

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICO-FINANCIERA PARA LA
OBTENCIÓN DE TERPENOS PARTIENDO DEL *CANNABIS* MEDIANTE UNA
REVISIÓN DEL ARTE**

SARA VERA TORRES

DAYANA YINETH ALVAREZ VANEGAS

Proyecto integral de para optar el título de:

INGENIERO QUÍMICO

Director

RICARDO VERA BRAVO

PhD, Profesor Titular

Pontificia Universidad Javeriana

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ricardo Vera Bravo

Nombre
Firma Director

Nombre
Firma del presidente Jurado

Nombre Felipe correa Mahecha
Firma del Jurado

Nombre: Jaime Arturo Calvache
Firma del Jurado

Bogotá, D.C. Febrero 2021

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luís Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano de la Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del programa de Ingeniería de química

I.Q. Nubia Becerra

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por permitirme lograr esta meta, por llenarme de bendiciones y salud, por enseñarme a afrontar retos como lo fue este proyecto

Agradezco primeramente a mis padres Ricardo y Elizabeth, ya que ellos son mi motivación y mi apoyo principal quienes estuvieron apoyándome tanto en la parte emocional como técnica de este proyecto, por formarme no solo como una profesional integra si no como un ser humano con valores y virtudes, agradezco a mi hermana Paula, quien siempre estuvo dispuesta a leer este proyecto, me motivo a seguir y aportar sus conocimientos, agradezco a mi abuelita Stellita y mi nana Clara, a quienes no les importaba la hora siempre estaban velando por mi salud, agradezco a mi gran amiga que considero una hermana Valentina Álvarez quien me apoyo en los momentos más críticos, me instruyo y enseño elementos necesarios para culminar esta tesis. Agradezco a mi Tía Stella que, aunque hoy no me esté acompañando en este mudo, siempre me motivo a seguir adelante y soñaba con verme como una profesional

Finalmente, a la universidad por haberme abierto las puertas a sus aulas, a los profesores por sus enseñanzas y a todos mis amigos por haber hecho de esta experiencia algo inolvidable.

Sara Vera Torres

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por los momentos vividos a lo largo de mi carrera, por enseñarme el camino correcto que he de tomar, por estar conmigo en cada caída y ayudarme a levantar. Por las personas que me permitió conocer de las que aprendí y admirare el resto de mi vida profesional y personal.

A mis padres Adriana y Jesús dedico este logro por su ayuda, entrega y sacrificio por creer en mi cada día y hacer suyo este sueño, por cada palabra correcta en el momento indicado, por ser los promotores de mis sueños e impulsarme a ser mejor cada día, por su compañía en las noches largas de estudio y por darme su admiración y respeto cuando lo he requerido. Gracias a Jaime por brindarme su apoyo incondicional para cumplir una meta más, por pertenecer al núcleo de mi vida y así brindarme su apoyo moral y económico en cada instante que lo he necesitado, a mi hermana por ser mi impulso y proyección, a mi abuelo y tía que me han dado las bases para ser la persona que hoy soy. Así mismo, agradezco a toda mi familia por amarme y acompañarme en cada decisión y desacierto.

Agradezco a cada ingeniero, profesor, compañero y persona que fueron de ayuda durante los días difíciles y me brindaron una mano sin esperar nada a cambio.

Al director de tesis Ricardo Vera quien con su conocimiento y enseñanza promovió el desarrollo de este trabajo. Además, a los ingenieros Elizabeth Torres y Edgar Moreno por su dirección y colaboración en cada etapa de la propuesta.

Por último, agradezco a los directivos y profesores de la Fundación Universidad de América que permitieron mi desarrollo profesional y personal de los cuales tendré muchas cosas que agradecer en el camino que me espera por recorrer.

Dayana Yineth Álvarez Vanegas

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los Criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
LISTA DE ABREVIATURAS	16
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES	20
1.1 El cannabis	20
1.2 Caracterización filogenética	20
1.3 Descripción física	22
1.4 Tipos de cannabis	24
1.5 propiedades del cannabis	25
1.6 aceite esencial del cannabis	26
1.7 tipos y condiciones de cultivo	26
1.8 Metabolitos secundarios en el cannabis	26
1.8.1 Flavonoides	27
1.8.2 Cannabinoides	28
1.8.3 Tipos de cannabinoides	28
1.8.4 Terpenos	29
1.8.5 Cuantificación de metabolitos	31
1.9 Métodos de extracción para el aceite esencial de cannabis	32
1.9.1 Método de extracción con Disolventes	32
1.9.2 Hidrodestilación	34
1.9.3 Hidrodestilación asistida por microondas	35
1.9.4 Extracción por fluidos súper críticos	36
1.9.5 Extracción en fase solida	37
1.9.6 Extracción por prensado	38
1.10. Escalamiento procesos farmacéuticos	39
1.11. Métodos de tomas de decisiones modelo ahp	40
1.11.1. Representación jerárquica	41

1.11.2. Desarrollo modelo AHP para la selección del método de extracción	42
1.11.3. Selección de la alternativa	42
1.12. Indicadores financieros de un proyecto	43
1.12.1. TIR	43
1.12.2. VAN	43
1.12.3. Relación costo beneficio	43
2. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE OBTENCIÓN	44
2.1. Métodos de extraccion	44
2.2. Desarrollo modelo ahp para la selección del método de extracción	50
2.2. Primera etapa	53
2.4. Segunda etapa	57
2.5. Tercera etapa.	61
2.6. Cuarta etapa	66
2.7. Quinta etapa.	70
2.8. Sexta etapa.	74
3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA PLANTA PILOTO	76
3.1. Capacidad de la planta	76
3.1.1. Tiempos de operación	76
3.1.2 Tiempos de Operación y Funcionamiento	77
3.2. Proceso planteado	78
3.2.1. Diseño de proceso	78
3.2.2. Diagrama de caja negra	80
3.2.3. Diagrama de bloques	80
3.2.4. Definición de condiciones.	82
3.2.5. Diagrama PFD	85
3.2.6. Diagrama de control de variables	85
3.3. Descripción de equipos	89
3.3.1. Lavado y desinfectado	89
3.3.2. Secado	89
3.3.3. Molienda	90
3.3.4. Extracción	91
3.3.5. Separadores en el equipo de fluidos super críticos.	92

3.3.6. Almacenamiento	93
3.3.7. Equipos de servicio	95
3.4. Balance de materia	101
4. ANALISIS TECNICO FINANCIERO	104
4.1. Costos de equipos de producción	104
4.2. Costos mano de obra. propuesta nomina planta piloto	105
4.2.1. Salarios y funciones.	106
4.3. Depreciación equipos	110
4.4. Costos por unidad	111
4.4.1. Estudio de mercado:	111
4.5. Presupuesto cif	113
4.6. Proyección de unidades para producir y vender	117
4.6.1. Costos Variables por unidad	118
4.7. Ventas	118
4.8. Resumen general	119
4.9. Estado de resultados del proyecto	120
4.9. Flujo de caja	121
4.10. Indicadores financieros	123
4.10.1. Proyección negativa	123
4.10.2. Proyección trabajando 2 turnos (16 horas)	127
5. CONCLUSIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	135
ANEXOS	153

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones Taxonómicas del Cannabis.	21
Tabla 2. Disolventes más utilizados para la obtención de aceites esenciales	33
Tabla 3. Artículos de referencia para el desarrollo de la calificación.	45
Tabla 4. Resumen los factores que se van a desarrollo en el modelo de AHP, para la toma de la decisión.	51
Tabla 5. Tabla de Criterio de calificación	52
Tabla 6. Comparación de criterios en la primera etapa de desarrollo del modelo	54
Tabla 7. Solventes usados por método de extracción	58
Tabla 8. Criterio de comparación en la segunda etapa de desarrollo del modelo	59
Tabla 9. Tecnologías de extracción con respeto a la variabilidad de terpenos	62
Tabla 10. Criterio de comparación en la tercera etapa de desarrollo del modelo	63
Tabla 11. Comportamiento de las tecnologías de extracción con respecto al rendimiento	67
Tabla 12. Criterio de comparación tercera etapa de desarrollo del modelo	67
Tabla 13. Tecnologías de extracción	71
Tabla 14. Criterio de comparación quinta etapa de desarrollo del modelo	71
Tabla 15. Operaciones en el proceso	76
Tabla 16. Ecuación de búsqueda para el diseño de proceso.	78
Tabla 17. Revisión Bibliográfica para el diseño del método de fluidos súper riticos	79

Tabla 18. Condiciones de operación	83
Tabla 19. Gastos energéticos de operación	84
Tabla 20. Balance de Materia	103
Tabla 21. Plan de inversión equipos para extracción de aceite esencial de cannabis con alta concentración de terpenos	104
Tabla 22. Salarios y funciones	106
Tabla 23. Nomina cargos administrativos trabajando a un turno (8hr)	108
Tabla 24. Depreciación para los equipos de la planta	110
Tabla 25. Presupuesto de depreciación por años de proyección	111
Tabla 26. Costo unidad para materia prima e insumos.	113
Tabla 27. Presupuesto CIF	115
Tabla 28. Crecimiento del sector	117
Tabla 29. Unidades a producir y vender nacional	117
Tabla 30. Costos variables por unidad	118
Tabla 31. Ventas por años	118
Tabla 32. Arriendo bodega	119
Tabla 33. Resumen general.	120
Tabla 34. Estado de resultados	120
Tabla 35. Flujo de caja	122
Tabla 36. Indicadores financieros	123

Tabla 37. Presupuesto general proyección negativa	124
Tabla 38. Estado de resultados proyección negativa	124
Tabla 39. Flujo de caja proyección negativa	125
Tabla 40. Indicadores financieros proyección negativa	126
Tabla 41. Presupuesto CIF (2 turnos 16 horas de operación)	127
Tabla 42. Unidades a producir y vender nacional (2 turnos 16 horas de operación)	128
Tabla 43. Costos variables por unidad (2 turnos 16 horas de operación)	128
Tabla 44. Ventas por años (2 turnos 16 horas de operación)	129
Tabla 45. Presupuesto general (2 turnos 16 horas de operación)	129
Tabla 46. Estado de resultados (2 turnos 16 horas de operación)	129

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Árbol filogenético del Cannabis.	22
Figura 2. Partes de la planta del Cannabis.	23
Figura 3. Diferencias físicas de la flor del cannabis.	24
Figura 4. Flavonoides	27
Figura 5. Cannabinoides	28
Figura 6. Monoterpenos	29
Figura 7. Sesquiterpenos.	30
Figura 8. Método de hidrodestilación	34
Figura 9. Montaje del método de extracción de aceites esenciales por hidrodestilación asistida por microondas.	35
Figura 10. Diagrama de fases.	36
Figura 11. Extracción por fluidos super críticos	36
Figura 12. Fases extracción fase sólido.	38
Figura 13. Extracción por prensado.	39
Figura 14. Analítico Jerárquico (AHP en sus siglas por Analytic Hierarchy Process)	41
Figura 15. Escalas de comparaciones AHP	42
Figura 16. Desarrollo modelo AHP para la selección del método de extracción	53
Figura 17. Primera Etapa.	54

Figura 18. Matriz de calificación entre criterios	57
Figura 19. Diagrama de flujo segunda etapa	58
Figura 20. Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio inocuidad según el decreto número 677 de 1995	61
Figura 21. Tercera etapa	62
Figura 22. Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio variedad de terpenos en la muestra	66
Figura 23. Cuarta Etapa	66
Figura 24. Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio rendimiento de extracción	70
Figura 25. Quinta etapa	70
Figura 26. Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al flexibilidad del proceso	74
Figura 27. Matriz de calificación final selección de alternativa	75
Figura 28. Diagrama Gantt	77
Figura 29. Diagrama caja negra del proceso	80
Figura 30. Diagrama de Bloques	81
Figura 31. Diagrama de proceso PFR	87
Figura 32. Diagrama de Control de Variables	88
Figura 33. Elevadores de pulverización	89

Figura 34. Secado al vacío	90
Figura 35. Molino de martillo	91
Figura 36. Planta de fluidos super críticos	92
Figura 37. Esquema de los separadores ciclónicos presentes en el equipo de SFE.	93
Figura 38. Contenedor de CO2.	94
Figura 39. Contenedor de aceite	95
Figura 40. Funcionamiento de un condensador	96
Figura 41. Bomba pistón	97
Figura 42. Funcionamiento de una válvula de cheque o unidireccional	98
Figura 43. Válvula En-Off	99
Figura 44. Válvula de alivio de presión y/o seguridad.	99
Figura 45. Válvula de regulación de presión anterior (BPR)	100
Figura 46. Balance de materia diagrama	101
Figura 47. Organigrama cargos	105
Figura 48. Bodega de almacenamiento	119

LISTA DE ABREVIATURAS

THC: tetrahidrocannabinol

CBD: cannabidiol

CO₂: Dióxido de carbono

FSC: Fluidos súper críticos

MOD: Mano de obra directa

MOI: Mano de obra indirecta

CIF: Costos indirectos de fabricación

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor actual neto

AHP: Analytic Hierarchy Process

BFD: Diagrama de bloques

PFD: Diagrama de flujo de proceso

RESUMEN

Inicialmente, se plantea los aspectos generales de interés dentro del proyecto para la planta *cannabis*, conllevando así al estudio de los métodos propuestos por el análisis AHP basado en criterios que representan dominio en la selección del sistema, dando como resultado el método de fluidos súper críticos para el diseño en donde se analiza condiciones de afectación directa e indirecta al proceso, capacidad de planta, tiempo de operatividad , balance de materia e ilustración de equipos seleccionado de la revisión bibliográfica. No obstante, el análisis financiero de la planta piloto se determinó teniendo en cuenta el costo de la inversión inicial, los ingresos, la tasa interna de retorno, la relación costo beneficio que consecuente con esto ofrece un proceso sustentable, rentable y amigable con el medio ambiente

Palabras clave: Cannabis, Metabolitos, Terpenos, análisis AHP, fluidos súper crítico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar de la viabilidad técnico-financiera de la obtención de terpenos partiendo del *cannabis*, basada en el estado del arte

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Seleccionar el método de obtención de acuerdo a la revisión bibliográfica.
2. Determinar las condiciones de operación del proceso a nivel planta piloto.
3. Realizar el análisis de costos de la planta piloto del proceso seleccionado.

INTRODUCCIÓN

El *cannabis* de uso medicinal se ha extendido comercialmente en un mayor número de países en los últimos años, como producto de la investigación científica que demuestra sus efectos beneficiosos para la salud humana. Colombia es el país que lidera la industria emergente del *Cannabis* en América Latina por varios factores, entre ellos su ubicación geográfica que favorece el cultivo de este, su estructura aeroportuaria, marítima y su bajo costo de mano de obra. Además, que desde los últimos cuatro años cuenta con un marco regulatorio en este sector, lo que ha traído mayor interés en la inversión de proyectos nacionales y extranjeros.

La extracción del aceite de *cannabis* a partir de la planta por fluidos supercríticos es una de las tecnologías que actualmente ha demostrado mayor eficiencia y pureza frente a otros métodos tradicionales. Al usar este tipo de tecnología se asegura la separación de los compuestos de interés del *cannabis* (cannabinoides y terpenoides) a altas concentraciones.

Ciertamente la industria del *cannabis* resulta en una fuente importante de actividad económica para Colombia, con una proyección de crecimiento sin precedentes. Por esta razón, la propuesta proyecta económicamente la implementación de una planta piloto industrial que generará oportunidades a nivel económico como fuente de empleo y desarrollo social, proporcionando así un proceso rentable y amigable con el medio ambiente.

1. GENERALIDADES

En el presente capítulo se describen las generalidades sobre el *cannabis*, los tipos de *cannabis*, las condiciones de cultivo adecuadas para está, los metabolitos que posee como flavonoides, cannabinoides y terpenos, entre otros, Los terpenos más relevantes, los métodos de extracción para la obtención de terpenos como la extracción por disolvente, Hidrodestilación, Hidrodestilación asistida por microondas, SPE y SFE y por último las técnicas de cuantificación para los mismos.

1.1 El cannabis

El *cannabis* popularmente conocida como marihuana es una planta anual, dioica, originaria de las cordilleras del Himalaya, es una especie vegetal con múltiples propiedades terapéuticas y medicinales que históricamente ha sido utilizada como medicamento (El término medicinal se refiere el uso de toda la planta medicinal sin procesar, o de sus extractos básicos que se utilizan para tratar ciertos síntomas de enfermedades y otros trastornos [1], fuente de alimento y planta maestra en diversas tradiciones espirituales y culturales [2].

La especie vegetal a lo largo de la historia se ha utilizado como materia prima para la fabricación de múltiples productos tales como textiles, papel y combustible, así mismo se considera como uno de los cultivos más valiosos de la antigüedad.

1.2 Caracterización filogenética

Inicialmente se clasifica esta planta según su sistema cladístico (método moderno que permite definir el antepasado común de diferentes especies, definiéndose como monofiléticas), es importante resaltar que la clasificación de la especie de estudio se realiza mediante el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS), es una asociación dedicada a ser la fuente que suministra información verdadera y confiable sobre la taxonomía de las especies biológicas en el mundo. Se define esta especie como:

«(...) la especie *Marihuana sativa* L. Pertenece al género *Marihuana*, la cual pertenece a la familia *Cannabaceae*. Por consiguiente, junto con otras tres familias, conforman el suborden (informal) de los Rosales (*Urticalean rosids*). Junto con las rosáceas urticantes, otras cinco familias pertenecen a la orden de los rosales, entre las que se encuentran las rosáceas (rosa) y las ramnáceas (espino cerval), [3]». De acuerdo con lo anterior el doctor

Benítez Gómez propone las características taxonómicas de la planta de estudio de acuerdo con la tabla 1:

Tabla 1.

Especificaciones Taxonómicas del Cannabis.

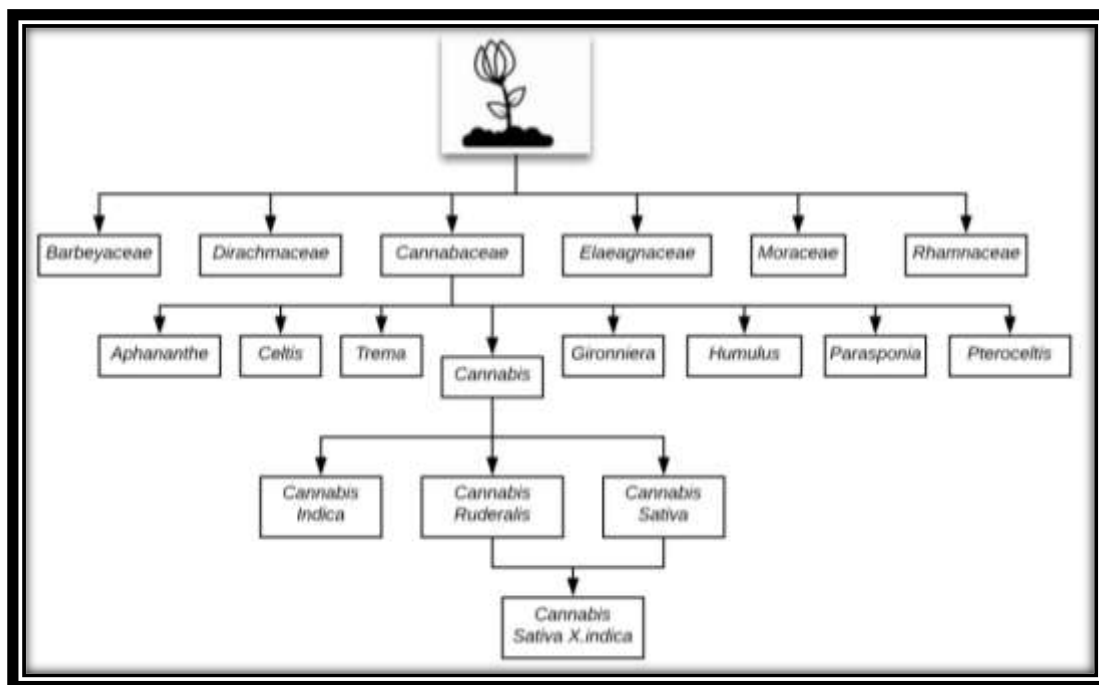
ESPECIFICACIONES	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Urticales</i>
Familia	<i>Cannabaceae</i>
Género	<i>Cannabis</i>
Especie	<i>C. sativa</i>

Nota. Especificaciones taxonómicas de la planta del *Cannabis* tomado de: B. Glory. G. Benitez, 2Slideshare,” 22 febrero 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/glorybenitez1/cannabis-sativa-44996207>. [Último acceso: 15 julio 2020].

La clasificación de la familia *Cannabaceae* en el sistema cladístico (figura 1), aporta información acerca del árbol filogenético, el comportamiento de los diferentes compuestos presentes en la especie para así evaluar la manera que estos posiblemente sean utilizados a nivel industrial.

Figura 1.

Árbol filogenético del Cannabis.



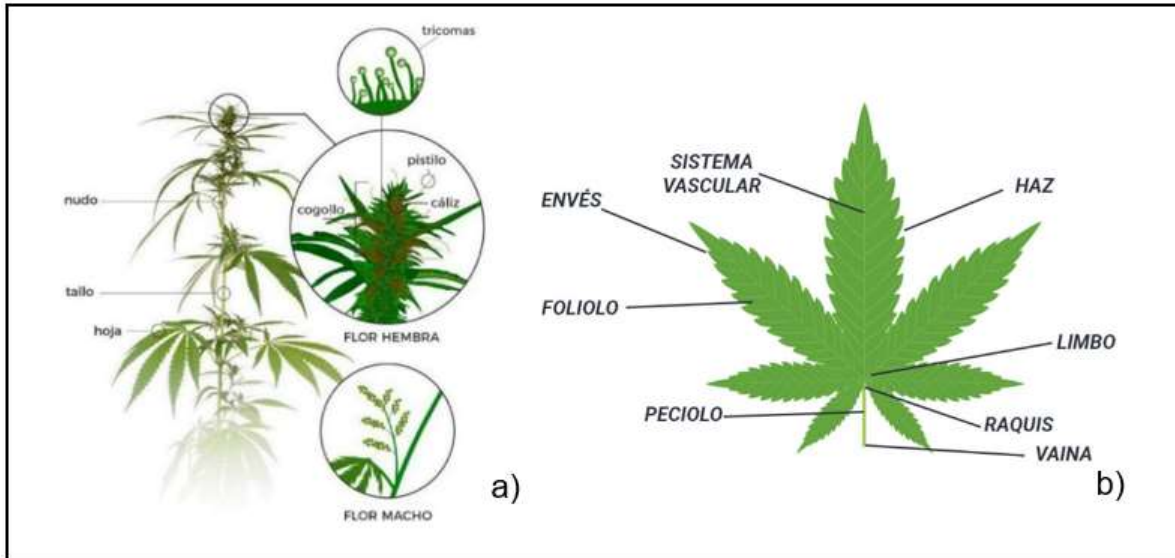
Nota. Sensi Seeds. Árbol filogenético del *Cannabis* tomado de: S. Sensi, Sensi Seeds, “Sensi Seeds,” 12 Diciembre 2019. [En línea]. Disponible en: <https://sensiseeds.com/es/blog/el-arbol-genealogico-de-la-marihuana-cannabaceae-y-filogenetica/>.

1.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA

El *cannabis* está constituido por un tallo firme que puede llegar hasta los seis metros de altura, cuyo propósito es brindar soporte y estabilidad a las hojas, por medio de estructuras que brindan firmeza y orientación para la unión de todas las partes de la planta (Sistema vascular de la planta - Foliolos), la Figura 2 presenta las partes generales e importantes del tallo y la hoja del *cannabis*.

Figura 2.

Partes de la planta del Cannabis.



Nota. a). Partes de la planta del *Cannabis*. Tomado de Martillaplant, Martillaplant, “MartillaPlant,” 12 febrero 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.matillaplant.com/blog-marihuana/tricomas-de-marihuana-que-son-como-funcionan/>. b) Partes de la hoja del *Cannabis*. Tomado de: L.C Semillas., Semillas Law Cost, “Especialistas en semillas,” 2 Octubre 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.semillaslowcost.com/blog/hojas-de-marihuana/>.

De igual forma en la temporada de septiembre a diciembre se genera la flor de esta especie sea hembra o macho, se establece que las flores hembra contienen una capa gruesa llamada resina producida por *tricomas* (glándulas en forma de hongos encargados de fabricar de compuestos), caracterizadas por poseer cannabinoides, terpenoides y de más metabolitos secundarios que amplían su potencial medicinal. Eventualmente la diferencia física que se encuentra entre las flores de la hembra y el macho es que la flor-hembra “no llega a estar cerrada, sino que es mucho más abierta y de ella sobresalen los pistilos” [7]. En la ilustración 4 se presentan las diferencias físicas los dos especímenes.

Figura 3.

Diferencias físicas de la flor del cannabis.



