

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE ACEITES
ESENCIALES EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN
MISAEL SARACHO” PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE
ESENCIAL DE ORÉGANO**

Por:

MARTÍNEZ CHOSCO MIGUEL ANGEL

*Proyecto de Grado (Modalidad, Prefactibilidad) presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química*

Septiembre del 2016

TARIJA – BOLIVIA

RESUMEN

Estimado lector, tiene en sus manos el “Diseño de una Planta Piloto de aceites esenciales en la Universidad Autónoma J.M.S. para la obtención de aceite esencial de Orégano” en la provincia Cercado, empleando el método de extracción por arrastre de vapor. Se busca utilizar y seleccionar los equipos más adecuados que optimicen el proceso de elaboración del aceite esencial de orégano, realizándose el respectivo dimensionamiento. Para una mejor comprensión, el presente trabajo se ha dividido en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: ESTUDIO DE MERCADO

Con la ayuda de este estudio se determina el nivel de aceptación del aceite esencial de orégano en el mercado. Este mismo objetivo que rige al presente proyecto vale también para las empresas comercializadoras de los aceites esenciales. De ahí la importancia de realizar esta investigación ante la demanda existente de estos tipos de productos en los mercados internos y externos, que generan un atractivo importante para inversionistas en actividades productivas.

Es de conocimiento que Bolivia no produce aceite esencial de orégano a gran escala por lo que el consumo local corresponde netamente a las importaciones. Por esta razón que nos simplifica ciertos factores tales como a quién se destina este producto, se sabe que es consumido por un segmento del mercado de altos ingresos, se lo encuentra a nivel de supermercados principalmente y en algunos mercados de zonas residenciales de la ciudad. Va dirigido a un público que conoce el producto, teniendo preferencia por su sabor y sus propiedades para la salud.

La cantidad de materia prima disponible de orégano (hojas, palos y flores) para el año **2015** oscilaba entre los **105 Ton**. Pero con las respectivas proyecciones en base a estos datos y al crecimiento presentado durante los últimos años, se estima que para el año **2020** existirá un incremento en la producción y disponibilidad, de **170 Ton** esto solo en el Valle Central de Tarija.

Se tiene una potencialidad de sembrar y producir en el departamento de Tarija de **1500 ha** con un rendimiento de **4000 Kg/ha** produciéndose **6000 Ton/anuales** de orégano. Por lo que se aprecia de manera muy atractiva el “Diseño de una Planta Piloto de aceites esenciales en la Universidad Autónoma J.M.S. para la obtención de aceite esencial de Orégano” en la provincia Cercado.

Capítulo II: TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO

Mediante un análisis de valores ponderados se ve que el lugar más adecuado para la localización de la Planta Piloto de Aceite esencial es en la Universidad Autónoma J.M.S. por las siguientes razones:

Servicios básicos, mano de obra calificada, requerimiento de infraestructura, requerimiento científico-tecnológico, proximidad a la materia prima, y condiciones socio-económicas.

Y la infraestructura y construcción del “Diseño de una Planta Piloto de aceites esenciales en la Universidad Autónoma J.M.S. para la obtención de aceite esencial de Orégano” deberá ser ubicado en la Provincia Cercado del Departamento de Tarija, más propiamente en **la zona el Tejar “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”**

Capítulo III: INGENIERÍA DEL PROYECTO

En este capítulo se desarrolla el cálculo y diseño extracción de los distintos equipos mencionados en el proceso productivo del aceite esencial de orégano. Pero vale aclarar que el equipo principal del “Diseño de una Planta Piloto de aceites esenciales en la Universidad Autónoma J.M.S. para la obtención de aceite esencial de Orégano” es el extractor por arrastre con vapor.

Con 8 horas diarias trabajadas según cálculos alcanza un rendimiento aceptable, con muy buenos resultados, iniciándose una producción de **1,9 lt/día** de aceite esencial de orégano; obteniendo en un tiempo productivo de 365 días tendremos, **683 lt** de aceite crudo.

Capítulo IV: ASPECTO ECONÓMICOS

Los resultados de este trabajo muestran el nivel de rentabilidad en este tipo de inversión, permitiendo fácilmente ser analizados, evaluados y en su caso aprovechados por inversionistas que esperan un buen rendimiento de su capital.

El estudio de este capítulo es sumamente importante porque en él se detallan los costos de inversiones fija y diferida de todo lo que se requiere para que la planta entre en funcionamiento, para la valoración global y la distribución holística de las inversiones y los gastos teniéndose en cuenta el cálculo del presupuesto del proyecto, según las inversiones y el capital de trabajo para la implementación. El presupuesto general de inversión es **726373 \$us**.

El precio de venta del Aceite esencial de orégano para este proyecto es de **68 \$us/lt** sabiendo que el precio de este aceite en el mercado nacional es de **71 \$us/lt** y en el mercado internacional el precio es **130 \$us/lt**

Capítulo V: EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sobre el análisis del proyecto se tiene los criterios calculados según la tipología privada del proyecto, criterios de viabilidad y rentabilidad del mismo. Ahora bien, para determinar la rentabilidad y aceptación del proyecto se analizan los siguientes indicadores: Valor actual neto, Tasa interna de retorno, Rentabilidad de la Inversión y Relación beneficio/costo. Los mismos tienen valores de: **VAN=1016199** con una **TIR=35%**.

Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El escenario que rodea el comercio de la industria de aceites esenciales son excelentes posibilidades para instalar la planta piloto en la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, ya que las zonas de producción presenta los mejores resultados en cuanto a adaptabilidad a su clima y sus suelos, manteniendo así una ventaja comparativa. Con lo que se puede concluir que la iniciativa de este proyecto generará fuentes de trabajo tanto directas como indirectas y que contribuirán al desarrollo de la región y del

departamento.

Este trabajo es una propuesta metódica que nos presenta de manera secuencial los pasos a seguir para hacer realidad el diseño de la Planta Piloto, que tiene como finalidad de controlar y determinar las variables de control para así optimizar el proceso de extracción de aceite esencial de orégano. Sin embargo, no debemos caer en el conformismo del producto terminado, ya que todo es perfectible. Y debido a que la temática presente es de importante actividad, cualquier trabajo que se realice al respecto, aportará al conocimiento de la misma enriqueciéndola con otras investigaciones relacionadas a este subproducto de las plantas aromáticas.

INTRODUCCIÓN

1 ANTECEDENTES

Los aceites esenciales naturales son sustancias líquidas presentes en las plantas que poseen un sinnúmero de propiedades benéficas y que los hacen atractivos para el desarrollo de diversos mercados.

En Bolivia, el trabajo de extracción de aceites esenciales, a nivel Planta Piloto y semindustrial, empieza el año 1979 en el Centro Tecnológico Agroindustrial de la ciudad de Cochabamba, con la extracción de aceite de menta y eucalipto. Se extrae aceite esencial de orégano en la procesadora de orégano ubicado en Tomillo (Chuquisaca), la misma procesa alrededor de 80 a 100 Kg de aceite de orégano al año. (Los Tiempos, 2007)

1.1 Importaciones de aceites esenciales en Bolivia

En Bolivia la importación de aceites esenciales de otros países para elaboración de cosmética, alimentos, bebidas alcohólicas, fármacos, etc., según datos proporcionados por la Aduana Nacional, Recaudación Ordinaria según Capítulo de la NANDINA, presenta los siguientes datos del Tesoro General de la Nación, en cuanto a los aceites esenciales y resinas en preparación de perfumería, de tocador o de cosmética (Comercio Exterior Bolivia, 2014):

Tabla: 1
Recaudación Ordinaria según Principal Capítulo de la NANDINA, Enero a Diciembre de 2011 - 2014

Capítulo de la NANDINA	Miles de \$us				Participación %			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Aceites Esenciales y Resinoides Perfumería o tocador de Cosmética	Ene-Dic	Ene-Dic	Ene-Dic	Ene-Dic	Ene-Dic	Ene-Dic	Ene-Dic	Ene-Dic
	19455,71	22299,142	25125,286	24271,428	14	13	13	11

Fuente: Aduana Nacional, Recaudación por Importación para el Tesoro de la Nación enero 2016

Ya que existe un consumo a nivel nacional de Aceites Esenciales, según datos de la NANDINA, se demuestra que existe la demanda de este producto en las áreas de perfumería, cosmetología, bebidas alcohólicas, fármacos, etc.

1.2 Exportaciones de aceites esenciales en Bolivia

La importación de aceites esenciales de otros países, para elaboración de cosmética, alimentos, bebidas, productos farmacéuticos, etc., que Bolivia consume para dichas aplicaciones. Y según los datos que presenta la siguiente tabla I-2 de importaciones de aceites esenciales y según los datos por el ITC “organismo conjunto de la Organización Mundial del Comercio y de las Naciones Unidas” para fines de referencia y poder enmarcar el mercado de consumo nacional e internacional de aceites esenciales.

TRADE MAP

Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas

Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de comercio, cuotas de mercado, etc.

Tabla: 2
Lista de los mercados importados para un producto exportado por Bolivia
Producto: 330129 los demás aceites esenciales, excepto los de limón
Bolivia exporta hacia el mundo

Importadores	2010		2011		2012		2013		2014	
	Cantidad en (Kg)	Miles de dólares (\$us)	Cantidad en (Kg)	Miles de dólares (\$us)	Cantidad en (Kg)	Miles de dólares (\$us)	Cantidad en (Kg)	Miles de dólares (\$us)	Cantidad en (Kg)	Miles de dólares (\$us)
Francia	450	14	1000	17	1000	25	1000	38	1000	49
Zona Nep.	0	0	0	0	40	1	65	1	150	3
Zona franca	0	0	90	7	37	1	0	0	0	0
Suiza	0	0	0	0	35	1	0	0	0	0
Total	450	14	1090	24	1112	28	1065	39	1150	52

Fuente: ITC, 2016

2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio se detallan a continuación.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Es el “Diseño de una Planta Piloto de aceites esenciales en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para la obtención de aceite esencial de Orégano” en la provincia Cercado del departamento de Tarija

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio de mercado del aceite esencial de orégano.
- Caracterización del orégano y el aceite esencial de orégano en la provincia Cercado del departamento de Tarija.
- Cuantificación de la materia prima disponible en la provincia Cercado del departamento de Tarija.
- Estimar el tamaño y localización de la planta piloto.
- Realizar el análisis económico del proyecto.
- Evaluación económica del proyecto.

3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

- Los aceites esenciales son demandados por la industria nacional e internacional de cosméticos, alimentos, bebidas analcohólicas, fármacos, etc.; algunos se producen poco en el país o no se producen en la cantidad y calidad requeridas; más aún la industria local y nacional de cosméticos, alimentos, bebidas analcohólicas, farmacos, no tiene plena confianza en los aceites esenciales que se producen en el país.
- Si bien el Proceso Tecnológico para producir aceites esenciales es relativamente sencillo y conocido, el mismo no siempre es apropiado y optimizado a las condiciones y recursos naturales propios disponibles en las distintas regiones del país. Los aceites esenciales producidos en el país, de manera artesanal, no cumplen con los estándares de calidad exigidos por el mercado.
- Ya que existe material vegetal disponible en el valle central de Tarija, se usa el

orégano como referente de estudio; se plantea obtener su aceite esencial, a escala Planta Piloto para obtenerlo de buena calidad que satisfaga al consumidor y que tanto el precio de producción como el de la venta sean accesibles.

- Según datos de investigación de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” el aceite esencial de orégano tiene propiedades desinfectantes, antisépticas, antiinflamatorias e insecticidas, entre otras más, las cuales le convierten en aceite esencial de calidad e importante para ser aprovechado en lo industrial y en el mercado.
- En lo económico, el desarrollo de este estudio de prefactibilidad, para implementar una planta piloto de extracción por arrastre de vapor, va enfocado a obtener aceites esenciales a menor costo que el mercado nacional, debido a que los precios de este tipo de productos en el mercado internacional tienen un costo elevado de 130 \$us/lit.
- En lo industrial, proporciona la materia prima para futuros proyectos; de industria que aprovechen las propiedades de los aceites esenciales en campos de cosméticos, alimenticia, bebidas, farmacéutica, etc.

CAPÍTULO I

ESTUDIO DE MERCADO

1.1 GENERALIDADES

A continuación se describe los puntos importantes de generalidades.

1.1.1 Definición de Aceite Esencial

Los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, frutos, hierbas, especias, semillas y a ciertos extractos de origen animal. Se trata de productos químicos intensamente aromáticos, no granos (por lo que no se encarnan), volátiles por naturaleza (se evaporan rápidamente) y livianos (poco densos). Son insolubles en agua, levemente solubles en vinagre, y solubles en alcohol, grasas, cada uno con su aroma propio y virtudes únicas. Para que den lo mejor de sí, deben proceder de ingredientes naturales brutos y quedar lo más puro posible (Velasco, 2007).

1.1.2 Aplicaciones de los aceites esenciales

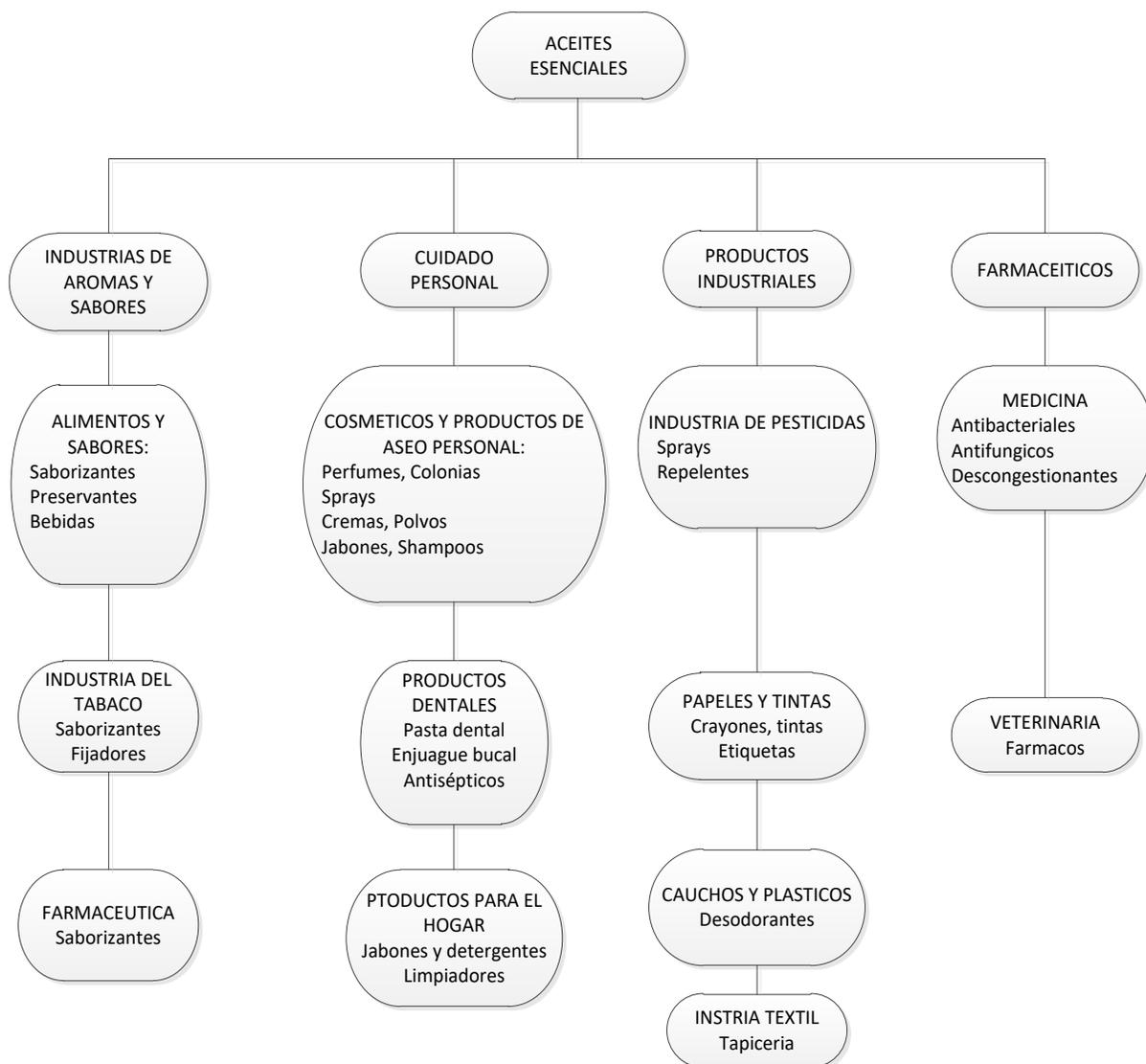
Los aceites esenciales son utilizados en la elaboración de varios productos industriales, ante los cuales citamos a:

- **Adhesivos:** Gomas, pastas, pegamentos, cintas, vendas quirúrgicas.
- **Industria del motor:** Pulimentos, limpiadores, pinturas, muebles.
- **Farmacéutica:** Pasta de dientes, preparaciones dentales, medicinas patentadas, preparaciones medicadas para el cabello, aplicaciones para el cuerpo, productos herbales, etc.
- **Polímeros y pinturas:** Pinturas para la casa, barnices, plásticos y juguetes, utilidades de la casa.
- **Insecticidas y repelentes:** Sprays, eliminadores de olor, desinfectantes, preparaciones repelentes.
- **Cuerpo:** Desodorantes y fragancias.
- **Papel, impresión y empaquetado:** Papelería especial, tintas, materiales de envoltura, materiales de embalaje, cintas adhesivas, etc.

- **Petróleo:** Cremas desodorantes, solventes de la nafta, aceites lubricantes, destilados especiales del petróleo, ceras.
- **Bebidas:** Bebidas carbonatadas, licores, concentrados, esencias.
- **Veterinario:** Alimentos de animales, sprays y desodorantes, medicamentos y preparaciones antiparasitarias.
- **Género de la casa:** Utensilios de cocina, detergentes, jabones, preparaciones de limpieza.
- **Caucho:** Guantes, género quirúrgico, juguetes.
- **Textiles:** Desodorantes, materiales de tapicería, tintes y preparaciones de pigmentos.
- **Artículos de baño:** Perfumes, fragancias, shampoos, colonias, aceites, cremas, utilización general del baño, talcos, etc.

En la figura 1-1 se resumen algunos de los usos más importantes de los aceites esenciales en diferentes áreas de las industrias de aromas y sabores, cuidado personal, industria farmacéutica y química.

Figura 1-1
Diagrama de Bloques de aplicaciones de los aceites esenciales



Fuente: Elaboración propia 2016

1.2 ESTRUCTURA DEL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL, DEPENDIENDO DEL ALCANCE DEL PROYECTO

Esta parte va referida a la descripción del alcance que puede cubrir el mercado nacional o internacional del aceite esencial de orégano del departamento de Tarija para satisfacer la demanda del consumidor.

1.2.1 Producción y demanda de aceite esencial de orégano en Bolivia

La producción y demanda del aceite esencial de orégano tiene aplicabilidad para la elaboración de alimentos, fármacos, preparación en perfumería o de tocador, de cosmética, etc.

1.2.1.1 Aplicabilidad del aceite esencial de orégano en Bolivia

Los aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería o de tocador de cosmética son productos a partir de **aceites esenciales de Orégano, Eucalipto, Anis, etc.**, que se encuentran diluidos y preparados para sus respectivas aplicabilidades.

A continuación se detallan en: tabla I-1a tabla I-1b producción nacional de cosméticos según producto, volumen y valor 2012 al 2015.

Por lo que se puede apreciar de gran manera que el valor medio es de 23978 Kg a un precio de 132045 \$us, producidos por Bolivia.

Tabla I-1a
Bolivia: Producción de cosméticos según producto, volumen y valor 2012 al 2015
aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería o de tocador de cosmética

Descripción del producto	2012		2013		2014		2015	
	Cantidad (Kg)	Dólares (\$us)						
Preparaciones capilares	10.650	29.177	11.510	32.307	10.682	30.401	10.500	32.257
Preparaciones para afeitarse o para antes o después del afeitado, desodorantes	3.561	30.201	3.804	33.142	4.085	32.082	3.822	27.918
Preparaciones para higiene bucal o dental, incluidos los polvos y cremas	3.527	27.051	3.661	29.253	3.539	25.557	3.403	25.873
Preparaciones de belleza y para el cuidado de la piel	2.961	17.824	2.918	18.655	2.889	20.346	2.680	19.345

Fuente: Cálculos basados en estadísticas de UN COMTRADE desde enero de 2013

Cálculos basados en estadísticas de Promueve Bolivia desde enero 2004 y hasta enero 2013

Tabla I-1b
Bolivia: Producción de cosméticos según producto, volumen y valor 2012 al 2015
aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería o de tocador de cosmética

Descripción del producto	2012		2013		2014		2015	
	Cantidad (Kg)	Dólares (\$us)						
Perfumes y aguas de tocador	1.961	12.267	2.034	13.839	1.768	15.566	1.440	14.613
Mezclas de sustancias odoríferas y mezclas (incluidos las disoluciones)	1.038	10.118	1.133	10.990	1.183	10.297	1.162	9.103
Total	23.698	126.638	25.060	138.186	24.146	134.249	23.007	129.109
Valor medio en kilogramos consumidos por Bolivia				23978				
Valor medio en miles de Dólares de consumo				132045				

Fuente: Cálculos basados en estadísticas de UN COMTRADE desde enero de 2013
Cálculos basados en estadísticas de Promueve Bolivia desde enero 2004 y hasta enero 2013

1.2.1.2 Bolivia exporta al mundo los aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería o de tocador de cosmética

Según datos del Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE se puede apreciar que Bolivia exporta al mundo 519 Kg por un precio de 10.986 \$us solo en la gestión 2015. En la tabla I-2 se detalla la gestión 2015 y avance al mes de mayo de 2016.

Para respaldo ver anexo I (Tabla: 1, Tabla: 2, Tabla: 3, Tabla: 4 y Tabla: 5)

Tabla: I-2
BOLIVIA: EXPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO, VOLUMEN Y VALOR
GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos preliminares)
(Expresado en kilogramos brutos y dólares americanos)

PRODUCTO	2015		2016	
	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR
Aceites esenciales y resinoides; preparación de perfumería o de tocador de cosmética	519	10.986	2	85

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística - INE

Elaboración: Instituto Boliviano de Comercio Exterior
 - IBCE 13/07/2016

1.2.1.3 Bolivia exporta al mundo los aceites esenciales y resinoides; en productos farmacéuticos

Según datos del Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE se puede apreciar que Bolivia exporta al mundo 133.459 Kg por un precio 2.321.211 \$us solo en la gestión 2015. En la tabla: I-3 se detalla la gestión 2015 y avance al mes de mayo de 2016. Para respaldo ver anexo I (Tabla: 1, Tabla: 2, Tabla: 3, Tabla: 4 y Tabla: 5)

Tabla: I-3
BOLIVIA:EXPORTACIONES DE PRODUCTOS
FARMACÉUTICOS SEGÚN VOLUMEN Y VALOR
GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos
preliminares)
 (Expresado en kilogramos brutos y dólares americanos)

PRODUCTO	2015		2016	
	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR
Aceites esenciales y resinoides; en productos Farmacéuticos	133.459	2.321.211	49.355	952.000

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística - INE

Elaboración: Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE 13/07/2016

Estos datos son referentes fundamentales para el aceite esencial de orégano y se los tomará como mercado potencial del aceite esencial de orégano.

1.2.2 El aceite esencial de orégano en Bolivia

A través de la Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE **los datos de comercio de aceite esencial de orégano**, indican que este producto no tiene un código arancelario específico como otros productos, (Los códigos arancelarios lo determina la Organización Mundial de Aduanas a través del sistema armonizado) por lo que se encuentra ubicado en el código arancelario 3301.90.90.00 junto a otros aceites esenciales excluyendo los aceites de cítricos, de anís, de eucalipto, de lavanda y de menta. Para fines de investigación estadístico es correcto utilizar el código mencionado, siempre y cuando aclarando la particularidad ya mencionada (IBC, 2016)

Para respaldo ver anexo I (Tabla: 1, Tabla: 2, Tabla: 3, Tabla: 4 y Tabla: 5)

1.2.2.1 Demanda de aceite esencial de orégano Bolivia importa desde el mundo

Los datos de comercio de aceite esencial de orégano según el Código 3301.90.90.00 se detallan a continuación en la tabla: I-4.

Tabla: I-4
Bolivia importa desde el mundo para su demanda nacional

Descripción del producto	2012		2013		2014		2015	
	Cantidad (Kg)	Dólares (\$us)						
Aceite esencial de Orégano	349	26.000	549	39.000	759	51.000	337	25.000

Fuente: Cálculos basados en estadísticas de UN COMTRADE desde enero de 2013
 Cálculos basados en estadísticas de Promueve Bolivia desde enero 2004 y hasta enero 2013

1.2.2.2 Exportación e importación de aceite esencial de orégano según IBCE

Según datos del Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE se puede apreciar que Bolivia exporta al mundo 481 Kg por un precio de 12.878\$us solo en la gestión 2015. En la tabla: I-5 se detalla la gestión 2015 y avance al mes de mayo de 2016. Para respaldo ver anexo I (Tabla: 1, Tabla: 2, Tabla: 3, Tabla: 4 y Tabla: 5)

Tabla: I-5
BOLIVIA: EXPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN PRODUCTO,
VOLUMEN Y VALOR
GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES DE MAYO DE 2016 (Datos
preliminares)

(Expresado en kilogramos brutos y dólares americanos)

PRODUCTO	2015		2016	
	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR
Aceite esencial de orégano	48	1.287	19	441

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística - INE

Elaboración: Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE

Según datos del Instituto Boliviano de Comercio Exterior – IBCE en la tabla: I-6 se puede apreciar que Bolivia exporta el mundo 336 Kg por un valor de 24.987\$us solo en la gestión 2015. En la siguiente tabla se detalla la gestión 2015 y avance al mes de mayo de 2016.

