ser agradable, tanto en su condición normal como en solución o durante almacenamiento prolongado; el producto puede incluir perfumes de uso permitido.</p> <p>4.3 El producto no debe contener ingredientes en cantidades que sean tóxicas para los seres humanos.</p> <p>4.4 El champú debe poseer aptitud para formar espuma y para eliminar la suciedad propia del cabello y/o cuerpo.</p> <p>4.5 El producto debe estar libre de materias extrañas a su composición y fórmula declarada.</p> <p>4.6 Los champús jabonosos y sintéticos deben cumplir las especificaciones establecidas en la Tabla 1.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

**TABLA 1. Especificaciones de los champús jabonosos y sintéticos.**

REQUISITO	UNIDAD	JABONOSO		SINTETICO		METODO DE ENSAYO
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Materia grasa saponificada total	% (m/m)	25	-	-	-	INEN 820
Alcalinidad no saponificada libre (NaOH)	% (m/m)		10		10	INEN 821
Acidez libre; ácido oleico	% (m/m)		0,25			INEN 822
Materia activa	% (m/m)	-	-	10		INEN 823
pH	% (m/m)			5	7,5	INEN 820

4.7 El champú compuesto debe cumplir las especificaciones establecidas en la Tabla 2.

**TABLA 2. Especificaciones del champú compuesto**

REQUISITO	UNIDAD	JABON COMPUUESTO		METODO DE ENSAYO
		Min.	Máx.	
Materia-grasa saponificada total	% (m/m)	1,0	-	INEN 820
Alcalinidad no saponificada libre (NaOH)	% (m/m)		0,03	INEN 821
Acidez libre; ácido oleico	% (m/m)		0,25	INEN 822
Tensioactivo total	% (m/m)	15		INEN 823
pH			7,5	INEN 820

#### **5. ENVASADO, EMPAQUETADO Y ETIQUETADO**

5.1 El producto debe envasarse en recipientes de material apropiado, a fin de que no se alteren sus características básicas; el envase debe sellarse convenientemente para el expendio.

5.2 Cada unidad de empaque de champú debe presentar un rótulo perfectamente legible, que incluya la información siguiente:

- razón social del fabricante y marca comercial,
- denominación del producto, incluyendo el tipo respectivo,
- identificación del lote respectivo,
- volumen neto al envasar, en centímetros cúbicos,
- Norma INEN de referencia,
- número de Registro Sanitario,
- dirección del fabricante, ciudad y país,
- y demás especificaciones exigidas por ley.

5.3 No debe presentar leyendas de significado ambiguo ni descripción de características del producto que no puedan ser debidamente comprobadas.

#### **6. MUESTREO**

6.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo con la Norma INEN 815.



**APENDICE 2****2.1 NORMAS A CONSULTAR**

ENEN 015. Agentes tensioactivos. Muestras.

ENEN 020. Agentes tensioactivos. Determinación del pH.

ENEN 021. Agentes tensioactivos. Determinación de alcalinidades libre y total.

ENEN 022. Agentes tensioactivos. Determinación de la acidez libre.

ENEN 023. Agentes tensioactivos. Determinación de materia grasa total.

ENEN 023. Agentes tensioactivos. Determinación de la materia activa.

**2.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma Argentina IRAM 5509. Champú. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1966.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 851	<b>TÍTULO:</b> REQUISITOS.	<b>AGENTES TENSODACTIVOS.</b>	<b>CHAMPLI.</b>	<b>Código:</b> QU 08/01-012
-----------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-----------------	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de 1980-04-07 a 1980-05-10

La Norma INEN 851 fue sometida a Consulta Pública de 1980-04-07 a 1980-05-10, período que fue ampliado hasta 1980-07-10, y se tomaron en cuenta todas las observaciones recibidas.

<b>Subcomité Técnico:</b> QUÍMICO AGENTES TENSODACTIVOS	
Fecha de iniciación:	Fecha de aprobación: 1981-09-04
<b>Integrantes del Subcomité Técnico:</b>	

<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>
Sr. Jacinto Villar	MULTIQUIM S.A.
Ing. Medardo Pérez	MULTIQUIM S.A.
Dra. María A. Castro	COLGATE PALMOLIVE DEL ECUADOR
Ing. Carlos E. Góral	COLGATE PALMOLIVE DEL ECUADOR
Sr. Pedro Reinoso	COLGATE PALMOLIVE DEL ECUADOR
Dr. Armando Hartmann	JABONERIA NACIONAL
Sr. Francisco Namburo	JABONERIA WILSON
Ing. Guido Vinson	JABONERIA WILSON
Dra. Isabel de Chacón	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE
Sr. Juan Villacra	I.I.E.S.A.
Sr. José Lacambra	I.I.E.S.A.
Sr. José Pólit	I.I.E.S.A.
Sr. Wolfgang W. Klein	INDUSTRIAS ALIS C.A.
Sr. Eric Chiriboga	FABRIL
Ing. Diego Zabala	FABRIL
Ing. Fernando Casco	ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO
Dr. Raúl Vinuesa	ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO
Ing. Iván Navarrete	UNIVERSIDAD CENTRAL INGENIERIA QUÍMICA
Dr. Ramón Hidalgo	JABONERIA GUAYAQUIL
Ing. Eduardo Burg	DANEC
Sr. Enrique Ylanc	QUIMICAMP DEL ECUADOR
Sr. Ricardo Echeverría	QUIMICAMP DEL ECUADOR
Ing. César Jan	INEN