Nota. Iwanna Grow. Diferencias físicas de la flor del *cannabis*. Tomado de: G. Iwanna, Iwanna Grow, “Iwanna Grow,” Iwanna Grow, 28 Noviembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.iwannagrowshop.com/blog/como-distinguir-una-planta-de-marihuana-macho-de-una-hembra/>.

1.4 Tipos de *cannabis*

Debido a la clasificación filogenética, el *cannabis* se divide en tres especies más. Esto se debe a que su cantidad de cannabinoides, terpenoides y otros compuestos que varían entre sí. Inicialmente se encuentra la especie *sativa*, una de las más utilizada y conocida industrialmente, debido a sus altas concentraciones de cannabinoides y terpenoides resulta ser de gran interés en el campo medicinal, esta especie se caracteriza por tener una “hoja con puntas largas, finas y esta cuenta con cogollos de largas colas” [9]. A diferencia de la *indica* cuyos cogollos o flores son más compactas y grandes que le permite poseer otras especificaciones utilizadas en diferentes campos, su etapa de floración es corta y esto genera más productividad “usándolas como medicamento para aliviar el dolor muy severo de las enfermedades crónicas que al comparar el *cannabis* con otros medicamentos convencionales se evidencia mejores resultados al utilizar el *Cannabis*” [9]. Por otro

lado, la especie *Rudularis* florece según su edad por esta razón ella no trabaja con el fotoperiodo y sus etapas de floración se logran al alcanzar su madures sin tener otras variables en cuenta.

En relación con las zonas de cultivo de la *Sativa* e *Indica* estas se encuentran en las zonas del trópico en “regiones selváticas que cuenten con un porcentaje de humedad alta, así como con una constante exposición de luz solar como Jamaica, Brasil, Colombia, México y Centro África” [9]. A diferencia de la *Rudularis* esta se ubica en zonas del noroeste de Europa, donde no se obtienen condiciones óptimas de hidratación y exposición solar, lo que reduce la producción de cannabinoides, terpenoides y otros compuestos.

Sin embargo, las especies mencionadas anteriormente no son las únicas encontradas, dentro de las variedades de la sativa se encuentran otras Orange Bud, Utopía Haze, Panama Haze, entre otras. En esta categoría la planta *Sativa* es cruzada con las otras clases como la *Rudularis*, la *Indica* y semillas de auto floración que pretenden obtener diversos grupos de plantas en donde puedan compartir algunas condiciones de cultivo, pero diferir en la proporción de sus metabolitos (THC y CBD) que establecen su utilización industrial. Por otra parte, dentro de los grupos mencionados anterior mente se denota la clase de *Cannabis* azulada o Morada que hace parte del tipo de cepas presentadas a lo largo de los años “con coloraciones en los bancos de semillas, por esta razón se han custodiado debido su gran importancia” [9] y ha permitido renombrarlas como *Súper Sativas*, *Súper Índicas* o *Súper Autos*, pero sin ser utilizadas hasta hoy a nivel industrial.

1.5 Propiedades del *cannabis*

Los efectos medicinales y/o farmacológicos del *cannabis* dependen de la especie, generalmente la más aprovechada es la sativa, por su composición de cannabinoides y terpenoides en comparación con otras especies contiene mayor concentración. De forma general, el uso medicinal del *cannabis* produce efectos como: Sensación de euforia, relajación y sedación; efecto analgésico y antiinflamatorio; estimulación del apetito; reducción de náuseas y vómitos; acciones favorables sobre el tono muscular y la coordinación motora; disminución de la presión intraocular; hipotermia; Acciones sobre el aparato respiratorio tales como dilatación de los bronquios; efectos cardiovasculares como hipotensión y taquicardia; efectos neuroendocrinos como disminución en la liberación de distintas hormonas sexuales e incremento en la liberación de hormonas

relacionadas con las respuestas al estrés; efectos inmunomoduladores: en dosis bajas estimula las respuestas del sistema inmunológico y en dosis altas, las disminuye [10].

1.6 Aceite esencial del *cannabis*

Se caracteriza por ser una mezcla de sustancias químicas de fragancias extraídas de hojas y flores de diversas especies del *cannabis*, que se obtiene por medio de diferentes métodos tales como, disolventes (butano, alcohol isopropílico, etanol o hexano), hidrodestilación, hidrodestilación asistida por microondas, fluidos supercríticos, extracción en fase líquida y sólida, y por prensado en donde se parte de la obtención de las flores o cogollos, este es un producto resinoso y pegajoso utilizado con fines medicinales por lo que se ha hecho popular en Francia y otros países de Europa tanto para medicina alternativa como fármacos.

1.7 Tipos y condiciones de cultivo

Las condiciones de cultivo de las semillas de *cannabis* a nivel mundial se determinan inicialmente por el tipo de cultivo (interior o exterior), el cultivo exterior incrementa los daños en las paredes de la planta, por otra parte, el cultivo interior aumenta la dificultad para la detección de las etapas de cultivo. Diversos estudios de la revista *Semillas De Marihuana* propone como la mejor manera de cultivar el *cannabis*, sea por vía interna (sótanos o áticos) en donde “la temperatura ideal para plántulas es de 20 a 25°C, mientras que cuando la planta crece la temperatura puede aumentar a los 28°C, cuando las luces están apagadas, la planta funciona mejor a 18 °C de temperatura” [11]. Las temperaturas de producción de cogollos facilitan las cuatro etapas de producción del *cannabis* (Plántulas y clone, Crecimiento vegetativo, etapa de floración y secado y curado) cuya variabilidad depende de la temperatura que tiene la planta, por medio de esta se garantiza el ciclo de vida de la misma y permite que el agricultor tenga el control de la etapa de floración. (Teniendo en cuenta los estudios realizados en Temperatura del Cultivo de Marihuana 2020)

1.8 Metabolitos secundarios en el *cannabis*

El *cannabis* es una medicina herbal compleja que contiene varias clases de metabolitos secundarios, esta planta se compone por aproximadamente 104 cannabinoides, 120 terpenoides

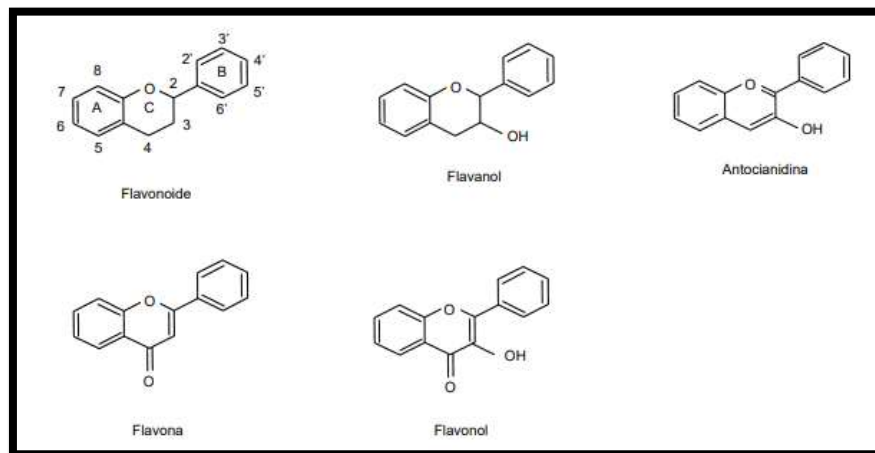
(incluidos 61 monoterpenos, 52 sesquiterpenos y 5 triterpenos), 26 flavonoides (Dan Jin, 2020) [12].

1.8.1 Flavonoides

Son metabolitos secundarios polifenólicos conformados por un grupo cetona y normalmente pigmentos de coloración. Existen alrededor de 5.000 flavonoides diferentes. Los flavonoides se pueden clasificar en cuatro grupos principales: Flavonoides, isoflavonoides, neoflavonoides, antocianos [12] encontrados principalmente en vegetales, semillas, frutas y en bebidas como el vino y cerveza. No obstante, se ha comprobado que algunos flavonoides poseen acciones prooxidantes, éstas se producen sólo a dosis altas, produciendo efectos antiinflamatorios, antivirales o antialérgicos, y su papel protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diversas patologías [13]. En la figura 4 están las principales estructuras de los flavonoides.

Figura 4.

Flavonoides



Nota. Flavonoides. Tomado de: Martínez-Flórez, J. González-Gallego, J. M. Culebras* y M.^aJ, Nutrición hospitalaria, “S. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes”, 2002, Disponible en : <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

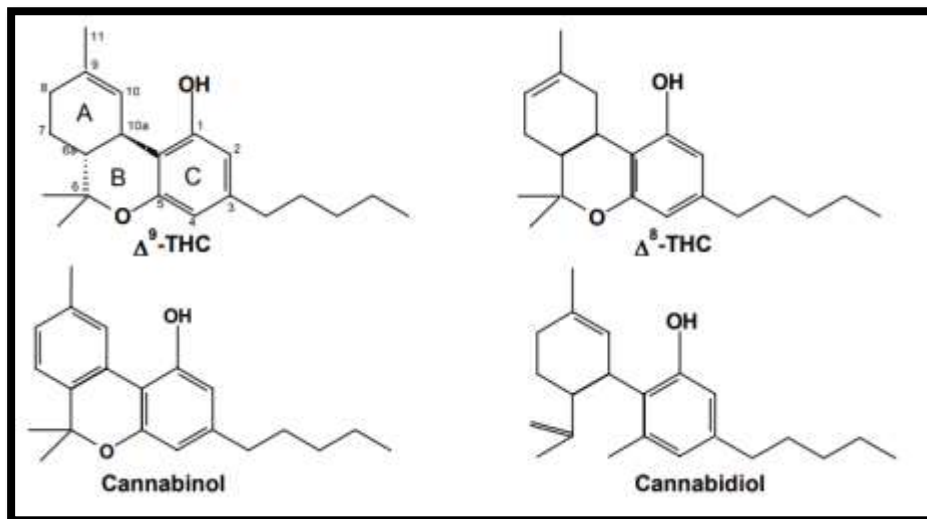
Se caracterizan por ser de naturaleza fenólica, poseer dos o más anillos aromáticos bencénicos generalmente unidos por un puente de 3 átomos de carbono, dentro de su estructura pueden poseer grupos funcionales como alcoholes, éteres y cetonas como se evidencia en la figura 4

1.8.2 Cannabinoides

Los cannabinoides son compuestos químicos que tienen influencia en los receptores cannabinoides presentes en humanos y ciertos mamíferos. Los receptores cannabinoides ejercen un impacto directo sobre la liberación de neurotransmisores en el cerebro [14].

Figura 5.

Cannabinoides



Nota. Flavonoides. Tomado de: Martínez-Flórez, J. González-Gallego, J. M. Culebras* y M.^aJ, Nutricion hospitalaria1, “S. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes”, 2002, Disponible en : <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

1.8.3 Tipos de cannabinoides

Fitocannabinoides: Los fitocannabinoides son aquellos compuestos cuya característica principal es poseer 21 átomos de carbono, este tipo de cannabinoides se presentan únicamente en la especie *Cannabis sativa* L, la cual posee la capacidad de sintetizar los fitocannabinoides ácidos no psicoactivos, los tales como Δ^9 -THCA, CBDA, CBGA, CBCA.

Los fitocannabinoides ácidos se descarboxilan en el proceso de secado, por lo tanto, someter a la planta a procesos de secado de larga duración disminuiría la concentración de fitocannabinoides en esta. [15]

Endocannabinoides: Los endocannabinoides son derivados de ácidos grasos poli-insaturados, entre los endocannabinoides identificados hasta ahora se encuentran la anandamida (N-araquidonil-etanolamida, AEA), 2-araquidonil-glicerol (2-AG), éter del 2-araquidonil-glicerol (éter

de noladín), O-araquidoniletanolamina (virodhamina), la N-araquidonil-dopamina (NADA). [16], son producidos por la mayoría los organismos del reino animal y junto con los receptores cannabinoides conforman el sistema endocannabinoide, el cual tiene gran importancia en los procesos fisiológicos [15].

Cannabinoides sintéticos: Son de origen químico, no provienen de ninguna especie de *cannabis*, como por ejemplo el dronabinol (Δ^9 -THC sintético), que es el principio activo para las tratar náuseas, los vómitos, la pérdida de apetito y la pérdida de peso. [15]

1.8.4 Terpenos

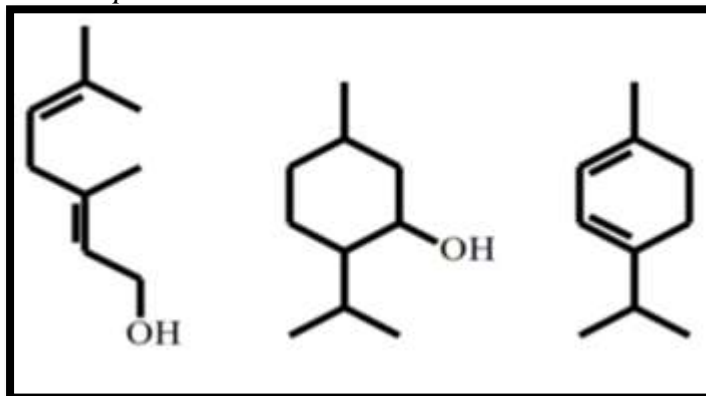
Los terpenos son compuestos orgánicos aromáticos y volátiles que están conformados por cinco átomos de carbono, los cuales constituyen la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas, este metabolito secundario aporta las propiedades organolépticas a las frutas, alimentos y demás, las cuales son las responsables del olor y sabor [12].

a) Estructura química de los terpenos

Mono terpeno: Se generan por la unión de dos moléculas de isopreno. [17], estos se encuentran en los aceites esenciales extraídos de plantas, frutas, verduras, especias y hierbas, son compuestos C₁₀ acíclicos, monocíclicos o bicíclicos sintetizados por monoterpenos sintasas utilizando geranil pirofosfato. [17]

Figura 6.

Monoterpenos.

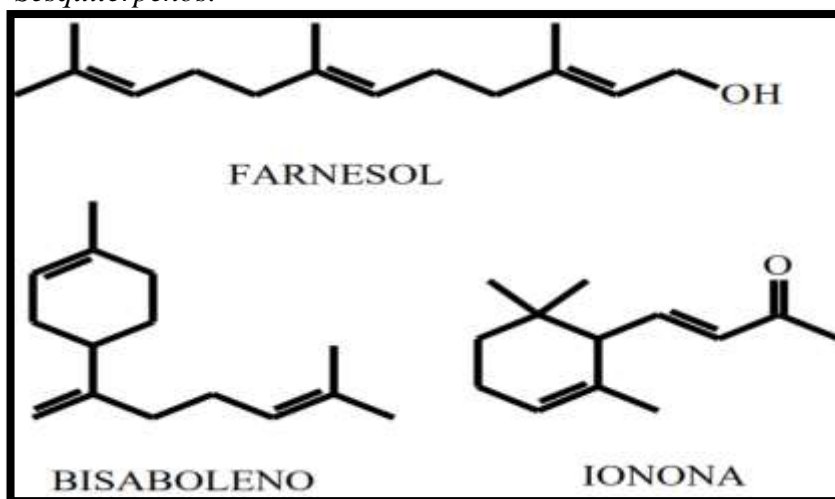


Nota. Monoterpenos. Universidad de Antioquia, Tomado de: Martínez, Alejandro, “Aceites Esenciales”, 2003, Disponible en: http://www.med-informatica.com/observamed/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

Sesquiterpenos: están formados por la unión de tres moléculas de isopreno, siendo los menos volátiles y los que poseen mayor potencial estereoquímica de todos los terpenos, por otra parte, son los terpenos que poseen mayor potencial con respecto a la estereoquímica [17]

Figura 7.

Sesquiterpenos.



Nota. Sesquiterpenos, Universidad de Antioquia, Tomado de: Martínez, Alejandro, “Aceites Esenciales”, 2003, Disponible en: http://www.med-informatica.com/observamed/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

b) Propiedades de los terpenos

Así como el THC interactúa con los receptores del sistema endocannabinoide situados en el cerebro, algunos terpenos también lo hacen y pueden llegar a modificar la cantidad de THC que pasa la barrera hematoencefálica (la cual evita que sustancias nocivas entren al cerebro, esta separa el cerebro de la sangre). Teniendo en cuenta que cada terpeno tiene una estructura diferente, los efectos producidos por uno u otro terpeno varían, donde por ejemplo el Mirceno puede producir un efecto narcótico y relajante y el limoneno promueve la agudeza mental y la concentración. [18]

c) Principales terpenos

Entre los principales y más comunes tipos de terpenos se encuentran los siguientes:

- **Mirceno:** El mirceno o β -mirceno es un mono terpeno, este se encuentra en mayor abundancia en la planta del *cannabis*, en concentraciones aproximadas del 50% en el esencial de la planta, su aroma se describe terroso y herbal. El mirceno es precursor de otros terpenos, se cree que el *cannabis* con un nivel de mirceno por encima del 0.5 % en su composición, tiende a producir un narcotizante, relajante podría ser efectivo para el tratamiento de problemas de insomnio. Además de esto se entiende que posee propiedades antiinflamatorias, antibióticas y antimutagénicas. [18]
- **Pineno:** El pineno es un monoterpeno bicíclico, es el responsable del aroma a pino y abeto. Existen dos isómeros estructurales de pinenos presentes en la naturaleza: α -pineno y β -pineno, siendo el primero el más abundante en el medio natural. Este terpeno tiene una función protectora en la planta del *cannabis*, alejando a los depredadores [18]
- **Limoneno:** Este monoterpeno monocíclico es el produce el olor cítrico en algunas variedades de *cannabis*. Las variedades con niveles altos de limoneno producen un efecto vigorizante. También conocido por sus propiedades antibacterianas, antioxidantes, antifúngicas y como estimulante psicológico para el ser humano, en especial por su capacidad para elevar el estado de ánimo, el limoneno podría contribuir al tratamiento de enfermedades como la depresión o los trastornos de ansiedad. [18]
- **Cariofileno:** El β -Cariofileno, es un sesquiterpeno presente en la composición del *cannabis*, este componente genera en algunas especies cannábicas tengan el aroma amaderado, siendo uno de los principios activos de la pimienta negra. Por otra parte este terpeno. [18]
- **Linalol:** Este monoterpeno posee un aroma que se ha descrito como floral y lavanda, se encuentra en altos niveles en la planta de la lavanda. Su efecto ansiolítico y relajante ha sido foco de investigación para combatir el insomnio, así mismo posee propiedades antiinflamatorias y anticonvulsivantes. [18]
- **Humuleno:** Este sesquiterpeno conocido como α -humuleno o α -cariofileno es un isómero del β -cariofileno, es decir son isómeros. Aparte de encontrarse en la planta del *cannabis*, Se le atribuyen propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y anorexígenas (que hace disminuir el apetito), y ha sido utilizado mezclado con β -cariofileno como remedio para la inflamación en la medicina tradicional china [18]

1.8.5 Cuantificación de metabolitos

Cromatografía de gases con espectrometría de masa.

Es una técnica empleada para separación, identificación y cuantificación de los componentes de una mezcla de sustancias. La cromatografía de gases se lleva a cabo en una columna cerrada en la cual se encuentra la fase estacionaria y por la cual se hace pasar el gas portador (fase móvil), los componentes de la muestra se introducen a través del inyector, la temperatura debe ser la adecuada para que pueda permitir la evaporización de estos componentes. [19]

1.9 Métodos de extracción para el aceite esencial de *cannabis*

En los procesos de extracción de aceite esencial de *cannabis*, usualmente los métodos más empleados son: extracción con disolventes, hidrodestilación, hidrodestilación asistida con microondas, fluidos súper críticos, fase sólida y prensado.

1.9.1 Método de extracción con Disolventes

Es un proceso, que por interacción de una fase sólida o líquida se separan los componentes de una mezcla, empleando un disolvente, dado el carácter apolar de los aceites, generalmente se utiliza disolventes orgánicos que permiten una mayor eficiencia selectiva en el aceite de interés. “Este tipo de procesos se basan en la transferencia selectiva del compuesto desde una mezcla sólida o líquida con otros compuestos hacia una fase líquida en donde generalmente se utiliza un compuesto inorgánico” [20]. Operando con este principio, un disolvente logra la separación selectiva o eliminar las impurezas que acompañan dicha mezcla y lograra separa el aceite esencial o metabolito de interés.

a) Características de un disolvente de extracción

Los disolventes utilizados para la extracción de aceite esencial de *cannabis* debe contar con propiedades físicas como son: poca miscibilidad con otro disolvente; la solubilidad del componente deseado en el disolvente de extracción sea mayor a la del disolvente original; la solubilidad sea directa con el compuesto de interés y no con otros; contar con un punto ebullición bajo con el fin de poder recuperarlo posterior al proceso, ser atoxicó, inflamable para favorecer la manipulación de dichos disolventes.

b) Disolventes más utilizados en la extracción

En la industria y a nivel de investigación se encuentra que en este método los disolventes orgánicos, más empleados se pueden observar en la tabla 2, en la extracción de aceites esenciales de diferentes plantas:

Tabla 2.

Disolventes más utilizados para la obtención de aceites esenciales.

NOMBRE	FÓRMULA	DENSIDAD (G/ML)	Tebulidad (°C)	PELIGROSIDAD
DISOLVENTES DE EXTRACCIÓN MENOS DENSOS QUE EL AGUA				
ÉTER DIETÍLICO	$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$	0,7	35	Muy inflamable, tóxico
HEXANO	C_6H_{14}	$\approx 0,7$	> 60	Inflamable
BENCENO	C_6H_6	0,9	80	Inflamable, tóxico, carcinógeno
TOLUENO	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	0,9	111	Inflamable
ACETATO DE ETILO	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	0,9	78	Inflamable, irritante
Disolventes de extracción más densos que el agua				
DICLOROMETANO	CH_2Cl_2	1,3	41	Tóxico
CLOROFORMO	CHCl_3	1,5	61	Tóxico
TETRACLORURO DE CARBONO	CCl_4	1,6	77	Tóxico

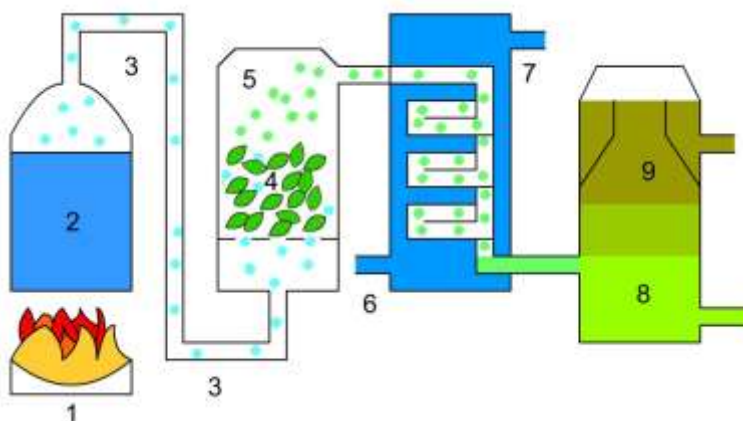
Nota. Disolventes más utilizados para la obtención de aceites esenciales. Tomado de: Diego Muñoz Torrero, Ernesto Nicolás, Luisa Pérez García, Universidad de Barcelona, “Operaciones Básicas en el laboratorio de química”, 2011, Disponible en:

http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_fona.html

1.9.2 Hidrodestilación

Este método de extracción de aceites esenciales su principio fundamental se basa en la interacción de la materia prima en contacto con el vapor de agua saturada a presión atmosférica, la cual genera una solvatación de las moléculas de aceite por exudación desde los tricomas granulares de la materia vegetal. Como primera fase, la materia prima vegetal es cargada al hidrodestilador para que esta forme un lecho fijo y compacto, se adiciona agua que posteriormente se convertirá en vapor sobre calentado con el uso de sistemas de calentamiento, a medida que el vapor tiene contacto directo con el lecho este aumenta su temperatura y va liberando el aceite esencial y como el aceite posee una volatilidad menor al agua se evapora y es arrastrado, finalmente la mezcla entre el aceite esencial y el agua fluyen al condensador donde esta será enfriada a temperatura ambiente. Por último, por diferencia de densidades esta mezcla puede ser separada mediante una decantación en la que se obtiene dos productos el aceite esencial y el hidrolato [21].

Figura 8.