Tabla: I-6
BOLIVIA: IMPORTACIONES DE COSMÉTICOS SEGÚN
PRODUCTO, VOLUMEN Y VALOR GESTIÓN 2015 Y AVANCE AL MES
DE MAYO DE
2016 (Datos preliminares)

(Expresado en kilogramos brutos y
dólares americanos)

PRODUCTO	2015		2016	
	VOLUMEN	VALOR	VOLUMEN	VALOR
Aceite esencial de orégano	336	24.987	7	372

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística - INE

Elaboración: Instituto Boliviano de Comercio Exterior –
IBCE 13/07/2016

1.2.3 Producción y demanda de aceite esencial de orégano en el mundo

En las tablas: I-7 y I-8 se puede apreciar la producción de aceite esencial de orégano en el mundo, donde vemos a México produciendo de 4200-2800 (TM/año) con un rendimiento porcentual de 35-49 %, seguido por Turquía 3800 (TM/año) con un rendimiento porcentual de 30 %, y Grecia con 2700 (TM/año) con un rendimiento porcentual de 22,5 %, y el resto del mundo con un rendimiento de 7,5 a 12,5 %; esto es publicado en un estudio de viabilidad y rentabilidad de la extracción de aceite esencial de orégano en México 2012 (Sixta Josefina Garcia Petit, 2012)

Tabla: I-7
El aceite esencial de orégano en el mundo

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO		
PAÍS	CANTIDAD (TM/año)	CANTIDAD EN PORCENTAJE
México	4200-4800	35-40
Turquía	3800	30
Grecia	2700	22,5
Resto		7,5-12,5

Fuente: Sixta Josefina Garcia Petit el 11 de diciembre de

Tabla: I-8
El aceite esencial de orégano demandado por el mundo

DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN EL MUNDO	
Año	Demanda TM
2012	10638
2013	10642
2014	10646
2015	10650

Fuente: Sixta Josefina Garcia Petit el 11 de diciembre de 2012

A continuación se muestra en las tablas: I-9 y I-10 la demanda de aceite esencial de orégano satisfecha en el mundo y la demanda de aceite esencial de orégano no satisfecha en el mundo

Tabla: I-9
El aceite esencial de orégano, demanda satisfecha por el mundo

DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO SATISFECHA EN EL MUNDO	
Año	Demanda TM
2012	10500
2013	10500
2014	10500
2015	10500

Fuente: Sixta Josefina Garcia Petit el 11 de diciembre de 2012

Tabla: I-10
El aceite esencial de orégano, demanda no satisfecha por el mundo

DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO NO SATISFECHA	
Año	Demanda TM
2012	138
2013	142
2014	146
2015	150

Fuente: Sixta Josefina Garcia Petit el 11 de diciembre de 2012

Según los datos del año 2012 al 2015 la demanda de aceite esencial de orégano sigue en aumento pese a los grandes productores del mundo, demandando un promedio de 144 (TM/año)

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA, PRIMA EL ORÉGANO

1.3.1 Descripción de la planta del orégano

El orégano es una especie aromática perteneciente a la familia botánica de las labiadas, es una planta herbácea, perenne y ramificada en la figura 1 se muestran las partes del orégano (Fundación del Valle, 2007).

Planta perenne de la familia de las labiadas de hasta 80 cm.

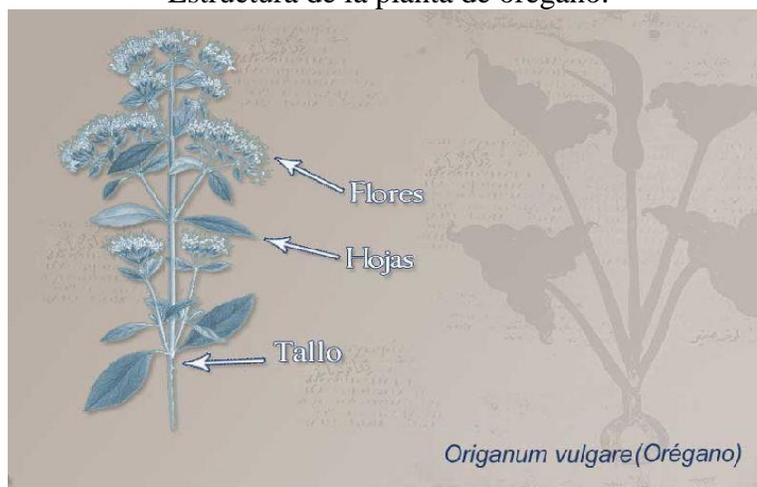
Tallos erectos, pilosos y aromáticos.

Hojas ovalas, pecioladas, dentadas o enteras.

Flores rosadas, vioáceas o blancas de 7 mm., reunidas en inflorescencias redondeadas terminales.

Estambres sobresalientes.

Figura 1-2
Estructura de la planta de orégano.



Fuente: http://www.regmurcia.com/servlet/s.S1?sit=a,0,c,382,m,1678&r=ReP-22473-DETALLE_REPORTAJESPADRE

1.3.2 Componentes activos

Ácidos: Rosmarínico (Planta y hojas) palmítico, esteárico, oleico, ursólico, cafeico, cáprico (Planta).

Aceite esencial rico en timol, cineol, carvacrol, borneol, beta-bisoboleno, limoneno, alfa pineno, beta pineno, mirceno, camfeno, alfa terpineno (Planta).

Minerales: Potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, hierro (Planta)

Taninos (Planta).

Vitaminas: Niacina, beta-caroteno (Gandhy Enríquez, 2006)

1.3.4 Descripción botánica de orégano en el departamento de Tarija

En el departamento de Tarija se producen dos especies importantes de orégano:

1.3.4.1 Origanum Maru

Descripción Taxonómica:

Familia: Lamiacea

Género: Origanum

Especie: O. Syriacum

Nombre Binomial: OriganumSyriacum

Nombre común: Orégano sirio. Orégano, Maru, MajoranaSyriaca.

El origen de Syriacum es del tipo carvacrol, es el más aceptado en el mercado mundial de los condimentos, se adaptan con facilidad a diferentes climas y suelos (Fundación del Valle, 2007).

1.3.4.2 Origanum Kaliteri

Descripción Taxonómica:

Familia: Lamiacea

Género: Origanum

Especie: O. Kaliteri

Nombre binomial: OriganumKaliteri

Nombre común: OréganoKaliteri

Origanum Kaliteri significa el mejor en griego, es la especie que tiene resultados más promisorios a nivel mundial. Un estudio de su aceite prueba que la cantidad y la calidad pueden variar mucho dependiendo de su localización; de igual manera varía

su contenido en carvacrol y timol en la figura 2 se muestra la variedad de orégano en la región de Tarija (Fundación del Valle, 2007).

Figura 1-3
Planta de orégano



Fuente: Fundación del Valle, 2007

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO

1.4.1 Características y Propiedades Físicoquímicas del aceite esencial de Orégano del departamento de Tarija

En la tabla I-3 se comparan algunas de las propiedades físicoquímicas presentes en el aceite esencial del orégano de las variedades utilizadas en la investigación en el departamento de Tarija y otras variedades empleadas en otras partes del mundo.

1.4.2 Calidad del Aceite Esencial

La calidad del aceite esencial de orégano es determinada por su contenido en Carvacrol y Timol contenido que se ha estudiado, se encuentra gradualmente influenciado por la variedad de orégano, altitud del cultivo, época del año e incluso el momento de corte de la planta (Ortega Natalia, 2013)

A continuación en la tabla I-11 y I-12 se muestra el porcentaje de estos componentes en el departamento de Tarija.

**[Tabla: I-11
Propiedades Físicoquímicas del aceite esencial de Orégano de Tarija y otros distintos lugares**

Variedad	Orégano (LippiaGravelens) (prov. De Salamá)	Orégano (LippiaGravelens) (prov. De Zapaca)	Orégano Vulgare (Guatemala)	Orégano Maru (Tarija)	Orégano Kalitari (Tarija)
densidad (gr/cm³)	0,9076	0,9136	0,911	0,8912	0,8912
Índice de refracción	1,4314	1,4328		1,478	1,4755
Color	Amarillento	amarillento	Amarillo claro	amarillo pálido	Ambar claro

Fuente: Ortega Natalia, 2013

Tabla: I-12

Contenido de Carvacrol y/o Timol del aceite esencial de orégano en diferentes partes del mundo y la variedad Maru y de Tarija

Componente (%)	ZapacaOriganum Vulgare	Orégano Mexicano LippiaGraveolens	Orégano Griego OriganumVulgare (subespecie Hirtum)	salama Baja Verapaz OriganumVulgare	Orégano Turco Origanum siriacum (Maru)	Tarija Origanum Siriacum (Maru)
Carvacrol y/o Timol	44.9	46.1	36.1	27.84	25	27.7
Rendimiento (ml/100g)	1.252	S/D	S/D	1.528	S/D	1.086

Fuente: Ortega Natalia, 2013

De la tabla I-6 podemos concluir que la calidad del aceite esencial de orégano proveniente de la variedad Maru posee una calidad superior al aceite esencial proveniente del orégano Turco pues supera su contenido de Carvatrol y/o Timol en 11,08% más; sin embargo, el contenido de Carvatrol y/o Timol presentado por la variedad Maru está por debajo del aceite esencial de orégano proveniente de México, Verapez, Zapata y del orégano Griego (Ortega Natalia, 2013).

1.5 PRODUCCIÓN ORÉGANO EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA

Según la Asociación de Productores de Orégano de Tarija (APOT) actualmente se tiene más de 70 hectáreas de orégano cultivadas entre la provincia Cercado con aproximadamente 75%, y el 25% entre la provincia Méndez, Avilés y Arce además de un vivero ubicado en predios del proyecto múltiple San Jacinto con más 150 mil plantines para proveer a los productores. Actualmente existen 427 asociados produciendo 4000 Kg por ha.

Teniendo tres costes al año, el primero de Noviembre-Marzo, el segundo de Febrero-Marza, y el tercero de Junio –Julio.

En la siguiente tabla I-6 y gráfico 1-5 se muestra en detalle la producción de orégano en el departamento de Tarija.

Tabla: I-13
Producción de orégano en el Valle Central de Tarija

Descripción del producto	2010	2011	2012	2013	2014
	Cantidad (Kg)				
Orégano Seco	28.000	35.000	57.000	75.000	90.000

Fuente: Elaboración propia 2016

Gráfico 1-1
Producción de orégano en el Valle Central de Tarija



Fuente: Elaboración propia, 2016

1.6 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO Y POLÍTICAS DE COMERCIALIZACIÓN.

Como el producto a elaborar es aceite esencial y no refinado, el mercado prácticamente se enfoca potencialmente a nivel nacional e internacional, y como en el departamento de Tarija solo se cuenta con pequeños emprendimientos artesanales de extracción de aceite esencial se concibe la idea del proyecto.

A nivel nacional, las empresas que se dedican al procesamiento de aceite esencial, están establecidas en el departamentos **de Santa Cruz (Desarrollo Agrícolas S.A DESA), El Alto La Paz (Aceite LDN), Cochabamba (Agroindustrias Rosas LTDA y TARIY Asociación de productores de aceite esencial), Riberalta Beni (Madre Tierra Amazonía SRL** ente otras más del resto del país. Destinan su producción totalmente a la exportación y parte al consumo nacional.

1.6.1 Políticas de comercialización

Para el envío de mercancía desde la localización de la planta se utilizará el *medio terrestre*. Una vez finalizados los trámites necesarios, la mercancía es trasladada a los depósitos del comprador y desde allí, posteriormente, se procede a su distribución en los puntos de venta.

Por lo tanto, el canal de comercialización del aceite esencial en Bolivia es:



En Bolivia la estructura de la distribución comercial se caracteriza por no haber alcanzado un nivel muy desarrollado. Frecuentemente, un mismo intermediario ejerce de importador, mayorista, representante y distribuidor.

Ver en Anexo I-1 Empresas de comercialización del aceite esencial de orégano en Bolivia (Tabla: 6, Tabla: 7, Tabla: 8, Tabla: 9 y Tabla: 10)

1.7 ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

1.7.1 Análisis de Costo de la Materia Prima

A medida que el costo de los factores de producción disminuye, las empresas estarán dispuestas a colocar en el mercado mayores cantidades del producto a los precios existentes y viceversa. El costo de la materia prima ofertada tiene la siguiente relación en precio, considerando la recolección, el cargado al camión y el transporte a la planta.

1.7.2 Análisis de Costo del producto aceite esencial de orégano

En las siguientes Tabla: I-14 y Tabla: I-15 se aprecia los precios de los aceites esenciales en Bolivia y el mundo.

Tabla: I-14
Precio del aceite esencial de orégano en Bolivia

VALOR COMERCIAL DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO IMPORTADO POR BOLIVIA					
Descripción del producto	2012	2013	2014	2015	Valor Promedio
	Dólar por kilo	Dólar por kilo	Dólar por kilo	Dólar por kilo	
Aceite esencial de Orégano	74	71	67	74	71

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla: I-15
Precios del aceite esencial de orégano en el mundo

VALOR COMERCIAL DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN EL MUNDO	
Mercado Norteamericano	\$us 100-120/Kg
Mercado Europeo	€ 120/Kg
Mercado Asiático	\$us 160/Kg

Fuente: Elaboración propia 2016

1.8 PROYECCIONES

En este caso se considera un valor del 100% como tasa de consumo, siendo este un valor optimista; por lo mismo, las proyecciones del mercado se ven proyectadas en miles de dólares y kilogramos en la siguientes calculadas Tablas I-10 y I-11.

1.8.1 Análisis de la demanda del aceite esencial de orégano en el mundo

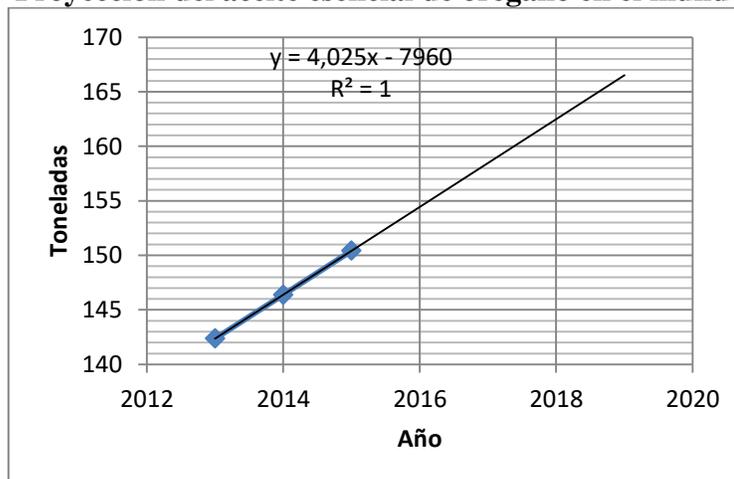
Haciendo una interpretación de la siguiente Tabla: I-16 y el Gráfico: 1-2 se puede confirmar que en los siguientes años la demanda no satisfecha de aceite esencial de orégano en el mundo está en crecimiento permitiendo seguir adelante con este Proyecto debido a las bondades que tiene el aceite esencial de orégano que se convierte en un excelente producto a ofrecer.

Tabla: I-16
Proyección de demanda del aceite esencial de orégano en el mundo

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA NO SATISFECHA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN EL MUNDO		
Año	Demanda TM	Aplicando la ecuación lineal ($y = 4,025x - 7960$ $R^2 = 1$)
2012	138	
2013	142,36	
2014	146,38	
2015	150,41	
2016		154,4
2017		158,425
2018		162,45
2019		166,475
2020		170,5
2021		174,525
2022		178,55
2023		182,575
2024		186,6
2025		190,625
2026		194,65
2027		198,675
2028		202,7
2029		206,725
2030		210,75

Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico: 1-2
Proyección del aceite esencial de orégano en el mundo



Fuente: Elaboración propia, 2016

1.8.2 Análisis de la demanda de aceite esencial de órgano en Bolivia

Haciendo una interpretación de la Tabla: I-17 y el Grafico: 1-3 se puede confirmar que en los siguientes años la demanda de aceite esencial de orégano en Bolivia será de manera creciente. Esto permite seguir adelante con este proyecto debido a que la demanda existe.

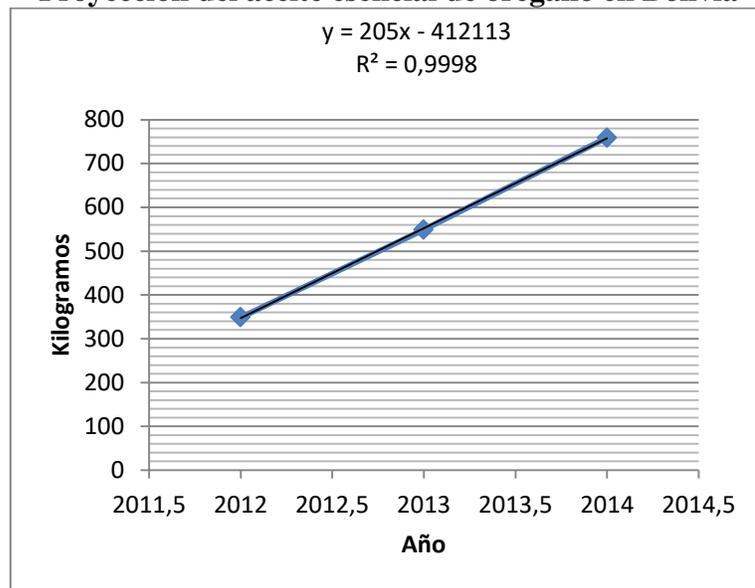
Tabla: I-17
Proyección de demanda del aceite esencial de orégano en Bolivia

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN BOLIVIA		
Año	Demanda Kg	Aplicación de la ecuación lineal $y = 205x - 412113$ $R^2 = 0,9998$
2012	349	
2013	549	
2014	759	
2015		962
2016		1167
2017		1372
2018		1577
2019		1782
2020		1987
2021		2192
2022		2397
2023		2602
2024		2807
2025		3012
2026		3217
2027		3422
2028		3627
2029		3832
2030		4037

Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico: 1-3

Proyección del aceite esencial de orégano en Bolivia



Fuente: Elaboración propia, 2016

Debido a los aceites esenciales y sus bondades, se convierten en un excelente producto a ofrecer en el mercado nacional e internacional, por lo que se concibe la idea del “Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la UAJMS para la obtención de aceite esencial de orégano”

CAPÍTULO II

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

2.1 TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

Una **planta piloto** es una planta de proceso a escala de menor proporción. El fin que se persigue al diseñar, construir y operar una planta piloto para obtener información sobre un determinado proceso físico o químico, es que permita determinar si el proceso es técnica y económicamente viable, así como establecer los parámetros de operación óptimos de dicho proceso para el posterior diseño y construcción de la planta a escala industrial

Este capítulo está referido a la ubicación de la Planta Piloto de aceite esencial de orégano en el Valle Central de Tarija.

2.2 TAMAÑO DE LA PLANTA PILOTO DE ACEITE ESENCIAL

El diseño de una Planta Piloto de aceite esencial de orégano, por lo general, queda fijado por la cantidad del producto necesario que permita determinar la eficiencia de la separación y la calidad del producto; mientras que el límite inferior del tamaño se fija por la necesidad de fabricar suficiente producto para probar al mercado (Planta Piloto Universidad de Sonora, 2010).

2.2.1 Producción de orégano en Bolivia

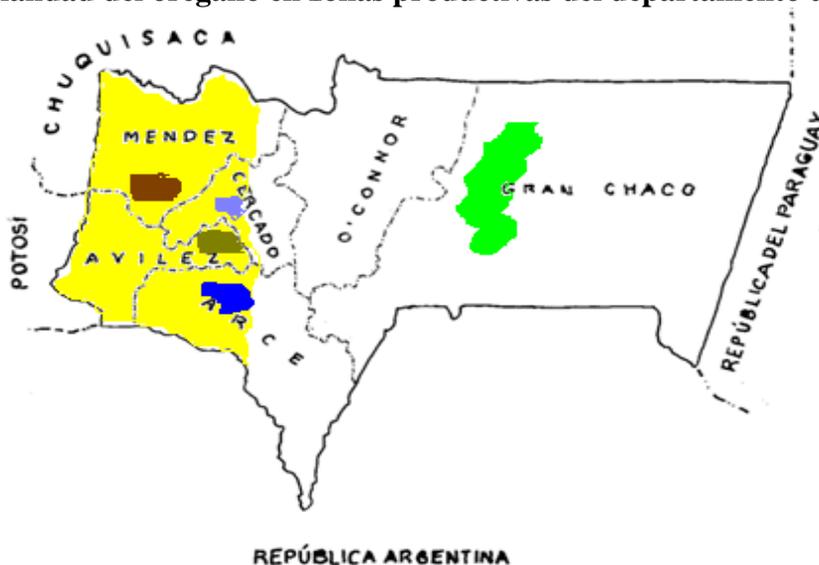
El orégano es cultivado principalmente en provincias de los departamentos del sur de Bolivia, como Tarija y Chuquisaca que son los mayores productores y en menor escala en otros valles del interior del país, como La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Potosí. La producción de orégano en Tarija es relativamente nueva y con grandes perspectivas ya que la producción es vendida al departamento de Sucre que es el mayor productor, que se encarga de exportar, y pequeñas porciones que entran al mercado regional y nacional.

Tarija cautamente produce el 30 a 35% de orégano a nivel de nacional mientras que sucre el 60% a nivel nacional

2.2.2 Potencialidades del orégano en departamento de Tarija.

Según el plan estratégico de la asociación de productores de la cadena agroproductiva del orégano de Tarija Plan Estratégico 2014-2025, pretende ampliar la producción de orégano en el departamento de Tarija. En la siguiente figura: 2-1 se muestra las potencialidades (APOT, 2016).

Figura: 2-1
Potencialidad del orégano en zonas productivas del departamento de Tarija



Fuente: elaboración propia 2016

Toda la parte pintada de color amarillo son los valles de Tarija, en la provincia Méndez en el área de color café específicamente en la zona de Iscayachi, en la provincia Cercado en el área de color celeste específicamente en la zona del portillo y Santa Ana la Vieja, en la provincia Avilés en el área de color verde oscuro específicamente en el valle de Concepción, en la provincia Arce en el área de color azul específicamente en Padcaya y en la provincia Gran Chaco en el área de color verde (por las zonas más secas).

Existe una potencialidad de 1000 a 1500 Ha en el departamento de Tarija con una capacidad de producción de 4000 Kg/Ha teniendo una producción aproximada de 6000 toneladas de orégano anuales.

2.2.3 Producción del orégano en el valle central de Tarija

En el caso de Tarija se tiene 12 comunidades que están dedicadas a la producción del orégano en las variedades de marú y kaliteri, entre ellas están La Choza, Sunchu Huayco, San Isidro Chañarís, La Media Luna, Santa Ana La Vieja, La Cabaña, El Portillo, Santa Ana La Nueva, La Pintada, Torrecillas, San Antonio, La Cabaña y San Blas.

2.2.4 Superficie de cultivo de orégano por Comunidad y Municipio en el valle central de Tarija

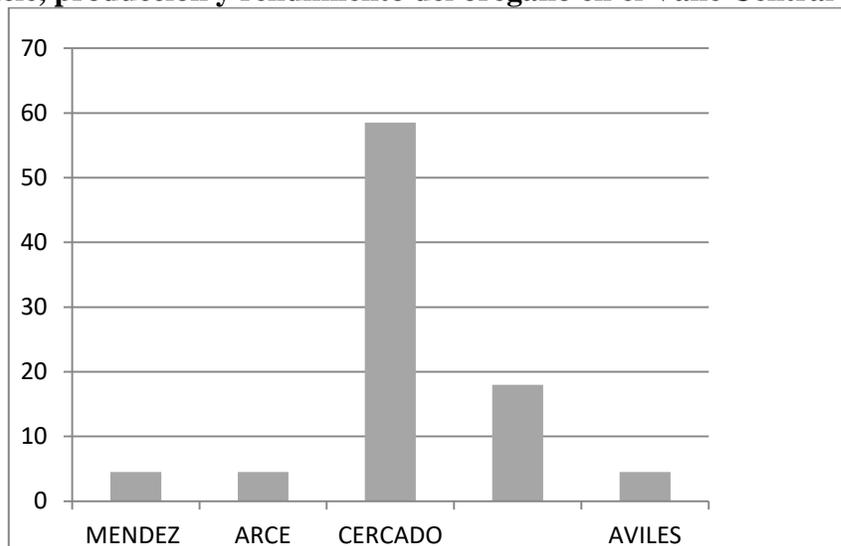
Como se puede apreciar en la tabla II-1 y la gráfica 2-1 en la provincia Cercado, en la zona de El Portillo se tiene una producción de 45.5 hectáreas junto con la zona Santa Ana con 14 hectáreas. Seguidos con la provincia Méndez, Arce y Avilés con una producción de 3.5 hectáreas toda con un rendimiento de 3 toneladas por hectárea.

Tabla: II-1
Superficie, producción y rendimiento del orégano en Valle Central de Tarija

PROVINCIA/COMUNIDAD		Superficie en hectáreas	Producción Tn.	Rendimiento (Tn/Ha)
MÉNDEZ		3,5	4,5	3
ARCE		3,5	4,5	3
CERCADO	El Portillo	45,5	58,5	3
	Santa Ana	14	18	3
AVILÉS		3,5	4,5	3
Total		70	90	3

Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico: 2-1
Superficie, producción y rendimiento del orégano en el Valle Central de Tarija



Fuente: Elaboración propia, 2016

2.3 CÁLCULOS DE LA MATERIA PRIMA DISPONIBLE EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA

En esta parte del capítulo cuantificamos las producciones actuales y futuras por medio de una ecuación de regresión lineal para tener más claramente la materia prima disponible para la Planta Piloto de aceite esencial de orégano.

2.3.1 Proyecciones de la Materia Prima.

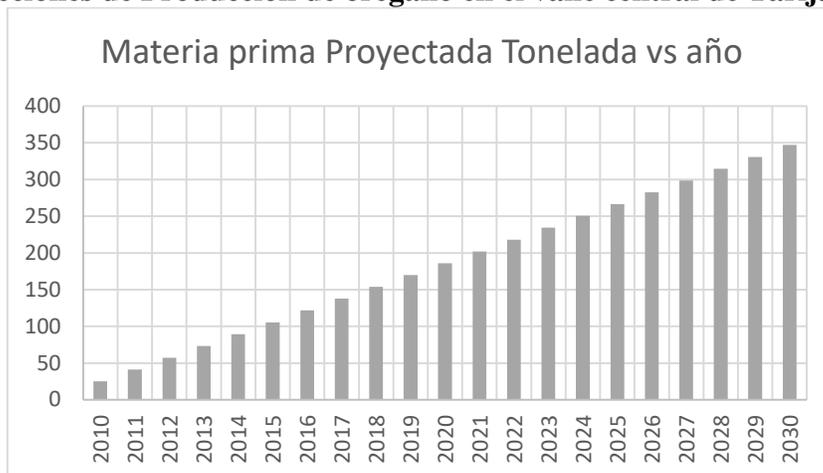
Analizar las proyecciones con ayuda de datos históricos de producción de orégano en el departamento de Tarija, o simplemente saber la cantidad de área cultivada del orégano respectivamente, permitirá saber si este proyecto puede a futuro ser una Planta Industrial; por lo mismo, se analiza este punto en el siguiente en la tabla II-2 y la gráfica 2-2

Tabla: II-2
Proyecciones de orégano en el valle central de Tarija

Demanda v.s. Oferta Proyectada		
año	Tarija exporta al mundo orégano en Toneladas	Aplicando la ecuación lineal ($Y=16,1x - 32336$) $R^2= 0,9919$
2010	28	25
2011	38	41,1
2012	57	57,2
2013	75	73,3
2014	90	89,4
2015		105,5
2016		121,6
2017		137,7
2018		153,8
2019		169,9
2020		186
2021		202,1
2022		218,2
2023		234,3
2024		250,4
2025		266,5
2026		282,6
2027		298,7
2028		314,8
2029		330,9
2030		347

Fuente: Elaboración Propia 2016

Gráfico: 2-2
Proyecciones de Producción de orégano en el valle central de Tarija



Fuente: Elaboración propia, 2016

2.4 LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA PILOTO DE ACEITE ESENCIAL

La ubicación de la planta piloto obedece a su tamaño, a los requerimientos de servicios y a la necesidad de trabajo analítico y de consultoría. La Planta Piloto propuesta para obtener aceite esencial de orégano se instala en el lugar de destino al análisis dentro de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

2.5 MACRO-LOCALIZACIÓN

Se sabe que la localización de la planta piloto está en la Provincia Cercado del departamento de Tarija, debido a que el proyecto tiene como objetivo principal estar ubicado en la zona de mayor producción de materia prima.