**Obras Afines:** \* Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 04158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 218 del 2014-05-06.

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de: 1982-02-04

Oficializada como: OBLIGATORIA	Por Acuerdo Ministerial No. 131 del 1982-02-26
Registro-Oficial No. 198 del 1982-03-10	

## ANEXO E: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL PRODUCTO OBTENIDO



## ANEXO F: PRUEBAS CUALITATIVAS DE LA SAPONINA OBTENIDA

- Pruebas de espuma



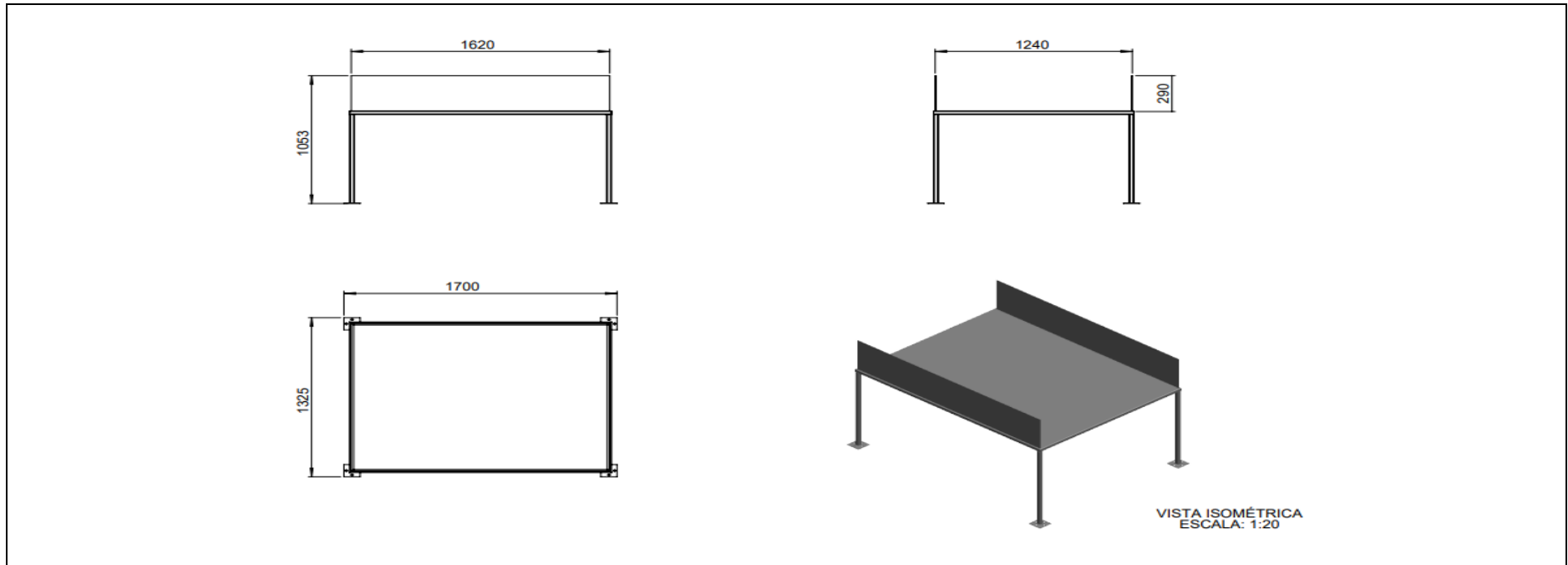
- Pruebas de rosenthaler



## ANEXO G: SHAMPOO BIODEGRADABLE

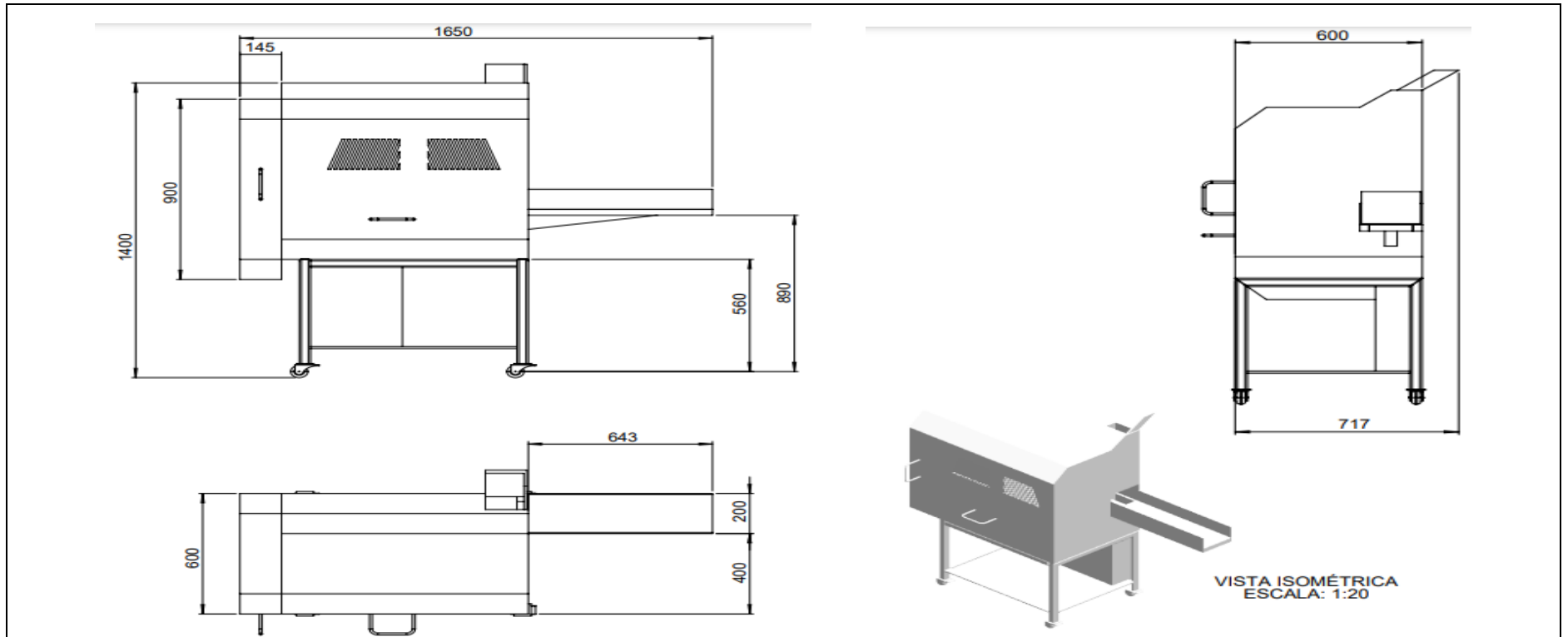