Método de hidrodestilación

Nota. Hidrodestilación de aceites esenciales Plantas y hongos 2019 disponible en : http://www.plantasyhongos.es/glosario/aceite_esencial.htm

1. fuente de calor,
2. agua,
3. vapor de agua,
4. material vegetal,

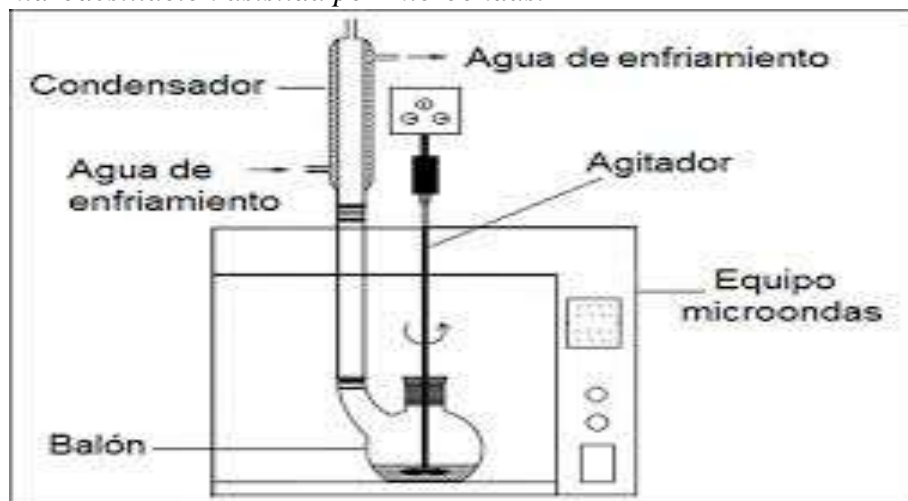
5. vapor de agua con aceites esenciales arrastrados.
6. Entrada de agua fría para condensación en el serpentín,
7. salida de agua calentada,
8. obtención por decantación en superficie del aceite esencial y en el fondo el hidrolato (agua floral).

1.9.3 Hidrodestilación asistida por microondas

Este es un método patentado por J. Paré, utilizado en los últimos años a nivel industrial para la extracción de aceites esenciales, es una técnica eficiente y de fácil accesibilidad económica. Es un sistema compuesto de una unidad que suministra energía por medio de un microondas y la trasfiere a un reactor hasta llegar al punto de ebullición de la sustancia para ser recibida en un condensador donde se obtiene todos los compuestos de interés en forma aceitosa, (figura 8).

Figura 9.

Montaje del método de extracción de aceites esenciales por hidrodestilación asistida por microondas.

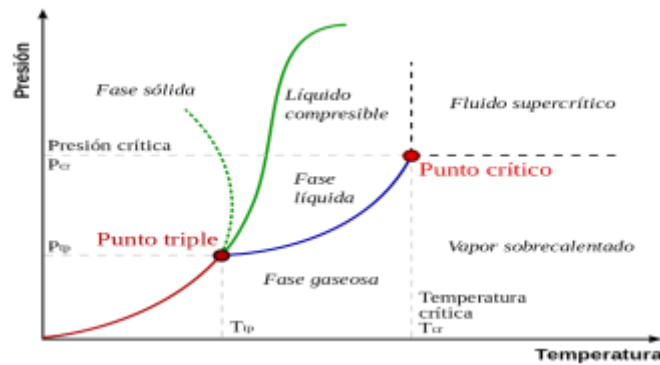


Nota. Montaje del método de extracción de aceites esenciales por hidrodestilación asistida por microondas, Scielo, “Extracción Rápida de Pectina a Partir de maracuyá”, Tomado de: Katty J. Urango-Anaya, Fabián A. Ortega-Quintana, Gabriel Vélez-Hernández* y Ómar A. Pérez-Sierra, Universidad de Córdoba, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n1/0718-0764-infotec-29-01-00129.pdf>.

1.9.4 Extracción por fluidos súper críticos

El proceso de extracción por fluidos supercríticos es un proceso similar a una extracción convencional, la diferencia es en utilizar como disolvente un fluido supercrítico, en lugar de un líquido [23], los fluidos supercríticos son sustancias que a una presión y una temperatura definida se encuentra en entra la fase gaseosa y líquida.

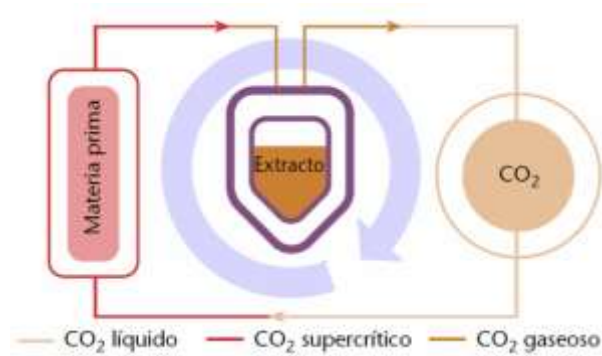
Figura 10. Diagrama de fases.



Nota. Diagrama de fases, Tomado de: Carrasco, Angélica María Castillo. WayBack Meachine, “Construcción de un Diagrama de Fases”, 2003, Disponible en: <https://web.archive.org/web/20160812074026/http://ciencia-basica-experimental.net/1er-curso/fases.htm>

El proceso de extracción fluidos supercríticos, consiste en primero en realizar una presurización, donde la presión es elevada por encima de la presión crítica de la sustancia a emplear como solvente, luego se procede a realizar un ajuste de temperatura, para que el disolvente posea una temperatura mayor a su temperatura crítica, luego sigue el proceso de extracción que sucede cuando el fluido supercrítico entra en contacto con la muestra y termina con la separación, donde el solvente se descomprime a una presión inferior a la crítica, lo que provoca la separación del soluto [24].

Figura 11. *Extracción por fluidos súper críticos*



Nota. Extracción por fluidos súper crítico, Cienceontheceats, 2015. Disponible en: <https://cienciaonthecrest.com/2015/08/19/extraccion-con-fluidos-supercriticos/>

1.9.5 *Extracción en fase sólida*

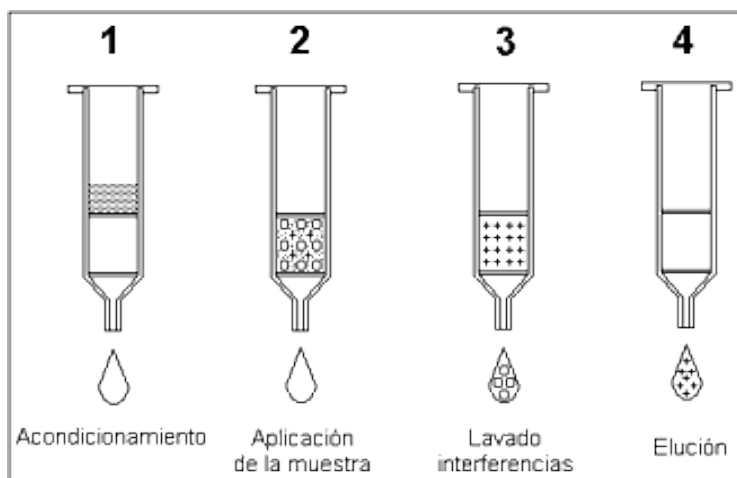
La Extracción en Fase Sólida o en sus siglas EFS, se utiliza para aislar o concentrar el compuesto de interés de una mezcla compleja, ya sea de carácter aniónico o catiónico, por medio de una fase sólida estacionaria. Como resultado, se elimina la matriz interferente, no retenida y el analito, para consiga analizar con la mejor sensibilidad posible [25].

Etapas extracción en fase solida (Figura 10)

- a) Acondicionamiento: Se realiza la preparación del adsorbente para la muestra [25].
- b) Retención o aplicación de la muestra: Se filtran los componentes no deseados de la mezcla [25].
- c) Aclarado o lavado: Con un lavado se busca asegurar que la mezcla no posea ningún componente no deseado [25].
- d) Elución: Desorción selectiva para separar el compuesto de interés [25].

Figura 12.

Fases extracción fase sólido.



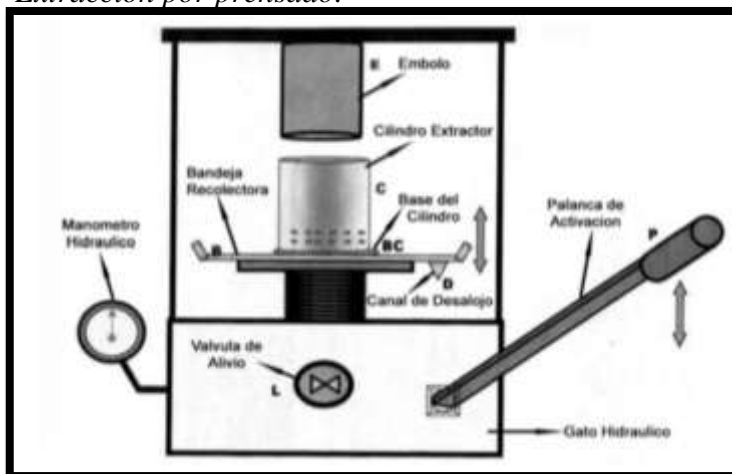
Nota. Fases extracción fase sólido, Análisis vínicos
Tomado de: Análisis vínicos, “Columnas EFS accesorios extracción en fase sólida”, 2015, Disponible en:
<http://www.analisisvinicos.com/extrafasesolida.php.htm>

1.9.6 Extracción por prensado

Es un método que consiste en presionar o apretar la semilla para obtener el aceite que contiene. No interviene ningún otro factor, solo la fuerza que ejerce prensa sobre la semilla o fruto. Este método las semillas vegetales son colapsadas, con el fin de liberar aceite de la semilla y dejando como residuo una "torta proteínica". Esta torta es sometida a dos etapas de filtración para recuperar el aceite esencial. [26]

Figura 13.

Extracción por prensado.



Nota. Extracción por prensado, Tomado de: Pitre, Carlos Hernández y Alberto Mieres. CIIQ, “Rendimiento de la extracción por prensado en frío y refinación física”, 2005, Disponible en:

http://www.ciiq.org/varios/peru_2005/Trabajos/IV/7/4.7.02.pdf

1.10. Escalamiento procesos farmacéuticos

En el desarrollo de nuevos principios activos para la industria farmacéutica, comienza en el departamento de investigación y desarrollo, implica que como todo proceso debe abordar las diferentes etapas de escalamiento, con el fin de lograr un proceso confiable y validado cumpliendo con las buenas prácticas de manufactura (BMP) y con las políticas regulatorias de cada país.

La escala en el desarrollo de productos farmacéuticos se puede generalizar de la siguiente forma:

- **Escala de laboratorio.** El objetivo principal de esta etapa es: la obtención, recuperación y purificación de los productos de interés, así mismo el análisis y caracterización. Esta etapa es la unidad base que establecen los métodos y procedimientos de producción donde se obtienen los mejores resultados y estos datos sirven para realizar una evaluación económica preliminar.
- **Escala de banco.** La función principal es determinar las operaciones unitarias de las unidades experimentales con su características geométricas y operacionales similares a los equipos requeridos en el escalamiento de la planta piloto o industriales disponibles o recomendables. Se debe profundizar a un mayor nivel en cuanto a la instrumentación y automatización. La

experimentación es enfocada a completar y validar la información encontrada en la fase de laboratorio. Esta escala permite reducir los costos de la investigación y en algunos casos, la necesidad de los trabajos a escala piloto

- **Escala piloto:** Esta etapa es muy importante pues es la que realmente da la información más real en el cambio de escala en muchos procesos, por lo anterior su costo de implementación es alto y la toma de decisión para su ejecución incluye una serie de factores como son: el tipo de proceso, nivel de información disponible, capacidad.

Para que realmente cumpla con su objetivo debe satisfacer algunos de estos objetivos:

- Evaluar la factibilidad de un proceso tecnológico.
 - Obtener la información para el diseño de una planta comercial.
 - Obtener cantidades de productos con fines de ensayo o promoción.
 - Obtener "know-how" del proceso.
- **Escala industrial:** Esta escala no se considera una parte del proceso de investigación y desarrollo y esto constituye un error conceptual con fuertes implicaciones de índole práctica. Cabe mencionar que la experiencia en la industria de los procesos constituye una información de gran valor en cuanto en los modelos matemáticos formulados y ayuda al perfeccionamiento de equipos permite la optimización del proceso productivo. Además, en la mayoría de los casos las instalaciones a escala de banco y/o piloto se diseñan a partir de un "scale-down" de la instalación industrial existente o supuesta utilizando la experiencia de otras industrias. [27]

1.11. Métodos de tomas de decisiones modelo ahp

Para la toma de decisiones cuando se está gestionando un proyecto y se requiere seleccionar una alternativa, se pueden emplear diferentes metodologías como por ejemplo el análisis multicriterio, consiste en una herramienta de apoyo en la toma de decisiones durante el proceso de planificación, integra diferentes criterios de acuerdo a la opinión de actores en un solo marco de análisis para dar una visión integral. Otro método empleado es la matriz decisión o también llamada método Pugh, es una técnica cualitativa utilizada para clasificar diferentes opciones con base a varios criterios de análisis, la ventaja de la Matriz Pugh es que acerca una toma de decisiones subjetivas a una objetiva

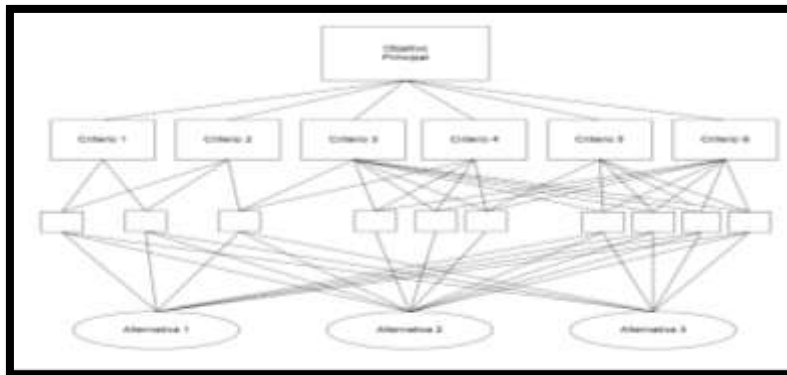
y cuantitativa. Sin embargo, cuando es necesario analizar la incidencia de muchos criterios que son importante, resulta practico aplicar el modelo de proceso Analítico Jerárquico. El proceso Analítico Jerárquico (AHP en sus siglas por Analytic Hierarchy Process) es un método matemático para el análisis, selección y evaluación de opciones cuando se necesitan consideran varios criterios relevantes en la toma de decisiones, consiste en una técnica de decisión multicriterio, que usa escalas de razón, permitiendo la resolución de problemas complejos, caracterizados por la existencia de múltiples escenarios, actores y criterios [28]. Las fases para resolver son:

1.11.1. Representación jerárquica

Se deben identificar todos los elementos que intervengan en el proceso de toma de decisiones, este esquema posee la forma de un árbol. La distribución se deberá realizar de la siguiente forma en la parte superior del árbol debe figurar siempre el objetivo principal. En los niveles inferiores deben estar los criterios, como último, en el nivel de base deberán las diferentes alternativas [28].

Figura 14.

Analítico Jerárquico (AHP en sus siglas por Analytic Hierarchy Process)



Nota. Analítico Jerárquico (AHP en sus siglas por Analytic Hierarchy Process), Universidad estatal a distancia. Tomado de: Aguilar, Marco Antonio Sanabria. “Toma de Decisiones con Criterios Múltiples”,2006, pag 76, Disponible en: <http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/120809/824/1/Toma%20de%20decisiones%20con%20criterios%20multiples%20un%20resumen%20conceptual.pdf>

1.11.2. Desarrollo modelo AHP para la selección del método de extracción

Para esto se deben realizar comparaciones entre pares de elementos, el modelo establece prioridades entre los elementos de un nivel con respecto a otro. Una vez las prioridades se determina, se obtiene la alternativa con respecto del objetivo principal. Es decir que el modelo permite determinar el grado de preferencia global de las alternativas. Para definir las prioridades se tienen que calificar ya sea de manera cuantifica o cualitativa, para esto se usa la siguiente escala. Figura 13 [28].

Figura 15. Escalas de comparaciones AHP

Escala numérica	Escala Verbal	Interpretación
1	Igual importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen de igual forma al objetivo.
3	Moderada importancia de un elemento sobre el otro	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro
5	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro	Uno de los elementos es fuertemente favorecido
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro	Uno de los elementos es fuertemente dominante
9	Extrema importancia de un elemento sobre el otro	La evidencia que favorece a uno de los elementos es del mayor orden de afirmación
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Usados para juicios intermedios

Nota. Escalas de comparaciones AHP, Universitat Politecnica de valencia, Tomado de: Víctor Yepes Piqueras, “Escalas de comparaciones AHP. Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)”,2018, Disponible en : <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

1.11.3. Selección de la alternativa

Existen dos métodos, se puede por teoría de matrices o haciendo uso de un programa.

Para el desarrollo del proyecto el método utilizado para la selección de la alternativa en este caso es un software Expert Choice Riskion Riskion G0000-90800-025B0-1000F-0AA14-75400 (Licencia otorgada por la pontificia universidad Javeriana) (EC), es una herramienta de soporte de decisiones multiobjetivo basada en el análisis proceso de jerarquía (AHP), siendo una teoría matemática desarrollada por primera vez en la Wharton School of the university of Pennsylvania por uno de los fundadores Thomas I. Saaty. El AHP es una metodología robusta y completa

diseñada para facilitar la toma de decisiones acertadas al utilizando tanto datos empíricos como juicios subjetivos del tomador de decisiones [29].

1.12. Indicadores financieros de un proyecto

1.12.1. TIR

La tasa interna de retorno es un indicador que mide la rentabilidad de un proyecto, es decir “el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá esta, para los montos que no hayan sido retirados del proyecto” [30], es una herramienta muy utilizada en evaluación de viabilidad de proyectos a nivel mundial puesto está sujeta al criterio “K: tasa de descuento de flujos” [31], por esta razón trascendental tenerla en cuenta dentro de la propuesta .

1.12.2. VAN

El valor actual neto es un indicador cuyo propósito es la actualización de “cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión” [32], se utiliza a menudo puesto que es fácil de calcular , “proporciona útiles predicciones sobre los efectos de los proyectos de inversión sobre el valor de la empresa” [32] y tiene en “cuenta los diferentes flujos netos de caja” [32], por esto se considera un factor de importancia para la evaluación de la viabilidad del proyecto.

1.12.3. Relación costo beneficio

La relación costo beneficio permite comparar “el costo de un producto versus el beneficio que se ofrece al consumidor” [33], este indicador proporciona en un proyecto las medidas de rentabilidad, viabilidad de una propuesta y la relación directa que el consumidor tiene con el producto.

2. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE OBTENCIÓN

En el desarrollo del presente capítulo, se seleccionará el procedimiento adecuado para la extracción de terpeno a partir de la revisión bibliográfica y utilizando el método AHP multicriterio el cual utiliza el software Expert Choice Riskion G0000-90800-025B0-1000F-0AA14-75400 (Licencia otorgada por la pontificia universidad Javeriana), como es un programa basado en jerarquías teniendo en cuenta los criterios formulados para la evaluación, permitiendo garantizar los resultados obtenidos. De acuerdo a lo anterior, los criterios que se tomaran en cuenta para el análisis son: Inocuidad según el decreto número 677 de 1995, variedad de terpenos en el extracto, rendimiento de extracción y flexibilidad del método.

2.1. Métodos de extracción

Para la obtención de los terpenos de la especie, de acuerdo a los métodos disponibles referenciados en el capítulo anterior, para la extracción de los aceites esenciales se encuentran: las siguientes tecnologías

- Extracción por disolvente
- Hidrodestilación
- Hidrodestilación asistida por microondas
- Fluidos súper críticos
- Prensado
- Extracción en fase solida

De acuerdo con la búsqueda y análisis bibliográfica sobre las tecnologías y sus usos, en la Tabla 3 se resume los resultados encontrados de los artículos seleccionados, esto permite definir cuál de ellos es el más conveniente para el desarrollo de la propuesta, aplicando la matriz de multicriterio.

Tabla 3.

Artículos de referencia para el desarrollo de la calificación.

TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN	ARTICULO			APORTE
	TITULO	AUTOR	AÑO	
	Aceite de <i>cannabis</i> : evaluación química de un nuevo medicamento derivado del <i>cannabis</i>	Luigi L Romano, Arno Hazekamp	2013	Tipos de solventes de extracción que, usados como Naftas aceite de oliva, Rendimiento de extracción del 0,05%
EXTRACCIÓN POR DISOLVENTE	Operaciones Unitarias de Transferencia de Materia	Facultad de Ingeniería - UBA	2013	Utilidad del método en diversas industrias y las operaciones fundamentales en los procesos de separaciones y recuperaciones de compuestos
	Variation in the compositions of cannabinoid and terpenoids in <i>Cannabis sativa</i> derived from inflorescence position along the stem and extraction methods	Dvory Namdar Moran Mazuz, Aurel Ion Hinanit Koltai	2018	Tipos de solventes de extracción como benceno y etanol, Variedad de terpenos mostrados por una cromatografía donde se encuentran alrededor de 32 terpenos

Tabla 4. *Continuación*

HIDRODESTILACIÓN	Impact of Supercritical Fluid Extraction and Traditional Distillation on the Isolation of Aromatic Compounds from <i>Cannabis indica</i> and <i>Cannabis sativa</i>	Saima Naz, Muhammad Asif Hanif, Haq Nawaz Bhatti	2015	Metodología y Rendimiento de extracción del 0,025%
	Hidrodestilación	Hugo Valencia Juliao	2015	La aplicación de este método en la extracción de aceites esenciales
	Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (<i>Cannabis sativa</i> L.) by supercritical CO ₂ extraction and on-line fractionation	Carla Da Porto*, Deborha Decorti, Andrea Natolino		Tipos de solventes de extracción Variedad de terpenos mostrados por una cromatografía donde se detectan 18 terpenos

Tabla 5. Continuación

	Impact of Supercritical Fluid Extraction and Traditional Distillation on the Isolation of Aromatic Compounds from <i>Cannabis indica</i> and <i>Cannabis sativa</i>	Saima Naz, Muhammad Asif Hanif, Haq Nawaz Bhatti	2015	Rendimiento de extracción el cual es 0,025%
HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS	Hidrodestilación	Hugo Valencia Juliao	2015	Los usos de este método solo se centran en extracción de aceites esenciales
	Aislamiento específico de cepas de terpenos utilizando extracción asistida por microondas	Stephen C. Markle	2019	Tipos de solventes de extracción, Variedad de terpenos mostrados por una cromatografía evidencias 11 terpenos

Tabla 3. *Continuación*

FLUIDOS SUPER CRÍTICOS	Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (<i>Cannabis sativa</i> L.) by supercritical CO2 extraction and on-line fractionation	Carla Da Porto*, Deborha Decorti, Andrea Natolino	2014	Tipos de solventes de extracción donde para este método es el CO2 en estado súper crítico, Variedad de terpenos mostrados por una cromatografía con 18 terpenos
	Aplicaciones de la tecnología de fluidos supercríticos en el sector textil	Elvira Casas, Miguel García, Daniel Rivera, Juan Montañés, Antonio Tornero	2012	usos de este método en separaciones y recuperaciones, también se usa para el tratamiento de materiales, medio de reacción
	Impact of Supercritical Fluid Extraction and Traditional Distillation on the Isolation of Aromatic Compounds from <i>Cannabis indica</i> and <i>Cannabis sativa</i>	Saima Naz, Muhammad Asif Hanif, Haq Nawaz Bhatti	2015	Rendimiento de extracción el cual es 0,039%

Tabla 6. *Continuación*

PRENSADO	Aceite de CBD / Aceite de CBD de espectro completo	Flora power	2004	Este método no tiene en cuenta dentro del análisis debido a que no se tiene información
EXTRACCIÓN EN FASE SOLIDA	Métodos recomendados para la identificación y el análisis del <i>cannabis</i> y los productos del <i>cannabis</i>	UNODC	2010	Este método no se tiene en cuenta dentro del análisis debido a que no se tiene información

Nota. Artículos de referencia para el desarrollo de la calificación.

Al realizar un primer análisis, se observa que existen inconvenientes con el método de prensado, originado por la baja información al respecto y a pesar que los aceites esenciales obtenidos poseen propiedades odoríferas mayores con respecto a los extractos por otros métodos, dado a que es un proceso no hace uso del calor [34]. La escasa información no permite obtener una mayor información para el diseño del proceso. Por otra parte, el método de extracción en fase sólida es un proceso que utiliza membranas que su exploración ha sido pequeñas dispositivos o cartuchos desechable y a nivel laboratorio, lo cual hace difícil que este proceso pueda ser llevado a nivel de planta piloto [35].

Para la etapa de selección del método se tomará como base los procesos que posean factibilidad técnica para el diseño de la planta. De acuerdo con lo anterior se tomará los siguientes métodos para el análisis de la toma de decisiones:

- Extracción por disolvente
- Hidrodestilación
- Hidrodestilación asistida por microondas
- Fluidos súper críticos

2.2. Desarrollo modelo ahp para la selección del método de extracción

Para el desarrollo del modelo es necesario plantear el objetivo de la investigación el cual consiste en tener la selección de la tecnología de obtención de los terpenos.