2.5.1 Provincia Cercado

Para una mejor selección de la ubicación geográfica de la Planta Piloto se detallan los datos referenciales y el mapa político de la provincia Cercado del departamento de Tarija en la siguiente tabla II-3 y figura 2-2

Tabla II-3
Departamento de Tarija

<i>País</i>	<i>Bolivia</i>	
• <i>Provincia</i>	<i>Cercado</i>	
• <i>Departamento</i>	<i>Tarija</i>	
<i>Ubicación</i>		
• <i>Latitud</i>	<i>21° 31' 54" S</i>	
• <i>Longitud</i>	<i>64° 43' 52" O</i>	
• <i>Altitud</i>	<i>1.854 msnm</i>	
<i>Fundación</i>	<i>4 de julio de 1574</i>	
<i>Población</i>	<i>170.900 hab 2006 hab.</i>	
<i>Gentilicio</i>	<i>Tarijeño (a)</i>	

Fuente: Honorable Alcaldía del Municipio de Cercado

<i>Superficie de la provincia</i>	2.074 km ²
<i>Población</i>	153.457 habitantes
<i>Densidad</i>	74,00 hab/km ² INE 2001

Figura: 2-2
Mapa Político de la Provincia Cercado del departamento de Tarija



Fuente: <http://www.cercado.tarija.gob.bo/>

2.5.2 Factores determinantes

La provincia Cercado del departamento de Tarija cuenta con factores predominantes y muy importantes que se describen en la siguiente tabla: II-4

Tabla: II-4
Factores predominantes de relevante importancia en la macro localización de la planta piloto de aceite esencial

FACTORES PREDOMINANTES	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
Disponibilidad de Energía	Energía eléctrica	76%
	Kerosene	15%
	Solar	2%
	Otros (velas)	7%
Disponibilidad de Agua Potable	Cañería de Red	72%
	Pileta Pública	11%
	Pozo sin bomba	3%
	Rio, vertiente sin bomba	9%
	Otros	5%
Servicio de Transporte	Diésel	60%
	Animal	18%
	Gasolina	15%
	Gas	7%

Fuente: Martha León – TEAPRO 2010

2.5.3 Disponibilidad de Mano de Obra

Para el caso de esta Planta Piloto de aceite esencial, se requiere mano de obra calificada por lo menos en el área de recepción y tratamiento del óregano; también es requerida la formación profesional de un ingeniero encargado del área de producción, así como en el respectivo manejo de todos los equipos.

En el Municipio de Cercado, básicamente existe una gran variedad de personal técnico calificado, debido a que en la ciudad de Tarija se centran diferentes centros de formación académica, y albergan a técnicos e incluso ingenieros que son pieza fundamental para el funcionamiento de la Planta Piloto de aceite esencial.

2.5.4 Clima

La temperatura media anual es de 17,8 C°, con una variación de 13,5 C° a 19 C°, en la época seca y 20,2 C° a 21,0 C° en época lluviosa, siendo los meses más fríos de marzo a agosto. La humedad relativa media oscila de 50% en el mes de agosto a 69% en el mes de mayo. La precipitación media anual es de 657 mm, con una estación seca de abril a octubre y una época lluviosa de noviembre a marzo, con una distribución moderadamente regular.

2.6 MICROLOCALIZACIÓN

Para la microlocalización de la Planta Piloto de aceite esencial se evaluarán dos alternativas:

1. Primera alternativa en el complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC de la Asociación de Productores de Orégano de Tarija (APOT) en la zona de Santa Ana la Vieja a solo 15 a 20 minutos del centro de la ciudad de Tarija.
2. Segunda alternativa en la "**Universidad Autónoma Juan Misael Saracho**" porque uno de los parámetros más importantes es el laboratorio y tecnología, como análisis y consultoría, se encuentra en la zona el Tejar en la ciudad de Tarija.

A continuación se detallan en la tabla: II-5 los aspectos de la micrilocalización:

Tabla II-5

Evaluación de la microlocalización para el “Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la UAJMS para la obtención de aceite esencial de orégano”

Factor Evaluado	Comentarios del Evaluador	
	Zona Santa Ana la Veja dentro del “Complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC”	Zona El Tejar en el centro de la ciudad Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho”
Disponibilidad del terreno	 <p>Como se puede ver en la vista satelital, el “Complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC” ocupa aproximadamente la mitad de su terreno y existe disponibilidad del mismo.</p>	 <p>Existe terreno disponible en la Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho” y la cercanía de la comercialización y distribución es optima.</p>
Proximidad de la materia prima	Esta localización es ideal ya que se evita el traslado de materia prima por más mínima que sea y se ahorran los costos.	Esta localización está a solo 15 a 20 minutos del lugar de la materia prima por lo que minimiza los costos de traslado de materia prima pero no los elimina.

Disponibilidad de todos los servicios básicos	De ubicarse la Planta Piloto en la “ Complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC ” se tuviese que instalar todos los servicios para uso, lo que elevaría los costos y se sumarían a los gastos de instalación de la Planta Piloto.	Esta zona cuenta con todos los servicios básicos, aunque ubicar la Planta Piloto dentro de la Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho” sería ventajoso por contar con las instalaciones adecuadas para la ubicación, y no se tendría costos elevados al adecuar los servicios a la Planta Piloto.
Requerimiento de infraestructura	Si bien el “ Complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC ” es el adecuado, no cuenta con la suficiente infraestructura lo que sumarían más los costos de construcción.	Las condiciones son las óptimas aquí ya que la Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho” cuenta con toda la infraestructura necesaria lo que minimiza los costos de construcción.
Requerimiento científico-tecnológico	EL “ Complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC ” no tiene laboratorio para el análisis de aceites esenciales lo que le elevaría un costo más para determinar la calidad.	La Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho” cuenta con todo el requerimiento científico-tecnológico ya que cuenta con un laboratorio para su respectivo análisis de aceites esenciales.
Mano de obra calificada	El personal no cuenta con el conocimiento requerido solo con una potencialidad de mano de obra por lo cual se tendría que capacitar e instruir al personal para su respectivo trabajo.	El personal cuenta con el conocimiento y aplicaciones necesarias para el trabajo de obtención del aceite esencial de orégano por lo que hace más atractivo su mano de obra.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

2.6.1 Evaluación de los factores de localización

Para evaluar las alternativas propuestas, se comenzará con la ponderación de los distintos factores de localización. El peso que tendrán determinará el grado de importancia de dicho factor dentro de la elección de la localización.

Tabla II-6
Escala de Calificación por Puntuación del 1 al 10

ESCALA DE PUNTUACION	PUNTUACIÓN
Excelente	10
Muy Buena	7
Buena	5
Regular	3
Mala	1

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Tabla III-7

Matriz de decisión para la microlocalización para el “Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la UAJMS para la obtención de aceite esencial de orégano”

Parámetros	Selección de la localización de la Planta Piloto de aceite esencial de orégano				
	peso %	Dentro “Complejo agroindustrial de procesamiento de especies y condimentos CAPEC”		Dentro de la Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho”	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
Disponibilidad del terreno	0.20	10	2	7	1.4
Proximidad de la materia prima	0.25	10	2.5	5	1.25
Disponibilidad de todos los servicios básicos	0.20	5	1	10	2
Requerimiento de infraestructura	0.10	3	0.3	7	0.7
Requerimiento científico-tecnológico	0.15	3	0.45	10	1.5
Mano de obra calificada	0.10	3	0.3	7	0.7
TOTAL	1	31	6.5	46	7.5

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Después de aplicar la matriz anterior se elige que la localización del “Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la UAJMS para la obtención de aceite esencial de orégano” será dentro de la universidad Autónoma Juan Misael Saracho que se encuentra en la zona el Tejar en la provincia Cercado del departamento de Tarija.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EXISTENTES PARA LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO

Desde hace muchos años, la extracción de aceites esenciales ha sido una industria vital. Durante todo este tiempo, el equipo y los métodos utilizados han evolucionado constantemente desde los más primitivos hasta las más modernas prácticas y maquinaria. Históricamente se han usado muchos procesos para extraer el aceite esencial, pero los procedimientos más comunes son prensado, extracción con solvente, extracción supercrítica y últimamente por arrastre de vapor (Jirovetz, 2005)

3.1.1 Análisis de los diferentes métodos de extracción de aceite esencial

Todos estos procedimientos tienden a:

- Obtener el aceite sin alteraciones y desprovisto de impurezas.
- Máximo rendimiento de acuerdo con la economía del proceso.
- Conseguir un residuo orgánico.

3.1.1.1 Enfleurage

Para esto se utilizan grasas naturales con puntos de ablandamiento alrededor de 40°C, normalmente manteca de cerdo RBD (Refinada, Blanqueada, Desodorizada). Se extiende en bandejas o “chasis” en profundidad no mayor a 5 mm y sobre ella se colocan los pétalos de flores o el material vegetal, desde donde se van a extraer los principios odoríficos; el contacto puede durar de 3 a 5 días. Luego el material vegetal es removido y reemplazado por material fresco; esta operación se repite buscando la saturación de la grasa. Posteriormente, la grasa impregnada del principio activo, se lava con alcohol libre de congéneres (alcohol de perfumería), relación 1/1 dos veces consecutivas. El alcohol se filtra y se destila a (0,71 atm, T 30 °C) hasta recuperar un 80 % del volumen de alcohol, como mínimo, en el fondo queda un residuo llamado absoluto (Jirovetz, 2005)

Figura: 3-1
Extracción por Enfleurage



Fuente: <http://www.fragancia.com>, 2006

3.1.1.2 Extracción con solventes

El material previamente debe de ser molido, macerado o picado, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. El proceso ha de buscar que el sólido o el líquido, o ambos, estén en movimiento continuo (agitación), para lograr mejor eficiencia en la operación. Se realiza preferiblemente a temperatura y presión ambientes. El proceso puede ejecutarse por batch (por lotes o cochadas) o en forma continua (percolación, lixiviación, extracción tipo soxhlet). Los solventes más empleados son: Etanol, metanol, isopropano, hexano, ciclohexano, tolueno, xileno, ligroína, éter etílico, éter isopropílico, acetato de etilo, acetona, cloroformo; no se usan clorados ni benceno por su peligrosidad a la salud. Los solventes se recuperan por destilación y pueden ser reutilizados (Jirovetz, 2005)

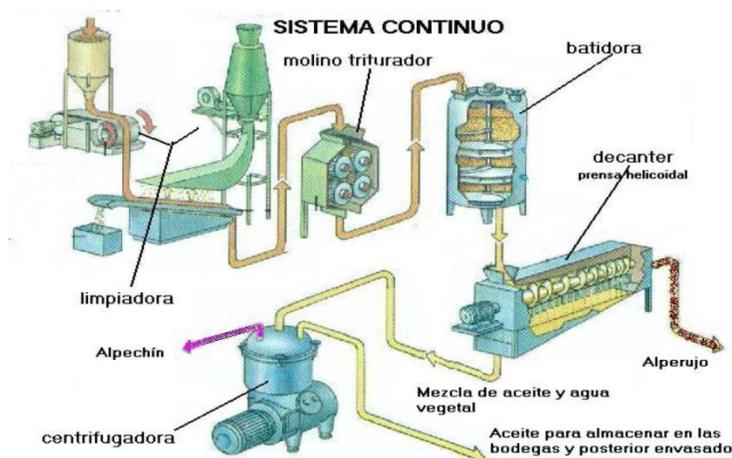
El solvente adicionalmente extrae otros componentes como colorantes, gomas, mucílagos, ceras, grasas, proteínas, carbohidratos. En la etapa de recuperación de los solventes (atmosférica o al vacío), después de los condensadores ha de disponerse de una unidad de enfriamiento, para la menor pérdida del solvente. El material residual en la marmita de destilación, contiene concentrada las materias odoríficas y se le conoce como concreto (Jirovetz, 2005)

3.1.1.3 Extracción por prensado

El material vegetal es sometido a presión, bien sea en prensas tipo batch o en forma continua; dentro de éstos se tienen los equipos: Tornillo sin fin de alta o de baja presión, extractor expeller, extractor centrífugo, extractor decanter y rodillos de prensa. Para los cítricos antiguamente se empleó el método manual de la esponja, especialmente en Italia, que consiste en exprimir manualmente las cáscaras con una esponja hasta que se empapa de aceite, se exprime entonces la esponja y se libera el aceite esencial (Jirovetz, 2005)

Otro proceso emplea una máquina de abrasión similar a una peladora de papas y también hace uso del rocío de agua. En estos procesos la mezcla detritos-agua-aceite se centrifuga a 5000 rpm durante 40 minutos y el aceite esencial recuperado se coloca en una nevera a 3°C durante 4 horas, para solidificar gomas y ceras que se localizan en la superficie. El aceite esencial se guarda en recipientes oscuros a 12 °C. Los aceites obtenidos por prensado y/o raspado, se lo comercializa como “expresión en frío” y cumplen la funciones de odorizantes (smell oils) y saborizantes (taste oils) (Jirovetz, 2005)

Figura: 3-2
Esquema de extracción del aceite por prensado continuo



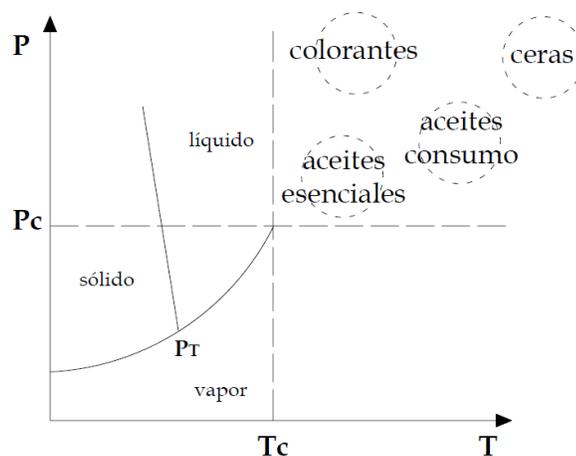
Fuente: <http://thales.cica.es>, 2006

3.1.1.4 Extracción con fluidos supercríticos

Punto crítico corresponde a las condiciones de temperatura y presión, para un gas o un vapor, por encima de las cuales la sustancia ya no puede ser “licuada” por incremento de presión. Adicionalmente, las propiedades de la fase líquida y/o vapor son las mismas, es decir, no hay diferenciación visible ni medible entre gas y líquido, se habla así de P_c , T_c , V_c , D_c . La sustancia más empleada es el CO_2 , que en estas condiciones presenta baja viscosidad, baja tensión superficial, alto coeficiente de difusión (10 veces más que un líquido normal), que conlleva a un alto contacto con la superficie del material y puede penetrar a pequeños poros y rendijas del mismo lo que asegura una buena eficiencia en la extracción en un corto tiempo (Jirovetz, 2005)

En la parte final del proceso hay una remoción total del solvente y se realiza a una temperatura baja, se disminuye la pérdida de sustancias volátiles y se evita la formación de sabores y olores extraños; presenta un C_p bajo, lo que disminuye notoriamente el consumo de energía del proceso, en intensidad y tiempo. El CO_2 no es tóxico, ni explosivo, ni incendiario, es bacteriostático y es clasificado como GRAS (Generally Recognized As Safe). La temperatura y presión críticas para el CO_2 son P_c 72,0454 atm y T_c 31°C. Los equipos se construyen en acero inoxidable tipo 316, deben soportar altas presiones en su operación y deben de ofrecer un manejo seguro. Por efecto mismo de la escala, para equipos más grandes, mayor debe ser la capacidad de la bomba industrial de compresión; mayor el espesor de las paredes, de las bridas en los mismos, de los cierres y sellamientos muy herméticos (Jirovetz, 2005)

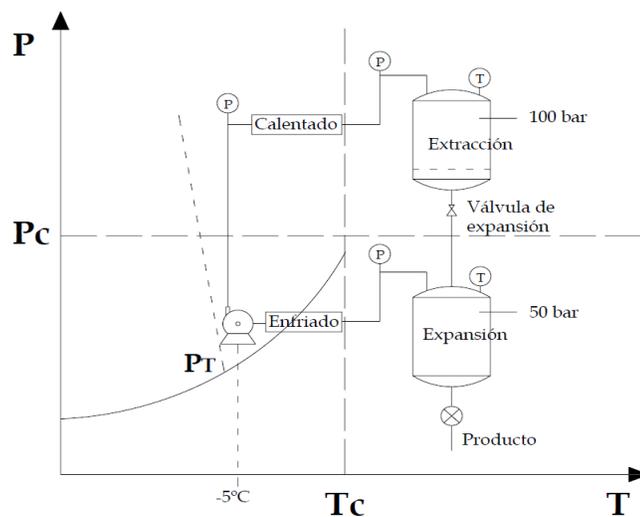
Figura: 3-3
Diagrama P-T



Fuente: II segundo Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas;
Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Octubre 18-21 de 2006

Después de la extracción el CO_2 debe ser enfriado por debajo de 5°C , para que la bomba pueda tomarlo líquido y bombearlo.

Figura: 3-4
Diagrama equipo de extracción supercrítica

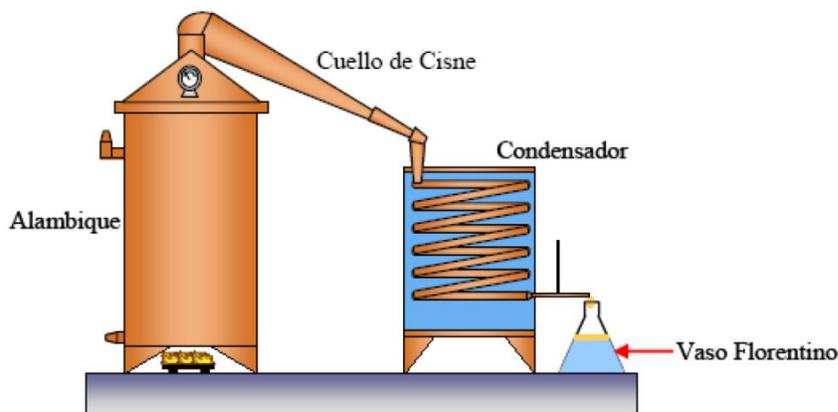


Fuente: II segundo Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas;
Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Octubre 18-21 de 2006.

3.1.1.5 Destilación

La destilación es uno de los procedimientos más empleados para la obtención de aceites esenciales industrialmente; la destilación se realiza en tres modos:

Figura: 3-5
Partes principales de un equipo de destilación de aceites esenciales



Fuente: Víctor Hugo Contreras Calderas Flores, 2006

Alambique: Es el componente principal del equipo de destilación, puesto que el material vegetal se coloca en este sitio y se lleva a cabo el proceso de destilación. Las condiciones de operación, tales como presión, temperatura, flujo de vapor y altura del lecho de material vegetal son las variables del proceso más importantes a controlar (Danny, 1989)

Cuello de Cisne: Es la parte más importante del equipo de destilación, porque comunica el alambique con el condensador. Algunos de los factores importantes a considerar durante su construcción son la forma y las dimensiones; ya que deben reducirse al mínimo las posibilidades de re-condensación de vapores dentro del alambique y permitir su rápida transferencia al condensador del sistema (Badoni, 2000)

Condensador: Es la parte del sistema, donde ocurre el cambio de estado de agregación, de gaseoso a líquido, de la mezcla vapor agua y aceite esencial. Entre los diferentes tipos de condensadores, el condensador de espiras es el más utilizado. (Badoni, 2000)

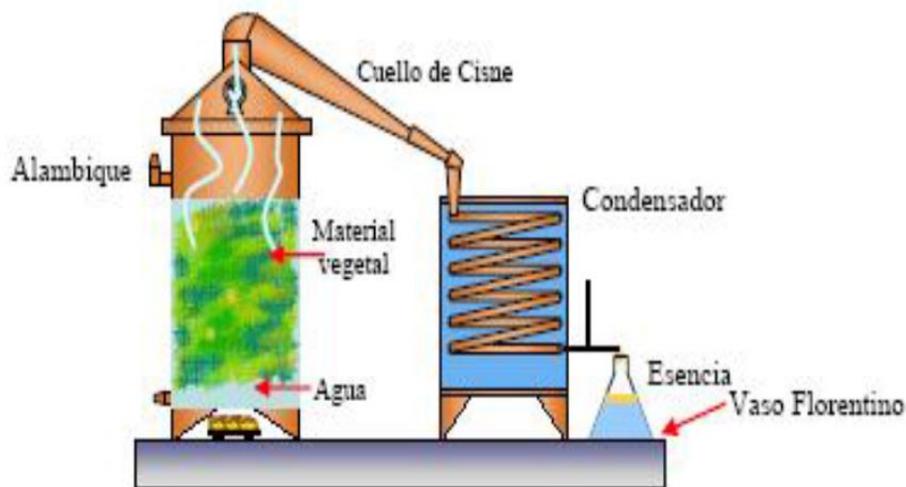
Recipiente recolector o Florentino: La mezcla líquida, agua y aceite esencial, que

eluyen del condensador, se colectan en un recipiente conocido como vaso Florentino donde el aceite esencial se separa por decantación. El diseño del vaso Florentino depende de si el aceite esencial es más o menos denso que el agua (Jirovetz, 2005)

3.1.1.6 Hidrodestilación

En la hidrodestilación, el material vegetal se sumerge en el agua. La hidrodestilación consiste en llevar a estado de ebullición el agua, que penetra los tejidos de la planta y disuelve una parte del aceite esencial presente en las estructuras contenedoras; esta disolución acuosa, se difunde a través de las membranas de las células y el aceite se vaporiza inmediatamente desde la superficie. Este proceso continua hasta que se remueve todo el aceite contenido en las glándulas de la planta, de tal manera, que los vapores generados puedan ser condensados y colectados (Jirovetz, 2005)

Figura: 3-6
Hidrodestilación



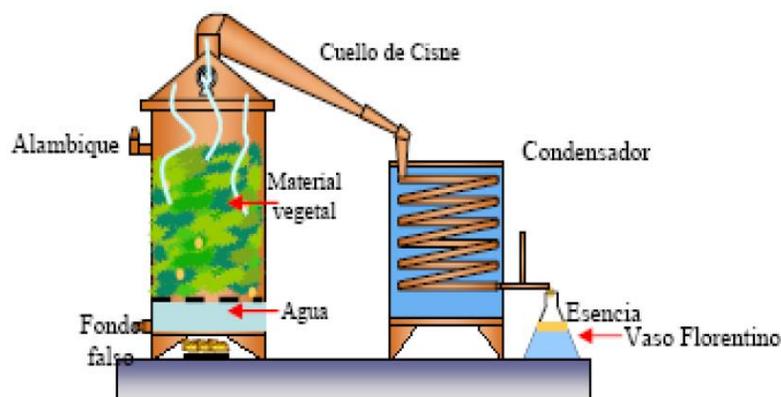
Fuente: Víctor Hugo Contreras Calderas Flores, 2006

3.1.1.7 Destilación con agua-vapor

Es un método mejorado, donde la carga, el material vegetal, se coloca sobre una malla que sirve como un fondo falso y no permite el contacto directo con el agua. Una vez iniciando el proceso, el agua dentro del alambique se lleva hasta ebullición y el vapor generado in situ pasa a través del material vegetal. Consecuentemente, se evita que el material vegetal se queme ya que la cámara de agua lo protege del

calentamiento directo. Es importante que el vapor de agua generado pase a través de la carga uniformemente para garantizar la extracción completa de la esencia (figura) (Jirovetz, 2005)

Figura: 3-7
Destilación agua-vapor

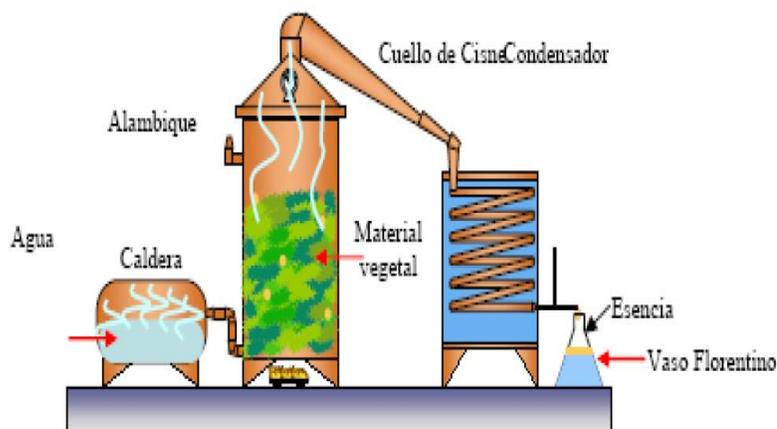


Fuente: Víctor Hugo Contreras Calderas Flores, 2006

3.1.1.8 Destilación por arrastre con vapor

Las características, son similares a las anteriores; aquí se emplea un equipo auxiliar llamado caldero, vapor que se utiliza directamente en contacto con el material vegetal. Se inyecta el vapor por la parte de abajo controlando las variables temperatura, caudal de vapor, presión del sistema.

Figura: 3-8
Destilación con vapor seco



Fuente: Víctor Hugo Contreras Calderas Flores, 2006

3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO A DISEÑAR

Para la selección del método de extracción de aceites esenciales, se detallan en las siguientes tablas III-1 y III-2 se muestran las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de extracción.

Tabla: III-1
Ventajas de los métodos de extracción

ENFLEURAGE	Gran calidad del aceite esencial obtenido.
EXTRACCIÓN CON SOLVENTES	Uso de temperaturas bajas. Posibilidad de separación de componentes individuales.
EXTRACCIÓN POR PRENSADO	Es una tecnología bien conocida hace años pero todavía tiene sus detalles y secretos.
EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS	Alto rendimiento. Ecológicamente limpio Fácil retiro y reciclaje del solvente. Bajas temperaturas de extracción. No hay alteración química del aceite. Cambio de parámetros operacionales, se puede cambiar la composición del aceite extraído.
HIDRODESTILACIÓN	No se requiere de un calderín generador de vapor. Son muy utilizados en el campo. Son fáciles de instalar, se puede llevar de un sitio a otro. Son baratos. Seguros fáciles de operar y presentan un consumo energético bajo.
EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR	La extracción por arrastre de vapor es un proceso de extracción muy limpio que asegura un producto de buena calidad. Se requiere de instalaciones básicas de herrería para la construcción y mantenimiento del equipo. Método industrial y de laboratorio. Buenos rendimientos en aceite extraído. Obtención del aceite puro, libre de solvente. Bajo costo. Tecnología no sofisticada. Aplicación de principios de ingeniería Mecánica y Química.