**ANEXO H: DISEÑO DE LA MESA DE RECEPCIÓN**



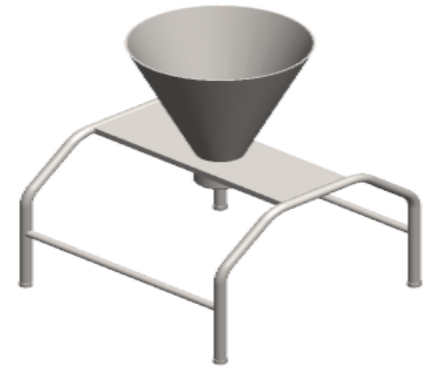
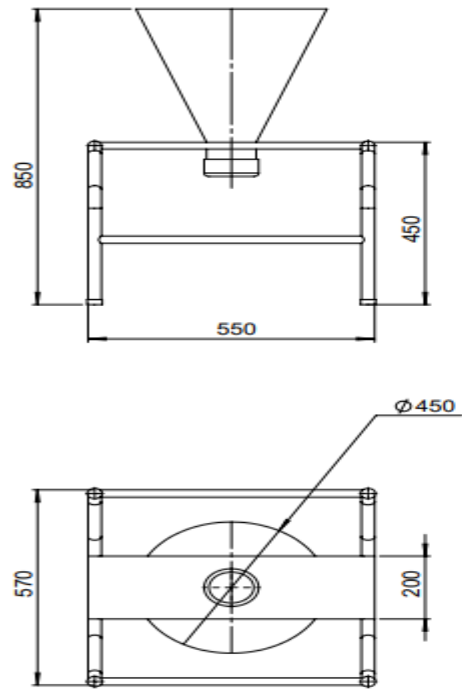
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>INGENIERÍA QUÍMICA</b>   <b>REALIZADO POR:</b>                      Arévalo Caiza Dayana Marisol                 </p>	<p align="center"> <b>DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO (<i>Agave Americano</i>) EN LA FABRICA "INFUSIONES Y COSMETICOS NATURALES"</b> </p>		
<p align="center">Mesa de recepción</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<p align="center"><b>LÁMINA</b></p> <p align="center">1</p>	<p align="center"><b>ESCALA</b></p> <p align="center">1:1</p>	<p align="center"><b>FECHA</b></p> <p align="center">2023/06/13</p>