Para determinar los criterios de análisis, primero se toma como base el decreto número 677 de 1995 (INVIMA O MINSITERIOS DE SALUD), que establece que el producto debe ser inocuo para su uso en aromaterapia, debe carecer de toxicidad, este criterio se relaciona directamente con el tipo de extracción y los solventes a utilizar, si el método lo requiere. Si algunos de los métodos seleccionados el solvente no puede ser retirado en su totalidad, será necesario descartar este método, por el riesgo que representa para la salud humana.

Otro factor a evaluar consiste en si se encuentra varias especies de terpenos diferentes a las comunes como son el caso de las de marcen, cariofileo, linalol, entre otros. Hace que este sea un factor importante en razón a que al poseer mayor especie de terpenos permitirá tener un amplio espectro de usos y aplicaciones.

Al ser un proceso que analizara su factibilidad técnica para un proceso industrial, el factor rendimiento de extracción basado en la masa de aceite que se obtiene con respecto a la masa de materia prima que se alimentada al proceso, resulta primordial para seleccionar la extracción que aporte el mayor rendimiento.

Por último, la flexibilidad mixta del proceso se refiere a: si se necesitara fabricar nuevos productos y sea necesario añadir o no una tecnología en la línea de operación permita reducir el tiempo de fabricación y se aumenta el número de nuevos productos [36].

Teniendo en cuenta la información aportada por los diferentes autores la decisión está relacionada con la necesidad y el objetivo que se requiera. La toma de decisión del método adecuado se vuelve compleja debido a que el objetivo de los autores mencionados no es el mismo que posee el trabajo propuesto, por lo que se deben analizar factores relevantes y hacer uso de un modelo o método para la selección de esta. Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 7.

Factores que se desarrollan en el modelo para la toma de la decisión.

OBJETIVO	CRITERIOS	ALTERNATIVAS
Tecnología de extracción	• El extracto debe ser inocuo según el decreto número 677 de 1995	• Extracción por disolvente
	• El extracto producido posee variedades de terpenos.	• Hidrodestilación
	• Rendimiento de extracción.	• Hidrodestilación asistida por microondas
	• Flexibilidad del método.	• Extracción por fluidos súper críticos

Nota. Resumen los factores que se van a desarrollo en el modelo de AHP, para la toma de la decisión.

De acuerdo a la información anterior se desarrolla el modelo AHP para la selección del método de extracción, el cual se describe en la Figura 14.

Tabla 8.

Tabla de Criterio de calificación

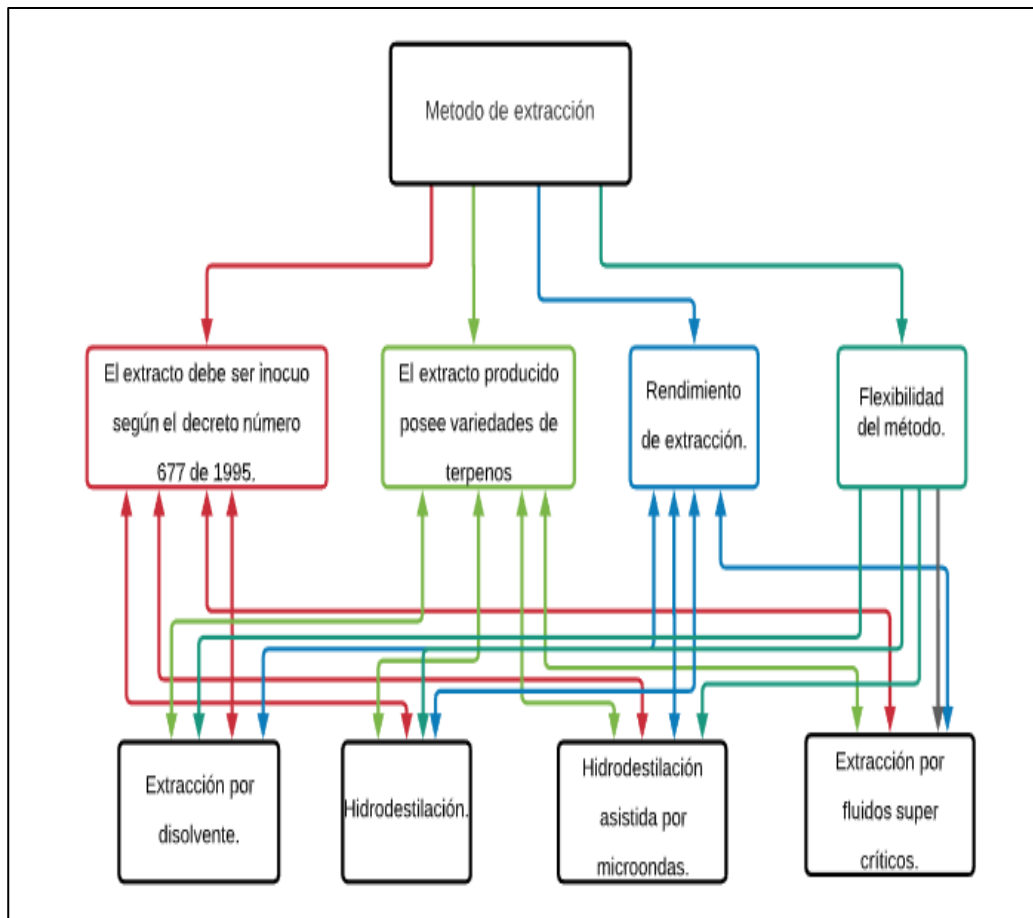
Escala numérica	Escala verbal	Criterio de calificación
1	Igual	Cuando los elementos presentan favorabilidades similares o los elementos son iguales
3	Moderada	Cuando uno de los elementos se ve levemente favorecido con respecto a el objetivo es decir que presenta una ventaja tenue sobre el otro
5	Fuerte	Cuando la favorabilidad de un elemento con respecto a otro presenta una favorabilidad representativa
7	Muy Fuerte	Uno de los elementos es dominante con respecto al otro lo que quiere decir que la importancia es demostrable
9	Extrema	La ventaja de un elemento con respecto a otros es de él orden de una afirmación

Nota. Tabla de Criterio de calificación

Paso 1: Planteamiento del modelo AHP: Se aplica el modelo donde se establecen las interacciones de todos los elementos.

Figura 16.

Desarrollo modelo AHP para la selección del método de extracción



Nota. Desarrollo modelo AHP para la selección del método de extracción.

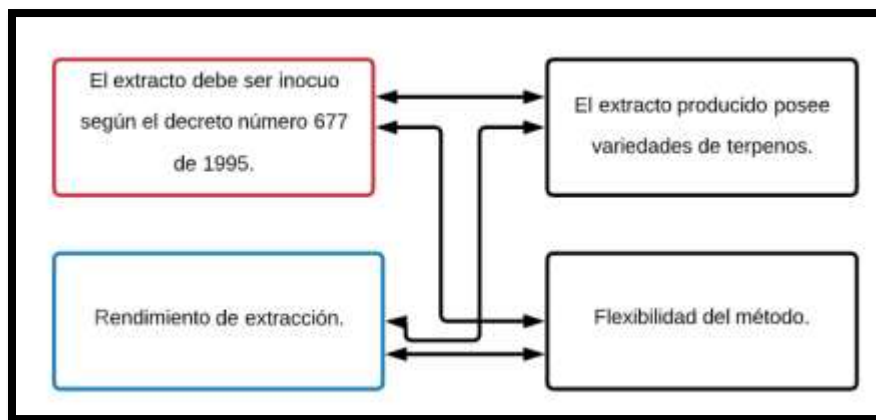
Paso 2 Desarrollo del modelo

2.3. Primera etapa

Consiste en la calificación de la comparación entre criterios, esto con el fin de determinar la importancia y relevancia de cada criterio. Figura 15.

Figura 17.

Primera Etapa.



Nota. Primera Etapa.

En la Tabla 6 se analiza el resultado de cada interacción

Tabla 9.

Comparación de criterios en la primera etapa de desarrollo del modelo

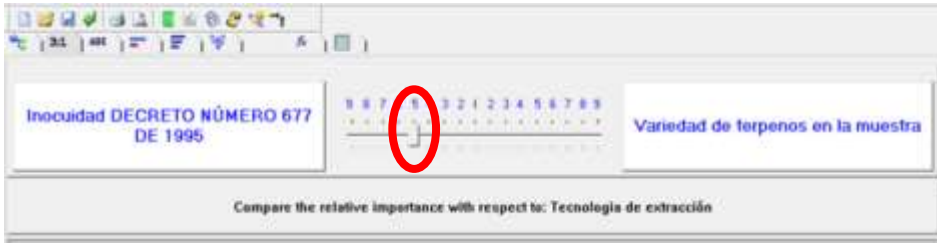
CRITERIO DE COMPARACION	ANALISIS
<p>Inocuidad según el decreto número 677 de 1995 con respecto a variedad de terpenos en la muestra</p>	 <p>Compare the relative importance with respect to: Tecnología de extracción</p> <p>La calificación cuantitativa para la comparación de Inocuidad según el decreto número 677 de 1995 con respecto a variedad de terpenos en la muestra fue de 5, favoreciendo a la inocuidad debido a que se considera que este elemento tiene una mayor importancia sobre el objetivo de investigación, además es fundamental obtener un extracto que cumpla con la normatividad establecida en Colombia por el Invima para la producción de productos farmacéuticos o terapéuticos [37]</p>

Tabla 6. continuación

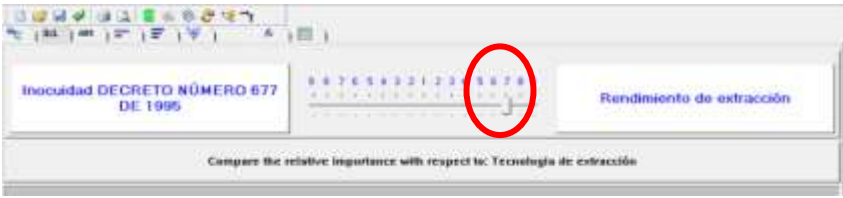

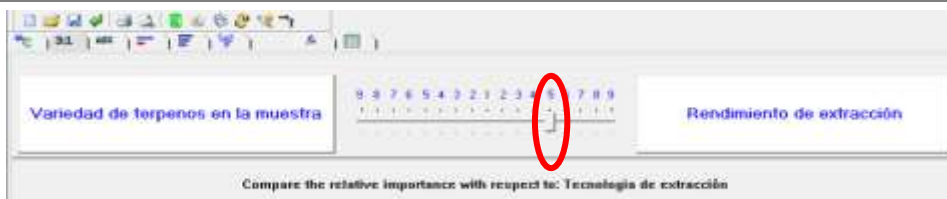
<p>Inocuidad según el decreto número 677 de 1995 con respecto a rendimiento de extracción</p>		<p>En el caso de la comparación y calificación cuantitativa para inocuidad según el decreto número 677 de 1995 con respecto a rendimiento de extracción, favoreció al rendimiento de extracción siendo su calificación cualitativa 7, debido a que este elemento tiene importancia sobre el otro, consecuentemente un factor que determina la eficiencia de la extracción es el rendimiento, por lo que este resulta mas relevante que su inocuidad, puesto que no resultaria rentable un proceso inocuo si el proceso no es eficiente.</p>
<p>Inocuidad según el decreto número 677 de 1995 con respecto a flexibilidad del proceso</p>		<p>Teniendo en cuenta la situación actualmente de salud del mundo a causa del covid 19, muchas industrias cambiaron sus procesos para fabricar otros que poseen alta demanda actualmente, por esto la calificación cuantitativa que favorece con un valor de 3 a la flexibilidad del proceso, lo cual se evidencia que este tiene una importancia moderada con respecto a la inocuidad.</p>

Tabla 6. Continuación

Variedad de terpenos en la muestra con respecto a rendimiento de extracción.



La importancia del rendimiento de extracción con respecto a la variedad de terpenos obtiene un valor de 5, siendo significativo para el proyecto. No obstante, es necesario que el extracto posea una variedad considerable de terpenos y que su rendimiento sea alto puesto que este factor hace que el proceso sea rentable en el mercado

Variedad de terpenos en la muestra con respecto a flexibilidad.



Para el caso de esta comparación la variedad de terpenos obtiene un valor de 3, dándole una importancia moderada con respecto. a la flexibilidad del proceso, la razón principal es que a entre más especies de terpenos posee el extracto más amplios son sus usos, favoreciendo más el objetivo del presente trabajo

Rendimiento de extracción con respecto a flexibilidad.



Debido al valor de 9 que obtuvo el rendimiento de extracción con respecto a la flexibilidad, resulta que el rendimiento de extracción tiene una importancia relevante contrastándolo con la flexibilidad de la planta, a causa de que es uno de los factores más importantes para el desarrollo y evaluación de una extracción, este determina la cantidad de materia obtenida del producto con respecto a la cantidad de materia prima alimentada, por otra parte la flexibilidad sería un plus para la ejecución y diseño de la planta mas no es una prioridad

Nota. Comparación de criterios.

Como resultado de todas las anteriores interacciones se tiene una matriz final donde el criterio más importante para esta elección es el rendimiento de extracción, seguido de la inocuidad del decreto número 677 de 1995, en donde la variedad de terpenos y la flexibilidad de la planta tienen una importancia similar para la toma de decisiones (Figura 16).

Figura 18.

Matriz de calificación entre criterios

	Inocuidad	Variedad d	Rendimien	Flexibilidad
Inocuidad DECRETO NÚMERO 677 DE 1995		5,0	7,0	3,0
Variedad de terpenos en la muestra			5,0	3,0
Rendimiento de extracción				9,0
Flexibilidad del proceso	Incon: 0,59			

Nota. Matriz de calificación entre criterios.

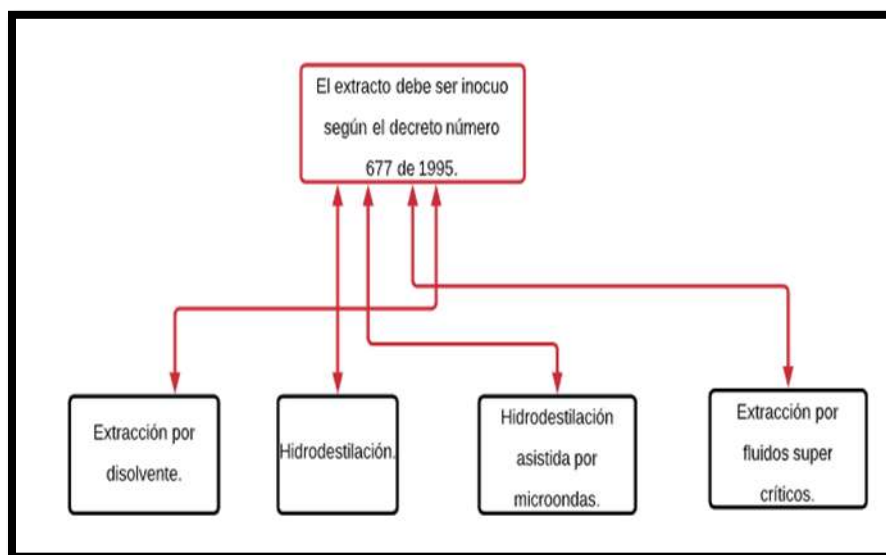
2.4. Segunda etapa

Consiste en la Comparación de alternativas con respecto al criterio de inocuidad según el decreto número 677 de 1995

En la Figura 17 se hace el planteamiento de la interacciones de la calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio inocuidad según el decreto número 677 de 1995

Figura 19.

Diagrama de flujo segunda etapa



Nota. Segunda etapa.

Para la calificación de este criterio es importante establecer los solventes que usa cada método (Tabla 6), con la premisa que si llegan a quedar trazas de algún solvente que presente riesgos para la salud esto hace que se desfavorezca en la calificación de esta tecnología.

Tabla 10.

Solventes usados por método de extracción

Tecnología de extracción	Solvente
Extracción con disolventes [38]	Hexano, Etanol, Aceite de oliva, Naftas
Hidrodestilación [39]	Agua
Hidrodestilación asistida por microondas [39]	Agua
Extracción por fluidos súper críticos [38]	CO ₂

Nota. Solventes usados por método de extracción.

De acuerdo a lo anterior el análisis de las interacciones se aprecian en la Tabla 7:

Tabla 11.

Criterio de comparación en la segunda etapa de desarrollo del modelo

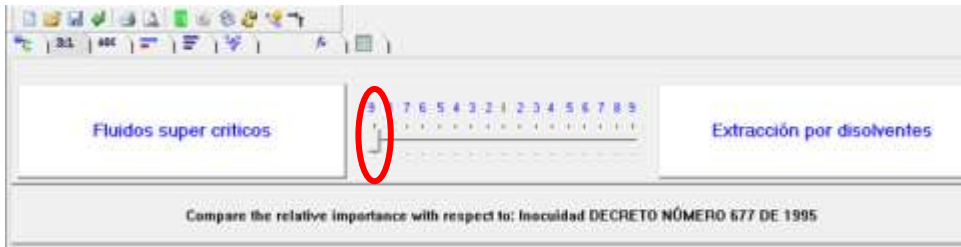
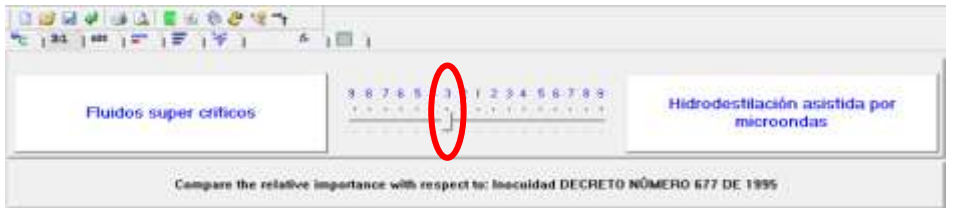
CRITERIO DE COMPARACIÓN	ANÁLISIS
<p>Comparación de tecnologías:</p> <p>Fluidos súper críticos con respecto a extracción por disolventes</p>	 <p>Compare the relative importance with respect to: Inocuidad DECRETO NÚMERO 677 DE 1995</p> <p>Para realizar esta comparación se tuvo en cuenta los solventes usados por los métodos, el método de fluidos súper críticos tiene una mayor importancia con respecto a disolventes, usa como solvente el CO₂ súper crítico, que se retira totalmente al pasar de su estado súper crítico a gaseoso, mientras que en disolventes sería necesario establecer controles de calidad exhaustivos, para evitar trazas en la muestra si se usan solventes como hexano, naftas, etc. Esto hace que la calificación es de 9 favoreciendo a fluidos súper críticos.</p>
<p>Comparación de tecnologías:</p> <p>Fluidos súper críticos con respecto a hidrodestilación asistida por microondas.</p>	 <p>Compare the relative importance with respect to: Inocuidad DECRETO NÚMERO 677 DE 1995</p> <p>La importancia que obtiene fluidos supercríticos es moderada con respecto a la importancia de la hidrodestilación asistida por microondas en este caso ambos cumplen con la inocuidad del decreto 677 de 1995, los solventes usados son CO₂ y agua para cada método respectivamente, el primer solvente es completamente retirado de la muestra y el agua no presenta riesgo como solvente si quedan trazas, sin embargo el consumo de agua es constante mientras que en fluidos supercríticos el solvente se puede reutilizar, esta hace que se favorezca levemente supercríticos debido a que obtiene un valor de 3 .</p>

Tabla 8. Continuación

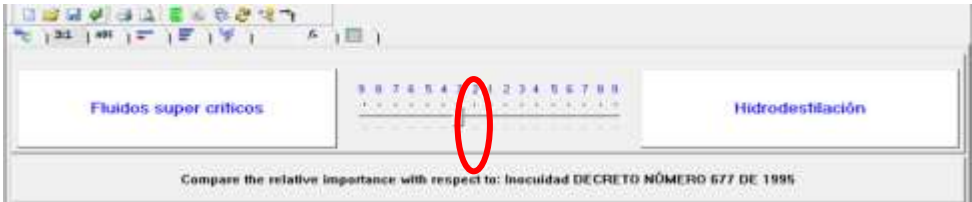


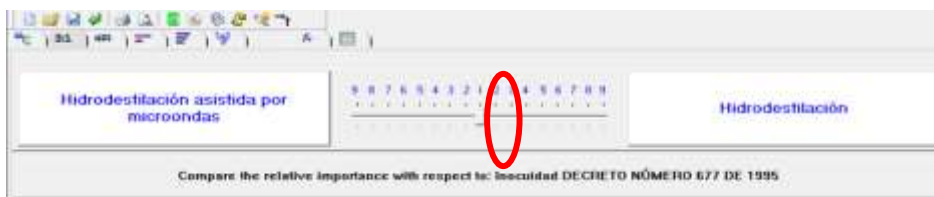
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos súper críticos con respecto a hidrodestilación</p>		<p>La jerarquía que obtiene fluidos supercríticos es moderada con relación a la jerarquía de hidrodestilación para esta coyuntura los dos casos están dentro de los parámetros de inocuidad del decreto 677 de 1995, de acuerdo a que como se mencionó en la calificación anterior el primer método usa un solvente que puede ser totalmente retirado y el otro método un solvente no toxico, la calificación para fluidos con un valor de 3.</p>
<p>Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidrodestilación asistida por microondas.</p>		<p>Esta comparación es muy similar a las anteriores, nuevamente el solvente del cual hace uso la hidrodestilación es el agua contrastando con los otros solventes que puede usar la extracción por disolvente donde las trazas de este solventen pueden hacer él no se cumpla con el decreto 667 de 1995, el valor obtenido para la hidrodestilación es de 9.</p>
<p>Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidrodestilación</p>		<p>Al comparar los dos métodos, la calificación favorece al solvente utilizado por hidrodestilación (calificación obtenida 9), dado que los solventes orgánicos siempre dejan trazas y son tóxicos.</p>

Tabla 8. Continuación

Comparación de tecnologías: hidrodestilación asistida por microondas con respecto a hidrodestilación



Los dos métodos el mismo solvente por ende la calificación obtenidas de 1, significa que cualquiera de los dos se comporta en forma similar

Nota. Criterio de comparación.

En conclusión, en la matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio inocuidad según el decreto número 677 de 1995, la tecnología que asegura el cumplimiento de este parámetro es fluidos súper críticos, porque además cumplir el propósito el solvente es reutilizable (Figura 17).

Figura 20.

Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio inocuidad según el decreto número 677 de 1995

	Fluidos su	Extracción	Hidrodestil	Hidrodestil
Fluidos super criticos		9,0	3,0	3,0
Extracción por disolventes			9,0	9,0
Hidrodestilación asistida por microondas				1,0
Hidrodestilación	Incon: 0,06			

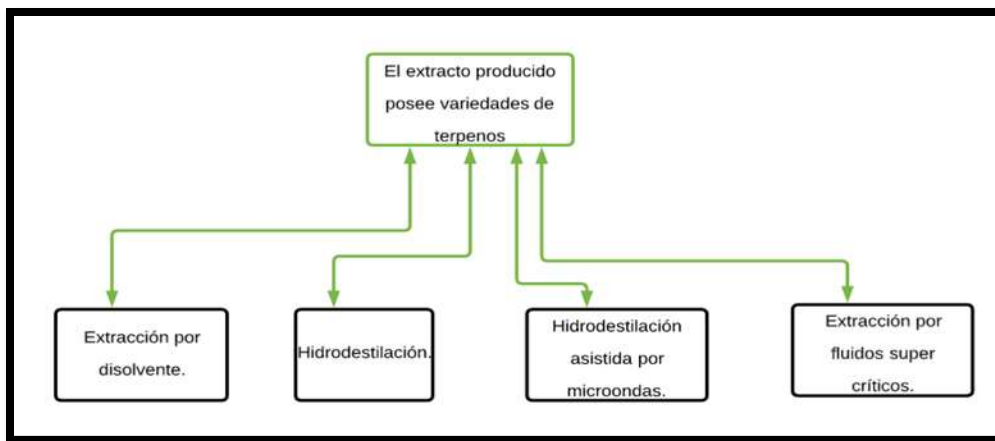
Nota. Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio inocuidad según el decreto número 677 de 1995.

2.5. Tercera etapa.

Para la calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio variedades de terpenos se establece las relaciones como se expone en la figura 19.

Figura 21.

Tercera etapa



Nota. Tercera etapa.

Para establecer este criterio, de acuerdo con la revisión bibliográfica se ha encontrado que para cada método de extracción se tiene los siguientes terpenos detectados, en la tabla 9 se resumen estos.

Tabla 12.

Tecnologías de extracción con respeto a la variabilidad de terpenos

Tecnología de extracción	Variabilidad de terpenos
Extracción con disolventes	32
Hidrodestilación	18
Hidrodestilación asistida por microondas	11
Extracción por fluidos súper críticos	18

Nota. Tecnologías de extracción con respeto a la variabilidad de terpenos.

El análisis de estos factores, se encuentran relacionados en la Tabla 10

Tabla 13.