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Tabla: III-2
Desventajas de los métodos de extracción

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	DESVENTAJAS
ENFLEURAGE	<p>Es un método antiguo que ya no se emplea. Es un método muy laborioso. Requiere mucha mano de obra. Esta ampliamente superado técnicamente por otros métodos alternativos.</p>
EXTRACCIÓN CON SOLVENTES	<p>Costoso. Contaminante del ambiente. Riesgo de incendio y explosión. Difícil de separar completamente el solvente sin alterar la composición del aceite. Con extracción de ácidos grasos, ceras y pigmentos.</p>
EXTRACCIÓN POR PENSADO	<p>Cuando el aceite sale de la prensada todavía tiene muchas impurezas que deben ser eliminadas. La mezcla de restos-agua-aceite se centrifuga a 5000 rpm durante 40 minutos y el aceite esencial recuperado se coloca en una nevera a 3 °C durante 4 horas, para solidificar gomas y ceras que se localizan en la superficie. El aceite esencial se debe guardar en recipientes oscuros a 12 °C</p>
EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRTICOS	<p>Ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial. Alta inversión inicial.</p>
HIDRODESTILACIÓN	<p>Los aceites producidos son más coloreados. Tienden a presentar un cierto olor a quemado. Siempre van a requerir una etapa posterior de refinación.</p>
EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON CAPOR	<p>Su principal inconveniente es la alta temperatura de operación, que lo hace inapropiado para aquellos aceites esenciales con componentes sensibles al calor. Una operación incorrecta de este método puede producir un aceite esencial de baja calidad y con evidente aroma a tostado.</p>

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Se asigna una calificación a cada Factor en la selección del tipo de proceso de acuerdo a una escala predeterminada de cero a diez.

En la tabla III-3 y la tabla III-4 se observa las calificaciones ponderadas y permitirá seleccionar el proceso, el que acumule el mayor puntaje.

Tabla: III-3
Escala de Calificación por Puntuación del 1 al 10

ESCALA DE PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN
Excelente	10
Muy Buena	7
Buena	5
Regular	3
Mala	1

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla: III-4
De matriz de decisión para el tipo de proceso

Parámetros	Selección del tipo de proceso para la extracción de aceite esencial y pectina						
	peso %	Extracción por arrastre de vapor (A)		Extracción por solventes		Extracción por prensado	
		calif.	pond.	calif.	pond.	calif.	pond.
Disponibilidad del equipo en el mercado	0,15	10	1,5	7	1,05	5	0,75
Costos económicos	0,35	7	2,45	7	2,45	3	1,05
Costos de instalación	0,15	5	0,75	7	1,05	3	0,45
Consumo de energía	0,1	7	0,7	10	1	5	0,5
Automatización	0,1	5	0,5	5	0,5	7	0,7
Rendimiento	0,15	10	1,5	5	0,75	7	1,05
Totales	1	44	7,4	41	6,8	30	4,5

Fuente: Elaboración propia, 2016

El método seleccionado para la extracción de aceites esenciales basados en los criterios descritos anteriormente es “**EXTRACCIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR**”, el mismo que consta de elementos y equipos tales como: generador de vapor, extractor, condensador y separador, los cuales se diseñan y seleccionan con criterios y fundamentos de Ingeniería.

3.3 DESCRIPCION DEL PROCESO A DISEÑAR

A continuación se detallan las secciones del proceso a diseñar para un mejor entendimiento.

3.3.1 Sección acondicionamiento y preparación del orégano

Dentro de esta sección se describirán los siguientes procesos:

- ✓ **Secado**
- ✓ **Triturado**
- ✓ **Almacenamiento**

3.3.1.1 Secado

Se puede optar por las dos siguientes formas:

Proceso 1

Esta operación se lleva de la siguiente manera: Una vez recolectado el orégano se coloca en mesas de acero inoxidable largas de 5 m por 2m protegidas por un techo sostenido con 4 columnas y sin paredes. El objeto de este techo es que la planta a secar se encuentre bajo sombra y cuente con bastante ventilación.

El secado del orégano dura una semana aproximadamente, tiempo en el cual la planta contiene una humedad constante de 11.58 % de humedad que no permite la descomposición del material vegetal y que favorece la durabilidad manteniendo íntegros todos sus componentes principales (Natalia Ortega, 2013)

El proceso se inicia con la operación limpieza, para la cual se usan mallas accionadas por dos operarios y cuyo objeto es retirar polvo y materia prima dura extraña, seguida por la operación de selección que se realiza en forma visual y manual por un operario

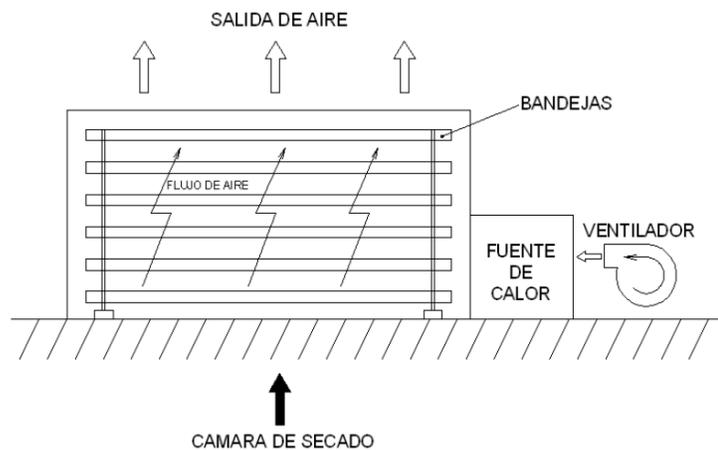
ubicado en un extremo de la mesa de selección, operario que se encarga de separar los objetos extraños a otro lado.

Posteriormente, una vez ya secado, es trasladado al área de almacenamiento (en ambientes frescos y secos).

Proceso 2

El secador a emplear es a escala semindustrial porque es el más eficiente para el secado del orégano, ya que el secado solar requiere un clima apropiado sin alteraciones durante el periodo de secado. El secadero que se emplea es de bandeja de charolas, que es el más empleado para secar. (Perry Tomo V, pág. 20-37)

Figura: 3-9
Secador de bandejas

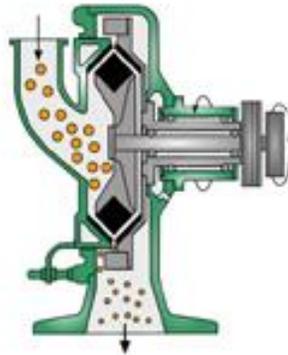


Fuente: Calle Benites Richart, Aparicio BAidal Jaime, 2011

3.3.1.2 Triturado o molienda

La transformación de las hojas, flores y tallos de orégano en partículas pequeñas facilita la extracción del aceite, tanto por el efecto del rompimiento ejercido por la trituration como por la disminución de las distancias que deben recorrer el aceite y el vapor de agua. Además, por el fracturado se aumenta la superficie de contacto en el tratamiento térmico (López Arenales Edison, Carvajal Albarracín José, 2009)

Figura: 3-10
Triturado de cuchillas



Fuente: <http://franciscasusexperienciasensistema.blogspot.com/> 2016

El equipo seleccionado que este proceso requiere es un molino de cuchillas. Las partículas de la alimentación son cortadas entre las cuchillas y se descargan por abajo para su posterior almacenado.

3.3.1.3 Almacenamiento

El almacenamiento del orégano presenta algunas dificultades debido a varias causas:

- ✓ Humedad.
- ✓ Posibilidad de fermentaciones.

La humedad de la semilla tiene una gran importancia para una buena conservación de la misma. Normalmente se almacenan con una humedad del 5 al 7%. Si la semilla u hojas tienen una humedad superior al 8% debe realizarse un secado previo al almacenamiento (Chumacero R. Pamela, 2013)

Por todo ello un sistema de almacenamiento debe disponer de las siguientes condiciones:

- ✓ Eficiente sistema de trasvase.
- ✓ Disponibilidad de, al menos, una celda vacía para operaciones de trasvase.

Los silos para semillas pueden clasificarse en tres grandes categorías:

- **Silos metálicos** con celdas verticales.

- **Silos de hormigón** con celdas verticales.
- **Silos especiales.**

La elección del tipo de silo depende de distintos factores, especialmente los climáticos. El silo metálico vertical se instala en países donde las temperaturas no son muy altas. Los silos de hormigón se instalan en lugares donde las temperaturas son elevadas (35-45 °C). Silos metálicos son menos costosos pero más caros de mantener. Los de hormigón tienen un costo de instalación más elevado pero no requieren grandes gastos de mantenimiento. Los silos de celdas verticales pueden ser de sección circular, octogonal o cuadrada. La carga de los silos se hace normalmente por arriba y el vaciado se suele hacer con un extractor inclinado, tipo tornillo sin fin; este extractor saca desde el centro de la base del silo (López Arenales Edison, Carvajal Albarracín José, 2009)

3.3.2 Sección de extracción-obtención de aceite esencial

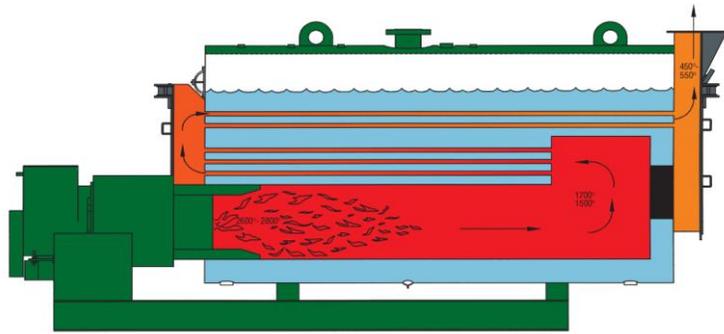
En esta sección de extracción de obtención de aceite esencial con inyección de vapor requiere la utilización de cuatro equipos básicos; dentro de esta sección se encuentra:

- **El hervidor para generación de vapor o caldero**
- **Tanque de extracción**
- **Condensador (tubo y coraza)**
- **El separador o decantador para el condensado (Aceite Esencial-Agua)**

3.3.2.1 Generador de vapor

La destilación por arrastre con vapor utiliza una fuente generadora de vapor llamada caldera la cual se puede definir como un dispositivo a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía la transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. La caldera utiliza como fuente de combustible el gas (López Arenales Edison, Carvajal Albarracín José, 2009)

Figura: 3-11
El generador de vapor



Fuente: Johnston Boiler Company, www.johnstonboiler.com

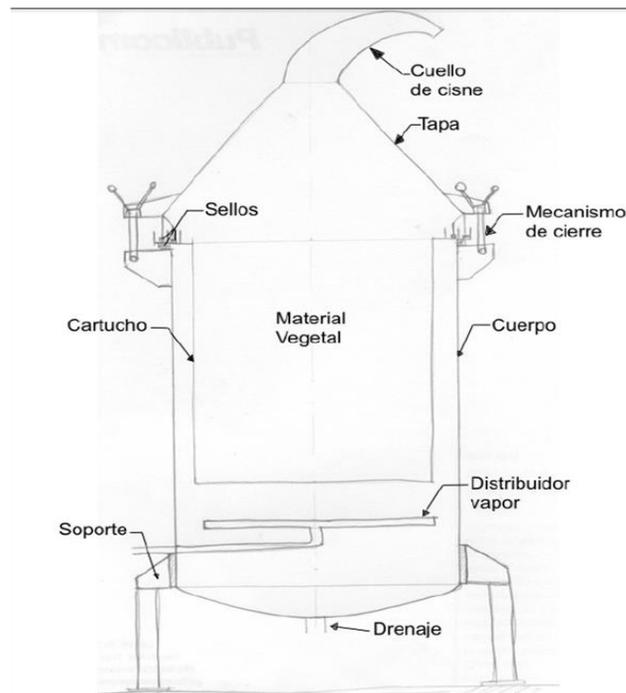
3.3.2.2 Tanque extractor

Es un componente principal del equipo preferentemente construido en acero inoxidable y es entendido como el tanque o recipiente en el que se deposita el material al cual se le realizará la extracción. Generalmente son de forma cilíndrica y dentro de él se disponen unos lechos que pueden ser en forma de cestones o discos perforados, con el fin de distribuir mejor la muestra (Ángela Gonzales, 2004).

El cuello de cisne conecta el centro de la cubierta convexa o esférica al condensador, pero esta no debe ser tan alta que sirva de condensador de reflujo, cualquier sección vertical inevitable del cuello de cisne debe estar bien aislada. El tope de un alambique moderno es simplemente agujerado y una tubería insertada sirve como cuello de cisne. La cabeza de alambique perfecta es corta y bien aislada, si es convexa se curva gradualmente y modificado tal que se ajusta el cuello de garza. Debe evitarse cualquier diseño caprichoso, curvas inesperadas dobladas o tuberías muy angostas, porque esto podría producir un estrangulamiento y una disminución de la presión dentro del tanque extractor (Shimabukuro Yamashiro Diana, Torres López Edelina, 1992)

Figura: 3-12

Tanque extractor

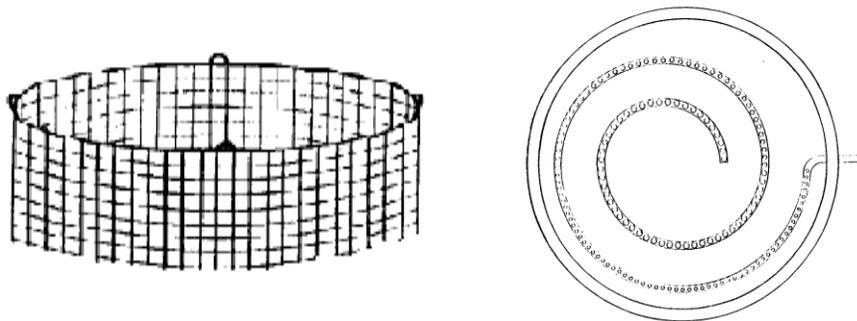


Fuente: López Arenales Edinson, Carbajal AlbarracinJose, 2009

3.3.2.2.1 El cesto

En el caso de las destilaciones con vapor es necesario modificar este arreglo simple insertando una canastilla o cestos dentro del tanque tal que el agua que condensa y el material no entre en contacto. El vapor es introducido a través de una línea de vapor colocado a un costado del extractor justo bajo el cesto por medio de un serpentín perforado de dos vueltas tal como se ve en la figura. Para asegurar la distribución adecuada de vapor, la tubería de vapor dentro del tanque debe ser arreglado en forma de serpentín de dos vueltas, con pequeños agujeros, taladrado en la superficie de cada brazo a través de su longitud (ShimabukuroYamashiro Diana, Torres López Edelina, 1992)

Figura: 3-13
El cesto y serpentín a emplear para el material vegetal en el extractor



Fuente: Elaboración Propia, 2016

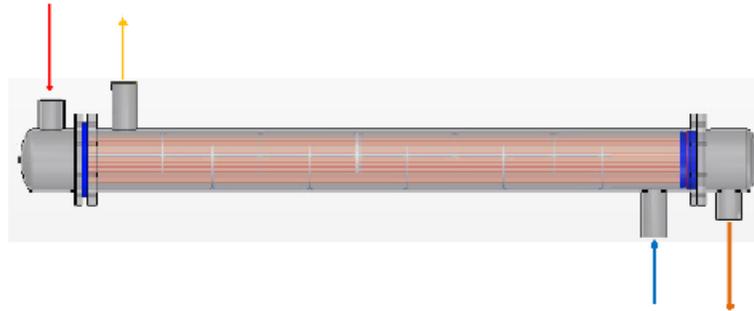
3.3.2.2 Aislante del Extractor

Un buen aislante es el corcho utilizado en forma de aglomerado el cual puede aplicarse directamente al extractor en forma de paneles; estos se fabrican de corchos triturados y hervidos a altas temperaturas. En las instalaciones donde se requiere bastante vapor es muy importante un alto grado de aislamiento, allí todas las secciones calentadas y líneas de vapor requieren estar bien aisladas para prevenir los escapes de calor. En todo caso una capa de aislante debe tener dos pulgadas de ancho (Shimabukuro Yamashiro Diana, Torres López Edalina, 1992)

3.3.2.3 Condensador

El condensador es un intercambiador de calor que no solo condensa el vapor destilado, sino que también garantiza que el condensado salga a una temperatura a la cual el aceite esencial y el agua se separen adecuadamente. Un condensador de coraza y tubos es más eficiente, pero su costo es mucho mayor; en este tipo de condensador la mezcla de vapor y aceite viaja a través del haz de tubos y el agua de enfriamiento fluye en contra corriente por el casco o coraza (López Arenales Edison, Carvajal Albarracín José, 2009)

Figura: 3-14
Intercambiador de calor

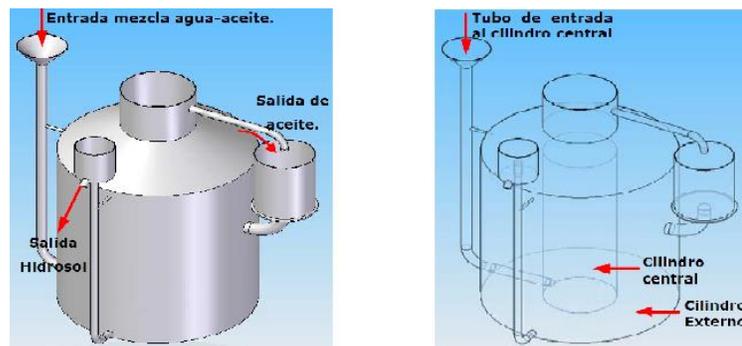


Fuente: López Arenales Edinson, Carbajal Albarracin Jose, 2009

3.3.2.4 Vaso separador de aceites o Vaso Florentino.

Es un recipiente diseñado de tal manera, que se garantiza que el aceite esencial tenga el tiempo suficiente para que se separe eficientemente de la mezcla agua-aceite, que sale del condensador. Cuando la velocidad del condensado es denominada alta, como para dar tiempo a una buena separación de la esencia, o cuando hay demasiada turbulencia en la caída del líquido condensado, se suele emplear más de un separador, que se colocan en serie para lograr una mayor eficiencia (López Arenales Edison, Carvajal Albarracín José, 2009)

Figura: 3-15
Vaso Florentino

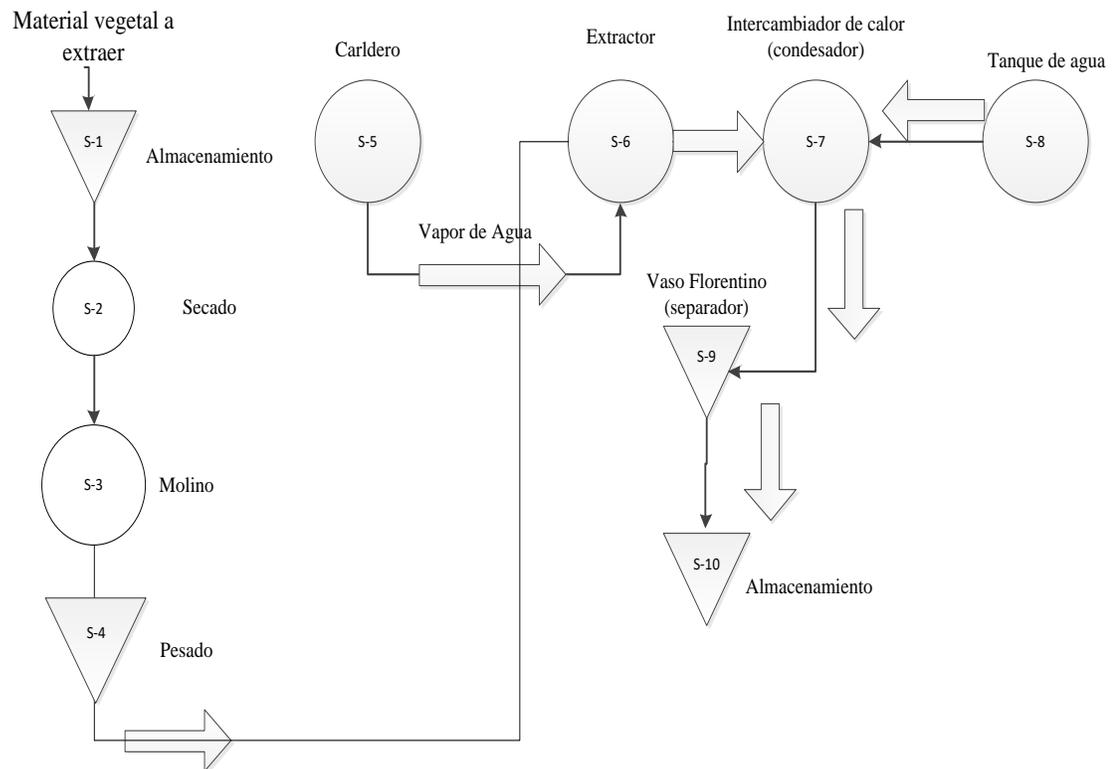


Fuente: López Arenales Edinson, Carbajal AlbarracinJose, 2009

3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO

A continuación se muestra el Diagrama de Proceso para poder identificar las etapas correspondientes para dicho proyecto de estudio, para una Planta Piloto de aceites esenciales orégano en el Valle Central del departamento de Tarija.

Figura: 3-16
Diagrama de flujo de la Planta Piloto de aceites esenciales en la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”



Fuente: Elaboración propia, 2016

3.5 DISEÑO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Las consideraciones para encontrar los cálculos y cantidades a la entrada y salida del sistema para llevar a escala piloto están en el Anexo III (Tabla III-1, Tabla III-2, Tabla III-3)

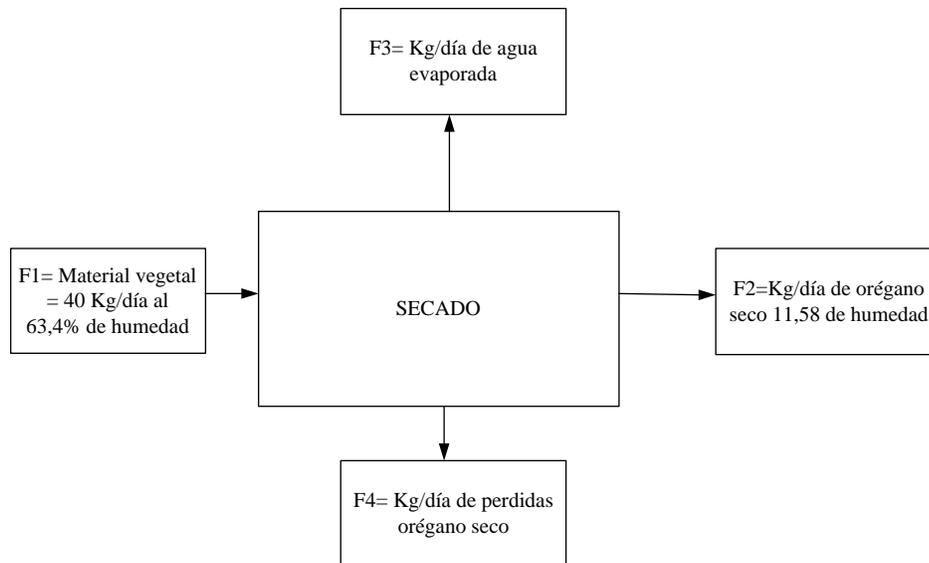
3.5.1 SECADO

Los datos de humedad y tiempo de secado se sacaron de la tesis “Diseño de Secador a Bandejas para el Secado de Orégano” (Amador Cano Paola, 2014)

Tabla: III-5
Datos para el balance de materia

Datos para el Balance de Materia	
Materia prima (Kg)	40
Humedad inicial (%)	63,4
Humedad final (%)	11,58
Tiempo de secado medio (h)	11,3

Fuente: Elaboración propia 2016



BALANCE GENERAL:

$$F_1 = F_2 + F_3 + F_4$$

$$F_4 = F_1 - F_2 - F_3$$

Donde:

Tabla: III-6
Datos de investigación “Diseño de secador a bandejas para el secado de orégano”

Variable	Unidad	Corriente			
		1	2	3	4
Materia prima (F1)	Kg	40			
Orégano seco (F2)	Kg				
Agua evaporada (F3)	Kg				
Perdidas de orégano seco(F4)	Kg				0,05F2
Fracción de agua, (XH ₂ O)		0,634	0,1158	1	0
Fracción de agua, (XSS)		0,366	0,8842	0	0
Temperatura (T)	°C	25	45	50	

Fuente: Amador Cano Paola, 2014

De acuerdo a lo observado durante las pruebas de laboratorio realizadas, se asume un 5% de pérdidas de orégano seco, (F4) (Amador Cano Paola, 2014)

3.5.1.1 Balance para los sólidos

$$F_1 = F_2 - F_4 \quad \text{Sea } F_4 = 0,05F_2$$

$$F_1 = F_2 - 0,05F_2 \quad \rightarrow \quad F_1 = 0,95F_2$$

$$F_1 * X_{ss1} = 0,95F_2 * X_{ss2} \quad \rightarrow \quad F_2 = \frac{F_1 * X_{ss1}}{0,95 * X_{ss2}}$$

Remplazando datos tenemos

$$F_2 = \frac{40 * 0,366}{0,95 * 0,8842} = 17,429 \text{ Kg de orégano seco}$$

3.5.1.2 Balance para el agua

$$F_1 * X_{1H_2O} = F_2 * X_{2H_2O} + F_3 * X_{3H_2O}$$

$$F_3 = (40Kg * 0,634) - (17,429 * 0,1158)$$

$$F_3 = 23,342 \text{ Kg de agua evaporada}$$

Finalmente tendremos:

$$F_4 = 40\text{Kg} - 17,429\text{Kg} - 23,342 = 0,771 \text{ Kg pérdida de orégano seco}$$

3.5.1.3 Balance de energía

La cantidad de calor que se requiere para el secado de 40 Kg de orégano fresco, se calcula mediante la fórmula de calor sensible (q_s):

$$q_s = m * C_p * (T_{op} - T_{amb})$$

Según Reinoso B., Edgar S (2006, Junio), el calor específico de un material higroscópico puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$C_p = 1,675 + 0,025\omega$$

Donde:

m = masa de producto a secar (40Kg)

C_p = calor específico del producto higroscópico $\left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right)$

ω = contenido de humedad en % (63,4%)

T_{op} = Temperatura de secado (45 °C)

T_{amb} = Temperatura ambiente (25 °C)