**ANEXO I: DISEÑO DE LA CORTADORA**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE	DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL		
Cortadora	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>CHIMBORAZO</b> FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA  <b>REALIZADO POR:</b> Arévalo Caiza Dayana Marisol	PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO ( <i>Agave Americano</i> ) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y COSMÉTICOS NATURALES”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	2023/06/13

**ANEXO J: DISEÑO DE LA LICUADORA INDUSTRIAL**

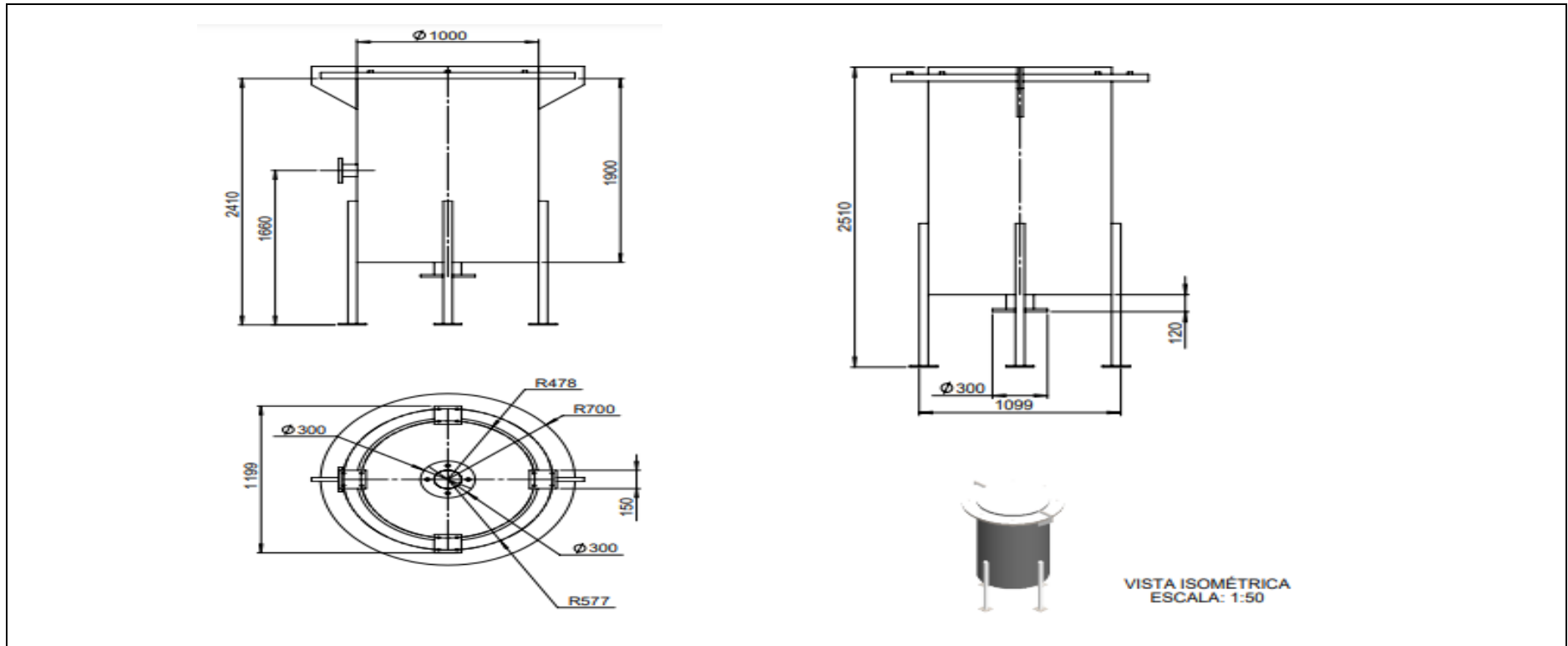


VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA: 1:10

NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE <b>CHIMBORAZO</b> FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: Arévalo Caiza Dayana Marisol	DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO ( <i>Agave Americano</i> ) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y COSMÉTICOS NATURALES”		
Licuadora Industrial	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			3	1:1	2023/06/13