Criterio de comparación en la tercera etapa de desarrollo del modelo

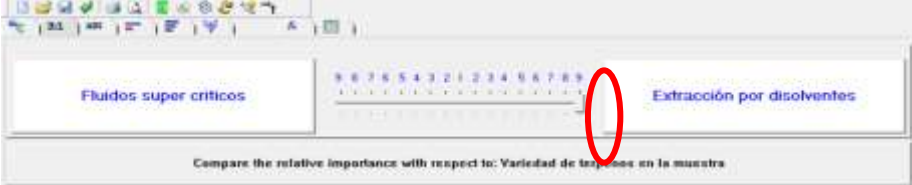
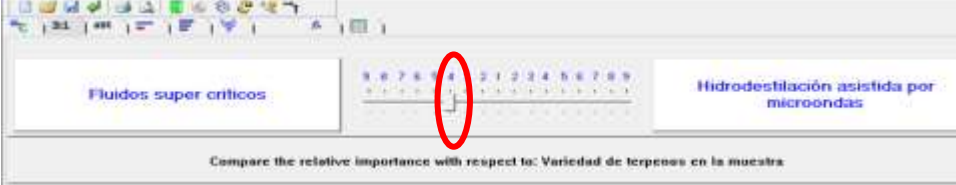
CRITERIO DE COMPARACIÓN	ANALISIS
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos súper críticos con respecto a extracción por disolventes.</p>	 <p>Se observa una calificación de 9 para la extracción por disolventes, este estudio se pudo cuantificar y analizar por cromatografía que se encontraron al rededor 32 clases de terpenos mientras que para fluidos súper críticos solo se detectó 18, teniendo entre si una diferencia de 14 terpenos lo cual evidentemente es un elemento que tiene mayor orden de favorabilidad que el otro.</p>
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos súper críticos con respecto a hidrodestilación asistida por microondas</p>	 <p>Por fluidos supercríticos se identificaron 18 clases de terpenos. Por otro lado, el método de hidrodestilación asistida por microondas los terpenos identificados fueron 11, esto hace que resulte más favorecido el primer método y le otorga una calificación de 4.</p>

Tabla 10. Continuación

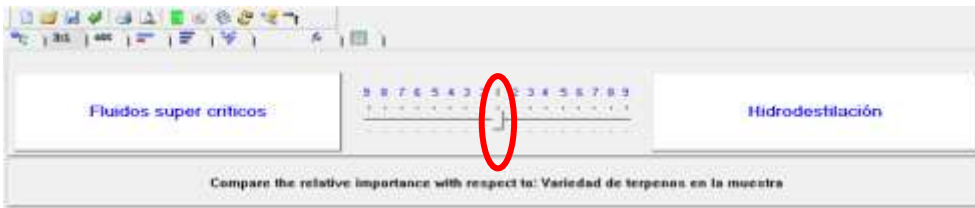

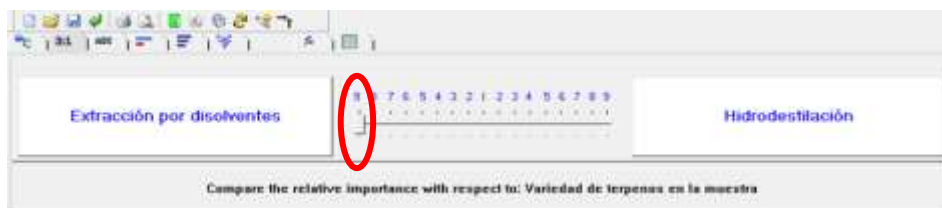
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos súper críticos con respecto a hidroddestilación</p>		<p>En este caso los dos elementos contribuyen de forma igual al objetivo, las muestras que fueron sometidas a hidroddestilación como a extracción por fluidos supercríticos obtuvieron 18 especies, teniendo en cuenta lo anterior la calificación que representa dicho comportamiento es de 1.</p>
<p>Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidroddestilación asistida por microondas.</p>		<p>En esta comparación la calificación favorece completamente de extracción por disolventes esto es porque los solventes orgánicos por su carácter apolar tienen mayor afinidad por las moléculas de terpenos. La calificación de 9 corresponde a la extracción por disolventes y al analizarla por cromatografía se identifican alrededor 32 terpenos mientras que para fluidos súper críticos 18 terpenos.</p>

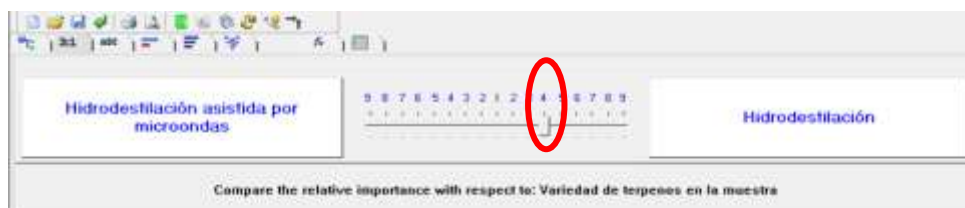
Tabla 10. *Continuación*

Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidrodestilación.



La cantidad de especies de terpenos para el extracto por disolventes es de 32 mientras que para hidrodestilación es de 18 al igual que en el caso anterior hay una diferencia de 14 terpenos, siendo así que la calificación es 9 debido por la alta favorabilidad de extracción de disolventes.

Comparación de tecnologías: hidrodestilación asistida por microondas con respecto a hidrodestilación.



A pesar de que estos dos métodos son muy parecidos y la diferencia más notoria es la forma en la que se transmite el calor, teniendo en cuenta la bibliografía encontrada y consignada en la Tabla 3, es posible encontrar mayor variedad de terpenos para la tecnología de hidrodestilación simple, esta posee 18 clases de terpenos a diferencia de la hidrodestilación asistida por microondas la cual cuenta con 11.

Nota. Criterio de comparación.

Como resultado de la conjugación de todas las anteriores interacciones, como matriz final que condensa este criterio de acuerdo con la variedad de terpenos, se observa en la Tabla 9, que la tecnología de hidrodestilación asistida con microondas tiene la mayor calificación. Sin embargo, fluidos súper críticos es la segunda técnica con mayor calificación en la tercera etapa de análisis, este método se destaca frente al método líder en la calificación de variabilidad de terpenos puesto que en esta no se utilizan métodos de separación para componentes secundarios luego de la extracción.

Figura 22.

Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio variedad de terpenos en la muestra

	Fluidos su	Extracción	Hidrodestil	Hidrodestil
Fluidos super críticos		9,0	4,0	1,0
Extracción por disolventes			9,0	9,0
Hidrodestilación asistida por microondas				4,0
Hidrodestilación	Incon: 0,09			

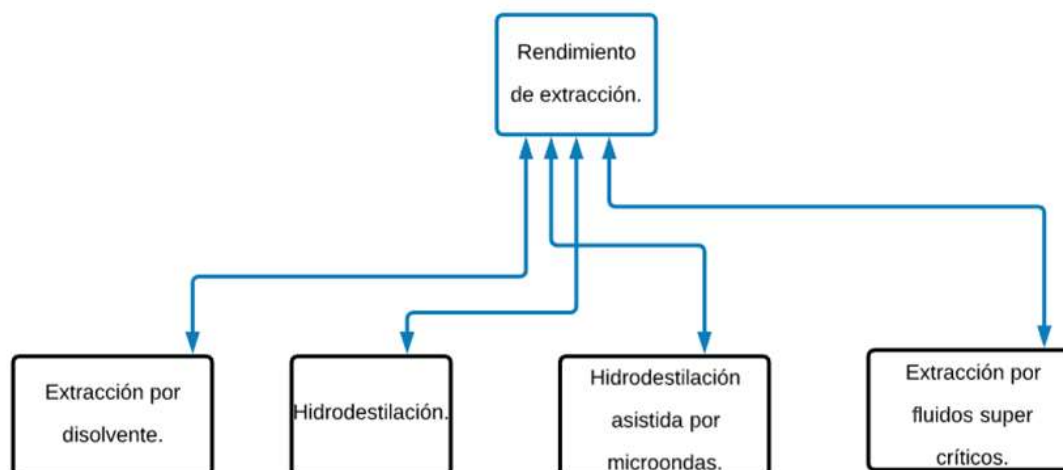
Nota: Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio variedad de terpenos en la muestra.

2.6. Cuarta etapa

Esta etapa consiste en la calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio rendimiento

Figura 23.

Cuarta Etapa



Nota: Cuarta Etapa.

Teniendo en cuenta que uno de los factores relevantes para seleccionar el proceso es el rendimiento, a este se le contribuye como uno de los factores críticos que de acuerdo a la revisión bibliográfica tomada de la tabla 4 se destaca dicho aspecto en el proceso. En la tabla 11 se ilustra el resumen de los rendimientos encontrados en cada método.

Tabla 14.

Comportamiento de las tecnologías de extracción con respecto al rendimiento

Tecnología de extracción	Rendimiento
Extracción con disolventes	0,05%
Hidrodestilación	0,025%
Hidrodestilación asistida por microondas	0,025%
Extracción por fluidos súper críticos	0,039%

Nota: Comportamiento de las tecnologías de extracción con respecto al rendimiento.

A continuación, en la tabla 12 se presenta el análisis de este resultado

Tabla 15.

Criterio de comparación tercera etapa de desarrollo del modelo

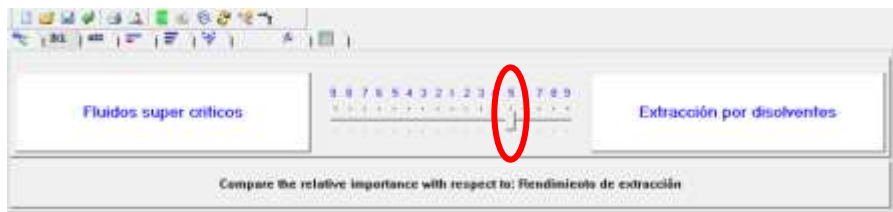
CRITERIO DE COMPARACION	ANALISIS
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos súper críticos con respecto a extracción por disolventes.</p>	 <p>Para esta comparación la calificación de 5 se otorga a la extracción por disolventes teniendo en cuenta que el rendimiento de este método se encuentra fuertemente favorecido</p>

Tabla 12. Continuación

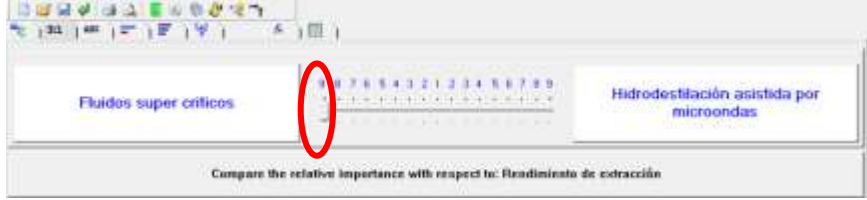

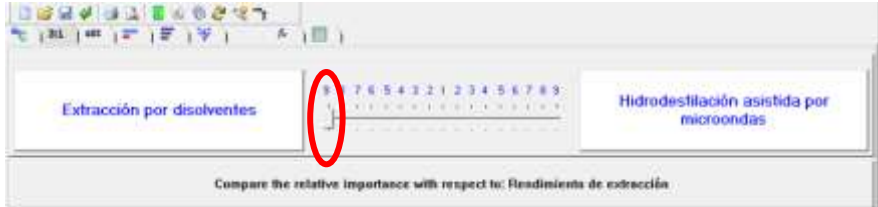
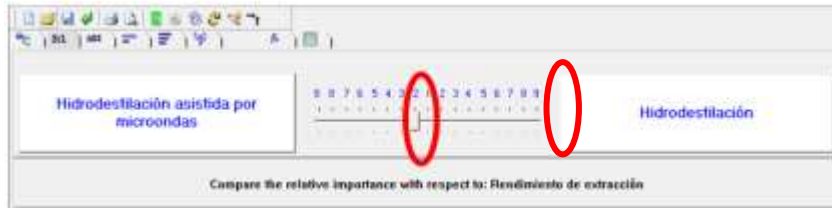
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos super críticos con respecto a hidroddestilación asistida por microondas.</p>		<p>Para esta comparación la calificación de 9 se otorga a la extracción por fluidos supercríticos, el rendimiento de este método es de mayor orden con respecto a el de hidroddestilación asistida por microondas.</p>
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos super críticos con respecto a hidroddestilación.</p>		<p>Para esta comparación la calificación de 9 se otorga a la extracción por fluidos supercríticos, el rendimiento de este método es de mayor orden con respecto a el de hidroddestilación</p>
<p>Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidroddestilación asistida por microondas.</p>		<p>Para esta comparación la calificación de 9 se otorga a la extracción por fluidos supercríticos, el rendimiento de este método es de mayor orden con respecto a el de hidroddestilación</p>

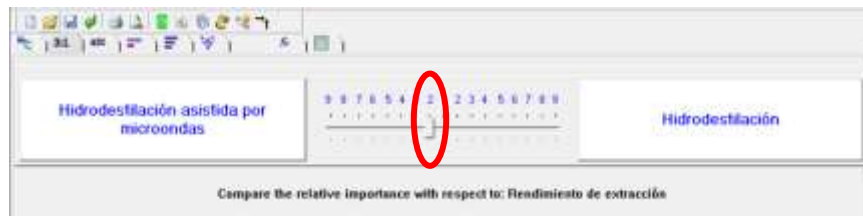
Tabla 12. Continuación

Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidrodestilación.



Los rendimientos de estos métodos son iguales en el artículo referenciado, no obstante, por esta razón se otorga una calificación de 2 a favor de este.

Comparación de tecnologías, hidrodestilación asistida por microondas con respecto a hidrodestilación.



Los rendimientos de estos métodos son iguales en el artículo referenciado, no obstante, la transferencia de calor por microondas es un valor agregado por esta razón se otorga una calificación de 2 a favor de este.

Nota: Criterio de comparación.

En la figura 24, en la matriz generada se observa que para las comparaciones entre extracción por disolventes y fluidos súper críticos contra hidrodestilación e hidrodestilación asistida por microondas, los valores de calificación son iguales a 9, favorecidas ya sea extracción por disolventes o por fluidos súper críticos

Figura 24.

Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio rendimiento de extracción

	Fluidos su	Extracción	Hidrodestil	Hidrodestil
Fluidos super criticos		5,0	9,0	9,0
Extracción por disolventes			9,0	9,0
Hidrodestilación asistida por microondas				2,0
Hidrodestilación	Incon: 2,26			

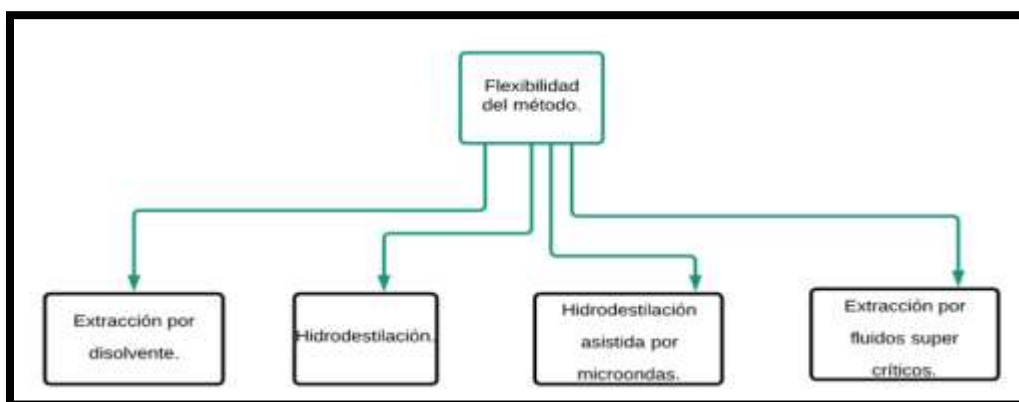
Nota: Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al criterio rendimiento de extracción.

2.7. Quinta etapa.

Esta etapa consiste en la calificación de tecnologías de extracción con respecto la flexibilidad del proceso. La figura 23, muestra la calificación de tecnologías de extracción con respecto la flexibilidad del proceso.

Figura 25.

Quinta etapa



Nota: Quinta etapa.

La flexibilidad del proceso, resulta relevante pues permite al diseñar la planta de producción, obtener una mayor utilidad a la inversión realizada al poder ser flexible y cambiar relativamente fácil a otro tipo de necesidades. La tabla 12, evidencia los usos de las tecnologías objetos de estudio.

Tabla 16.

Tecnologías de extracción

Tecnología de extracción	Usos
Extracción con disolventes	Los usos de este método están tanto en la industria farmacéutica, metalúrgica, petroquímica etc. como por ejemplo para las separaciones y recuperaciones de compuestos
Hidrodestilación	Aceites esenciales
Hidrodestilación asistida por microondas	Aceites esenciales
Extracción por fluidos súper críticos	Los usos de este método no se centran en solo separaciones y recuperaciones, también se usa para el tratamiento de materiales, medio de reacción y demás.

Nota: Tecnologías de extracción.

El análisis realizado a este criterio con la información anterior se muestra en la Tabla 13.

Tabla 17.

Criterio de comparación quinta etapa de desarrollo del modelo


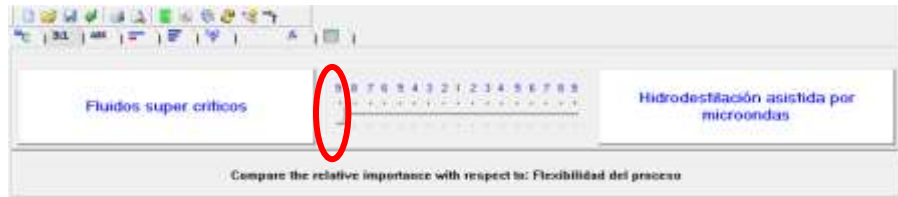
CRITERIO DE COMPARACION	ANALISIS
<p>Comparación de tecnologías: Fluidos súper críticos con respecto a extracción por disolventes.</p>	 <p>La calificación otorgada para fluidos súper críticos es de 5 debido a que este método no solo es útil para las recuperaciones si no también es medio</p>

Tabla 14. Continuación

para reacciones lo que amplía sus usos y aplicaciones industriales, aumentando la flexibilidad de la plantan

Comparación de tecnologías:
Fluidos súper críticos con respecto a hidroddestilación asistida por microondas.



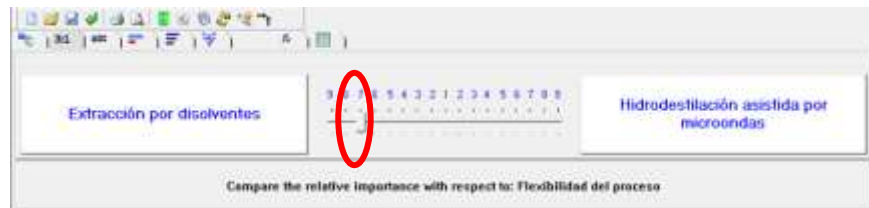
La calificación es de 9 debido a que la favorabilidad que presenta supercríticos es de carácter favorable al compararlo con la hidroddestilación que se limita a la producción de aceites esenciales

Comparación de tecnologías:
Fluidos súper críticos con respecto asistida por microondas.



La calificación es de 9, la favorabilidad que presenta supercríticos es de carácter apreciable al compararlo con la hidroddestilación que se limita a la producción de aceites esenciales.

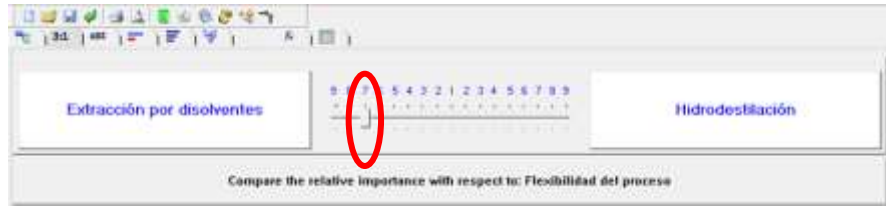
Comparación de tecnologías:
extracción por disolventes con respecto a hidroddestilación asistida por microondas.



La calificación es de 7 teniendo en cuenta que la extracción por disolventes es más conveniente, comparada con la hidroddestilación asistida por microondas que se limita a la producción de aceites esenciales.

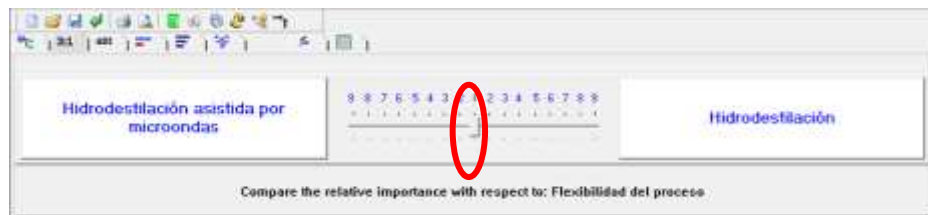
Tabla 14. Continuación

Comparación de tecnologías: extracción por disolventes con respecto a hidrodestilación.



a La calificación es de 7 teniendo en cuenta que la extracción por disolventes es más importante comparado con la hidrodestilación que se limita a la producción de aceites esenciales.

Comparación de tecnologías: hidrodestilación asistida por microondas con respecto a hidrodestilación.



a Al ser tecnologías similares en su aplicación resultan iguales en su relevancia, para lo cual se tiene una calificación de 1

Nota: Criterio de comparación.

Para esta comparación de acuerdo a la figura 24, los más relevantes con respecto a las calificaciones son extracción líquido-líquido y fluidos supercríticos teniendo en cuenta que estos métodos tienen amplios usos industriales, pero para este caso supercríticos aparte de ser un método usado para las separaciones también tiene otros.

Figura 26.

Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al flexibilidad del proceso

	Fluidos su	Extracción	Hidrodestil	Hidrodestil
Fluidos super criticos		5,0	9,0	9,0
Extracción por disolventes			7,0	7,0
Hidrodestilación asistida por microondas				1,0
Hidrodestilación	Incon: 0,09			

Nota: Matriz de calificación de tecnologías de extracción con respecto al flexibilidad del proceso.

El desarrollo de modelo fue planteado teniendo en cuenta diferentes factores como: la Inocuidad según el decreto número 677 de 1995. Variedad de terpenos en la muestra, Comparación de tecnologías, rendimiento y flexibilidad del metodo. Dichos indices fueron analizados por medio del modelo AHP con representacion jerárquica del cual al finalizar el analisis, se concluye que la tecnica que con mejor calificaccion consiste en el metodo de fluidos super criticos, se ajusta a la normativa vigente, tiene grandes estandares de viabilidad y flexibilidad de acuerdo a los componentes que son extraidos de manera directa, por esta razon este metodo es el seleccionado para el diesño del proceso.

2.8. Sexta etapa.

En la última etapa es donde se analizan las calificaciones y resultados obtenidos para cada alternativa y se selecciona la alternativa

Figura 27.

Matriz de calificación final selección de alternativa

Alternatives

Fluidos super criticos	,391
Extracción por disolventes	,275
Hidrodestilación asistida por microondas	,087
Hidrodestilación	,247

Nota. *Matriz de calificación final selección de alternativa.*

De acuerdo a la matriz de calificación final, la opción que resulta con mayor puntaje consiste en Fluidos súper críticos, cabe resaltar que es una de las tecnologías más nuevas que se están empleado en la extracción de aceites esencial, las ventajas radican en la fácil separación de sustancias; las temperaturas no elevadas en el proceso que no dañan el producto; ser un elemento no inflamable, no corrosivo, no tóxico, no cancerígeno; su capacidad selectiva, la no generación de residuos, mayor rendimiento extracción y recuperación del solvente, es así que al realizar una revisión bibliométrica se dispone aproximadamente de 4090 artículos sobre la utilización de fluidos súper críticos en la extracción de aceites y de estos 220 artículos corresponde específicamente a procesos relacionados con el cannabis. En conclusión, para el desarrollo del siguiente capítulo se tomará como base este proceso.

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA PLANTA PILOTO

En el capítulo se presentará la planeación y estructura de una planta piloto de fluidos súper críticos en base a sus variables de interés, las cuales serán especificadas por medio del diagrama de bloques PFR y diagrama de control de variables con una previa descripción del proceso, además se tendrá en cuenta las especificaciones de uso para cada equipo y sus respectivos balances de materia (Entradas- Salidas) obtenidos a partir de revisión bibliográfica.

3.1. Capacidad de la planta

3.1.1. *Tiempos de operación*

Para el diseño de la planta piloto resulta fundamental definir los tiempos de operación, teniendo en cuenta las operaciones que se debe realizan dentro de esta técnica en la producción de un lote, en tabla 14 se definen los intervalos tiempo requeridos en cada operación para la planificación de la planta piloto.

Tabla 18.

Operaciones en el proceso

OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
Lavado y desinfección(T)	0.17
Secado	0.5
Molienda	0.2
extracción	2
Empaque	1
<i>T total por corrida (h)</i>	<i>4</i>

Nota: Tiempos de operación.