Remplazando datos en la ecuación calculamos el C_p de orégano:

$$C_p = 1,675 + 0,025\omega$$

$$C_p = 3,26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$q_s = 40\text{Kg} * 3,26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (45 - 25)^\circ\text{C} = 2608 \text{ Kcal}$$

Como en el proceso de secado existe una transferencia de masa de agua que se evapora del sólido, es necesario considerar también el calor latente de vaporización, el cual se determina con la siguiente expresión:

$$q_L = m_v * h_{fg}$$

Donde:

q_L = cantidad de calor que se almacena en el vapor

h_{fg} = calor latente de vaporización del agua, cuyo valor es $540 \frac{Kcal}{Kg}$

m_v = masa de agua que se evapora desde el producto (Kg)

$$m_v = \frac{m(X_i - X_f)}{100 - X_f}$$

Donde:

m = masa inicial de producto a ser secado (40Kg)

X_i = contenido inicial de humedad, base húmeda (63,4%)

X_f = contenido final de humedad, base húmeda (11,58%)

La masa de agua evaporada es:

$$m_v = \frac{40 \text{ Kg}(63,4 - 11,58)}{100 - 11,58} = 23,443 \text{ Kg}$$

El calor latente requerido es de:

$$q_L = 23,443 \text{ Kg} * 540 \frac{Kcal}{Kg} = 12659,22 \text{ Kcal}$$

El calor total necesario para calentar el aire y evaporar la humedad del orégano es:

$$q = q_s + q_L$$

$$q = 2608 \text{ Kcal} + 12659,22 \text{ Kcal} = 1526.22 \text{ Kcal}$$

Se divide entre las horas de proceso de secado que son 11,3 horas

$$q = 1526.22 \frac{Kcal}{11,3} = 135,064 \frac{Kcal}{h}$$

3.5.1.4 Combustible requerido

La cantidad de combustible requerido viene dada por:

$$m_{GNP} = \frac{Q}{P_q}$$

Donde:

M_{GNP} = Cantidad de combustible

Q = Calor total requerido = **135,064 Kcal/h**

P_q = Poder Calórico = 13184,13 Kcal/Kg

$$m_{GNP} = \frac{Q}{P_q} = \frac{135,064 \frac{Kcal}{h}}{13184,13 \frac{Kcal}{Kg}} = 0,0102 \frac{Kg}{h}$$

3.5.1.5 Dimensionamiento:

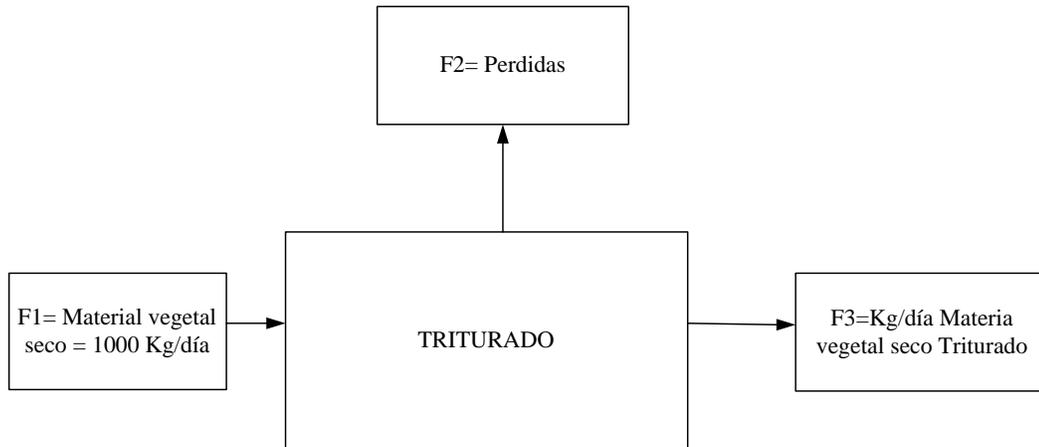
Para cálculos ver Anexo III

Tabla: III-7
Dimensiones de secador de charolas

Descripción	Unidad	Interna	Externa
Alto	m	2	2,1
Ancho	m	1,5	1,6
Área secador	m ²	2,25	2,27
Volumen secador	m ³	4	4,2
Espesor aíslate	cm	5	12

Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.5.2 TRITURADO



BALANCE GENERAL:

$$F_1 = F_2 + F_3$$

El rendimiento del equipo alcanza un 80 %

Donde:

$$0,80 * F_1 = F_2 + F_3$$

$$F_3 = F_1 * 0,80$$

$$F_2 = F_1 - F_3$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$F_3 = F_1 * 0,80$$

$$F_3 = 1000 \frac{Kg}{día} * 0,80 = 800 \frac{Kg}{día}$$

$$F_2 = F_1 - F_3$$

$$F_2 = 1000 \frac{Kg}{día} - 800 \frac{Kg}{día} = 200 \frac{Kg}{día}$$

Tabla: III-8
Resultados del balance del Triturador

BALANCE DE MATERIA DEL TRITURADOR AL 80%	
F1	Material vegetal seco = 1000 Kg/día
F2	Pérdidas = 200 Kg/día
F3	Material vegetal triturado = 800 Kg/día

Fuente: Elaboración propia, 2016

3.5.2.1 Dimensionamiento del molino de cuchillas

Ver Anexo III para los cálculos.

Radio de los rodillos = 7,15 cm

Ángulo de prensado = 25 °

Longitud del rodillo = 60,96 cm

Distancia entre rodillos = 3,8 cm

Capacidad = 16735,15 cm³/min

Cámara molienda = 30X20 cm

Largo de cuchillas "D" = 3 cm

Tolva de alimentación "B" X "A" = 30X20 cm

Número de cuchillas Rotativas 6 y fijas 4

Producción = 50/100 (LG/hr)

Peso aproximado = 300 Kg

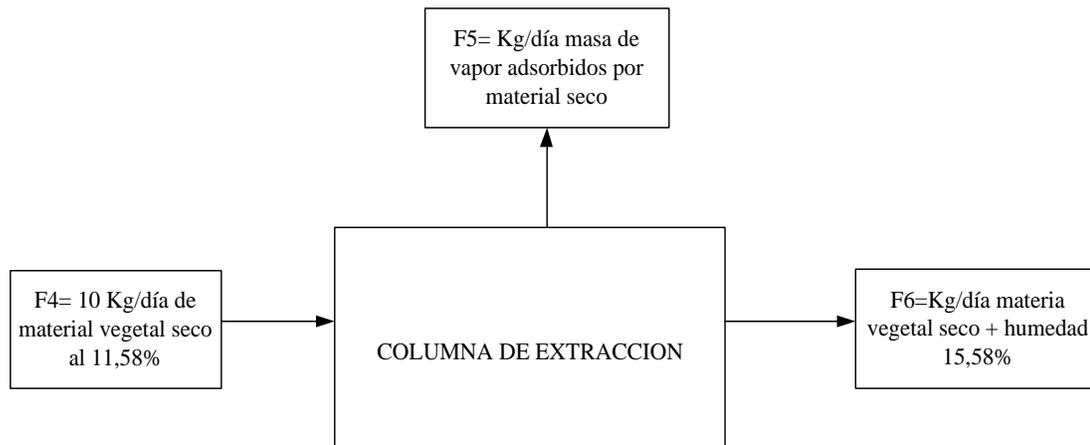
3.5.3 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN EL EXTRACTOR

Las consideraciones para encontrar los cálculos y cantidades a la entrada y salida del sistema para llevar a escala piloto, ver en el Anexo III (Tabla III-1, Tabla III-2, Tabla III-3)

3.5.3.1 Balance de materia en base seca para el precalentamiento:

La cantidad de materia prima seca a la entrada está determinada por la capacidad de carga en la columna (empaquete) de extracción. Considerando el 4% de humedad absorbido por el material vegetal seco en la columna de extracción (Chumacero Rodríguez Pamela, 2013)

Considerando el 4% de humedad absorbido por el material vegetal seco en la columna de extracción para el precalentamiento se designa 7 Kg de vapor de agua.



Donde:

$$F_4 + F_5 = F_6$$

$$F_5 = F_6 - F_4$$

$$F_4 * 0.116 = F_6 * 0,156 - F_5$$

Remplazando valores se obtiene:

$$F_4 * 0,116 = F_6 * 0,156 - (F_6 - F_4)$$

$$F_4 * 0,116 - F_4 = F_6 * 0,156 - F_6$$

$$F_4 * (0,116 - 1) = F_6 * (0,156 - 1)$$

$$F_6 = F_4 * \frac{(0,116 - 1)}{(0,156 - 1)}$$

$$F_6 = 10\text{Kg/día} * \frac{(0,116 - 1)}{(0,156 - 1)}$$

$$F_6 = 10,474\text{Kg/día}$$

$$F_5 = F_6 - F_4$$

$$F_5 = 10,474 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} - 10 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} = 0,474 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \text{ vapor adsorbido por el vegetal seco}$$

Tabla: III-9
Resultados del Balance de materia en base seca para un Extractor

COLUMNA DE EXTRACCIÓN	
F4	10 Kg/día de material vegetal seco al 11,58%
F5	0,474 Kg/día de vapor adsorbido por el material vegetal seco
F6	10,474 Kg/día material vegetal seco + humedad al 15,58 %

Fuente: Elaboración propia, 2016

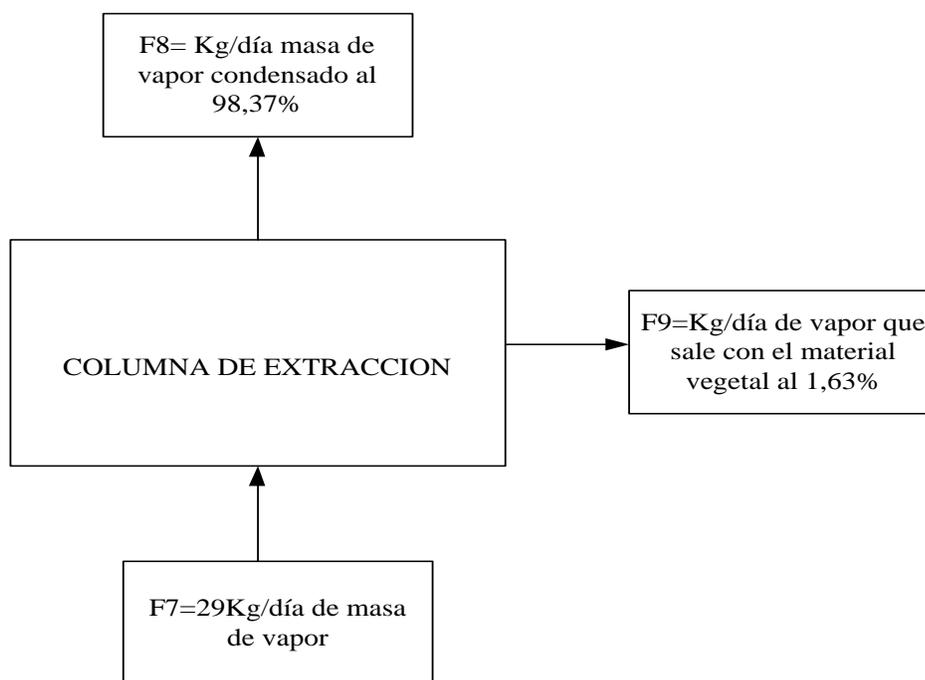
3.5.3.2 Balance de materia para el vapor de agua

De las Tablas 2 y 3 del anexo III tenemos 1324gr de vapor de agua para 600gr de material vegetal para la extracción de aceite esencial a escala laboratorio; entonces tendremos 22066 gr o 22Kg de vapor de agua para extraer aceite esencial más 7 Kg de vapor de agua para el precalentamiento 29 Kg de vapor de agua para 10000gr o 10 Kg de material vegetal seco.

Tabla: III-10
Datos para hacer el balance de materia

Símbolo	Descripción del proceso	Vapor en Kg	Porcentaje%
F7	Masa de vapor que entra	29	100
F8	Masa de vapor condensado	28,53	98,37
F9	Masa de vapor que es absorbido por el material vegetal del anterior balance	0,474	1,63

Fuente: Elaboración Propia, 2016



Donde:

Considerando según los datos experimentales del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho los datos de investigación indican un porcentaje mínimo de extracción de aceite esencial de 3 gramos por cada 100 gr de material vegetal, es decir al 3%. Tendremos para 10 Kg de material vegetal seco, 0.324 lt de aceite esencial. Ver anexo III (Tabla-)

Lo cual nos da el flujo másico de vapor de agua que entra al sistema y es igual al flujo

másico de vapor de agua que sale más el flujo másico de aceite.

$$m_{vapor}^{Entrada} = m_{vapor}^{Sale} + m_{aceite}^{Sale} \rightarrow 29 \frac{Kg}{dia} = 28,53 \frac{Kg}{dia} + 0,3 \frac{Kg}{dia} \dots$$

$$m_{vapor+aceite}^{Sale} = 28,53 \frac{Kg}{dia} + 0,3 \frac{Kg}{dia}$$

$$m_{vapor+aceite}^{Sale} = 28,83 \frac{Kg}{dia}$$

$$m_{vapor}^{Entra} = 29 \frac{Kg}{dia}$$

$$m_{vapor+aceite}^{Entra} = 28,83 \frac{Kg}{dia}$$

Tabla III-11
Resultados del Balance de materia para el vapor de agua

COLUMNA DE EXTRACCIÓN	
F7	29 Kg/día de masa de vapor
F8	28,511Kg/día de masa de vapor condensado al 98,37%
F9	0,4886Kg/día de vapor que sale con el material vegetal al 1,63%

Fuente: Elaboración propia, 2016

3.5.3.3 Balance de energía en el calentado

Para fines de cálculo se empleó el C_p del orégano de la tesis “Diseño de secador a bandejas para el secado de orégano”, (Paola Leticia Amador Cano, 2014 Tarija-Bolivia) ya que las características son las apropiadas.

El material vegetal seco se le acondiciona a una temperatura de 20 °C y se las calienta hasta 70°C.

a) **Cálculo de la cantidad de calor involucrada en el proceso:**

$$Q = m_v * \Delta H_v = Q_1 + Q_2$$

Donde:

$\Delta H_v =$ Entalpia de vaporización del agua

$m_v =$ Vapor enriquecido para el acondicionado

$Q_1 =$ Calor necesario para calentar el material vegetal seco de 20 a 70°C

$Q_2 =$ Calor necesario para evaporar el agua a 70°C

Para calcular el valor de Q_1 se tiene:

$$Q_1 = m_{\text{material vegetal}} * \int_{T_1}^{T_2} C_{p_{\text{material vegetal}}} * dT$$

Para el material vegetal seco, el Cp en función de la temperatura es:¹

Entonces para el material vegetal seco es:

$$C_{p_{\text{material orégano}}} = 3,26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

Remplazando e integrando se obtiene:

$$Q_1 = m_{\text{material vegetal}} * C_{p_{\text{material vegetal}}} * \Delta T$$

Donde:

$m_{\text{material vegetal}} =$ Material vegetal trituradas y calentadas = 10Kg/día

$T_2 =$ Temperatura del calentado = 70°C

$T_1 =$ Temperatura inicial del material vegetal = 20°C

Entonces el calor necesario para calentar el material vegetal es:

¹Cruz Madueño Eduardo, "El Aceite de Pepita de Uva" Rev. Alimentación, Equipos y Tecnología, Mayo-Junio 1985. Pag 110.

$$Q_1 = 10 \text{ Kg} * 3,26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} * (70 - 20)^\circ\text{C} = 1630 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$$

Evaluando a Q_2 :

$$Q_2 = m_w * \Delta H_w$$

Donde:

$\Delta H_w =$ Calor de vaporización del agua = 70°C

$m_w =$ Cantidad de vapor de agua que ingresa = 7Kg/día

De tablas de vapor saturado se obtiene:²

$$H_L = 69,98 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \qquad H_V = 626,88 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Entonces:

$$\Delta H_w = H_V - H_L$$

$$\Delta H_w = 626,88 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} - 69,98 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 556,9 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

El valor de Q_2 es:

$$Q_2 = m_w * \Delta H_w$$

$$Q_2 = 7 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} * 556,9 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 3898,3 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{T_1} = 1630 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} + 3898,3 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} = 5528,3 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$$

²Mc.Cabe- Smith, "Operaciones Básicas de Ingeniería Química". Apéndice 6 Pag. 1014

3.5.3.4 Balance de energía en la destilación

Para fines de cálculo se empleó el C_p = del orégano de la tesis “Diseño de secador a bandejas para el secado de orégano”, (Paola Leticia Amador Cano, 2014 Tarija-Bolivia) ya que las características son las apropiadas para el Diseño de una planta piloto de aceites esenciales en la universidad autónoma “J.M.S.” para la obtención de aceite esencial de oregano. El material vegetal seco una vez precalentado la temperatura de extracción sube 70 °C y se las calienta hasta 94°C.

a) Cálculo de la cantidad de calor involucrada en el proceso:

$$Q = m_v * \Delta H_v = Q_1 + Q_2$$

Donde:

ΔH_v = Entalpia de vaporización del agua

m_v = Vapor enriquecido para la extracción de aceite esencial

Q_1 = Calor necesario para calentar el material vegetal seco de 70 a 94°C

Q_2 = Calor necesario para evaporar el agua a 94°C

Para calcular el valor de Q_1 se tiene:

$$Q_1 = m_{\text{material vegetal}} * \int_{T_1}^{T_2} C_{p_{\text{material orégano}}} * dT$$

Para el material vegetal seco, el C_p en función de la temperatura es:³

Entonces para el material vegetal seco es:

$$C_{p_{\text{material vegetal}}} = 3,26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

³Cruz Madueño Eduardo, “El Aceite de Pepita de Uva” Rev. Alimentación, Equipos y Tecnología, Mayo-Junio 1985. Pag 110.

Reemplazando e integrando se obtiene:

$$Q_1 = m_{\text{material vegetal}} * Cp_{\text{material vegetal}} * \Delta T$$

Donde:

$$m_{\text{material vegetal}} = \text{Material vegetal trituradas y calentadas} = 10\text{Kg/día}$$

$$T_2 = \text{Temperatura de extracción a } 94^\circ\text{C}$$

$$T_1 = \text{Temperatura inicial del material vegetal} = 70^\circ\text{C}$$

Entonces el calor necesario para calentar el material vegetal es:

$$Q_1 = 10 \text{ Kg} * 3,26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} * (94 - 70)^\circ\text{C} = 782,4 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}}$$

Evaluando a Q_2 :

$$Q_2 = m_w * \Delta H_w$$

Donde:

$$\Delta H_w = \text{Calor de vaporización del agua} = 94^\circ\text{C}$$

$$m_w = \text{Cantidad de vapor de agua que ingresa} = 22\text{Kg/día}$$

De tablas de vapor saturado se obtiene: ⁴

$$H_L = 93,05 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \qquad H_V = 636,4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Entonces:

$$\Delta H_w = H_V - H_L$$

$$\Delta H_w = 636,4 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} - 93,05 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 543,35 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

El valor de Q_2 es:

⁴Mc.Cabe- Smith, "Operaciones Básicas de Ingeniería Química". Apéndice 6 Pag. 1014

$$Q_2 = m_w * \Delta H_w$$

$$Q_2 = 22 \frac{Kg}{día} * 543,35 \frac{Kcal}{Kg} = 11953,7 \frac{Kcal}{día}$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{T_2} = 782,4 \frac{Kcal}{día} + 11953,7 \frac{Kcal}{día} = 12736 \frac{Kcal}{día}$$

El calor total de todo el sistema es la suma del calor del calentado más el calor del destilado.

$$Q_{Total\ del\ sistema} = Q_{T_1} + Q_{T_2}$$

$$Q_{Total\ del\ sistema} = 5528,3 \frac{Kcal}{día} + 12736 \frac{Kcal}{día} = 18264,3 \frac{Kcal}{día}$$

3.5.3.5 Dimensionamiento del extractor:

Ver Anexo III para los cálculos

Diámetro de cada cesto = 1,08m

Altura de cada cesto = 0,15m

Altura total de cada cestos = 1,05m

Volumen total de los cestos o (extractor) = 0,962 m³

3.5.3.6 Cálculo de las dimensiones del extractor

Se detallan a continuación:

Altura en el Tope = 0,24 m

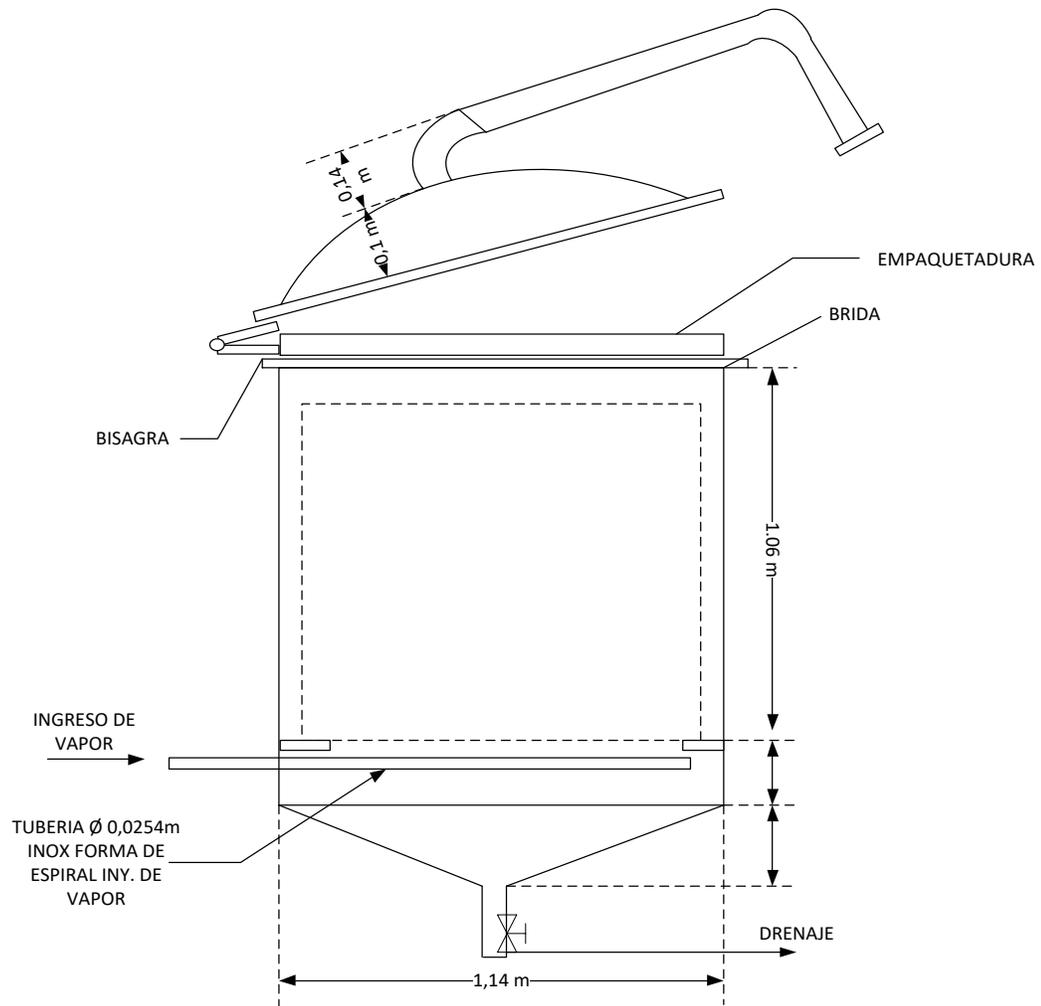
Altura en el fondo = 0,20 m

Altura total del extractor = 1,49 = 1,50 m

Separación entre extractor y cesto = 0,03 m

Diámetro = 1,14 m

Figura 3-17
Extractor a Diseñar



Fuente: Elaboración Propia, 2016

Tabla: III-12
Extractor a Diseñar

TANQUE EXTRACTOR	
Material	Plancha de Acero Inox. 0304
Volumen	1,53 m ³

Diámetro	1,14 m
Altura del Extractor	1,50 m

Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.5.4 CONDENSADOR

Para el condensado se diseñará un intercambiador de calor de tubo y coraza ya que es el más indicado para este tipo de proceso.

3.5.4.1 Datos para el cálculo de condensador tubo-coraza

Fluido de proceso: vapor – aceite

Fluido de servicio: agua por tubos

$$m_{\text{masa de vapor condensado}} = 29 \text{ Kg/día} = 12.79 \text{ lb/h}$$

$$T_{\text{emp.entrada}} (T_1) = 94^\circ\text{C} = 201.2^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{emp.entrada}} (T_1) = 22^\circ\text{C} = 71.6^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{emp.entrada}} (T_2) = 35^\circ\text{C} = 95^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{emp.entrada}} (T_1) = 27^\circ\text{C} = 80.6^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{emp.Promedio}} = 64.5^\circ\text{C} = 148.1^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{emp.Promedio}} = 24.5^\circ\text{C} = 76.1^\circ\text{F}$$

Generalmente se circula el agua por tubos para disminuir los daños en el condensador causados por la corrosión e incrustaciones.

Especificaciones:

Puesto que es un diseño, requiere que se fijen otra serie de variables relacionadas al equipo como tal.