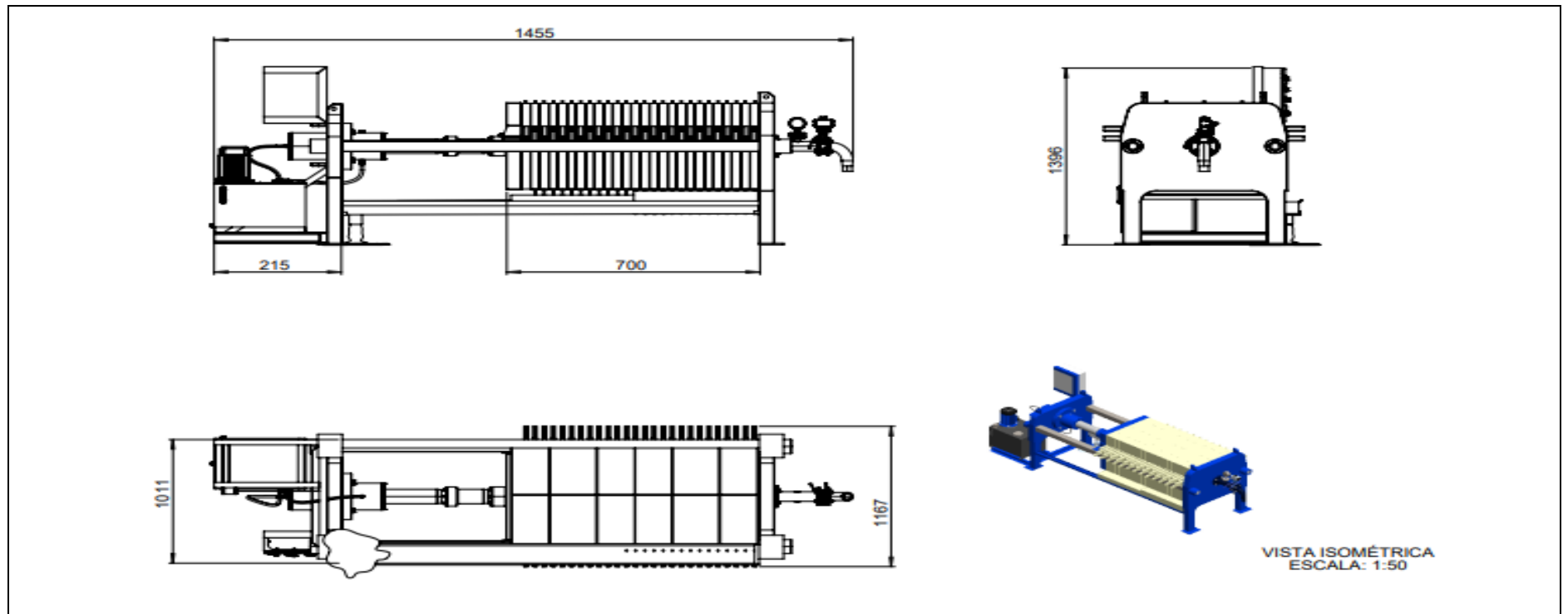


**ANEXO K: DISEÑO DEL TANQUE MACERADOR**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE <b>CHIMBORAZO</b> FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: Arévalo Caiza Dayana Marisol	<b>DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL                  PARA LA ELABORACIÓN DE                  SHAMPOO A PARTIR DE LA                  SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO                  (Agave Americano) EN LA FABRICA                  “INFUSIONES Y COSMETICOS                  NATURALES”</b>		
Tanque macerador	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			4	1:1	2023/06/13