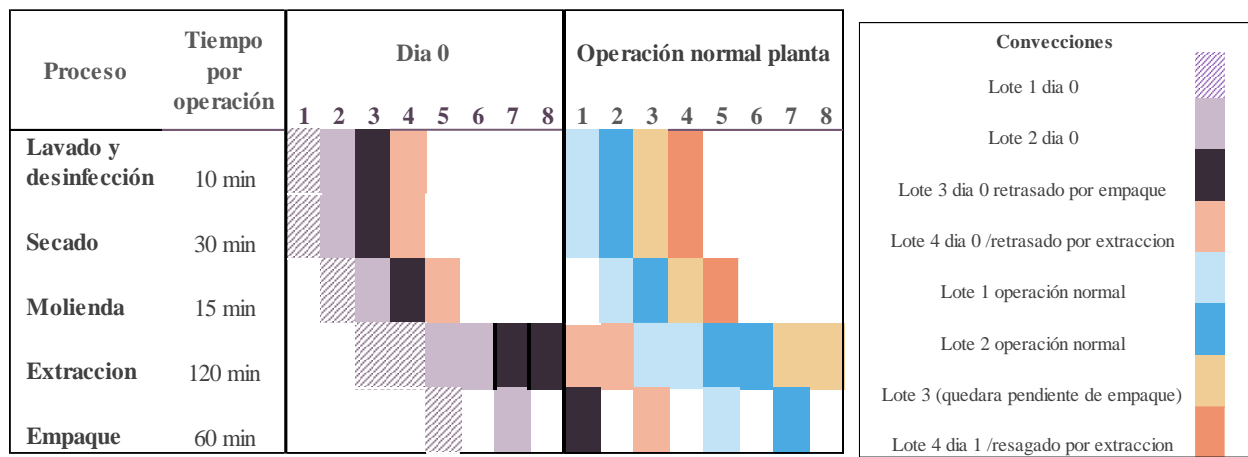
Los intervalos de tiempo fueron tomados de acuerdo con la revisión bibliográfica, teniendo en cuenta condiciones ambientales adecuadas para la implementación de las técnicas.

3.1.2 Tiempos de Operación y Funcionamiento

Con el objetivo de aumentar la productividad diaria de la planta se utiliza como herramienta un diagrama Gantt, con base a las cuatro horas de operación total que tiene el sistema por lote, se propone en el siguiente cronograma (Figura 25):

Figura 28.

Diagrama Gantt



Nota: Diagrama Gantt.

De acuerdo a al diagrama de Gantt por día de producción, *se puede definir que para la capacidad de la planta piloto (20L), se obtiene una producción de 84.19 g de aceite de Cannabis, con un tiempo de cuatro horas por corrida de proceso (lavado, desinfectado, secado, molienda, extracción y empaque), por esta razón se concluye que en el día la planta tendrá cuatro ajustándose a así a las 8 horas de jornada laboral para generar anualmente (Año laboral de 244) 20542,592 gramos de aceite de cannabis.*

3.2. PROCESO PLANTEADO

3.2.1. *Diseño de proceso*

Para el diseño del proceso que se explicara en los siguientes ítems se tomó como base el artículo *Supercritical carbon dioxide extraction of cannabinoids from Cannabis sativa L. plant material*, a la fecha, es la publicación más cercana, y su objetivo es el análisis de la interacción entre los terpenos del cannabis sativa y el cambio de presión que se emplea con el equipo de fluidos supercríticos. De acuerdo a lo anterior se tomó del artículo el diseño de la extracción y para la pre-extracción se utilizaron los artículos como *DESINFECCIÓN QUÍMICA DE PLANTAS MEDICINALES II. Plantago lanceolata L* y *MOLIENDA EN FÁBRICAS DE PIENSOS*.

A continuación, se presenta la ecuación de búsqueda de artículos y su aporte en la propuesta

Tabla 19.

Ecuación de búsqueda para el diseño de proceso.

Ecuación de búsqueda		
Palabras clave	Fuentes	Cantidad de artículos encontrados
<i>supercritical carbon dioxide</i>	<i>Google academic</i>	<i>46</i>
<i>extraction of terpenoids</i>	<i>Scopus</i>	<i>16</i>

Nota. Ecuación de búsqueda.

Tabla 20.

Revisión Bibliográfica para el diseño del método de fluidos súper riticos

ARTICULO	AÑO	APORTE
Un enfoque sistemático para desarrollar condiciones de extracción de terpenos utilizando dióxido de carbono supercrítico	2018	los monoterpenos tienen una alta solubilidad a 70 bar y 50 ° C, mientras que los sesquiterpenos tienen una solubilidad de baja a leve en estas condiciones.
<i>Supercritical carbon dioxide extraction of cannabinoids from Cannabis sativa L. plant material</i>	2019	Extracción de aceite de terpenos con rendimiento de 3.9%
Evaluation of Cannabinoid and Terpenoid Content: Cannabis Flower Compared to Supercritical CO2 Concentrate	2018	Condiciones de operación para aislamiento de monoterpenos y sesquiterpenos.

Nota. Revisión Bibliográfica para el diseño del método de fluidos súper riticos.

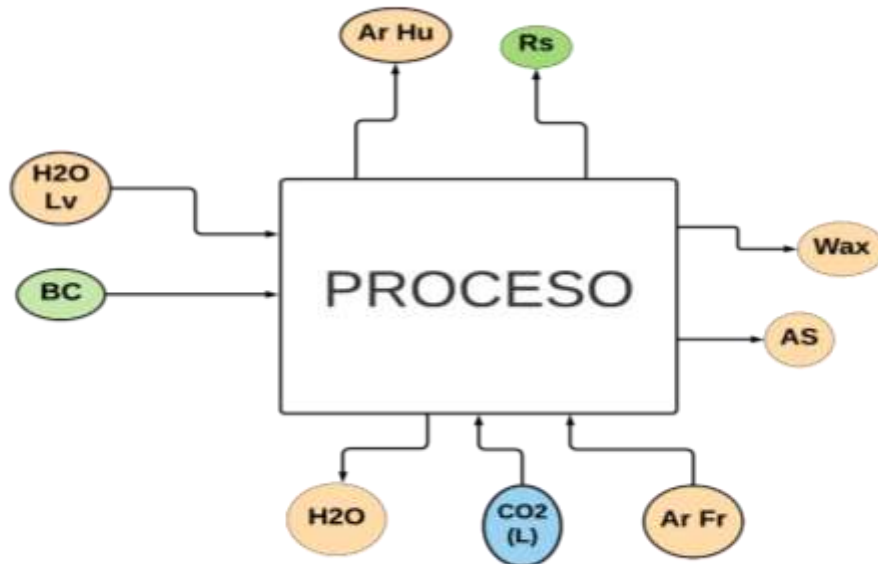
Sin embargo, en la propuesta fue necesario plantear las variables que impactan directamente e indirectamente el proceso, como es la presión la cual juega dentro de las variables de proceso un papel importante permite mantener el estado supercrítico. En las variables de diseño se tienen en cuenta la temperatura, el flujo, y el dimensionamiento de las tuberías del sistema, el diámetro de dicha tubería dependerá directamente de la presión que se le emplea al sistema por esta razón es decir que a media que aumenta la presión aumentara el diámetro del sistema.

3.2.2. Diagrama de caja negra

El diagrama de caja negra tiene como fin presentar de forma general la entradas y salidas del proceso. (Figura 26)

Figura 29.

Diagrama caja negra del proceso



Nota. Diagrama de Caja negra del proceso.

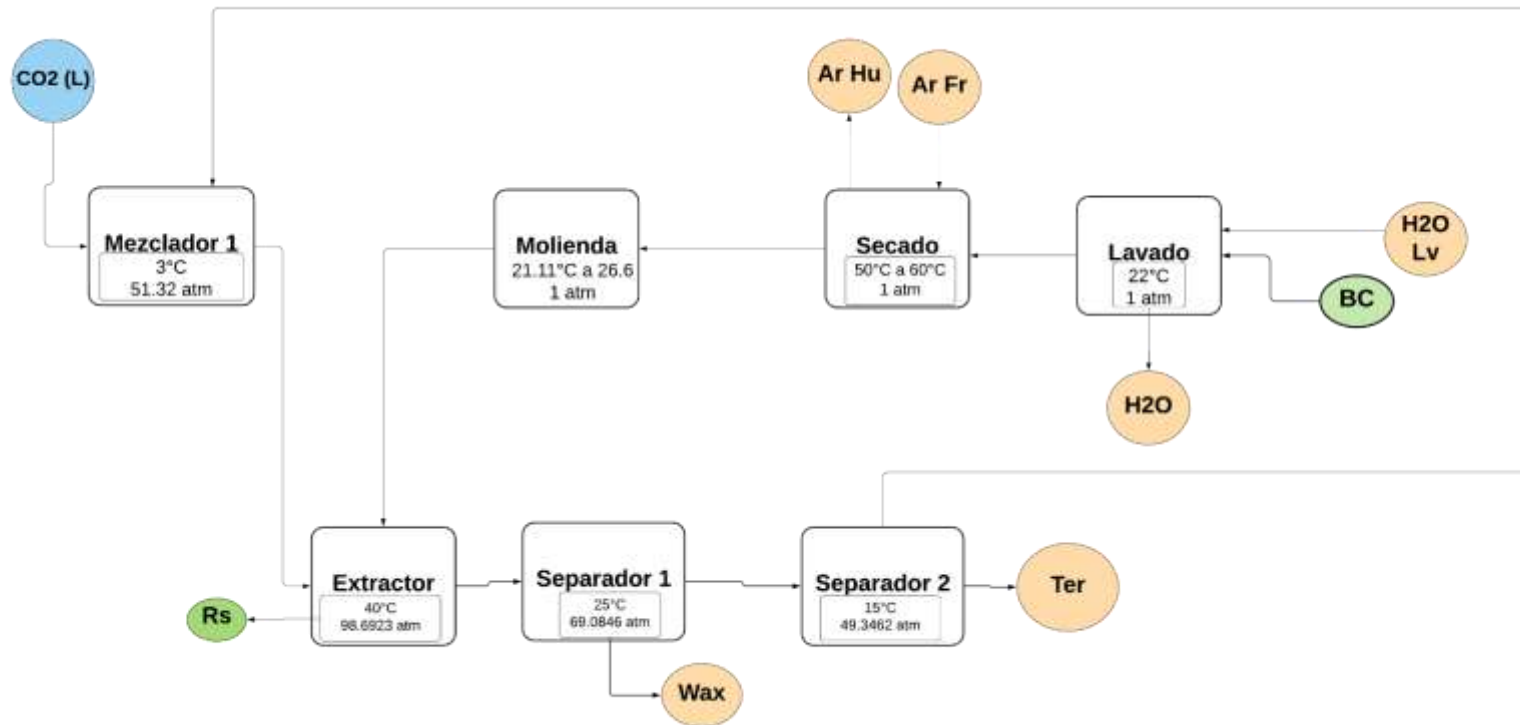
3.2.3. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques para el proceso representa el funcionamiento interno del sistema de fluido súper crítico, se toma la decisión de sumarle a este diagrama actividades que se tienen en cuenta para el pretratamiento de los brotes, ya que estos intervienen de manera directa en la calidad del producto final.

El diagrama de bloques cuenta unidades de proceso dentro de la cuales se encuentra actividades como el lavado, secado, extracción, mezclado y separación. Adicionalmente se presenta la organización de las entradas y salidas del proceso.

Figura 30.

Diagrama de Bloques



Nota. Diagrama de bloques.

Inicialmente la materia prima ingresa al sistema de lavado y desinfección, consiste en un equipo de inmersión con agua potable que se encarga de remover las impurezas contenidas en la planta durante 10 minutos, luego pasa a la cámara de deshidratación o secado, en donde los brotes están en un tiempo de secado rápido por unos a 45 minutos a una temperatura de aire caliente de 50 a 60°C, con el propósito de retirar la mayor cantidad de agua, sin afectar los aceites esenciales (Terpenos)” [40], teniendo en cuenta que las plantas medicinales en general poseen una humedad aproximada de 6%, el propósito es retirar el 50% de humedad aplicando el secado rápido. Después de esta operación, los brotes son llevados a un molino de cuchillas durante 12 minutos, para homogenizar el tamaño de partícula evitando que se adhiera a la tubería. Luego la materia prima es ingresada junto con el CO₂ líquido a un tanque de extracción, donde se produce el aceite esencial compuesto por cannabinoides, terpenoides, flavonoides entre otros compuestos de interés. El equipo de fluidos súper críticos cuenta con dos separadores asegurados por medio de válvulas de control y seguridad que se encargan de la separación de los componentes de interés, las modificaciones de presión y temperatura permiten que se genere el estado supercrítico para la extracción. El tiempo de duración del proceso se estima de 2 a 3 horas, al finalizar este tiempo se descomprime el equipo para comenzar el descargue, inicialmente el residuo de los brotes queda en el extractor. En el primer separador donde se pueden obtener las ceras que son llevadas a otro tratamiento y en el segundo se obtiene el aceite full spectrum que contiene el metabolito de interés (terpenos), posteriormente este es llevado a al tanque de almacenamiento, el dióxido de carbono gaseoso es recirculado al extractor por medio de dos válvulas y el intercambiador de calor que se encarga de cambiar su fase gaseosa a líquida, con el fin de ser reutilizado en el proceso. Cabe resaltar que en los dos tanques de almacenamiento de los extractos se inyecta nitrógeno gaseoso con el objetivo de evitar que el extracto se oxide al contacto con el aire.

3.2.4. Definición de condiciones.

Dentro de la revisión bibliográfica se encuentra el artículo, adicionalmente se plantea la relación de entrada y salida de aire del secador usando la carta psicométrica y asumiendo que Bogotá posee estas condiciones (Anexo IV) y el dimensionamiento de los equipos teniendo en cuenta la capacidad y tiempos de operación de la planta, teniendo cuidado de la pre-extracción y pos-extracción para que el aceite extraído sea libre de microorganismos y no se oxide.

- **Lavado y desinfectado:** las condiciones de esta actividad son tomadas del artículo *DESINFECCIÓN QUÍMICA DE PLANTAS MEDICINALES II. Plantago lanceolata L.* En donde se establece que de presión y temperatura debes estar a condiciones ambiente, al variar a otro tipo de condiciones los terpenos que son los objetos de estudio dentro de la propuesta se pueden ver seriamente afectados.
- **Secado:** Las condiciones de operación para un secador al vacío se toman teniendo en cuenta las relaciones de humedad relativa y tiempo de secado del artículo *Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus globulus)*, así mismo estos valores se utilizaron en la carta psicométrica para Bogotá, esta carta permite obtener cantidades de interés para el balance de materia.
- **Molienda:** El proceso de molienda es uno de los más importantes se le atribuye el transporte del aceite con terpenos por todo el sistema, debido a lo anterior se tomaron condiciones ambientes del artículo *MOLIENDA EN FÁBRICAS DE PIENSOS.*
- **Extracción:** “Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (*Cannabis sativa L.*) by supercritical CO₂ extraction and on-line fractionation”, del cual se toman los valores de las variables de interés del proceso, el artículo opera con una planta piloto de fluidos súper críticos que especifican condiciones (Temperatura y presión) de cada uno de los equipos planteados en la planta piloto.
- **Almacenamiento:** El almacenamiento del aceite se realiza condiciones tomadas del Blog *ESSNCIAL, conservación de los aceites esenciales*, el cual define que esta actividad se realiza a presión atmosférica y temperatura de 4°C-12°C puesto que estas evitan la oxidación del aceite con terpenos.

Tabla 21.

Condiciones de operación

OPERACIÓN	CONDICIONES DE OPERACIÓN		
	Temperatura(°C)	Presión (atm)	volumen (L)
Lavado y desinfección(T)	22	1	40
Secado	50-60	1	
Molienda	21.11 a 26.6	1	

Tabla 18. Continuación

Extracción	Mezclador	3	51,32	20
-------------------	-----------	---	-------	----

Tabla 18. Continuación

	Extractor	40	98.70	20
	Separadores 1	25	69.09	
	Separador 2	15	49.35	20
	Almacenamiento	4 a 12	1	20

Nota. Condiciones de operación.

Para las condiciones de operación implican gastos energéticos descritos en la tabla 19

Tabla 22.

Gastos energéticos de operación

OPERACIÓN	TIEMPOS DE OPERACIÓN (H)	GE POR HORA (J/H)	GE POR CORRID A (J/H)	GE POR DIA (KW)	GE MENSUAL (KW)	GE ANUAL (KW)
LAVADO Y DESINFECCIÓN	0,167	5.400.000	900.000	1	28	336
SECADO	0,5	5.040.000	2.520.000	2,8	78,4	940,8
MOLIENDA	0,2	79.200.000	15.840.000	17,6	492,8	5.913,6
EXTRACCION	2	90.000.000	180.000.000	23,53	470,59	5.647,06
EMPACADORA	1	5.040.000	5.040.000	5,6	156,8	1.881,6
TOTAL, DE CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL DE LA PLANTA			204.300.000	50,53	1.226,59	14719,06

Nota. Gastos energéticos de operación.

3.2.5. Diagrama PFD

En el diagrama PFD del proceso (Figura 28) presentan los equipos propuesto con sus respectivas válvulas (retención y de paso), que permiten el control del paso de flujo, el diagrama contiene intercambiadores de calor que ayudan a mantener la temperatura necesaria para el proceso, condensadores que son los encargados de cambiar de fase el dióxido de carbono y divisores que hacen el método más eficiente.

Cabe resaltar que las condiciones tomadas en las actividades de lavado, secado y curado son tomadas teniendo en cuenta las condiciones ambientes de la zona. Así mismo dicho diagrama es elaborado teniendo en cuenta la norma UNE-EN ISO 10628 del 2001

Para mayor definición del diagrama PFD mirar anexo VI

3.2.6. Diagrama de control de variables

En el proceso es importante resaltar las variables de proceso y los controles que estas tienen. Por esta razón plantea 13 lazos de control (figura 29), para monitoriar en los equipos las variables que afectan directamente el proceso como son: temperatura, presión y flujo. En el diagrama se plantea el uso de indicadores, transmisores, controladores, convertidores y actuadores que permiten tener una amplia especificación de uso y control de los equipos.

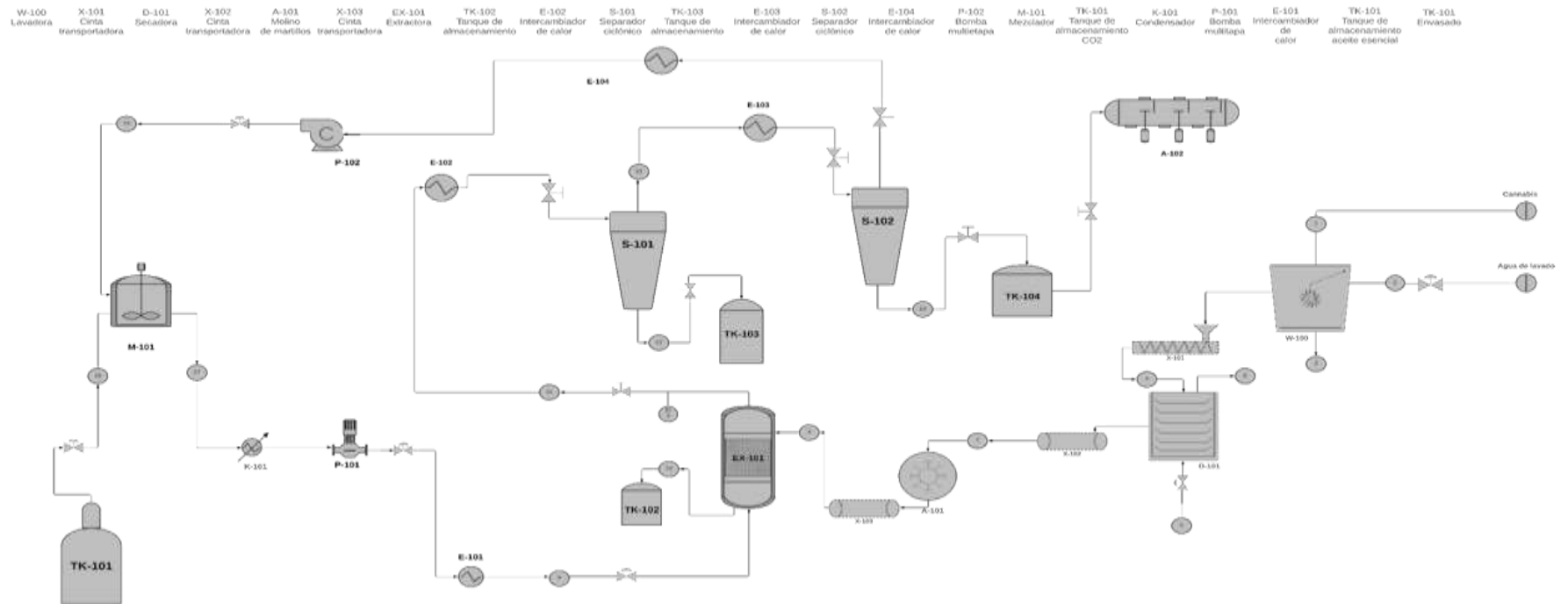
Teniendo en cuenta lo anterior se plantea los siguientes lazos de control

- **Nivel:** el lavado y la separación son actividades en donde se implementan estos controles con el objetivo de evitar accidentes en la planta puesto que en esta se trabaja con electricidad el secador y la bomba piston.
- **Flujo:** En el extractor se implementa este tipo de control puesto que se necesita visualizar la relación de flujo en la entrada de CO₂, ya que al trabajar con este compuesto que se comporta como un disolvente es necesario reconocer su perfil de alimentación al sistema.
- **Temperatura:** En equipos como secador, extractor y mezclador se plantean dichos lazos con el objetivo de supervisar los cambios de temperatura que se presentan en el proceso puesto que si dicha variable sale de control compromete a los compuestos de interés como los terpenos al tener un alto porcentaje de volatilidad.
- **Presión:** En mecanismos como el extractor, la bomba de recirculación y bomba piston se emplea este tipo de controles puesto que es una de las variables críticas del sistema. Tener un

completo manejo de dicha variable permite conocer el nivel presurización y despresurización, es decir, las condiciones óptimas de disolvente para reaccionar con los enlaces de la materia prima y así facilitar su rompimiento en la extracción.

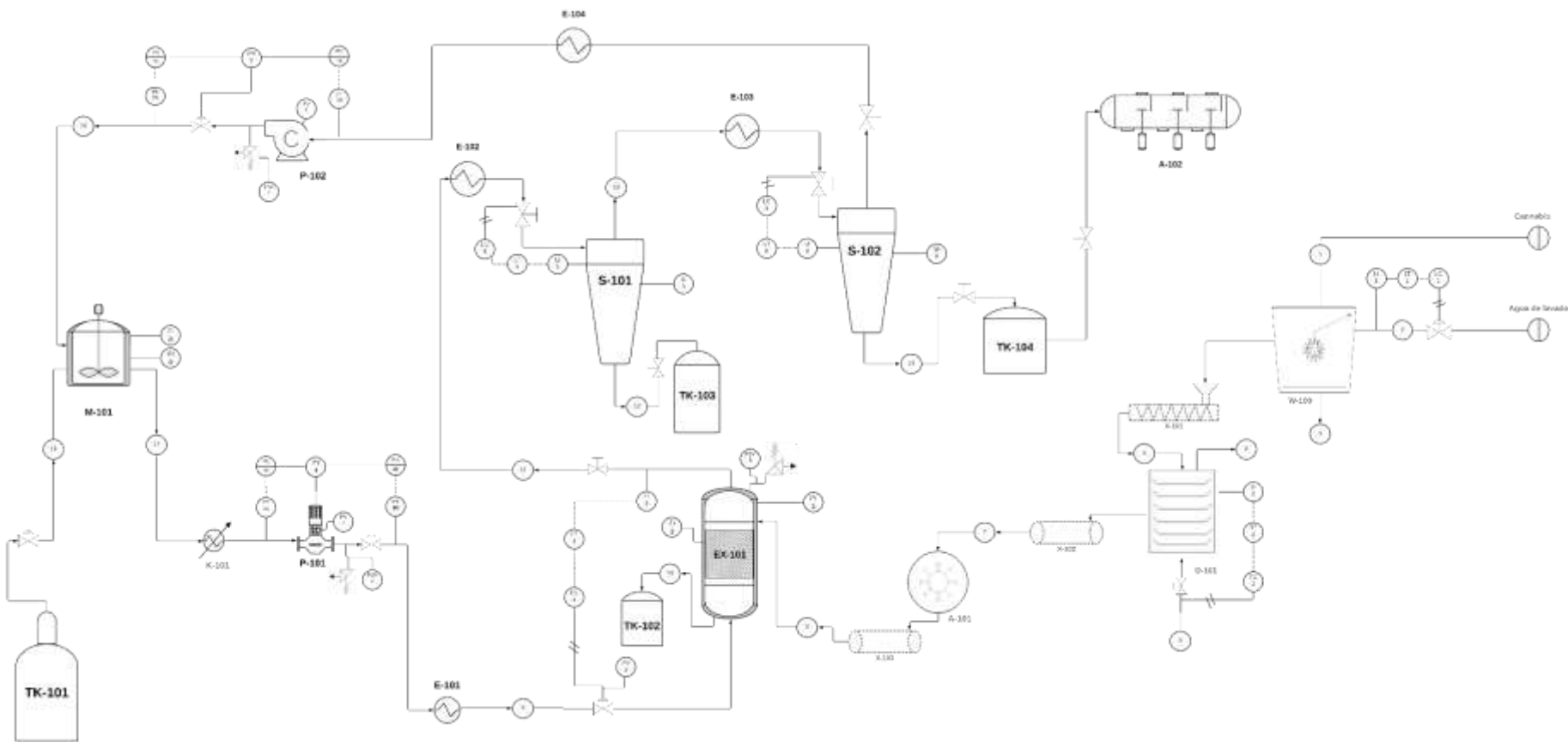
Para mayor definición del diagrama control de variables mirar anexo VII

Figura 31. Diagrama de proceso PFR



Nota. Diagrama PFR del proceso. Apoyado por el artículo “Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (*Cannabis sativa* L.) by supercritical CO₂ extraction and on-line fractionation”.