Tubos

Coraza

$$\text{Tamaño nominal} = \frac{3}{8} \text{ pulg}$$

$$DI = 3.94 \text{ pulg}$$

$$\text{arreglo triangular} = 20\text{mm}$$

$$\text{Número de pasos del fluido por tubos} = 1$$

Con ayuda de diseños ya existentes se eligieron las especificaciones anteriores

3.5.4.2 Balance de Energía

Suponiendo que los vapores una vez llegan al condensador, primero condensan y luego subenfrian, se tiene:

Condensación:

$$\lambda = 970 \frac{BTU}{lb}$$

$$Q_c = m * \lambda$$

$$Q_c = 12.79 \frac{lb}{h} * 970 \frac{BTU}{lb} = 12406.3 \frac{BTU}{h}$$

Subenfriamiento:

$$Q_s = m * C_p * (T_1 - T_2)$$

$$Q_s = 12.79 \frac{lb}{h} * 1 \frac{BTU}{lb * ^\circ F} * (201.2 - 95)^\circ F = 1345.235 \frac{BTU}{h}$$

Total:

$$Q_T = Q_c + Q_s$$

$$Q_T = 12406.3 \frac{BTU}{h} + 1345.235 \frac{BTU}{h} = 13751.535 \frac{BTU}{h}$$

3.5.4.3 Masa de agua necesaria:

Es la cantidad de agua requerida para retirar el calor total de la corriente de vapor – aceite y se cumplan las condiciones de la operación.

$$m = \frac{Q_t}{C_p * (t_2 - T_1)}$$

$$m = \frac{13751.535 \frac{BTU}{h}}{1 \frac{BTU}{lb * ^\circ F} * (80.6 - 71.6)^\circ F} = 1527.95 \text{ lb/h}$$

3.5.4.4 Temperatura media logarítmica:

Cálculo de la T'

$$Q_s = m * C_p * (T' - T_1)$$

$$1345.235 \frac{BTU}{h} = 1527.95 \frac{lb}{h} * 1 \frac{BTU}{lb * ^\circ F} * (T' - 71.6)^\circ F = 72.48^\circ F$$

Condensación:

Subenfriamiento:

Fluido caliente	Fluido frío	Fluido caliente	Fluido frío
201.2 °F	72.48 °F	201,2 °F	80.6 °F
201.2 °F	71,6 °F	95 °F	72.48 °F

Entonces:

$$MLDT_c = 129^\circ F$$

$$MLDT_s = 58.53^\circ F$$

$$\Delta T \text{ balanceada} = \frac{Q_T}{\sum \frac{q}{MLDT}}$$

$$\Delta T \text{ balanceada} = \frac{13751.535 \frac{BTU}{h}}{\sum \frac{12406.3}{129} + \frac{1345.235}{58.53} \frac{BTU}{h^\circ F}} = 115.407^\circ F$$

3.5.4.5 Dimensionamiento del intercambiador de calor

Para ver los cálculos de dimensionamiento ver (Anexo IV-11)

Las características finales del condensador son:

Material de construcción: acero inoxidable

Disposición: vertical

Nro. Tubos = 14

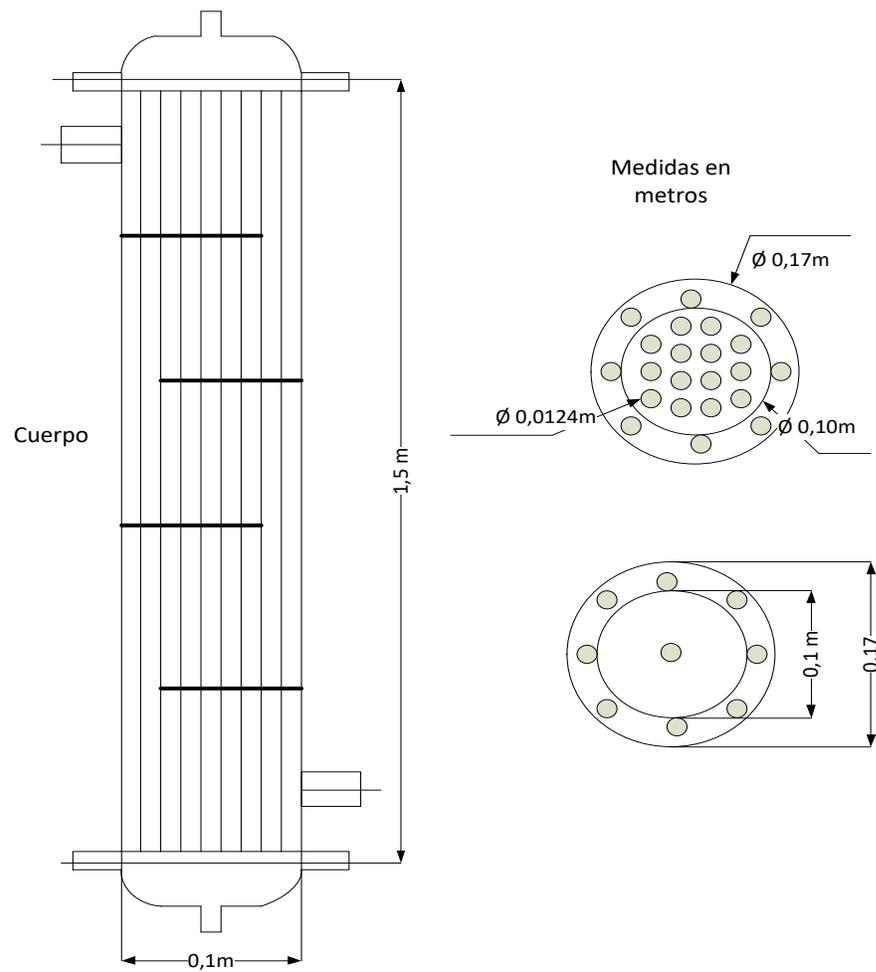
Longitud de tubos = 4,92 ft = 1,5 m

D.I. coraza = 3,94 in = 10 cm

Pasos por tubo = 1

Pasos por coraza = 1

Figura 3-18
Diseño y dimensiones del intercambiador de calor



Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.6 EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO EN LA PLANTA PILOTO

Para conocer la producción por día, de aceite esencial, basta con saber el porcentaje de extracción del aceite al 3% del material vegetal seco; a continuación se muestra en la tabla III-13 la producción de aceite esencial de la planta piloto.

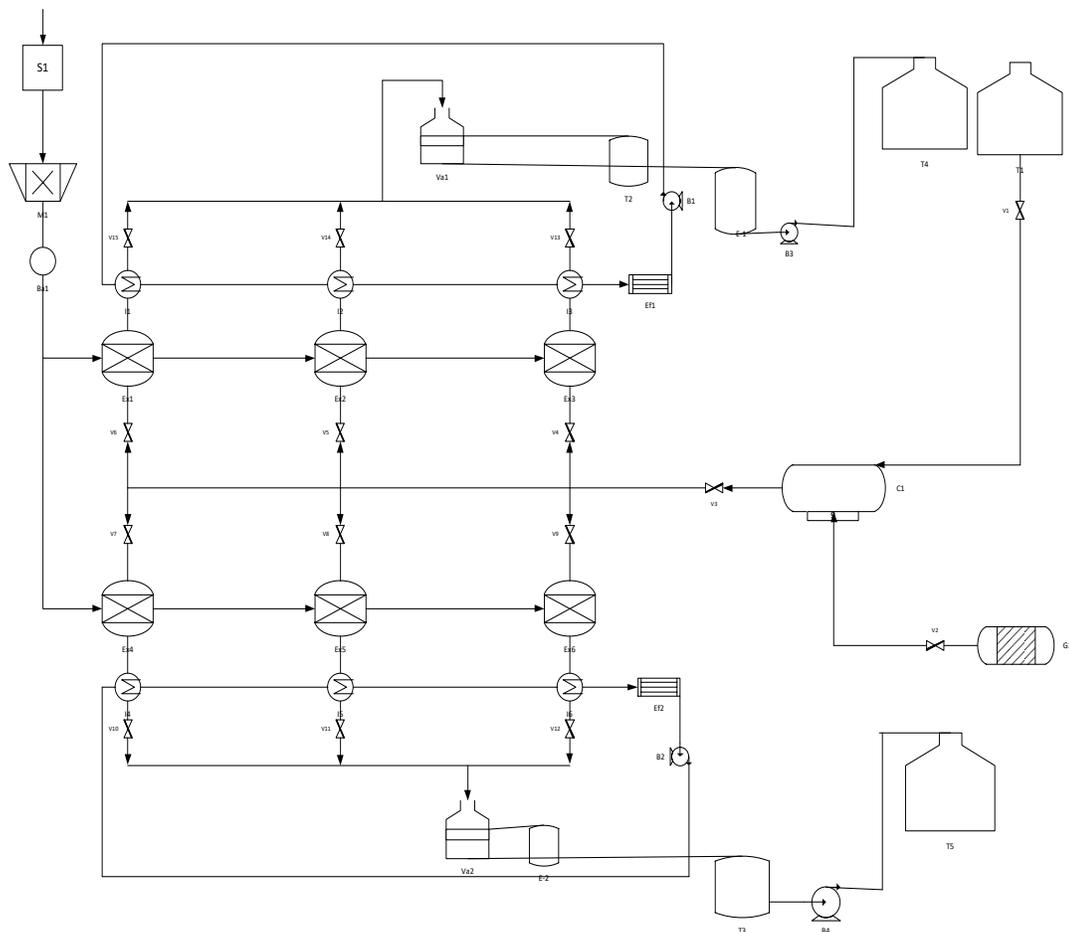
Tabla III-13
Producción de aceite esencial del material vegetal seco en cada columna de extracción con 34 Kg/h de vapor de agua

EXTRACTOR		CAPACIDAD DE CARGA (Kg)	VOLUMEN DE ACEITE ESENCIAL EXTRAÍDO (Lt)
Laboratorio	Material Vegetal Seco	0,5	0,0162
Piloto	Material Vegetal Seco	Extractor 1	0,324
		Extractor 2	0,324
		Extractor 3	0,324
		Extractor 4	0,324
		Extractor 5	0,324
		Extractor 6	0,324
		Total	1,944

Fuente: Elaboración Propia, 2016

A continuación se muestra en el Diagrama: 3-1 el flujo del proceso de Extracción de aceite esencial de orégano:

Diagrama 3-1
Flujo del proceso de Extracción de aceite esencial de orégano



Fuente: Elaboración Propia, 2016

Tabla: III-14
Símbolos del Proceso de Extracción de aceite esencial de orégano

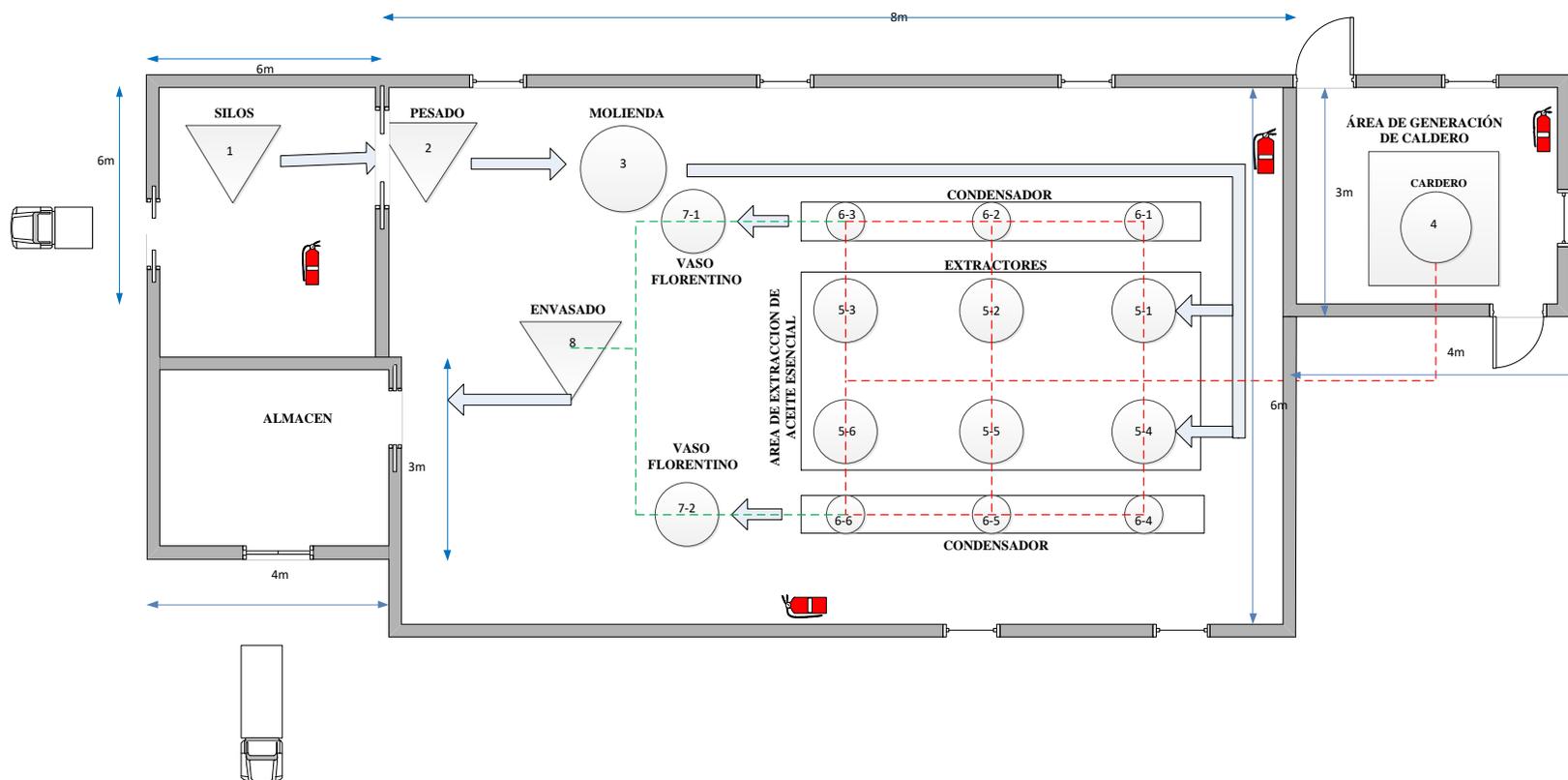
Símbolo	Equipo
Si1	Silo almacenar
S1	Secador
M1	Molino
Ba1	Balanza
Ex1	Extractor 1
Ex2	Extractor 2
Ex3	Extractor 3
Ex4	Extractor 4
Ex5	Extractor 5
Ex6	Extractor 6
I1	Inter cambiador de Calor 1
I2	Inter cambiador de Calor 2
I3	Inter cambiador de Calor 3
I4	Inter cambiador de Calor 4
I5	Inter cambiador de Calor 5
I6	Inter cambiador de Calor 6
Ef1	Enfriador 1
Ef2	Enfriador 2
B1	Bomba 1
B2	Bomba 2
B3	Bomba 3
B4	Bomba 4
Va1	Vaso Florentino 1
Va2	Vaso Florentino 2
C1	Caldero
G1	Tanque de Gas
T1	Tanque de Agua
T2	Tanque de Agua Floral
T3	Tanque de Agua Floral
T4	Tanque de Aceite Esencial
T5	Tanque de Aceite Esencial

Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.7 DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

Figura 3-19

Layout de la planta Piloto del Área de Extacción de Aceites Esenciales en predios de la Campus Universitario “L.O.U.” Carrera de Ingeniería Química



Fuente: Elaboración propia, 2016

3.8 SERVICIOS DE EQUIPOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares son los equipos primordiales que se requiere en la planta piloto de aceite esencial de orégano.

3.8.1 Caldera de vapor

Por lo tanto la cantidad de vapor de agua requerida para fines de cálculo y probar variables en la planta piloto se toma como base referencial de $m_T = 174\text{Kg/hora}$.

La cantidad de agua requerida en el caldero para la producción de vapor debe mantener un nivel. Si el vapor producido representa el 80%, la cantidad de agua alimentada m_w será de:

$$m_w = \frac{m_t * 100}{80} = 217,5 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}}$$

3.8.1.1 Cálculo de la cantidad de calor total requerido

El calor total requerido es:

$$Q = Q_C + Q_V$$

Donde:

$Q = \text{Calor total requerido}$

$Q_C = \text{Calor sensible}$

$Q_V = \text{Calor latente}$

$$Q_C = m_w * \left[C_{PL} * (T_2 - T_1) + \int_{T_b}^{T_2} C_{PG} * dT \right]$$

Donde:

$C_{PL} = \text{Calor específico del agua} = 1 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$

$T_2 = \text{Temperatura de salida del vapor} = 110 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_1 = \text{Temperatura de alimentación al caldero} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_b = \text{Temperatura de ebullición} = 92 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$C_{PG} = \text{Calor específico del vapor} = 8,22 + 1,5 E^{-4} * T + 1,34 E^{-6} * T^2$$

Reemplazando se tiene:

$$\begin{aligned} Q_C &= m_W * \left[C_{PL} * (T_2 - T_1) + \int_{T_b}^{T_2} C_{PG} * dT \right] = 217,5 \frac{Kg}{hora} * 85,026 \frac{Kcal}{Kg} \\ &= 212,526 \frac{Kcal}{hora} \end{aligned}$$

A estas condiciones el calor latente de vaporización es igual a 525,93 Kcal/Kg

$$Q_v = m_W * \Delta H_V = 217,5 \frac{Kg}{hora} * 525,93 \frac{Kcal}{Kg} = 114.389,775 \frac{Kcal}{hora}$$

El calor total es:

$$Q = Q_C + Q_v = 212,526 \frac{Kcal}{hora} + 114.389,775 \frac{Kcal}{hora} = 114.602,301 \frac{Kcal}{hora}$$

3.8.1.2 Combustible requerido

La cantidad de combustible requerido viene dada por:

$$m_{GNP} = \frac{Q}{P_q}$$

Donde:

M_{GNP} = Cantidad de combustible

Q = Calor total requerido = 114602,301 Kcal/hora

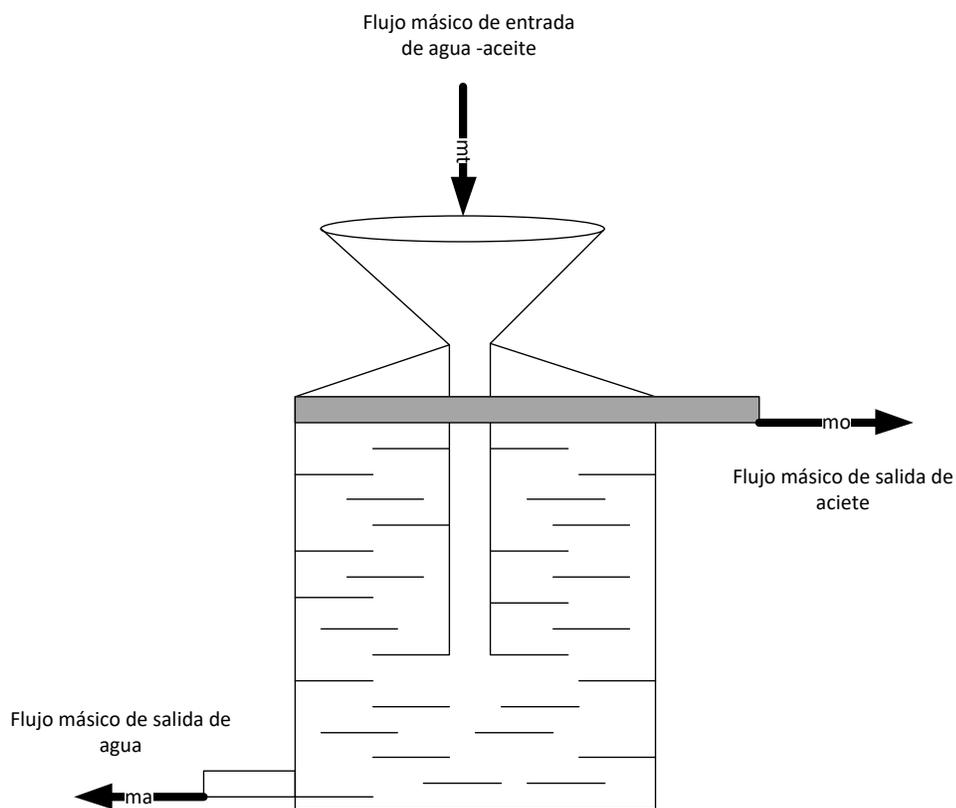
P_q = Poder Calórico = 13184,13 Kcal/Kg

$$m_{GNP} = \frac{Q}{P_q} = \frac{114602,301 \frac{Kcal}{hora}}{13184,13 \frac{Kcal}{Kg}} = 8,6924 \frac{Kg}{hora}$$

3.8.2 Vaso florentino

Es un equipo auxiliar para la destilación, es un recipiente del condensado también llamado separador de aceite. Su función es alcanzar una separación rápida y completa de aceite del agua condensada. A continuación se muestra las dimensiones adecuadas de un vaso florentino para una planta piloto de aceite esencial (Shimabukuro Yamashiro Diana, Torres Lopez Adelina, 1992)

Figura 3-20
Corrientes de entradas y salidas en el separador florentino



Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.8.2.1 Cálculos para determinar los flujos máxicos a la entrada y salida del vaso florentino

Para encontrar los flujos máxicos hay que tomar en cuenta que la densidad de agua a 27 °C y 1 atm es de 996,59 Kg/ m³, entonces conociendo los flujos volumétricos se determinan las cantidades máxicas.

Tenemos la siguiente expresión:

$$Q_a = Q_t - Q_o$$

Donde:

Q_t = es el flujo total volumétrico de la mezcla agua – aceite,

Q_a = es el flujo volumétrico que sale de agua

Q_o = es el flujo volumétrico que sale de aceite

En la planta piloto de aceites esenciales tiene seis extractores. Para cada extractor un flujo por lo cual se opera de la siguiente manera; un vaso florentino para tres extractores y para cada extracción se emplea 5 horas. Ya que se considera en laboratorio los gr a ml entonces tendremos los siguientes datos a nivel planta piloto.

$$Q_t = Q_a + Q_o$$

$$Q_t = 28,82 \frac{Kg}{día} = 5,8 \frac{Kg}{h} * 3 = 17,4 \Rightarrow \text{redondado } 18 \frac{Kg}{h} = 18 \frac{lt}{h} * \frac{1000ml}{lt} * \frac{1h}{3600} = 5 \frac{ml}{s} = 5 \frac{cm^3}{s}$$

$$Q_o = 0,324 \frac{Kg}{día} * 3 = 0,972 \frac{Kg}{día} = 0,194 \frac{Kg}{h} \text{ redondeando } 0,19 \frac{Kg}{h} \\ = 0,19 \frac{lt}{h} * \frac{1000ml}{lt} * \frac{1h}{3600} = 0,053 \frac{ml}{s} = 0,053 \frac{cm^3}{s}$$

$$Q_a = ?$$

$$Q_a = Q_t - Q_o$$

$$Q_a = 5 \frac{cm^3}{s} - 0,053 \frac{cm^3}{s} = 4,947 \frac{cm^3}{s}$$

$$\rho_{agua} = 996,59 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1m^3}{1000000cm^3} = 9,9659 \times 10^{-4} \frac{Kg}{cm^3}$$

$$\rho_{aceite\ de\ oregano} = 0,8912 \frac{gr}{cm^3} * \frac{1\ Kg}{1000\ gr} = 8,912 \times 10^{-4} \frac{Kg}{cm^3}$$

$$m_t = \rho_{agua} * Q_a$$

$$m_a = 9,9659 \times 10^{-4} \frac{Kg}{cm^3} * 4,947 \frac{cm^3}{s} = 4,93 \times 10^{-3} \frac{Kg}{s}$$

$$m_t = 9,9659 \times 10^{-4} \frac{Kg}{cm^3} * 5 \frac{cm^3}{s} = 4,983 \times 10^{-3} \frac{Kg}{s}$$

$$m_o = 8,912 \times 10^{-4} \frac{Kg}{cm^3} * 0,053 \frac{cm^3}{s} = 4,72 \times 10^{-5} \frac{Kg}{s}$$

3.8.2.2 Dimensionamiento del Vaso florentino

Para cálculos ver anexo III

Tabla: III-15
Dimensiones del Vaso Florentino

VASO FLORENTINO	
Radio	0,134 m
Volumen	85,32 lt
Diámetro	0,26m
Altura del Extractor	1,50 m

Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.8.3 Dimensionamiento del tanque florentino

Para calcular el volumen del separador vamos se considera el flujo del condensado (agua floral) y el tiempo en que opera por cada descarga es de 5 horas por cada extractor entonces tendremos $(3 * 85 = 256)$ donde trabajará tres turnos tendremos 768 lt redondeando = 1000lt)

Se calcula el diámetro del tanque suponiendo una altura de 1.5 m con la siguiente fórmula:

$$r = \sqrt{\frac{V}{h\pi}} = \sqrt{\frac{1\text{m}^3}{1.5\pi}} = 0,46$$

$$D = 1\text{m}$$

3.8.4 Diseño de la bomba:

Datos referentes de una tesis para este caso, se pretende diseñar una bomba que trabaje con un caudal de $Q_t = 0,12 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, la densidad del agua es 1000 kg/m^3 y la viscosidad (μ) es de $0,0007 \frac{\text{Kg}}{\text{ms}}$. El diámetro de tubería escogido es de 2 pulgadas, catálogo 40, acero comercial. Se escoge este diámetro para generar un flujo suficientemente turbulento de tal manera que no exista sedimentación en las cañerías (Arroyo Gutiérrez María, Gregorio Martínez Edgar, Márquez Sánchez Felipe, 2014)

$$\text{Din.} = 2,067\text{in} = 0,052\text{m}$$

De la ecuación de Bernoulli calculamos la altura dinámica H_B

$$\Delta P + \frac{1}{2} \rho \Delta V^2 + \rho g \Delta + \rho \hat{E}_v = 0$$

$$P_2 - P_1 + \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho g (h_2 - h_1) + \rho \hat{E}_v = 0$$

Donde:

$$P_1 = \text{Presión en el nivel de toma de agua en el separador florentino} \\ = 80047.8 \text{ Kg/ms}^2$$

$$V_1 = \text{Velocidad de fluido de agua en el separador florentino} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Z_1 = \text{altura de toma de agua en en el separador respecto a la bomba} = 0\text{m}$$

$$P_2 = \text{Presión a la salida de la bomba} = 111,458 \text{ Kg/ms}^2$$

$$V_2 = \text{Velocidad de flujo a la salida de la bomba}$$

$$Z_2 = \text{Altura de salida de la bomba} = 3,5\text{m}$$

$$\mu_{\text{agua}} = 7,18 \times 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{ms}} \text{ a una temperatura de } 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\hat{E}_v = \text{Pérdida de carga}$$

$$g = \text{Coeficiente de gravedad} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Calculamos V_2 con la sección interna de la tubería (área transversal)

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$0,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0,12 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} (0,052 \text{ m})^2}$$

$$V = 56,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Número de Reynolds:

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{(0,052 \text{ m})(56,5 \text{ m/s}) \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{0,0007 \text{ Kg/ms}}$$

$$Re = 4197142,85$$

$$\hat{E}_v = \frac{1}{2} V^2 \frac{L_e}{D} f$$

Como se suministra agua y se emplea tubería de acero comercial tenemos que la rugosidad relativa de la tubería es:

$$\frac{E}{D} = 0,00059$$

$$f = 0,019$$

$$L_e = L_{\text{Cañería}} + L_{\text{Accesorios}}$$

Se consideran 2 válvulas globo, una antes y otra después de la bomba, para mantenimiento de la misma. Dos codos estándar de 90° para cambio de dirección, de esta manera:

Donde:

$L_{cañeria}$ = Longitud lineal de tubería = 10m

$L_{accesorios}$ = equivalente de accesorio

Tabla III-16
Accesorios para el sistema de bombeo

Accesorio	Cantidad	Long. Equivalente por unidad (m)	Long. Equivalente Total (m)
Válvula Globo	2	7,62	15,24
Codos estándar	2	1,22	2,44
Total			17,68

Fuente: Elaboración propia, 2016

$$L_e = 10m + 17,68m$$

$$L_e = 27,68m$$

$$\hat{E}_v = \frac{1}{2} V^2 \frac{L_e}{D} f$$

$$\hat{E}_v = \frac{1}{2} (2,35 \times 10^{-3})^2 \left(\frac{27,68m}{0,052m} \right) (0,376)$$

$$\hat{E}_v = 5,53 \times 10^{-4} m^2 / s^2$$

De la ecuación de Bernoulli calculamos la altura dinámica H_b

$$H_b = \hat{E}_v + \left[\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 \right]$$

Ahora determinamos H_b

$$H_b = 5,53 \times 10^{-4} m^2 / s^2 + \left[\frac{111458 \text{ Kg/ms}^2}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \text{ m/s}^2} + \frac{(0,12 \text{ m}^3 / \text{s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} + 3,5 \right]$$

$$- \left[\frac{80047,8 \text{ Kg/ms}^2}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \text{ m/s}^2} \right]$$

$$H_b = 6,7m$$

$$P_v = H_{dis} \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

$$P_v = (6,7m) \left(0,12 m^3/s \right) \left(1000 kg/h \right) \left(9,81 m/s^2 \right)$$

$$P_v = 7887,24Watts \times \frac{1KW}{1000Watts} \times \frac{1,34hp}{1KW}$$

$$P_v = 10,6 hp$$

Se considera que la bomba tiene una eficiencia del 65%, entonces:

$$P_b = \frac{P_v}{\eta}$$

$$P_b = \frac{10,6hp}{0,95}$$

$$P_b = 10 hp$$

La potencia de la bomba está en función del comercio, por lo que se sugiere comprar una bomba de 10 hp, que cubre todas las necesidades de transporte de fluidos en la Planta Piloto de aceite esencial de orégano.