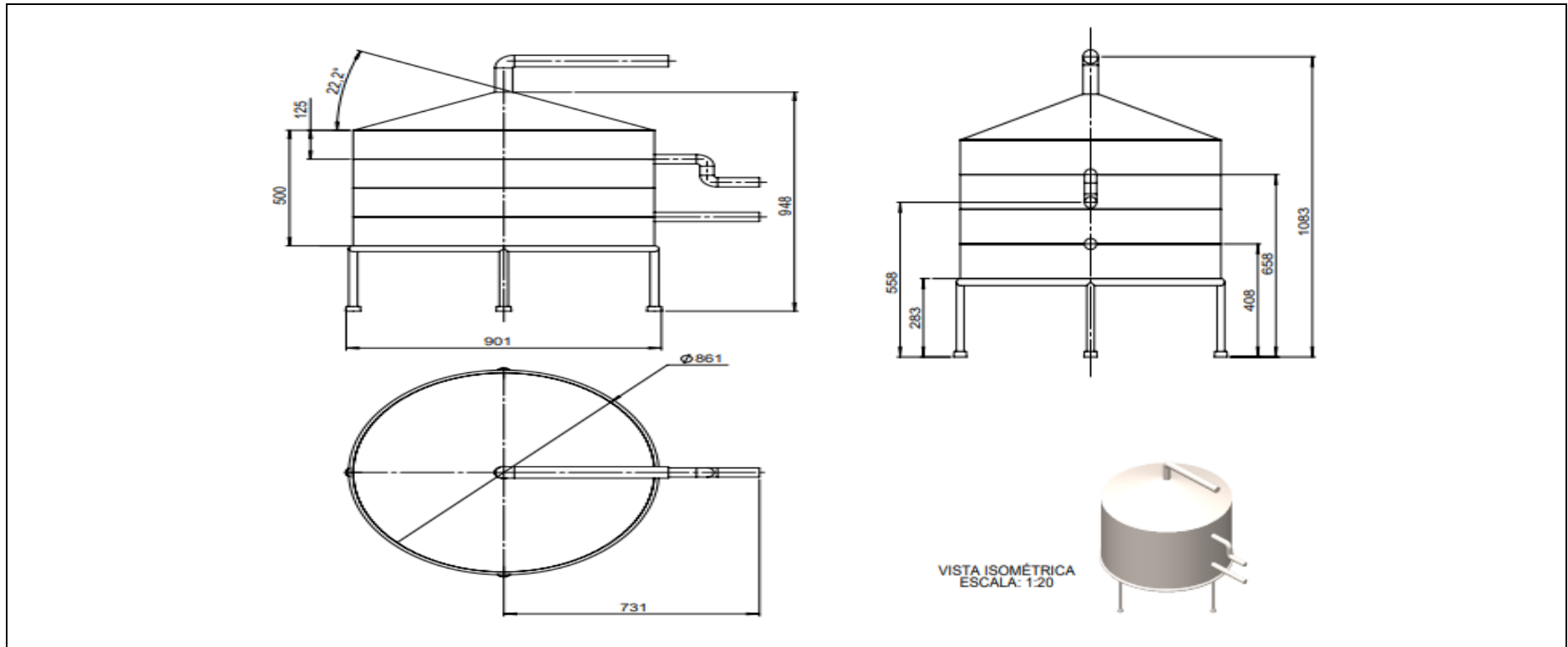
**ANEXO L: DISEÑO DEL FILTRO PRENSA**



VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA: 1:50

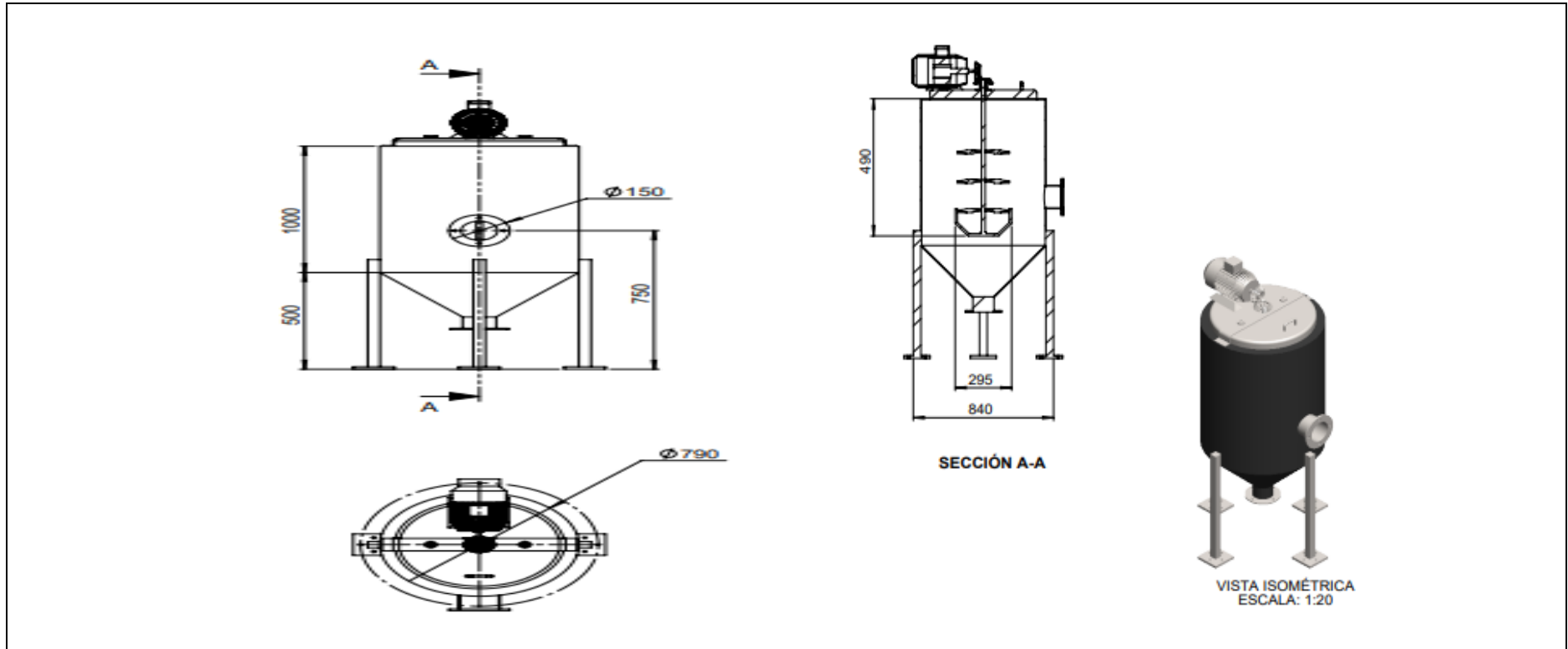
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE <b>CHIMBORAZO</b> FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: Arévalo Caiza Dayana Marisol	DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO (Agave Americano) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y COSMETICOS NATURALES”		
Filtro prensa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	2023/06/13