Figura 32. Diagrama de Control de Variables



Nota. Diagrama de control de variables. Apoyado por el artículo “*Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (Cannabis sativa L.) by supercritical CO₂ extraction and on-line fractionation*”.

3.3. Descripción de equipos

Se plantea desde la revisión bibliográfica la selección de equipos presentes en el proceso y en la seguridad del sistema por operación, cada uno de estos con sus características e importancia para proporcionar un sistema eficiente, seguro, capacitado y confiable dentro de la propuesta.

3.3.1. Lavado y desinfectado

Para el proceso lavado y desinfección se puede tener dos tipos de instrumentos, uno puede ser elevadores de pulverización (figura 30) que utiliza agua de 15°C, generalmente es utilizado en cuartos de lavado sin exactitud de tiempo y con gastos hídricos elevados. Así mismo con estos tipos e instrumentos se utilizan bandejas para sumergir la materia prima y garantizar su desinfección.

Figura 33. Elevadores de pulverización



Nota. Elevadores de pulverización. Tomado de: Spraying Systems NZ Ltd. Anonimo, “Sealpump,” 12 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.sealpump.com/product/spray-risers/>.

3.3.2. Secado

Dado el proceso el secado al vacío resulta el apropiados. este equipo tiene como objetivo en el proceso “eliminar el agua presente en la flor” [42] de *cannabis*, “permitiendo la conservación y prevención de los compuestos” [42] presentes en la planta a una temperatura específica que permita la obtención de la máxima concentración de terpenoides y cannabinoides utilizando una mínima

cantidad de energía en comparación con otros equipos. Este equipo de secado consta de una cámara donde son ingresadas las el *cannabis* y un montaje adicional en donde se recuperan en el momento de secado los terpenos que son volatilizados fácilmente de los brotes. Se toma como referencia el equipo de secado a nivel laboratorio para la flor de *cannabis* de la universidad Nacional de Colombia ilustrado por el doctor Iván Darío Gil Chávez (Figura 32), Escritor del libro *Process Analysis and Simulation in Chemical Engineering*.

Figura 34. *Secado al vacío*



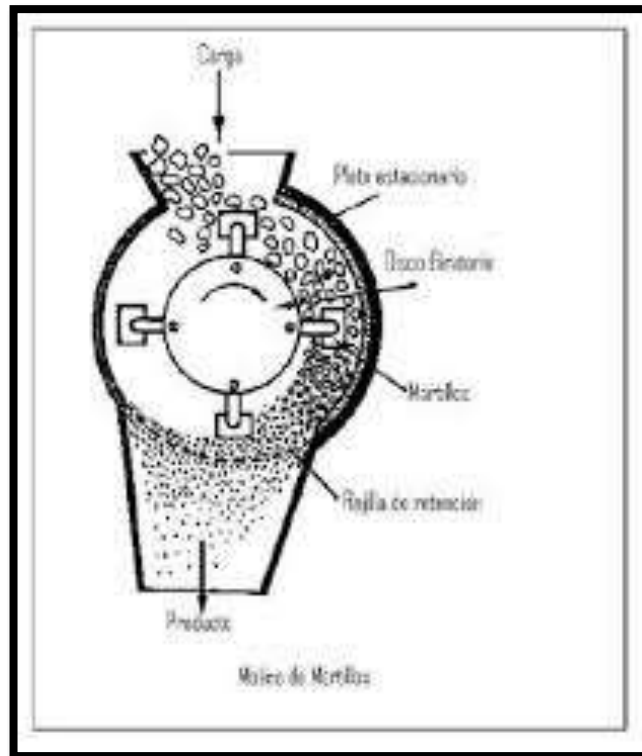
Nota. “*Cannabis*: Un reto para la ingeniería química”. Tomado de: I Congreso G Tech-IQ América Dr. Iván Darío Gil Chaves. D. I. D. G. Chaves, Interviewee, *Cannabis*: Un reto para la ingeniería química. [Entrevista]. 26 Octubre 2020.

3.3.3. *Molienda*

Para la reducción de tamaño se plantea un Molino de martillos, este equipo genera partículas finas de tamaño uniforme (0.02mm) que facilitan la extracción y se evite que estas se adhieran fuertemente al extractor, separadores y que no permitan su paso en las tuberías del sistema aumentando el tiempo de mantenimiento y disminuyendo la eficiencia del equipo (Figura 33).

Figura 35.

Molino de martillo



Nota. Molino de martillo. Tomado de. ALNICOLSA del Perú S.A.C.2011.Disponible en: <http://taninos.tripod.com/molinosmartillo.htm>

3.3.4. Extracción

Tanque de Extracción o Extractor: El equipo permite la separación del componente de interés, lo hace por el “medio del principio de extracción solido-liquido continuo el cual se establece dentro del equipo de fluidos súper críticos cuyo objetivo es obtener un compuesto a partir de distintos grados de presión” [45], generalmente se da de manera efectiva sin afectar las otras etapas del proceso, pero teniendo en cuenta las variables de interés. (figura 34) .

Figura 36.

Planta de fluidos súper críticos



Nota. Super Critical CO₂ Fluid Extractor Machine for Plants Oil Press. Tomado de: Liaoyang. Wang. W. Wanda Machinery Co., Ltd.2018. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/super-critical-co2-fluid-extractor-machine-for-plants-oil-press-1600095987023.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.5d355e50NzQQ17&s=p

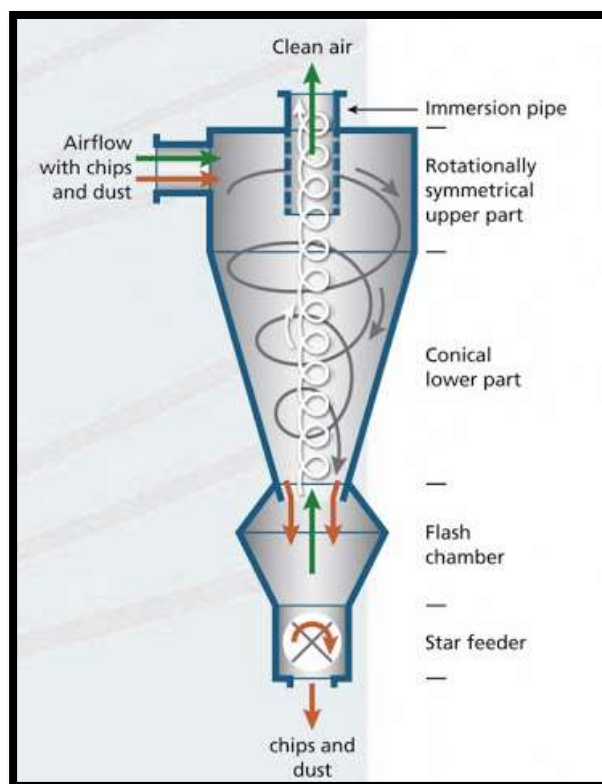
3.3.5. Separadores en el equipo de fluidos súper críticos.

En el equipo de fluidos súper críticos se encuentran dos separadores ciclónicos cuyo objetivo de trabajo es permitir la separación de la mezcla de partículas sólidas en un gas en este caso CO₂. El equipo piloto de SFE (extracción de fluidos supercríticos) tiene separadores verticales puesto que se trabaja con “pequeños caudales, son flexibles y su control de nivel es sencillo” [47] en comparación con los horizontales.

Su funcionamiento se inicia al establecerse flujo de aire dentro del contenedor o ciclón “En donde fluye en un patrón helicoidal, comenzando en lo más alto del ciclón a lo más bajo y finalizando en un flujo central que sale por el tubo de salida” [48].Dicho equipo es ilustrado con sus partes en la figura 35.

Figura 37.

Esquema de los separadores ciclónicos presentes en el equipo de SFE.



Nota. Esquema de los separadores ciclónicos presentes en el equipo de SFE. Tomado de. IBERMAQ. G. GRUPO IBERMAQ, “GRUPO IBERMAQ,» GRUPO IBERMAQ, 14 Diciembre 2016. [En línea] Disponible en: <http://www.ibermaq.es/producto/separadores-ciclonicos/>.

3.3.6. Almacenamiento

Contenedor de CO₂ (Dióxido de carbono) líquido: Este tipo de equipos se encargan de resguardar gases y líquidos como se ilustra en la figura 36, generalmente resultan ser un riesgo al contacto directo o inhalación, son muy utilizados son un medio confiable para el almacenamiento en este caso del dióxido de carbono líquido, por su alto grado de seguridad en variables tales como la presión, temperatura, flujo de entrada y salida entre otras. Son fabricados con “recubrimientos metálicos, espesores y pinturas epóxicas, desarrollan

protección contra la corrosión, fugas generadas por fracturas y explosiones” [50]. Cabe resaltar que estos equipos son sometidos en su etapa de diseño a pruebas preventivas generando que el intervalo de tiempo requerido para el mantenimiento de estos en eso no sea amplio ni costoso.

Figura 38.
Contenedor de CO2.



Nota. Contenedor de CO2. Alibaba.com. Tomado de: Gas-equipment. Alibaba. GDSCSG. Martin. M. 2018. [En línea Disponible en: https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=tanque+de+oxigeno]

Contenedor del producto: Controlar el área de almacenamiento del producto es muy importante, este se debe evitar la oxidación, hidrólisis, polimerización y degradación enzimática del aceite full spectrum. Debido a lo anterior se debe resaltar que el aceite de *cannabis* es un aceite que después de su extracción puede estar sujeto a cambios de propiedades en sus componentes con el transcurso de tiempo y condiciones de almacenamiento. Por esto este aceite se debe almacenar en “depósitos cerrados, sin exposición a la luz y con temperatura constante garantizando su estabilidad e idoneidad” [52]. No obstante, la temperatura e iluminación no son los únicos parámetros que afectan directamente esta actividad, el material en que es depositado es un factor que influye bastante en los diferentes almacenamientos (tanques, envasados) por esta razón es fundamental para la zona de producción adquirir tanques en acero inoxidable y para la zona de empaquetado en envases de vidrio que proporcionen seguridad y confiabilidad al consumidor.

Figura 39.

Contenedor de aceite



Nota. Contenedor de aceite. MercadoLibre. Aceros el rey, [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-574030212-cantina-en-aluminio-extra-fuerte-capacidad-15-litros-altura-JM?quantity=1#position=16&type=item&tracking_id=7bee32f0-1cfe-475a-af38-0245fb41763c.

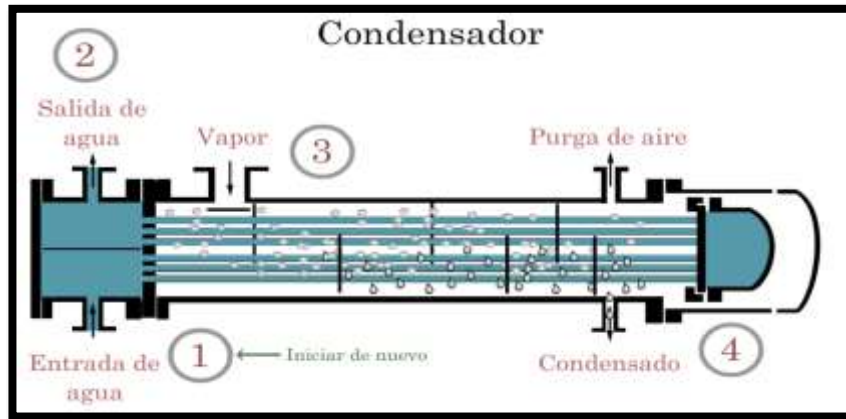
3.3.7. Equipos de servicio

Condensadores: La condensación es una técnica muy utilizada a nivel industrial que emplea la separación de “compuestos volátiles de una mezcla de vapor por medio de la saturación, seguida por un cambio de fase” [54], este tipo de equipos pueden ser refrigerantes que usualmente son “Dispositivos de control de la contaminación para el tratamiento de corrientes de emisiones con altas concentraciones” [54] o no refrigerantes que generalmente se emplean para “la recuperación de materia prima o cualquier otro producto” [54].

Para este proceso se utiliza condensadores no refrigerantes que ayudaran a recircular el CO₂ y cambiarlo de fase (gas-liquido).

Figura 40.

Funcionamiento de un condensador



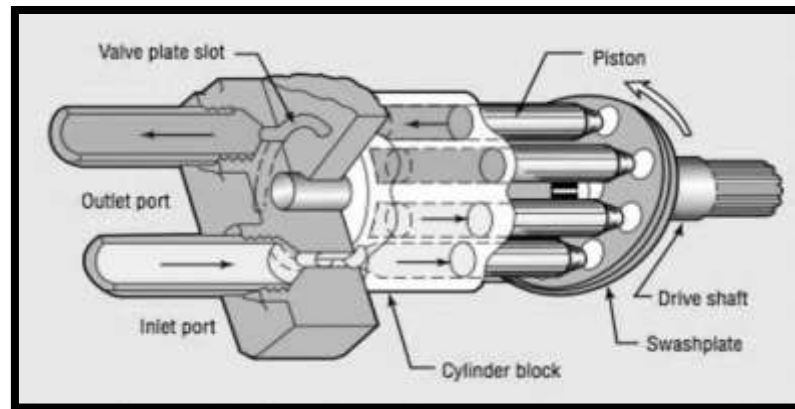
Notas. Funcionamiento de un condensador. Tomado de: Instalaciones frigoríficas Comerciales e Industriales. Anonimo. 9 Junio 2016.]. [En línea] Disponible en: <https://frigoristas.wordpress.com/condensadores/>

Bombas y compresores: El equipo de bombeo y compresión (Figura 39), en un proceso es utilizado generalmente cuando se trabaja con líquidos y gases, estos equipos permiten aumentar la presión de fluido o del gas, en si el funcionamiento de una bomba o compresor es “convertir la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en dicho fluido” [56].

Para el proceso estos instrumentos son de utilidad, y ayudan a impulsar los fluidos (aceite, CO2 líquido y CO2 gaseoso) por todo el sistema de producción. Adicionalmente dentro del SFE se cuenta con una “bomba de pistón con chaqueta para impulsar y mantener la temperatura del CO2 líquido y los compresores que encargan de mantener el flujo de dichos fluidos gaseosos” [57].

Figura 41.

Bomba pistón



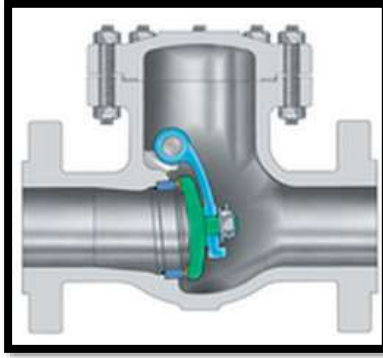
Nota. Principios Ingenieriles Básicos - Bombas Hidráulicas. Tomado de. Hydraulics & Pneumatics.. Anonimo, “Hydraulic & Pneumatics,” 5 Junio 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-bsicos-bombas-hidraulicas..>

Válvulas: Este instrumento tiene como objetivo “cambiar el flujo con base a la restricción del paso del fluido” [59]. Así mismo existen las mecánicas las cuales se encarga de reducir el área por la que pasa el fluido y la electromagnética que solo abre y cierra controlando el fluido en un tipo especificado.

- **Cheque o unidireccionales:** Este es una válvula unidireccional, check, uniflujo, se utilizan cuando se necesita “cerrar completamente el paso de un fluido en circulación” [60], esto lo logran con “sellos que se abren y cierran automáticamente” [59]. En el proceso es de utilidad, permite tener el control sobre el caudal del flujo que se está direccionando en este proceso.

Figura 42.

Funcionamiento de una válvula de cheque o unidireccional



Nota. Funcionamiento de una válvula de retención. Tomado de Direct Industry. Anónimo, “Directindustry.es,” 15 febrero 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/velan/product-24371-851377.html>.

- **On-Off:** Este equipo (Figura 40) es utilizado en procesos donde se necesite “apertura o cierre total” [59], este tipo de válvulas “no posee exactitud necesaria para un control de flujo” [59], no obstante, son tratadas con delicadeza ya que si se le aplica una fuerza excesiva trae como consecuencia la deformación de la base al contacto Metal-Metal.

Figura 43.

Válvula En-Off



Nota. Válvula On-Off. Tomado de: Albiz M., Anonimo, “Albiz,” 8 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://all.biz/ar-es/valvulas-onoff-esclusa-g35098>

- **Válvulas de seguridad:** Estos instrumentos (Figura 42), se utilizan en el proceso como válvulas de alivio para evitar accidentes de sobrepresión en la bomba y compresores, es decir que lo que se busca con este tipo de instrumentos es reducir el exceso de presión en el equipo determinado que pueda apeligrar la vida del operario y el rendimiento de los demás instrumentos.

Figura 44.

Válvula de alivio de presión y/o seguridad.

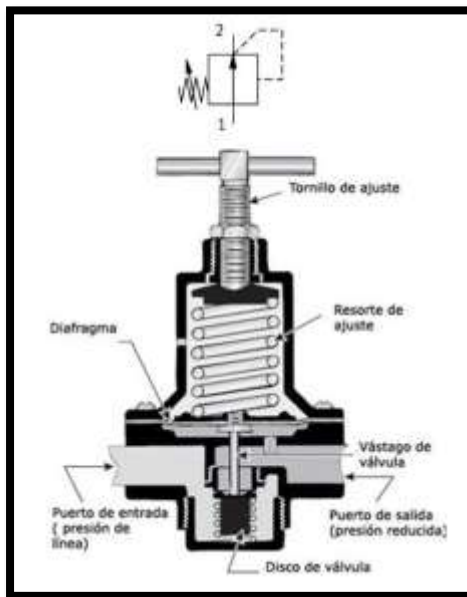


Nota. Válvula de alivio de presión y/o seguridad. Sateladmin. Tomado de: SATEL. Sateladmin, “SATEL,” 26 Febrero 2019. [En línea]. Available: https://blog.satelimportadores.com/valvulas/valvula-de-alivio-de-presion_y_o_seguridad/.

- **Válvula de regulación de presión anterior (BPR):** Estas válvulas (Figura 42), se utilizan debido a que dentro del equipo se trabaja con flujo constante, su funcionamiento parte de que actúa como un regulador de presión es decir “que a medida que se reduce la presión anterior aumente el flujo, con el aumento del flujo se reduce más la presión y continúa el círculo vicioso” [59]

Figura 45.

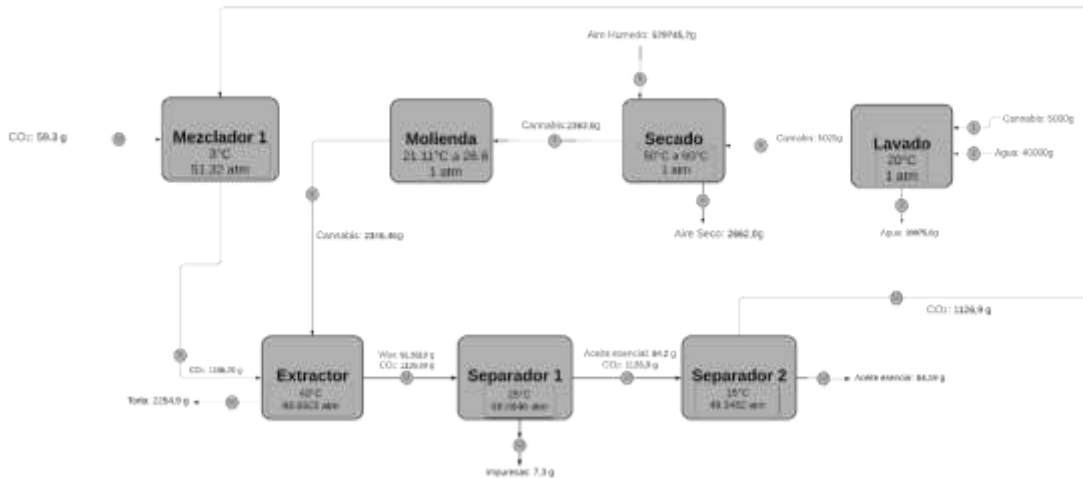
Válvula de regulación de presión anterior (BPR)



Nota. Válvula de regulación de presión anterior (BPR). Tomado de: Automatización Industrial. Anónimo, “Automatización Industrial,” 8 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <http://industrial-automatiza.blogspot.com/2010/09/válvulas-de-presion.html>

3.4. Balance de materia

Figura 46. Balance de materia diagrama



Para este proceso las materias primas de alimentación y las cuales son usadas para la transformación de producto son el *Cannabis* y CO₂, siendo el *Cannabis* la materia prima a la cual se le realizara la extracción y el CO₂ el solvente para el proceso, adicionalmente se cuenta con servicios industriales tales como agua empleada en el lavado, aire empleado en el seca y energía la cual es necesaria para la operación de los equipos. El producto de este proceso es inicial ante el Wax que es el aceite concentrado en una cera el cual es separado y transformado en aceite liquido

La alimentación al sistema de lavado y desinfección en la corriente 1 es de 5000g de brotes de *cannabis* con 40000 g de agua potable, durante 10 minutos [65] los brotes son sumergidos para prevenir la presencia de microorganismos, manchas e impurezas de la planta, ganando 0.5% en su humedad como se evidencia en la corriente 4 con 5025g, así mismo, las plantas al cabo de este tiempo ingresan al equipo de secado por bandejas en donde se utiliza aire caliente teniendo en cuenta una humedad relativa de 45% a 50% con estos estándares se busca reducir su humedad al 12% [66] obteniendo 2363 g de brotes evidenciados en la corriente 7, esta cantidad es ingresada a la parte de molienda en donde se debe tener en cuenta el 0.7% [67] de pérdidas que tiene dicho equipo produciendo así 2346.64g de *cannabis* molido durante 12 minutos en la corriente 8. No obstante, el sistema de fluidos súper críticos tiene una capacidad de 20L e inicia con la recolección de la materia

prima proveniente de la molienda en el mezclador y con una alimentación de 50L de CO₂ líquido por hora, debido a que el método tiene un intervalo de tiempo de operación de dos horas y unas pérdidas de CO₂ del 2%, al mezclador es ingresado por la corriente 8 1186.20g de CO₂, la eficiencia del extractor de del 3.9% [68] por esta razón en la corriente 10 de la salida del extractor se evidencia 2255.9 g de residuo sólido que se le da un tratamiento externo para productos alternos (fibras , textiles, biodiesel etc.), 91.51g de Wax (fluido viscoso) que sale en la corriente 11 contiene ceras y componentes de interés dentro del proceso. Por esta razón es necesario separar dichas ceras en la corriente 12 en la cual se evidencia que del wax extraído el 8% corresponde a sus ceras [68] obteniendo en esta corriente 7.3g , en la corrientes 13 se evidencia lo restante de aceite esencial(aceite de terpenos) de 84.2g y el CO₂ con pérdidas es recirculado al inicio del proceso para su reutilización con ayuda de los equipos de servicio, mientras que el aceite es almacenado en contenedores de almacenamiento de 20L para empaque y control de calidad.