3.9 CONSUMO DE VAPOR DE LA PLANTA PILOTO

Se requieren aproximadamente 29 Kg de vapor de agua para 1 extractor en la extracción de 0.3 Kg de aceite esencial.

En las pruebas o ensayos de laboratorio, los tiempos arrojaron 5 horas para la obtención de aceite esencial. La Planta Piloto trabaja 8 horas empleando 5 horas de extracción de aceite esencial. Entonces extractor 1 = 29 Kg de vapor de agua ÷ 5 hr = 5,8 $\frac{Kg}{hr}$ en la siguiente tabla III-17 podemos ver el flujo requerido en un tiempo estimado de 5 horas.

Tabla: III-17
Flujo de vapor requerido en un tiempo de 5 horas en Kg/ h

EQUIPO		FLUJO DE VAPOR REQUERIDO (Kg/h)
Extractor 1	Calentado	5,8
	Destilado	
Extractor 2	Calentado	5,8
	Destilado	
Extractor 3	Calentado	5,8
	Destilado	
Extractor 4	Calentado	5,8
	Destilado	
Extractor 5	Calentado	5,8
	Destilado	
Extractor 6	Calentado	5,8
	Destilado	
TOTAL		34,8

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Para el requerimiento del cálculo del caldero están en función del consumo de vapor, como el flujo de vapor en una hora es 34,8 Kg/h, entonces para 5 horas es **174 Kg** de vapor para el requerimiento de la planta piloto.

3.9.1 Consumo de agua y gas de la planta piloto

Según los cálculos ya empleados para para el consumo de gas tenemos:

Para el secado:

$$m_{GNP} = \frac{Q}{P_q} = \frac{135,064 \frac{Kcal}{h}}{13184,13 \frac{Kcal}{Kg}} = 0,0102 \frac{Kg}{h}$$

Para el caldero:

$$m_{GNP} = \frac{Q}{P_q} = \frac{114602,301 \frac{Kcal}{hora}}{13184,13 \frac{Kcal}{Kg}} = 8,6924 \frac{Kg}{h}$$

Según los cálculos ya empleados para para el consumo del agua tenemos:

Tabla: III-18
Consumo de agua y gas para la planta piloto de aceite esencial de orégano

CONSUMO		Kg/h	Kg/día	Kg/mes	Kg/año	Total (Kg/año)
Consumo de Gas	Secado	0,0102	0,245	6,854	82,2543	73000
	Caldero	8,6924	208,618	5841,293	70.095,514	
Consumo de Agua	Caldero	34,8	835,2	23.385,6	280.627,2	912500
	Limpieza	70	1.880	52.656,08	631874	

Fuente: Elaboración Propia, 2016

3.10 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN, CPM Y GANTT.

El programa de actividades en la fase de instalación debe contemplar el estudio Técnico Económico Social, licitación y contratación de servicios de supervisión y obras, construcción de obras civiles, adquisición de equipos, pruebas iniciales de la planta piloto de extracción de aceite esencial. Requiriendo estas actividades un año calendario correspondiendo el año 2017 y se detalla el desarrollo de las actividades de la siguiente forma en la tabla y diagrama.

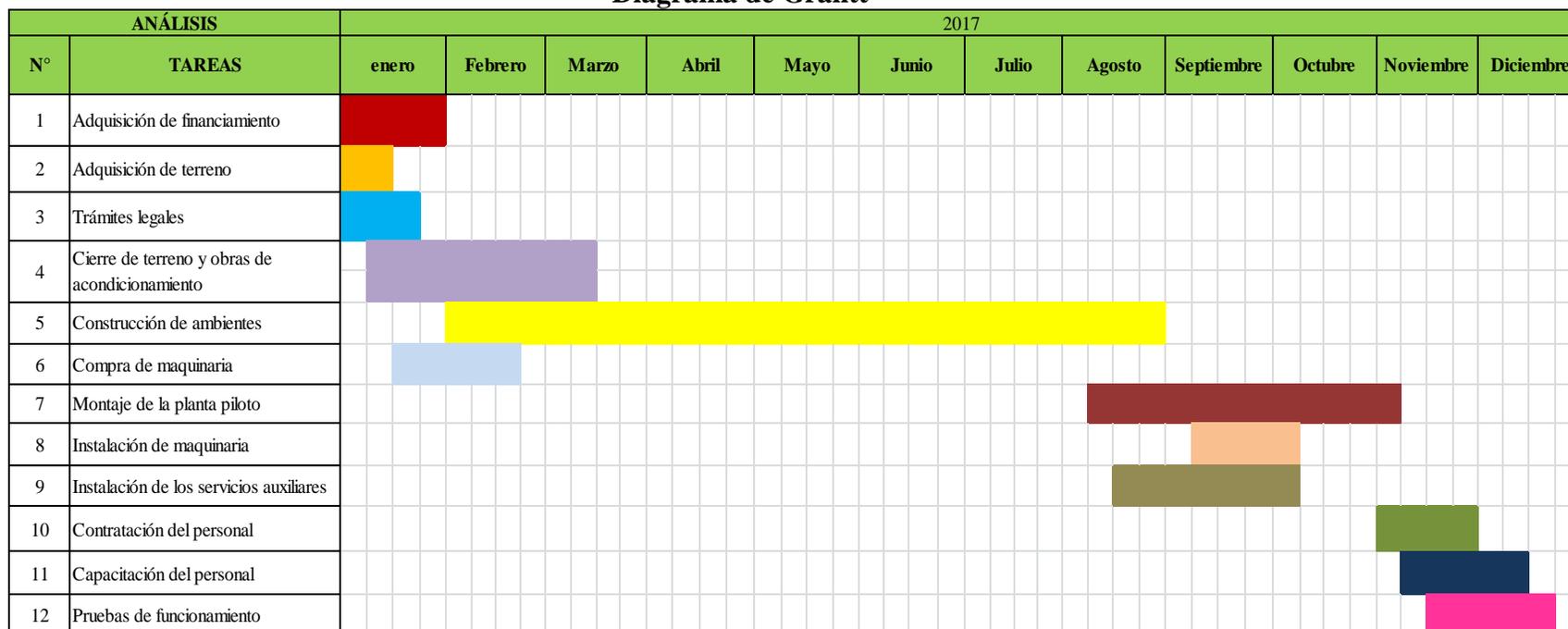
Tabla III-19

Cronograma de Ejecución de la planta piloto de aceite esencial

N°	ACTIVIDAD	DURACIÓN	INICIO	FIN
1	Adquisición de financiamiento	4 semanas	03/01/2017	03/02/2017
2	Adquisición de terreno	2 semanas	03/01/2017	03/02/2017
3	Trámites legales	3 semanas	09/01/2017	03/02/2017
4	Cierre de terreno y obras de acondicionamiento	9 semanas	09/01/2017	16/03/2017
5	Construcción de ambientes	7 meses	01/02/2017	30/08/2017
6	Compra de maquinaria	5 semanas	13/01/2017	20/02/2017
7	Montaje de la planta piloto	3 meses	08/08/2017	08/11/2017
8	Instalación de maquinaria	4 semanas	08/09/2017	09/10/2017
9	Instalación de los servicios auxiliares	8semanas	08/08/2017	08/10/2017
10	Contratación del personal	4 semanas	01/11/2017	01/12/2017
11	Capacitación del personal	4 semanas	02/11/2017	02/12/2017
12	Pruebas de funcionamiento	3 semanas	15/11/2017	07/12/2017
13	Puesta en marcha	1 semana	15/12/2017	20/12/2017

Fuente: Elaboración Propia 2016

Diagrama 3-2
Diagrama de Grantt



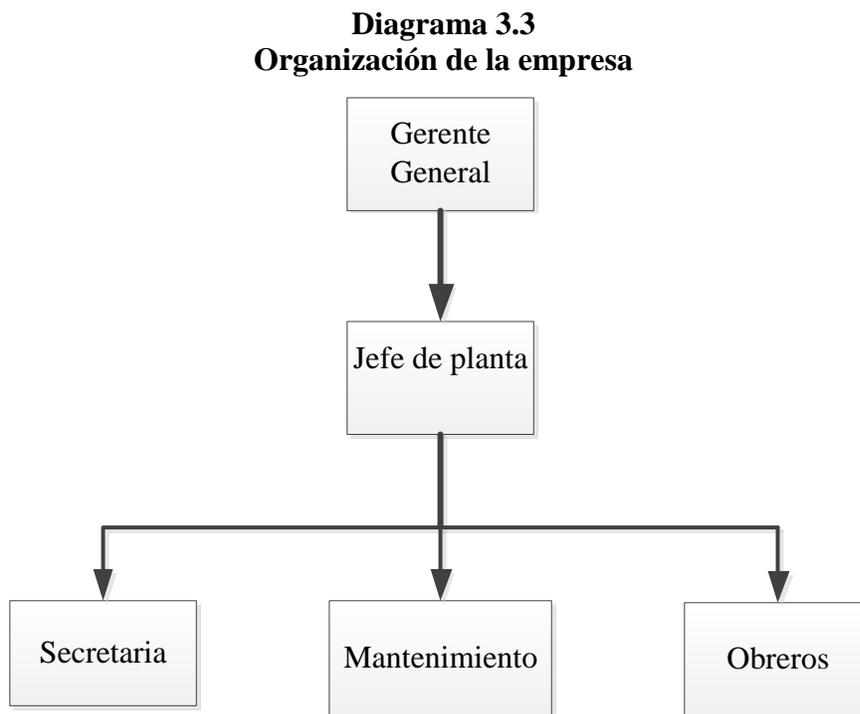
Fuente: Elaboración Propia 2016

3.11 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La organización en la Planta Piloto de Extracción de Aceite Esencial viene distribuida de la siguiente forma en la figura.

3.11.1 Descripción de funciones de los principales cargos

A continuación se describe las funciones principales de la organización en la planta piloto de extracción de aceite esencial:



Fuente: Elaboración propia ,2016

3.11.2 Gerente general

Como funcionario de mayor rango es responsable de coordinar el plan de trabajo de todas las áreas, además es el responsable legal de la empresa, su función principal es evaluar, diagnosticar y plantear soluciones a problemas de funcionamiento de la empresa.

3.11.3 Jefe de planta

El jefe de planta es responsable del correcto funcionamiento, de la maquinaria y disposición del personal, responde a los problemas de funcionamiento tanto de maquinaria como de personal, la labor principal es ser intermediario y supervisor entre el personal y la parte administrativa de la empresa.

3.11.4 Mantenimiento

El técnico de mantenimiento tiene como función la reparación, mantenimiento, evaluación del funcionamiento de la maquinaria y servicios auxiliares de la planta piloto.

3.11.5 Obreros

Los obreros forman parte esencial en el proceso, su distribución en la planta estará bajo la supervisión del encargado de planta, su función principal es desarrollar las tareas involucradas en la planta piloto.

3.11.6 Personal auxiliar

Secretaria, su labor principal es brindar ayuda en el sector administrativo de la empresa.

CAPÍTULO IV

ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

4.1 COMPONENTES DE LA INVERSIÓN

La inversión es un gasto que se efectúa por la adquisición de determinados activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles, vale decir, la compra de bienes o servicios para la fabricación, producción o adquisición de bienes de capital, con los que el proyecto producirá durante su vida útil. Las inversiones totales del proyecto se dividen en dos fases:

4.1.1 Fase de pre inversión.- Formada por gastos destinados a la inversión diferida, llamada también intangible cuya trayectoria empieza desde el primer desembolso del proyecto y termina con la puesta en marcha del mismo, es decir cuando el proyecto está listo para producir.

4.1.2 Fase de inversión.- Formada por gastos destinados a la adquisición de activos fijos y el capital de trabajo, y termina cuando el proyecto cumple su vida útil.

4.2 INVERSIONES

Se caracterizan por su materialidad, tienen vida mayor de un año, y están sujetas a depreciación; se cita los siguientes ejemplos de inversiones fijas: Edificios, terrenos, maquinaria, vehículos, muebles y enseres.

A continuación se indican las inversiones fijas esenciales en el proyecto.

4.2.1 Terreno

El terreno que se adquirirá para la ejecución de este proyecto está ubicado en la zona El Tejar “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, con una superficie de 195 m². También cuenta con infraestructura diseñada para el ambiente donde se realizará el acondicionamiento y proceso de extracción de aceite esencial de orégano.

4.2.2 Maquinarias y Equipos

Se detalla en la siguiente página los costos de los equipos para la fabricación de Aceite Esencial de orégano. Estos equipos fueron cotizados en distintas páginas de Internet y con diferentes distribuidores para poder obtener el precio de venta de cada uno.

La “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho” cuenta con un ablandador y caldero de vapor de 200 Kg/h en el LOU (operaciones unitarias) en el bloque de la carrera de Ingeniería Química.

En la tabla IV-1, se muestran los costos de los equipos, incluyendo los costos de transporte e instalación; se consideran los costos de transporte como el 10% de los costos unitarios y se consideran los costos de instalación como el 25% de los costos unitarios.

Tabla: IV-1
Costos de Maquinaria

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (Pza)	CARACTERISTICAS	PRECIO UNITARIO \$us	PRECIO TOTAL \$us	TRANSPORTE \$us	INSTALCIÓN \$us	COSTO TOTAL (Bs)	COSTO TOTAL (\$us)
Secador	1	De charolas	3000	3000	300	750	20880	4050
Silos	2	Acero inoxidable cilindrico	1800	3600	180	900	25056	4680
Molienda	1	tritador de cuchillas	1500	1500	150	375	10440	2025
Balanza	2	Digital de 100 Kg capacidad	450	900	45	0	6264	945
Tanque extractor	6	Acero inoxidable cilindrico	4500	27000	2700	6750	187920	36450
Caldero vapor	1	Caldera 200 Kg/h vapor modelo RL200/10	13962	13963	1396	3491	97182,48	18850
Ablandador	1	Ablandador de Agua 150 L/h + Tanque retorno de condensado + Bastidor	2709	2710	271	677	18861,6	3658
Condensador	6	De tubo y coraza	2500	15000	350	3750	104400	19100
Enfriadores	2		1400	2800	140	700	19488	3640
Vaso florentino	2		700	1400	70	0	9744	1470
Bomba centrifuga	4	Bomba (1hp)	120	480	12	120	3340,8	612
		TOTAL		55680	5614	17513	503576,88	95480

Fuente: Elaboración Propia, 2016. Cotizaciones IMPORA-Santa Cruz (Proveedores de equipos)

El monto requerido para el equipamiento de las maquinarias de producción asciende a **95480 \$us**

4.2.3 Muebles y Enseres

Es el monto requerido para el equipamiento de las oficinas de administración y las oficinas de producción. Este monto asciende a **6624 \$us**.

Tabla: IV-2
Costo de Muebles y Enseres

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO TOTAL EN (Bs)	VALOR TOTAL (\$us)
OFICINAS						
1	Escritura de Madera	Pza.	3	2550	7650	1099,14
2	Sillon giratorio negro	Pza.	2	1300	2600	373,56
3	Computadora	Pza.	2	3500	7000	1005,75
4	Mesa Grande y 12 sillas	Pza.	1	15050	15050	2162,36
5	Impresora	Pza.	2	2000	4000	574,71
6	Telefono Fax	Pza.	1	7000	7000	1005,75
7	Telefono	Pza.	1	400	400	57,47
8	Estante	Pza.	3	800	2400	344,83
			TOTAL	32600	46100	6623,56

Fuente: Elaboración Propia, 2016

4.2.4 Edificio

La construcción de esta obra estima un monto aproximado de **121.113 \$us** Con distintos ambientes para el Proceso Productivo como para la parte Administrativa.

Tabla: IV-3
Detalle Obras Civiles e Instalaciones

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	VALOR TOTAL (\$us)
1	Terreno	m ¹	195	250	48750	7004,31
2	Bases para los cilos	m ²	2	794,83	1589,66	228,40
3	Instalaciones para el acondicionamiento	m ²	36	969,49	34901,64	5014,60
5	Instalaciones para el extractor	m ²	56	1315,77	73683,12	10586,66
6	Almacen de materia prima e insumos	m ²	20	1,67	33,4	4,80
7	Instalaciones para el producto de vapor	m ²	12	1819,69	21836,28	3137,40
8	Instalaciones para el almacenado y envasado	m ²	12	1780,58	21366,96	3069,97
9	Instalaciones para el laboratorio y oficinas	m ²	30	20692,05	620761,5	89189,87
10	Cabina electrica	m ²	9	2225,04	20025,36	2877,21
			TOTAL		842947,92	121113,21

Fuente: Elaborado por el Ing. Gary Aldo Aceituno Rosso, 2016

4.2.5 Detalle de mano de obra directa e indirecta

Se calcula un monto aproximado de **35172 \$us** para poner en marcha la planta piloto. A continuación se detalla la mano de obra requerida para la planta:

Tabla: IV-4
Detalle de mano de obra Directa e Indirecta

ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	MESES TRABAJADOS	SALARIO MENSUAL (Bs)	SALARIO ANUAL (Bs)	TOTAL (\$us)
Gerente	1	12	6000	72000	10344,83
Jefe de planta	1	12	4000	48000	6896,55
Mantenimiento	1	12	3000	36000	5172,41
Obreros	3	12	5400	64800	9310,34
secretaria	1	12	2000	24000	3448,28
			TOTAL	244800	35172,41

Fuente: Elaboración Propia, 2016

4.2.6 Materia Prima e Insumos

El monto requerido para adquisición de insumos generales y necesarios es **63.7010 \$us**

Tabla: IV-5
Materia Prima e Insumos

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)	VALOR TOTAL (\$us)
1	Oregano	Kg	21900	10	219000	31465,52
2	Enrgia electrica	Kw/h	Considerado en instalaciones	Considerado en instalaciones	Considerado en instalaciones	0,00
3	Extintores	Pza	5	370,00	1850	265,80
4	Ropa de trabajo	Pza	7	150	1050	150,86
5	Agua	lt	912500	0,2	182500	26221,26
6	Clavo de Olor	Kg	176	5	880	126,44
7	Botellas de Vidrio	Pieza(1Lt)	800	3	2400	344,83
8	Etiquetado	Unidad	24500	0,02	490	70,40
9	Botellas de Vidrio	Pieza(0.03Lt)	23500	1,5	35250	5064,66
				TOTAL	443420	63709,77

Fuente: Elaboración Propia, 2016

4.2.7 Vehículos

El monto requerido para la adquisición del vehículo asciende a **5.000 \$us**

Tabla: IV-6
Vehículo

Detalle de Vehiculos						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)	Valor total (\$us)
1	Furgoneta	pza	1	34800	34800	5000
				Total	34.800,00	5000

Fuente: Elaboración Propia, 2016

4.2.8 Materiales Directos e Indirectos

Es el monto requerido para la adquisición de los materiales directos e indirectos que asciende a **317830 \$us**

Tabla: IV-7
Materiales Directos e Indirectos

Detalle de Insumos Generales y Materias Primas						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)	Valor total (\$us)
1	Gasolina	L	4400	5	22000	3160,92
3	Gas	m3	73000	30	2190000	314655,17
3	Lubricantes	L	6	16	96	13,79
				Total	2.212.096,00	317829,89

Fuente: Elaboración Propia, 2016

4.3 INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO

4.3.1 Inversión total requerida

En la siguiente tabla (IV-8) se detalla la las inversiones identificando cada una de ellas.

Tabla: IV-8
Inversión total requerida

Nº	DETALLE	VALOR EN (Bs)	VALOR EN (\$us)
1	Inversion (a+b)	4.612.142,47	662.664,15
	a) Inversion Fija	1.667.709,92	239.613,49
	-Maquinaria y Equipos	503.562,00	72.350,86
	-Terreno+Obras Civiles-Montaje (tabla b)	838.447,92	120.466,66
	- Mano de Obra Directa e Indirecta	244.800,00	35.172,41
	-Muebles y Enseres	46.100,00	6.623,56
	- Vehiculos	34.800,00	5.000,00
	b) Inversion Diferida	2.944.432,55	423.050,65
	-Gastos de Organización	4242	609,48
	-Detalle de Mano de Obra	7423,5	1.066,59
	- Materiales Directos e Indirectos	2.212.096,00	317.829,89
	-Insumos Generales y Materias Primas	443.420,00	63.709,77
	-Montaje de Instalación	20025,36	2.877,21
	- Montaje e Instalacion de Equipos	118012,44	16.955,81
	- Imprevistos	139213	20.001,90
2	Capital de Trabajo	443.420,00	63.709,77
	Inversion Total Requerida (1+2)	5.055.562,47	726.373,92

Fuente: Elaboración propia 2016

Se tiene una Inversión Fija de **662664 \$us** y una Inversión Diferida de **423051 \$us** con una inversión Total Requerida de **726373 \$us** teniendo un Capital Trabajo de **63710 \$us**.

4.3.2 Estructura del financiamiento

En la siguiente tabla IV-9 se detalla la estructura del financiamiento identificando las inversiones.

Tabla: IV-9
Estructura de financiamiento (en miles de bs)

N°	DETALLE	Aporte Propio	Aporte Solic.	TOTAL EN (Bs)	TOTAL EN (\$us)
1	Inversion (a+b)	2870211,6	1638058,4	4.508.270,03	647.739,95
	a) Inversion Fija	1165875,5	501834,38		
	-Maquinaria y Equipos	302137,2	201424,8		
	-Terreno+Obras Civiles-Montaje (tabla b)	670.758,34	167689,58		
	- Mano de Obra Directa e Indirecta	146880	97920		
	-Muebles y Enseres	46.100,00	0		
	-Vehiculos	0	34800		
	b) Inversion Diferida	1704336,1	1136224		
	-Gastos de Organización	1141,7385	0		
	-Detalle de Mano de Obra	0	0		
	- Materiales Directos e Indirectos	595387,85	0		
	-Insumos Generales y Materias Primas	119346,94	0		
	-Montaje de Instalación	5389,8457	0		
	- Montaje e Instalacion de Equipos	3805,7951	0		
	- Imprevistos	0	0		
2	Capital de Trabajo	725072,17	310394	1.035.466	148.774
	Inversion Total Requerida (1+2)	2971014	1980676	4951690,03	711.450

Fuente: Elaboración propio 2016

Haciendo el análisis del siguiente cuadro del aporte solicitado (310394 Bs se requiere un aproximado de 320000 Bs), el aporte solicitado es **46000 \$us**

4.4 PROYECCIONES DE COSTOS ANUALES

A continuación, en la tabla IV-10, se detalla los costos fijos y costos variables durante cinco años.

Tabla: IV-10
Proyección de costos anuales

N°	Detalle	Instalacion	Producción									
			1		2		3		4		5	
			Valor en (Bs)	Valor en (\$us)								
1	Costos Totales (a+b)	0	1.310.040,01	188.224	1.306.840,01	187.764	1.303.640,01	187.305	1.300.440,01	186.845	1.297.240,01	186.385
	a) Costos Fijos	0	691.406,76	99.340	688.206,76	98.880	685.006,76	98.421	681.806,76	97.961	678.606,76	97.501
	Depreciacion	0	64.120,25	9.213	64.120,25	9.213	64.120,25	9.213	64.120,25	9.213	64.120,25	9.213
	Amort. Inver. Dif.	0	588886,51	84.610	588886,51	84.610	588886,51	84.610	588886,51	84.610	588886,51	84.610
	Costo Finacier	0	32000	4.598	28800	4.138	25600	3.678	22400	3.218	19200	2.759
	Otros	0	6400	920	6400	920	6400	920	6400	920	6400	920
	b) Costos Variables	0	618.633,25	88.884	618.633,25	88.884	618.633,25	88.884	618.633,25	88.884	618.633,25	88.884
	Mat. Prima Directa	0	443.420,00	63.710	443.420,00	63.710	443.420,00	63.710	443.420,00	63.710	443.420,00	63.710
	Mano de Obra Dir.	0	36000	5.172	36000	5.172	36000	5.172	36000	5.172	36000	5.172
	Otros	0	139213	20.002	139213	20.002	139213	20.002	139213	20.002	139213	20.002

Fuente: Elaboración propio 2016

4.4.1 Costo Unitario del Producto Aceite Esencial de Orégano (Lt)

Indica el costo de producir una unidad o bien, o servicio para cada nivel de producción.

Para el cálculo del costo unitario del producto se utiliza la siguiente ecuación:

$$C. U. P = \frac{(C. T)}{(Q. T)}$$

Donde:

$C.U.P = \text{Costo unitario de producción}$

$C.T = \text{Costo total}$

$Q.T = \text{Cantidad total}$

El costo total está constituido por la suma de costos fijos (CF) y el costo variable (CV) en cuyas estructuras se consideran todos los costos del proceso de producción.⁵

$$CT = CF + CV$$

Por lo tanto, el costo Unitario del Producto desde el primer año de producción hasta el quinto es:

Tabla: IV-11
Costo unitario de producción

Año	Costo Total CT= CF + CV (A)	Cantidad Total QT (B)	Costo Unitario de Producción C.U.P. A/B en (Bs)	Precio Unitario de producción en dólares (\$us)
1	1.310.040,01	2774	472,3	68
2	1.306.840,01	2774	471,1	68
3	1.303.640,01	2774	469,9	68
4	1.300.440,01	2774	468,8	67
5	1.297.240,01	2774	467,6	67

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

El precio de venta se determina por la aplicación del algoritmo:

$$P.V. - C.U.P. (1+h)$$

El valor de “h” representa el porcentaje de utilidad que se espera obtener para cada unidad del producto. Se asume un porcentaje de 35% en la relación de ganancia. Entonces tendríamos un precio unitario de:

$$P_v = 92 \$$$

⁵ Paredes, R. “Proyectos e Inversiones”, 1994. Pag. 118

Para una producción anual el precio de venta del litro de aceite esencial de orégano, es de 92 \$sus

La tabla IV-12 hace referencia a los precios del aceite esencial de orégano para comparar con el obtenido según el proyecto.