**ANEXO M: DISEÑO DEL DESTILADOR**



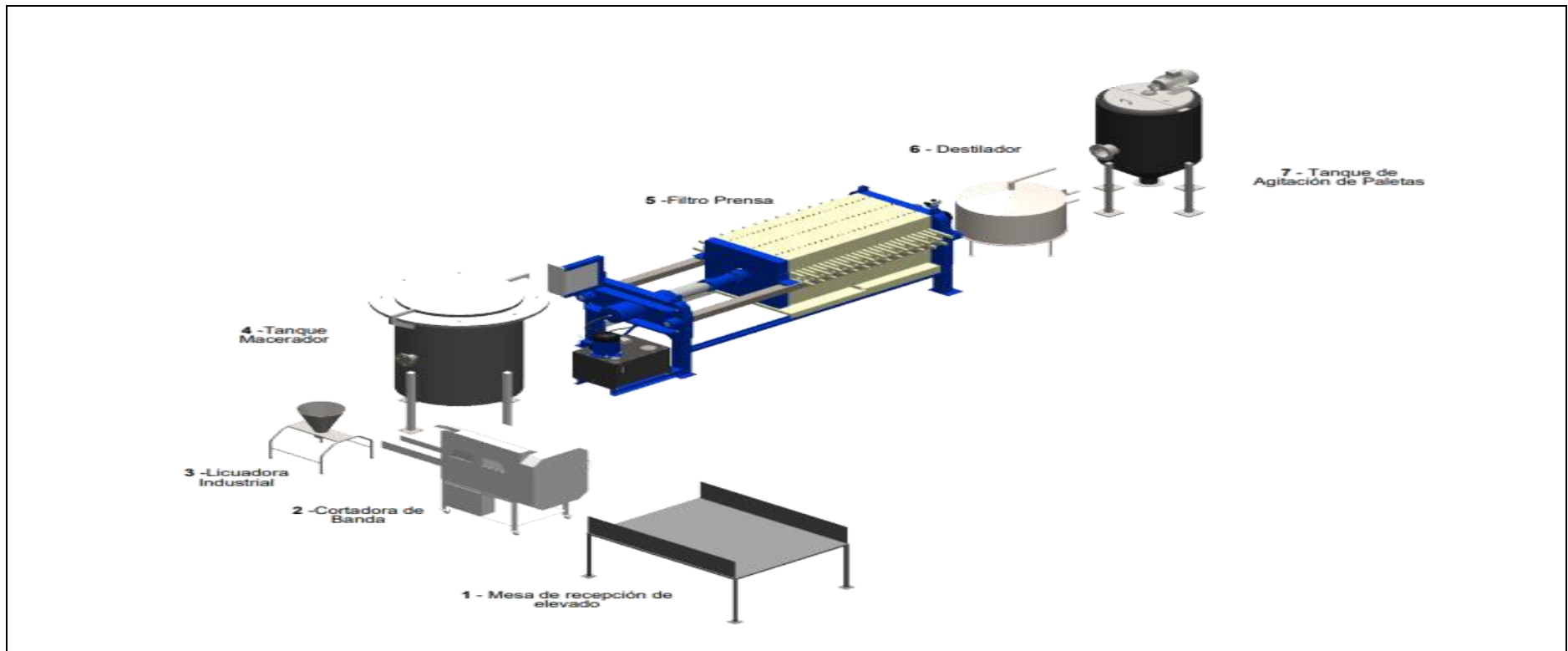
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  <b>CHIMBORAZO</b>                  FACULTAD DE CIENCIAS                  INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p><b>REALIZADO POR:</b>                  Arévalo Caiza Dayana Marisol</p>	<p><b>DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL                  PARA LA ELABORACIÓN DE                  SHAMPOO A PARTIR DE LA                  SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO                  (Agave Americano) EN LA FABRICA                  “INFUSIONES Y COSMETICOS                  NATURALES”</b></p>		
Destilador	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			6	1:1	2023/06/13