Tabla: IV-12
Precio de Referencia del Aceite Esencial de Orégano Internacional

VALOR COMERCIAL DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO	
Mercado Norteamericano	\$us 100-130/Kg.
Mercado Europeo	€ 130/Kg.
Mercado Asiático	\$us 180/Kg.

Fuente: Elaboración propia 2016

La tabla IV-13 hace referencia al precio del aceite esencial de orégano producto importado por Bolivia al mundo para comparar con el obtenido según el proyecto.

Tabla: IV-13
Precio promedio de aceite esencial de orégano, producto importado por Bolivia.

VALOR COMERCIAL DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO IMPORTADO POR BOLIVIA					
Descripción del producto	2012	2013	2014	2015	Valor Promedio
	Dólar por kilo	Dólar por kilo	Dólar por kilo	Dólar por kilo	
Aceite esencial de Orégano	74	71	67	74	71

Fuente: Elaboración propia, 2016

4.4.2 Estado de Pérdidas y Ganancias

En la siguiente tabla IV-14 se detallan el estado de pérdidas y ganancias con un Ingreso de Porcentaje de Impuesto (IVA+IT) = 0,16 = 16%

Tabla: IV-14
Estado de Pérdidas y Ganancias de 1 a 5 años

Produccion											
No.	Detalle	1		2		3		4		5	
		Valor en (Bs)	Valor en (\$us)								
1	Ingresos	1768554	254103	2122265	304923	2090109	300303	2475976	408577	2475976	355744
	Ventas	1768554	254103	2122265	304923	2090109	300303	2475976	408577	2475976	355744
	Otros Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Costos Totales (a+b)	1310040	188224	1306840	187764	1303640	187305	1300440	214594	1297240	186385
	a) Fijos	691407	99340	688207	98880	685007	98421	681807	112509	678607	97501
	Depreciacion	64120	9213	64120	9213	64120	9213	64120	10581	64120	9213
	Amortizacion										
	Inversion Diferida	588887	84610	588887	84610	588887	84610	588887	84610	588887	84610
	Costo Finaciero	32000	4598	28800	4138	25600	3678	22400	3218	19200	2759
	Otros Ingresos	6400	920	6400	920	6400	920	6400	920	6400	920
	b) Variables	618633	88884	618633	88884	618633	88884	618633	88884	618633	88884
	Materia prima	443420	63710	443420	63710	443420	63710	443420	63710	443420	63710
	Mano de ob. Dir	36000	5172	36000	5172	36000	5172	36000	5172	36000	5172
	Otros Ingresos	139213	20002	139213	20002	139213	20002	139213	20002	139213	20002
3	Utilidad Bruta (1-2)	458514	65878	815425	117159	786469	112998	1175536	168899	1178736	169359
4	Impuestos	73362	10541	130468	18745	125835	18080	188086	27024	188598	27097
5	Utilidad Neta Anual(3-4)	385152	55338	684957	98413	660634	94919	987450	141875	990138	142261

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Con un Porcentaje de Impuesto (IVA+IT) = 16%

4.5 DEPRECIACIONES

4.5.1 Costos de depreciación de los Equipos

El Proyecto considera el método de depreciación lineal tal como se ve en la tabla IV- 15, tomando la vida útil adecuada según normativa en Bolivia. Sobre el cálculo de depreciaciones se tiene:

Tabla: IV-15
Depreciación de los Equipos

DESCRIPCIÓN	VIDA UTIL	VALOR INSTALADO Bs	DEPRECIACIÓN Bs/año	VALOR INSTALADO \$us	DEPRECIACIÓN \$us/año
Secador	10	27840	2784	4000	400
Silos	10	32224,8	3222,48	4630	463
Molienda	10	14268	1426,8	2050	205
Balanza	10	3445,2	344,52	495	49,5
Tanque extractor	10	215064	21506,4	30900	3090
Caldero vapor	10	0	0	0	0
Ablandador	10	0	0	0	0
Condensador	10	154860	15486	22250	2225
Enfriadores	10	21854,4	2185,44	3140	314
Vaso florentino	10	10927,2	1092,72	1570	157
Bomba centrífuga	10	3981,12	398,112	572	57,2
	TOTAL	484464,72	48446,472	89675	6960,7

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Con un total de recuperación en valor residual de **\$us 6960,7**

4.6 FINANCIAMIENTO

En el caso del financiamiento se consideran los elementos de los montos económicos que se requieren para la implementación de la planta. Para la inversión.

4.6.1 Plan de pagos

El plan de pagos se establece según la tasa de oportunidad del mercado de 10%, con:

$$M = k \left[\frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - i} \right]$$

M= 84415,19385

i=0,1

n=5

Tabla: IV-16
Plan de Pagos por Método de Amortización de Anualidad Constante

Año	Saldo Capital	Interés "I"	Amortización "A"	Total (I+A) en (Bs)	Valor en (\$us)
1	315000	31500	0	31500	4526
2	315000	31500	52915,19	84415,19	12129
3	262084,8	26208	58206,71	84415,19	12129
4	203878,1	20388	64027,38	84415,19	12129
5	139850,7	13985	70430,12	84415,19	12129
6	69420,59	6942,1	77473,14	84415,19	12129
		99023	323052,55	422075,97	60643

Fuente: Elaboracion propia 2016

Tabla: IV-17
Plan de Pagos por Método de Amortización de Anualidad Constante

Año	Saldo Capital	Interés "I"	Amortización "A"	Total (I+A) en (Bs)	Valor en (\$us)
1	320000	32000	0	32000	4598
2	320000	32000	32000	64000	9195
3	288000	28800	32000	60800	8736
4	256000	25600	32000	57600	8276
5	224000	22400	32000	54400	7816
6	192000	19200	32000	51200	7356
		128000	160000	288000	41379

Fuente: Elaboracion propia 2016

La amortización para un capital a un equivalente de 46.000 \$us a un plazo de 10 años.

CAPÍTULO V

ASPECTOS FINANCIEROS DEL PROYECTO

5.1 PUNTO DE EQUILIBRIO

Para el desarrollo del punto de equilibrio se tomaron los aspectos para la determinación de la capacidad mínima en la planta, con la cual no se obtienen ni ganancias ni pérdidas:

Para tal efecto se introduce la siguiente fórmula según volumen de ventas:⁶

$$P.E. = \frac{\text{Costo Fijo Total}}{1 - \frac{\text{Costo Variable}}{\text{Ventas Totales}}}$$

5.1.1 Ingresos Anuales Proyectados

En relación a dicho algoritmo se presenta la relación:

Tabla: V-1
Costos totales

Año	Producción "Q" (Lt) en (Bs)	Precio de Venta "P" (Bs)	Precio de Venta (\$us)	Ingreso Total I= QxP en (Bs)	Ingreso Total I= QxP (\$us)
1	2774	638	92	1768554	254103
2	2774	638	92	1768554	254103
3	2774	638	92	1768554	254103
4	2774	638	92	1768554	254103
5	2774	638	92	1768554	254103

Fuente: Elaboración propia 2016

En ese sentido, para obtener utilidades se deberá vender en el primer año: 254103 \$us. en producción.

⁶ Paredes, R. "Proyectos e Inversiones", 1994. Pag. 126

Sobre el mismo se desarrolló el punto de equilibrio en términos de unidades físicas del volumen del producto, para ello se emplea la siguiente fórmula:⁷

$$\text{P.E.} = \text{Precio de venta unitario} \left(\frac{\text{Costo Fijo Total}}{\text{Precio venta unitario} - \text{Costo variable Unitario}} \right)$$

P.E.= 1063369 Bs = 152783 \$us

Para ello, la determinación implica una recuperación del punto de equilibrio. respecto de las unidades monetarias en relación al precio unitario del producto.

Tabla: V-2
Cálculo de Punto de Equilibrio en Unidad Monetaria Costo unitario de producción

Año	Costo Total CT= CF + CV (A)	Cantidad Total QT (B)	Costo Unitario de Producción C.U.P. A/B en (Bs)	Precio Unitario de producción en dólares (\$us)
1	1.310.040,01	2774	472,3	68
2	1.306.840,01	2774	471,1	68
3	1.303.640,01	2774	469,9	68
4	1.300.440,01	2774	468,8	67
5	1.297.240,01	2774	467,6	67

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

El punto de equilibrio por Unidad Monetaria debe superar al costo de venta en el primer año, monto que se refleja en la tabla anterior, **92 \$us.**

⁷ Paredes, R. "Proyectos e Inversiones", 1994. Pag. 118

5.2 GENERACIÓN Y FLUJO DE FONDOS

Sobre el análisis del proyecto se tienen los siguientes criterios calculados según la tipología privada del proyecto por criterios de viabilidad y rentabilidad del mismo.

5.2.1. Precisión de Escenarios

En el caso del proyecto se debe esclarecer que se prevén escenarios para la posterior construcción del flujo de fondos que se realiza, según la variación de la productividad de la planta; en ese sentido se tiene:

Tabla: V-3
Escenarios de Producción en Unidad Monetaria Anual

No	Detalle	Producción											
		Instalacion		1		2		3		4		5	
		0		Valor en (Bs)	Vlor en (\$us)								
1	Fuentes	4.951.690,03	711.449,72	1.038.158,52	149.160,71	1.040.846,52	149.546,91	1.043.534,52	149.933,12	1.046.222,52	150.319,33	2.210.267,19	317.567,12
	Aporte Propio	2.971.014,02	426.869,83		-		-		-		-		-
	Prestamos	1.980.676,01	284.579,89		-		-		-		-		-
	Utilidad Neta		-	385.151,76	55.337,90	387.839,76	55.724,10	390.527,76	56.110,31	393.215,76	56.496,52	395.903,76	56.882,72
	Depreciacion		-	64.120,25	9.212,68	64.120,25	9.212,68	64.120,25	9.212,68	64.120,25	9.212,68	64.120,25	9.212,68
	Amortiz. Inversion Dif.		-	588.886,51	84.610,13	588.886,51	84.610,13	588.886,51	84.610,13	588.886,51	84.610,13	588.886,51	84.610,13
	Otros Ingresos		-		-		-		-		-		-
	Valor Residual		-		-		-		-		-	125.890,50	18.087,72
	Capital de Trabajo		-		-		-		-		-	1.035.466,17	148.773,87
2	Usos	5.647.608,64	811.438,02	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70
	Inversion Fija	1.667.709,92	239.613,49		-		-		-		-		-
	Inversion Diferida	2.944.432,55	423.050,65		-		-		-		-		-
	Capital de Trabajo	1.035.466,17	148.773,87		-		-		-		-		-
	Amortizacion		-	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70	32.000,00	4.597,70
3	Flujo Actual (1-2)		-	1.006.158,52	144.563,01	1.008.846,52	144.949,21	1.011.534,52	145.335,42	1.014.222,52	145.721,63	2.178.267,19	312.969,42
4	Flujo Acumulado		-	1.006.158,52	144.563,01	2.015.005,05	289.512,22	3.026.539,57	434.847,64	4.040.762,09	580.569,27	6.219.029,28	893.538,69

Fuente: Elaboración Propia, 2016

$$V.R = VI \left(1 - \frac{t}{n} \right)$$

T= Tiempo de uso de equipo, n= Vida Util del equipo(s), VI= Valor Inicial

Para el caso del proyecto se establecen escenarios: efectivos, eficientes, eficaces y óptimos con el cálculo de las razones de productividad.

La selección más racional para el proyecto incluye la determinación del Escenario más Eficiente. Para el proyecto con un flujo anual de **144563 \$us** y un flujo acumulado de **144563 \$us** para el primer año.

5.2.2 Estado de Pérdidas y Ganancias Económico

Tabla: V-4
Ingresar Porcentaje de Impuesto (IVA+IT) = 0,16

Produccion											
No.	Detalle	1		2		3		4		5	
		Valor en (Bs)	Valor en (\$us)								
1	Ingresos										
	Ventas	1768554	254103	1768554	254103	1768554	254103	1768554	254103	1768554	254103
2	Costos Totales (a+b)	618718	88896	618718	88896	618718	88896	618718	88896	618718	88896
	a) Fijos	85	12	85	12	85	12	85	12	85	12
	Depreciacion	64120	9213	64120	9213	64120	9213	64120	9213	64120	9213
	Amortizacion		0		0		0		0		0
	Inversion Diferida(sin Interes de preoperacion)	584881,44	84035	588886,51	84610	588886,51	84610	588886,51	84610	588886,51	84610
	Otros Ingresos	6400	920	6400	920	6400	920	6400	920	6400	920
	b) Variables	618633	88884	618633	88884	618633	88884	618633	88884	618633	88884
	Materia prima Dir.	443420	63710	443420	63710	443420	63710	443420	63710	443420	63710
	Mano de ob. Dir	36000	5172	36000	5172	36000	5172	36000	5172	36000	5172
	Otros	139213	20002	139213	20002	139213	20002	139213	20002	139213	20002
3	Utilidad Bruta (1-2)	1149836	165206	1149836	165206	1149836	165206	1149836	165206	1149836	165206
4	Impuestos	183974	26433	183974	26433	183974	26433	183974	26433	183974	26433
5	Utilidad Neta (3-4)	965862	138773	965862	138773	965862	138773	965862	138773	965862	138773

Fuente: Elaboración Propia, 2016

5.2.3 Flujo de Fondos con Préstamo

Para el cálculo del flujo de fondos luego del préstamo se desarrollaron sobre el método de Plan de Pagos por amortización de cuota anual.

Dicha alternativa es considerada la más adecuada para el proyecto.

En ese sentido, el flujo de fondos con préstamo guarda la siguiente relación:

Tabla: V-5
Flujo de Fondos de 1 a 5 años

No	Detalle	Instalacion		Producción									
		0		1		2		3		4		5	
		Valor en (Bs)		Valor en (Bs)	Valor en (\$us)								
1	Fuentes	2.950.988,66	423.992,62	1038158,523	149160,7073	1040846,523	149546,914	1043534,523	149933,121	1046222,523	150319,328	2210267,189	317567,1249
	Aporte Propio	2.950.988,66	423.992,62		0		0		0		0		0
	Utilidad Neta		-	385.151,76	55337,89697	387.839,76	55724,1039	390.527,76	56110,3108	393.215,76	56496,51766	395.903,76	56882,72456
	Depreciacion		-	64.120,25	9212,679598	64.120,25	9212,6796	64.120,25	9212,6796	64.120,25	9212,679598	64.120,25	9212,679598
	Amortiz. Inversion Dif.		-	588.886,51	84610,13075	588.886,51	84610,1307	588.886,51	84610,1307	588.886,51	84610,13075	588.886,51	84610,13075
	Otros Ingresos		-		0		0		0		0		0
	Valor Residual		-		0		0		0		0		125.890,50
	Capital de Trabajo		-		0		0		0		0		1.035.466,17
2	Usos	5.647.608,64	811.438,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Inversion Fija	1.667.709,92	239.613,49		0		0		0		0		0
	Inversion Diferida(sin interes de pre-operación)	2.924.407,19	420.173,45		0		0		0		0		0
	Capital de Trabajo	1.035.466,17	148.773,87		0		0		0		0		0
3	Flujo EC Actual (1-2)	0	-	1038158,523	149160,7073	1040846,523	149546,914	1043534,523	149933,121	1046222,523	150319,328	2210267,189	317567,1249
4	Flujo EC Acumulado	0	-	1038158,523	149160,7073	2079005,046	298707,622	3122539,569	448640,743	4168762,092	598960,0707	6379029,281	916527,1955

Fuente: Elaboración Propia, 2016

Con un Porcentaje de Impuesto (IVA+IT) = 16%

5.3 INDICADORES FINANCIEROS

Sobre el análisis del proyecto se tienen los siguientes criterios calculados según la tipología privada del proyecto por criterios de viabilidad y rentabilidad del mismo.

Ahora bien, para determinar la rentabilidad y aceptación del proyecto se analizaron los siguientes indicadores: Valor actual neto, Tasa interna de retorno, Rentabilidad de la Inversión y Relación beneficio/costo.

5.3.1. Valor Actual Neto (VAN)

El análisis del VAN se realizó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{FN_i}{(1+a)^i}$$

Donde n es el número de flujos de efectivo e i es el tipo de interés o descuento. Dicha ecuación se registra en el paquete de EXCEL con fórmula sensibilizada desde la función VNA. VNA es similar a la función VA (valor actual). La principal diferencia entre VA y VNA es que VA permite que los flujos de caja comiencen al final o al principio del período. A diferencia de los valores variables de flujos de caja en VNA, los flujos de caja en VA deben permanecer constantes durante la inversión.

Por ello, para una tasa de actualización del 16% se tiene:

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_5}{(1+i)^5}$$

	0	1	2	3	4	5
Flujo EC Actual (1-2)	2.950.988,66	1038158,5	1040846,5	1043534,5	1046222,5	2210267,2

V.A.N = 1016198,87

VAN = 1016199 Indicando que el **proyecto es aceptable**.

5.3.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa que representa la tasa máxima del proyecto, la misma que equilibra los flujos positivos y negativos del mismo:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{FN_i}{(1+a)^i} = 0$$

Donde:

$$a = TIR = \sum_{i=0}^n \frac{FN_i}{(1+TIR)^i} = 0$$

Permite decidir la aceptación del proyecto cuando es mayor que el costo de oportunidad, que para el proyecto es de 18% según una tasa de interés bancaria en el mercado nacional. El cálculo fue realizado en el paquete de EXCEL.

INSERTAR LA TASA DE INTERÉS DE V.A.N 0,58 Hasta que sea negativo.

Por ello se tiene:

	0	1	2	3	4	5
Flujo EC Actual (1-2)	2.950.988,66	1038158,5	1040846,5	1043534,5	1046222,5	2210267,2

V.A.N=-1220071,087 T.I.R= 35,09

TIR = 35% por ello el **proyecto es rentable**.

Priorizado con este indicador para la valoración del proyecto.

5.3.3 Relación Beneficio/Costo (RB/C)

La actualización de los beneficios netos se calculó con el paquete EXCEL sobre:

$$RB/C = VNA (\text{beneficios netos}) / VA (\text{costos})$$

En dicha extracción se tiene:

$$\mathbf{RB/C = 3,2}$$

Donde la relación B/C de 3,2 expresada en factor, representa la unidad, las veces que se recuperaría la inversión (tres veces) y en decimales (2 centavos de dólares), una reserva sobrante del capital invertido medido en centavos de dólares a valor presente, que quedaría como remanente por cada dólar invertido, después de recuperar la inversión de **726373 \$us**.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al término del presente trabajo se concluye lo siguiente:

6.1.1 Estudio de Mercado

Según el estudio de mercado se ha logrado proyectar la producción del aceite esencial de orégano en función a la demanda nacional. Se visualiza una posible ampliación según las proyecciones convirtiendo la Planta Piloto a Planta Industrial, ya que existe el mercado y existe la cantidad de materia prima para dicho propósito.

El mercado Internacional de aceite esencial de orégano tiene una demanda no satisfecha de **150 ton** para el año **2015** pero con las respectivas proyecciones de los datos, la demanda de aceite esencial de orégano alcanza **170 Ton** solo para el año **2020**. En Bolivia la demanda de aceite esencial de orégano para el año **2015** es de **962 Kg**, pero con las respectivas proyecciones de los datos, la demanda de aceite esencial de orégano alcanza **1987 Kg** para el año **2020**.

6.1.2 Tamaño y Localización de la Planta Piloto

Para el tamaño de la Planta Piloto se dispone de **105 ton** producidas de orégano para el año **2015**, pero con las respectivas proyecciones de los datos, el orégano alcanza **170 Ton** solo para el año **2020**. Se tiene una potencialidad en terreno de **1500 ha** en el departamento de Tarija con un rendimiento de **4000 Kg/ha** producción de orégano. Con una disponibilidad de **6000 ton/anuales** de orégano por lo que se aprecia de manera muy atractiva una ampliación en las instalaciones.

La planta Piloto procesa de **60 a 240 kg/día** de orégano (hoja, flor y tallo) obteniendo 1,9 a 7,6 lt de aceite esencial de orégano. La cantidad suficiente para el análisis, consultorías y por fabricar suficiente producto para el mercado nacional, la Planta Piloto trabajando los 365 días del año.

La localización de la Planta se ubica como resultado en la Zona **El Tejar “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”** de la ciudad de Tarija como mejor opción, debido a que se puede contar con mano de obra calificada, al igual que con todos los servicios básicos, infraestructura y un requerimiento científico-tecnológico con laboratorio para el análisis de aceite esencial de orégano. También se halla cerca de la carretera principal, misma que permitirá el ingreso de materia prima sin tener ninguna dificultad en el transporte de estos.

6.1.3 Ingeniería del Proyecto

En la Ingeniería del Proyecto, se realiza la selección más adecuada y óptima para el proceso productivo, realizando el diseño y dimensionamiento de dichos equipos, también se puede hacer una evaluación más profunda que puede llegar a optimizar el proceso involucrado. En este caso la importancia del proceso dependerá de cada área de trabajo en la planta piloto, se diseñará y dimensionará los equipos para cada área.

El equipo principal es el Extractor que trabaja con un rendimiento aceptable, siendo este muy óptimo durante el proceso de producción de aceite esencial de orégano, evitando que existan pérdidas considerables, produciendo de **1,9 a 7,6 lt/día** y una producción de **2774** litro/año de aceite esencial de orégano.

6.1.4 Aspectos Económicos del Proyecto

En los aspectos económicos del proyecto se realiza un análisis de la inversión requerida, desarrollando un proceso de cotizaciones nacionales de equipos y otros; de dicha información se resume que la inversión asciende al monto de **726374 \$us**. El monto de préstamo asciende a **46000 \$us**. en un plazo de 5 años, con una tasa de interés del **10%** con un periodo de gracia de 1 año, sin desembolso inicial bajo el método de cuota constante. El precio del aceite esencial de orégano estimado es de **68 \$us para el mercado, sabiendo que el precio en el mercado nacional es de 714 \$us, y en el mercado internacional el precio es 130\$us**.

6.1.5 Evaluación Económica del Proyecto

Los resultados obtenidos en la evaluación económica del proyecto muestran indicadores de evaluación positivos, un *VAN de 1016199* y una *TIR de 35%* con una relación de *RB/C = 3,2*

La creación de la planta se convierte en una alternativa atractiva para las inversiones ya que como **proyecto es factible y coherente en el desarrollo de los criterios técnicos y económico – financieros.**

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ El objetivo de instalar esta planta piloto es continuar con ensayos de este tipo de aceites esenciales y poder medir los valores de presión de vapor, caída de presión, tiempo óptimo de proceso, así como otros parámetros importantes; por otro lado, se desea estimar el estudio de la extracción de otros aceites esenciales para base de estudios de perfectibilidad con un escalamiento a nivel industrial.
- ✓ La elaboración de este proyecto ha permitido comprender y conocer el gran valor que poseen los aceites esenciales; lamentablemente no se le ha dado la importancia que merece al mismo, debido a la falta de conocimiento del sector campesino.
- ✓ Tras ver los resultados obtenidos de la evaluación económica y financiera del proyecto se recomienda la ejecución, previa elaboración, del **Estudio de Factibilidad** y del **Estudio Definitivo** que garantice su adecuada implementación.
- ✓ Se recomienda su **paso al estado de operaciones** tras haber completado algunas pruebas técnicas. Para el mismo se recomienda la **realización de un plan de ejecución** del proyecto que permita establecer calendarios, actividades de monitoreo y precios.

Pero por el costo monetario y de tiempo, **no se realizaron las pruebas de referencia técnica** del proyecto. Ello no afecta a la consecución de objetivos académicos de este documento.

- ✓ La amplia gama de propiedades que posee este producto, permite que se

recomiende a las futuras investigaciones, se inicie con la Gestión de Residuos Restantes, por lo que se sugiere a los estudiantes de 5° año de la Carrera de Ingeniería Química aborden este tema de interés, plasmándolo en proyectos de vida útil, que permitirán no solo la mitigación correspondiente en favor al medio ambiente sino por re-utilizar sub-productos que serán bien aprovechados por el sector industrial en beneficio, de acuerdo a su uso de la sociedad.

- ✓ Como se sabe, el producto final de este proyecto es Aceite Esencial de orégano, por lo que se recomienda se siga con el mismo para concluir realizando el diseño de la parte de purificación o acondicionamiento según el mercado Nacional e Internacional.

7.1 BIBLIOGRAFÍA

1. **Albaladejo Meroño Q. (1999)** “*El aceite esencial de limón producido en España Contribución por Organismos Internacionales. Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria, Departamento de Tecnología y de los Alimentos Nutrición y Bromatología. Murcia (España).*”
2. **Chumacero Rodríguez P. (2013)** “*Diseño de una Planta Piloto para la Obtención de Aceite Crudo de la pepita de la uva para el departamento de Tarija*”
3. **ETSFOR--FUPAGEMA--AGRUCO--ECO (Octubre, 1992)** “*Uso sostenido, conservación y restauración de suelos con árboles y arbustos nativos*” apuntes sobre el molle (*schinus molle l.*)
4. **Echart Romero K. (2013)** “*Extracción y caracterización de aceite esencial de semillas de molle en Tarija*”
5. **Los Tiempos, (2006).** *Molle, el de la semilla codiciada* [Artículo en Línea]. Disponible en: http://www.lostiempos.com/dario/actualidad/vida-y-futuro/20061224/molle-el-de-la-semilla-codi-ciada_29768_29768.html
6. **Los Tiempos, (2007).** *Lanzan empresa de aceites esenciales.* [Artículo en Línea. Disponible en: [http://www-lostiempos.com/dario/actualidad/económica/20070317/lanzan-empresa-de-aceites-esenciales_5952_6516.html](http://www.lostiempos.com/dario/actualidad/económica/20070317/lanzan-empresa-de-aceites-esenciales_5952_6516.html)
7. **Ortega Barriga N. (2013)** “*Extracción de aceite esencial de Orégano, a través del método de arrastre con vapor a escala de laboratorio*”
8. **Gonzalez Villa A. (2004)** “*Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del amazonas*”
9. **Mc. Cabe, Warren L; Smith, Julián C.** “*Operaciones Básicas de Ingeniería Química. Volumen I y II. Editorial Reverte. 1968.*”
10. **Shimabukuro Yamashiru D., Torres Lopez E., (1992)** “*Estudio Técnico de la Extracción de Aceite Esencial de Piper Aduncum L. Matico y Diseño de Planta Piloto*”

11. Peters, Max; Timmerhaus Klaus. *“Diseño de Plantas y su Evaluación Económica para Ingenieros Químicos”*. Ed. Géminis S.R.L. 1978.