ANEXO N: DISEÑO DEL TANQUE DE AGITACIÓN



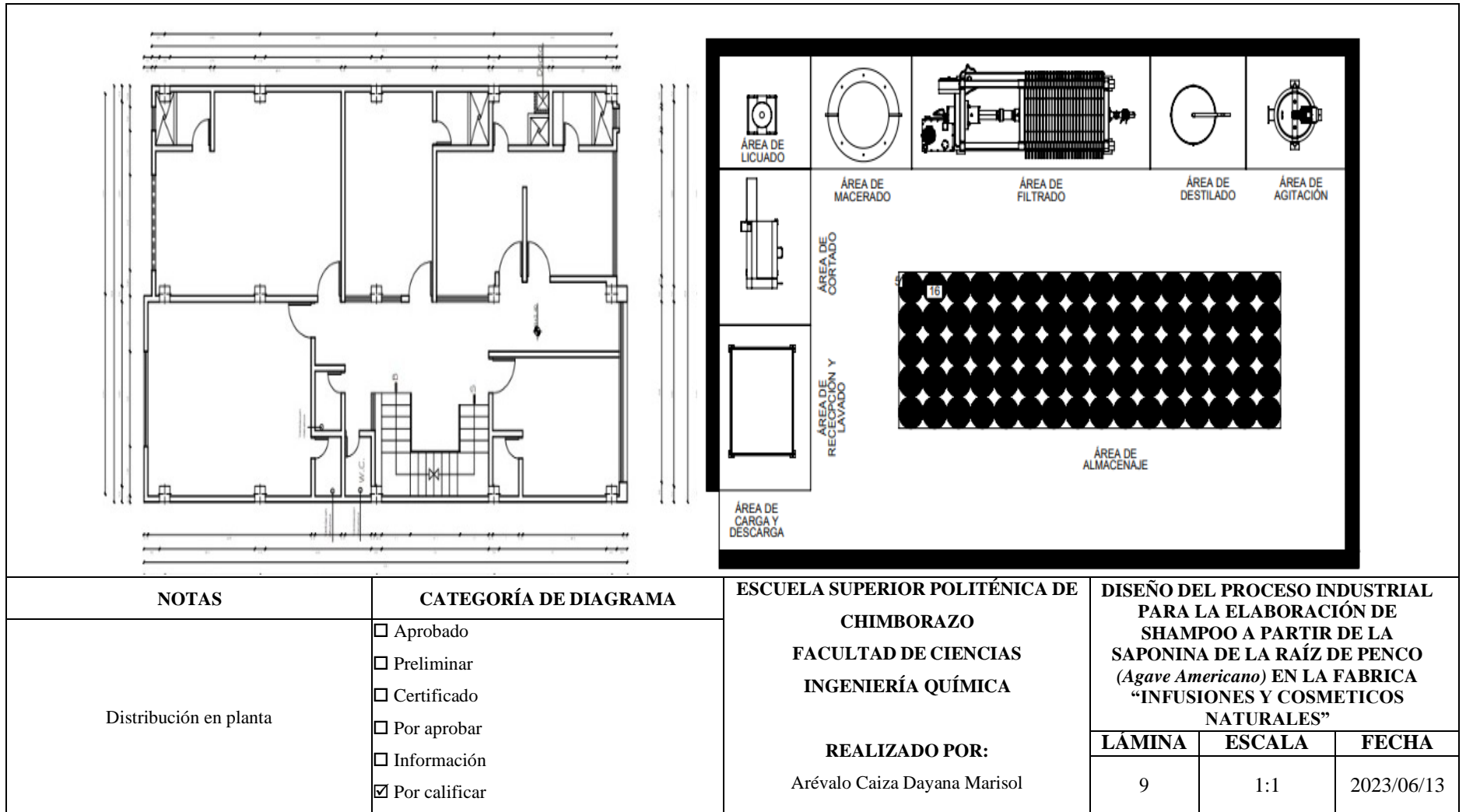
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO		
Tanque de agitación con paleta	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: Arévalo Caiza Dayana Marisol	(Agave Americano) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y COSMETICOS NATURALES”	
		LÁMINA		ESCALA	FECHA

**ANEXO O: DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE	DISEÑO DEL PROCESO INDUSTRIAL		
Diagrama de procesos para la elaboración de shampoo	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA  REALIZADO POR: Arévalo Caiza Dayana Marisol	PARA LA ELABORACIÓN DE SHAMPOO A PARTIR DE LA SAPONINA DE LA RAÍZ DE PENCO ( <i>Agave Americano</i> ) EN LA FABRICA “INFUSIONES Y COSMETICOS NATURALES”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	2023/06/13

**ANEXO P: DIAGRAMA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 26/01/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Dayana Marisol Arévalo Caiza
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2205-DBRA-UPT-2023