Tabla 23. Balance de Materia

Balance de materia																	
Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Temperatura (°C)	20,0	20,0	20,0	20,0	48.84	40,00000	60,00	26	25,00	40,00	25,00	20,00	15,00	20,00	3,00	3,00	3,00
Presión (atm)	1,0	1,0	1,0	4,0	1,00000	1,00000	1,00	1,00	51.32	1,00	69.09	1,00	49,35	1,00	51.32	51.32	51.32
Flujo total (kg/h)	5000,0	40000,0	39975,0	5025,0	529745,2	2662,0	2363,0	2346,5	1186,2	2254,9	0,0	7,3	1211,1	84,2	1126,9	59,3	1186,20
Flujo por componente																	
Cannabis (g)	5000,0	0,0	0,0	5025,0	0,0	0,0	2363,00	2346,46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agua de servicio (g)	0,0	40000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agua residual (g)	0,0	0,0	39975,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agua evaporada (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2662,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aire (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	529745,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aceite esencial (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,2	84,19	0,0	0,0	0,0
CO2 (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1186,20	0,0	1126,89	0,0	1126,9	0,0	1126,9	59,3	1186,20
Residuo Solido (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2254,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ceras(g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wax(g)	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0	0	91,511901	0	0	0	0	0	0

Nota. Balance de materia.

4. ANALISIS TECNICO FINANCIERO

En este capítulo se plantea un análisis de costos para la puesta en marcha de una planta piloto, en este análisis se tendrán en cuenta una inversión inicial netamente de equipos de producción teniendo en cuenta los valores ofertados por los proveedores disponibles en Colombia, nomina para la parte técnica-administrativa usando como referencia el ponderado de salarios mínimos de CompuTrabajo, la depreciación, lo costos por unidad, los posibles ingresos y presupuestos proyectados a 5 años.

4.1. Costos de equipos de producción

Para este plan de inversión los precios de los equipos brindados por los proveedores disponibles en Colombia. En el Anexo I se encuentra la relación de los equipos cotizados, se consideraron equipos de 20 L esto teniendo en cuenta una densidad aparente de aproximadamente 250 g/L. por esta razón los equipos están dimensionados con este volumen, con respecto al equipo de fluidos súper críticos este fue cotizado con una empresa colombiana (SOVIREL)

Tabla 24.

Plan de inversión equipos para extracción de aceite esencial de cannabis con alta concentración de terpenos

Equipos de pretratamiento de materia prima	CU/ U	VALOR (COP) \$	VIDA UTIL AÑOS	VALOR TOTAL (COP) \$
Lavador (Bandeja)	3	15.000	10	45.000
Lavador (Elevadores de pulverización)	3	11.000	10	33.000
Molino alimentos	1	35.000	10	35.000
Secador	1	1.500.000	10	1.500.000
Balanza industrial	1	189.000	10	189.000
Total, Equipo de pretratamiento	9	\$ 1.802.000		
Equipos de Extracción				
Fluidos súper críticos (20L)	1	1.000.000.00 0	10	1.000.000.00 0
Total, Equipo de extracción	1	\$1.000.000.000		

Tabla 21. Continuidad

Equipo de empaque				
Envasadora de líquidos	1	880.000	10	880.000
Total, Equipo de empaque	1			880.00
Almacenamiento				
Contenedor acero inoxidable (15 L)	2	45.000	6	90.000
Total, Muebles y Enseres		\$90.000		
Total, Plan de Inversiones (COP)		\$1.001.892.000		
Imprevistos (COP)		\$100.189.200		
Total (COP)		\$1.102.081.200		

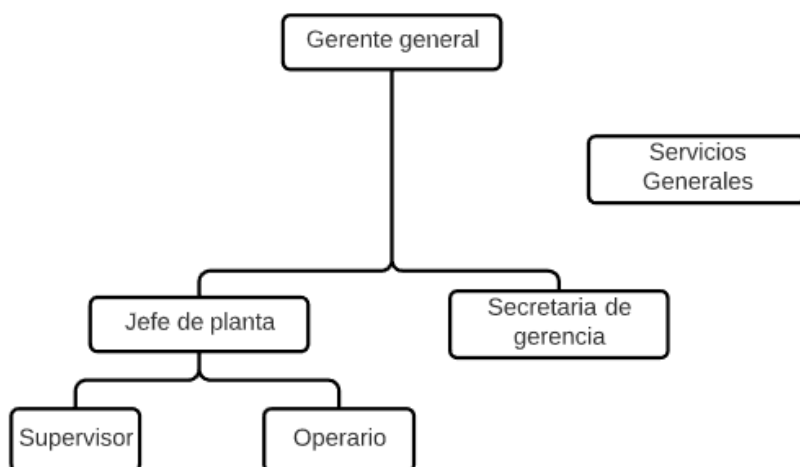
Nota. Plan de inversión equipos para extracción de aceite esencial de *cannabis* con alta concentración de terpenos. Elaboración propia

4.2. Costos mano de obra. propuesta nomina planta piloto

Organigrama empresa, se propone el siguiente organigrama (figura 50)

Figura 47.

Organigrama cargos



Nota. Organigrama empresa.

4.2.1. Salarios y funciones.

Tabla 25.

Salarios y funciones

Puesto	Funciones	Salario
Gerente general	Es quien debe estar supervisando el área de producción y quien se encargará de las ventas y distribución del producto, planeando actividades que ayuden al desarrollo y divulgación de producto	2.956.190 (COP) [69]

Tabla 22. Continuación

Puesto	Funciones	Salario
Jefe de planta	Controlar y dirigir todas las operaciones en el proceso de producción del aceite esencial del <i>cannabis</i> , planificar producción y asegurar el funcionamiento y mantenimiento de los equipos	2.097.844 (COP) [70]
Supervisor	Encargado de supervisar que se cumplan los objetivos de producción, asistir a los operarios y dar soporte al jefe de planta	1.613.108 (COP) [71]
Operario	Se encargará de manejar los equipos y desplazar la materia prima donde sea requerida	918.105 (COP) [72]
Secretaria	Coordinación y manejo documental de la planta, generación de presentaciones, seguimiento de agenda	975.328 (COP) [73]
Servicios Generales	Limpiar, organizar y desinfectar es las áreas	785.414 (COP) [74]

requeridas por el jefe
inmediato

Nota. Salarios y funciones.

Los subsidios, seguridad social, y ARL, se calculan de acuerdo a las tablas en el Anexo II.

En la Tabla 22. se sintetiza el costo de nómina para el funcionamiento de la planta.

Tabla 26.

Nomina cargos administrativos trabajando a un turno (8hr)

							SEGURIDAD SOCIAL							PROVISION					
DEVENGADO							SALUD		PENSIONES		ARL	TOTAL, DE DEDUCCIONES							
66	Básico mensual (cop)	Días liquidados (cop)	Básico devengado (cop)	Subsidio de transporte (cop)	Hrsextra (cop)	Total devengado (cop)	Empleado (cop)	Empleado (cop)	Empleado (cop)	Empleado (cop)	Empleado (cop)	Empleado (cop)	Empleado (cop)	Total, a pagar (cop)	Prima de servicios (cop)	Cesantías (cop)	Intereses cesantías (cop)	Vacaciones (cop)	
Gerente general	2.956.190	30	2.956.190	102.854		3.059.044	251.276	118.248	354.743	118.248	10.051	616.070	236.495	2.719.695	254.910	254.910	30.589	138.941	
Secretaria	975.328	30	975.328	102.854		1.078.182	82.903	39.013	117.039	39.013	3.316	203.258	78.026	897.302	89.845	89.845	10.781	45.840	
Servicios generales	785.414	21	549.790	102.854		888.268	46.732	21.992	65.975	21.992	1.869	114.576	43.983	505.807	74.019	74.019	8.882	25.840	

Tabla 23. Continuación

66	Básico mensual (COP)	Días liquidados (cop)	Básico devengado (cop)	Subsidio de transporte (cop)	Hr sex tra (cop)	Total devengado (cop)	Empleador (cop)	Empleado (cop)	Empleador (cop)	Empleado (cop)	Empleador (cop)	Empleado (cop)	Empleador (cop)	Empleado (cop)	Total, a pagar (cop)	Prima de servicios (cop)	Cesantías (cop)	Intereses cesantías (cop)	Vacaciones (cop)
Total	4.716.932	81	4.481.308	308.562		5.025.494	380.911	179.252	537.757	179.252	15.236	933.905	358.505	4.122.803	418.774	418.774	50.253	210.621	
Jefe planta	2.097.844	30	2.097.844	0		2.097.844	178.317	83.914	251.741	83.914	91.256	521.314	167.828	1.930.016	174.813	174.813	20.978	98.599	
Supervisor	1.613.108	30	1.613.108	102.854		1.715.962	137.114	64.524	193.573	64.524	70.170	400.857	129.049	1.484.059	142.991	142.991	17.159	75.816	
Operario 1	918.105	30	918.105	102.854		1.020.959	78.039	36.724	110.173	36.724	39.938	228.149	73.448	844.657	85.077	85.077	10.209	43.151	
Total	4.629.057	90	4.629.057	205.708		4.834.765	393.470	185.162	555.487	185.162	15.739	964.695	370.325	4.258.732	402.881	402.881	48.346	217.566	

Nota. Nomina cargos administrativos.

4.3. Depreciación equipos

La depreciación es una disminución del valor de un bien en un periodo de tiempo determinado para calcular este valor se tiene en cuenta el artículo 82 de la ley 1819 de 2016, la tasa por depreciación a deducir anualmente será la establecida de conformidad con la técnica contable (NIIF) Anexo III, las cuales son:

Tabla 27.

Depreciación para los equipos de la planta

DEPRECIACION COP						
Equipos de pretratamiento de materia prima	CU/ U	VALOR	VALOR TOTAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL
Lavador (Bandeja)	3	15.000	45.000	375	1.500	4.500
Lavador (Regadera)	3	11.000	33.000	275	1.100	3.300
Molino	1	35.000	35.000	292	1.167	3.500
Secador	1	1.500.000	1.500.000	12.500	50.000	150.000
Balanza industrial	1	189.000	189.000	1.575	6.300	18.900,00
Equipos de Extracción				-		
Fluidos súper críticos (20L)	1	1.000.000.000	1.000.000.000	8.333.333	33.333.333	100.000.000
Equipo de empaque				-		
Envasadora de líquidos	1	880.000	880.000	7.333	29.333	88.000
Almacenamiento				-		
Tanques acero inoxidable (15 L)	2	45.000	90.000	750	3.000,00	9.000
Total, de depreciación maquinaria (COP)				8.356.433	33.425.733	100.277.200

Nota. Depreciación para los equipos de la planta.

Tabla 28.

Presupuesto de depreciación por años de proyección

Valor de adquisición	1.002.772.000
Valor de salvamento	501.386.000
Vida útil	10
Valor de adquisición	1.002.772.000
Valor de salvamento	501.386.000
Vida útil	10

AÑO	0	1	2	3	4	5
Valor inicial (COP)		1.002.772.000	902.494.800	802.217.600	701.940.400	601.663.200
Depreciación del periodo (COP)		100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200
Depreciación acumulada (COP)		100.277.200	200.554.400	300.831.600	401.108.800	501.386.000
Valor neto fina (COP)		902.494.800	802.217.600	701.940.400	601.663.200	501.386.000

Nota. Presupuesto de depreciación.

4.4. Costos por unidad

Los costos por unidad se definen como el valor que le cuesta a la empresa producir una unidad del producto, para realizar el análisis de esto se debe contar con la prestación por unidad del producto

4.4.1. Estudio de mercado:

Los clientes:

- Industrias aromáticas
- Industrias terapéuticas
- Industria farmacéutica

Producto o servicio:

El producto es un producto intermedio que se ofertara con un grado de pureza de aproximadamente el 97% esto teniendo en cuenta que el método de fluidos súper críticos al extraer un aceite esencial brinda este grado de pureza [75], este que al ser procesado y manufacturado ofrece los siguientes beneficios

- Propiedades relajantes
- Combate el insomnio
- Salud cardiovascular
- Ayuda a tratar el cáncer
- Frena la evolución del glaucoma
- Estimulador de apetito
- Efecto analgésico
- Efecto anticonvulsivo
- Regenerador cutáneo

La competencia:

Los competidores ofrecen productos finales como aceites, resinas, perfumes, alimentos y comida

En Colombia los 4 competidores más grandes son:

- *CLEVER LEAVES*
- *AVICANNA*
- *PHARMACIELO*
- *KHIRON*

Presentación

En Colombia y a nivel internacional al ser productos intermedios con restricciones la información de estos se encuentra restringida al público, por lo que la presentación a granel de este producto recomendada seria de 500 gr, que permite desarrollar diferentes productos finales esto sugerido por RAW MATERIAL [76] empresa productora de aceites esenciales

Precio

Teniendo en cuenta que proveedores como EDENS GARDEN [77] da a sus consumidores un precio de (US 254.39 / Fl Oz) y de acuerdo a un descuento propuesto para compra a granel es del 15-25 % el precio de venta de este será de 17,000,000.

Tabla 29.

Costo unidad para materia prima e insumos.

COSTO UNITARIO MATERIA			
Materia Prima	Cantidad	Valor COP	Valor total COP
Cannabis (Kg)	4,5	1.125.000	1.125.000
Solvente (CO2) (Kg)	1	38.889	38.889
Valor Total para 84 gr de aceite (COP)			1.163.889
Valor Unidad presentación 500 gr			6.927.910

COSTO UNITARIO Insumos Aceite (presentación 9mL)			
Insumos	Cantidad	Valor/Und COP	Valor total COP
Envase (Con tapa incluida) (500mL)	1	3.000	3.000
Etiqueta	1	500	500
Valor Total insumos unidad de 500 gr mL de aceite (COP)			3.500
Valor total unidad presentación 500 (gr) ml (COP)		6.931.410	

Nota. Costo unidad para materia prima e insumos.

4.5. Presupuesto cif

Para calcular el presupuesto CIF (Costos indirectos de fabricación) en los cuales se tiene en cuenta la nómina administrativa y los servicios, para esto es un importante considerar incremento anual, se usara la inflación anual estimada para el 2021 la cual está proyectada del 3% para todos los siguientes años [78], con respecto al presupuesto mensual de servicios se usó el presupuesto mensual para una familia colombiana el cual es de 1.908.667 (COP) en el cual un 28,7 % corresponden a los servicios públicos [79], para el presupuesto de energía se tomó en cuenta el gasto energético por los equipos que se mencionó en el anterior capítulo, para el costo de este se usó la tarifa de energía eléctrica para el 2020 teniendo en cuenta que

la planta pertenecerá al sector industrial con contribución, operando en el horario dieron la tarifa será de 593,8217 COP/Kwh [80] y para los extras se estableció un valor de 500.000 (COP)

Tabla 30.

Presupuesto CIF

DETALLE	MES	TRIME STRE1	TRIME STRE2	TRIME STRE3	TRIME STRE4	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO 5
PERSONALES										
GERENTE GENERAL	2.097.8 44	6.293.53 2	6.293.53 2	6.293.53 2	6.293.53 2	25.174.1 28	25.929.3 52	26.707.2 32	27.508.4 49	28.333.7 03
SECRETARIA	975.32 8	2.925.98 4	2.925.98 4	2.925.98 4	2.925.98 4	11.703.9 36	12.055.0 54	12.416.7 06	12.789.2 07	13.172.8 83
SERVICIOS GENERALES	785.41 4	2.356.24 2	2.356.24 2	2.356.24 2	2.356.24 2	9.424.96 8	9.707.71 7	9.998.94 9	10.298.9 17	10.607.8 85
JEFE PLANTA	2.097.8 44	6.293.53 2	6.293.53 2	6.293.53 2	6.293.53 2	25.174.1 28	25.929.3 52	26.707.2 32	27.508.4 49	28.333.7 03
SUPERVISOR	1.613.1 08	4.839.32 4	4.839.32 4	4.839.32 4	4.839.32 4	19.357.2 96	19.938.0 15	20.536.1 55	21.152.2 40	21.786.8 07
OPERARIO1	918.10 5,00									
SUBTOTAL	7.569.5 38	22.708.6 14	22.708.6 14	22.708.6 14	22.708.6 14	90.834.4 56	93.559.4 90	96.366.2 74	99.257.2 63	102.234. 980
SERVICIOS (SIN ENERGIA)	547.78 7	1.643.36 2	1.643.36 2	1.643.36 2	1.643.36 2	6.573.44 9	6.770.65 3	6.973.77 2	7.182.98 5	7.398.47 5
SERVICIO DE ENERGIA	728.37 5	2.185.12 4	2.185.12 4	2.185.12 4	2.185.12 4	8.740.49 6	9.002.71 1	9.272.79 3	9.550.97 6	9.837.50 6
EXTRAS	500.00 0	1.500.00 0	1.500.00 0	1.500.00 0	1.500.00 0	6.000.00 0	6.180.00 0	6.365.40 0	6.556.36 2	6.753.05 3
DEPRECIACIÓN	8.356.4 33	25.069.3 00	25.069.3 00	25.069.3 00	25.069.3 00	100.277. 200	100.277. 200	100.277. 200	100.277. 200	100.277. 200

Tabla 27. Continuacion

DETALLE	MES	TRIME STRE1	TRIME STRE2	TRIME STRE3	TRIME STRE4	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO 5
SUBTOTAL	1.776.1 62	5.328.48 6	5.328.48 6	5.328.48 6	5.328.48 6	21.313.9 45	21.953.3 64	22.611.9 65	23.290.3 24	23.989.0 33
TOTAL	9.345.7 00	28.037.1 00	28.037.1 00	28.037.1 00	28.037.1 00	112.148. 401	115.512. 853	118.978. 239	122.547. 586	126.224. 014

Nota. presupuesto CIF.

4.6. Proyección de unidades para producir y vender

Para el cálculo de esta proyección es importante definir el incremento de la demanda de este producto, los incrementos usados fueron extraídos de PIB del DANE para Secciones y divisiones CIIU Rev. 4 A.C. 25 agrupaciones para la sección C4 el cual considera crecimiento para coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles; fabricación de sustancias y productos químicos; fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico; fabricación de productos de caucho y de plástico; fabricación de otros productos minerales no metálicos, para los cálculos se asumió los crecimientos trimestrales del 2020 para los próximos 4 años y para el 5 año se mantendrá constante con respecto al anterior.

Tabla 31.

Crecimiento del sector

Crecimiento anual				
2020	2021	2022	2023	2024
	6,88%	8,88%	9,56%	9,56%

Nota. Crecimiento del sector. Elaboración propia

Tabla 32.

Unidades a producir y vender nacional

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
		6,88%	8,88%	9,65%	9,65%
ACEITE	36	38	41	45	49
TOTAL	36	38	41	45	49
(UNIDADES)					

Nota. Unidades a producir y vender nacional.

4.6.1. Costos Variables por unidad

Dentro de los costos variables se considera el costo de la materia prima, los insumos, la mano obra directa e indirecta, considerando lo anterior se definieron como costos variables por unidad los siguientes

Tabla 33.

Costos variables por unidad

	Aceite COP
COST MP/UND	6.927.910
COST INS/UND	3.500
M.O.D./UND	458.089
M.O.I./UND	473.192
CIF/UND	197.351
TOTAL	8.060.043

Nota. Costos variables por unidad. Elaboración Propia

4.7. Ventas

Teniendo en cuenta el valor definido para este producto y la proyección de ventas que se tiene será:

Tabla 34.

Ventas por años

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	COP	COP	COP		
Presentación de 500gr	535.500.0 00	690.457.7 20	758.893.6 00	896.533.9 12	994.474.9 04
TOTAL	535.500.0 00	690.457.7 20	758.893.6 00	896.533.9 12	994.474.9 04

Nota. Ventas por año.

4.8. Resumen general

En este resumen se encuentran de los costos indirectos, directos y adicionales requeridos, se hace necesario definir la tasa de crecimiento de costos; para este caso se tomó la inflación anual proyectada para el 2021 en Colombia que será del 3% [78], dentro de los costos se calculó el CMP(Costo de materia prima e insumos),CMOD (Costos de mano de obra directa),CMOI (costos de mano de obra indirecta),Costo de la licencia para el usos de *cannabis* el cual será de 36.000.000 informado en la circular MJD-CIR19-0000103-SCF-3310 [81],los costos de arriendo los cuales se definieron de la siguiente forma:

Tabla 35.

Arriendo bodega

Área	Precio arriendo mensual COP	Bodega
------	--------------------------------	--------

102 m²

3.000.000 [82]

Figura 48. Bodega de almacenamiento



Nota: Bodega de almacenamiento. Metro cuadrado. [82]

Nota. Arriendo Bodega.

La tasa de impuestos se definió del 35% [83],una inflación del 3% la cual se definió anteriormente y una tasa interna de oportunidad la cual se definió con el inversionista

Tabla 36.*Resumen general.*

Unidades a vender	36	38	41	45	49
Precio de unidad (COP)	17.000.000	18.169.940	18.509.600	19.922.976	20.295.406
Tasa de crecimiento costos		3%	3%	3%	3%
CMPxUnd(COP)	249.530.76 2	263.393.58 2	284.187.81 2	311.913.45 2	339.639.09 3
CMODxund	126.000	136.990	147.805	162.225	176.645
CMOIXund(COP)	16.491.213	17.929.613	19.345.109	21.232.436	23.119.764
Costo licencia (COP)	36.027.668	37.108.498	38.221.753	39.368.406	40.549.458
Costo arriendo (COP)	36.000.000	37.080.000	38.192.400	39.338.172	40.518.317
CIFxUnid(COP)	17.034.930	18.520.754	19.982.919	21.932.472	23.882.025
Costos fijos Anuales (COP)	7.104.648	7.724.332	8.334.147	9.147.235	9.960.322

Nota. Presupuesto general.**4.9. Estado de resultados del proyecto**

En el estado de resultados del proyecto contienen un status por año de proyección las ventas netas son el total de unidades que se espera vender por el valor del producto, los costos son la suma de CMPI (Costos de materia prima e insumos), COMD (Costos de mano de obra directa), CIF (Costos indirectos de fabricación) y los Costos fijos por año los cuales corresponden a la licencia que se tendría que pagar para el uso de la *cannabis*, adicional a esto se suman los costos de el arriendo de la bodega.

Tabla 37.*Estado de resultados*

ITEM	COP	COP	COP	COP	COP
Ventas Netas	612.000.000	690.457.720	758.893.600	896.533.912	994.474.904
Costos de ventas	450.225.712	425.543.155	437.228.620	449.264.648	461.661.758
CMPI	249.530.762	257.016.685	264.727.185	272.669.001	280.849.071
MOD	16.491.213	16.985.949	17.495.528	18.020.393	18.561.005
CIF	112.148.401	115.512.853	118.978.239	122.547.586	126.224.014

Tabla 34. Continuación

Costos fijos	72.055.336,0 0	36.027.668,0 0	36.027.668,0 0	36.027.668,0 0	36.027.668,0 0
Utilidad bruta	161.774.288	264.914.565	321.664.980	447.269.263	532.813.146
Depreciación	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200
Utilidad Operacional	61.497.088	164.637.365	221.387.780	346.992.063	432.535.946
Ingresos no operacionales					
Gastos financieros	28.674.000	5.189.082	4.549.654	3.833.494	3.031.395
UAI	32.823.088	159.448.283	216.838.127	343.158.569	429.504.551
Impuestos	11.488.081	55.806.899	75.893.344	120.105.499	150.326.593
ITEM	COP	COP	COP	COP	COP
Utilidad Neta	21.335.007	103.641.384	140.944.782	223.053.070	279.177.958

Nota. Estado de resultados.

4.9. FLUJO DE CAJA

En este flujo se determina las salidas y entradas netas de dinero del proyecto. Considerando que no se realizaran aportes a capital y no existen créditos el flujo de caja es el siguiente

Tabla 38.*Flujo de caja*

	0	1 (COP)	2 (COP)	3 (COP)	4 (COP)	5 (COP)
Ingresos por ventas		563.040.000	635.221.102	698.182.112	824.811.199	914.916.912
Ingresos de ventas del periodo		563.040.000	635.221.102	698.182.112	824.811.199	914.916.912
Pago costos		450.225.712	425.543.155	437.228.620	449.264.648	461.661.758
Pago costos del periodo		450.225.712	425.543.155	437.228.620	449.264.648	461.661.758
Pago gastos del periodo		36.000.000	37.080.000	38.192.400	39.338.172	40.518.317
Pago de impuestos por cannabis		36.027.668	37.108.498	38.221.753	39.368.406	40.549.458
pago impuestos		11.488.081	55.806.899	75.893.344	120.105.499	150.326.593
Flujo de caja operacional		40.786.620	135.489.449	184.539.339	296.839.973	372.187.379
Flujo de caja neto		40.786.620	135.489.449	184.539.339	296.839.973	372.187.379
Flujo de caja antes de impuestos		40.786.620	135.489.449	184.539.339	296.839.973	372.187.379
Pago impuestos		11.488.081	55.806.899	75.893.344	120.105.499	150.326.593
Flujo de caja libre	95.727.297	29.298.539	79.682.550	108.645.995	176.734.473	221.860.786
Flujo de ingresos		563.040.000	635.221.102	698.182.112	824.811.199	914.916.912
Flujo de costos y gastos		461.713.793	481.350.054	513.121.964	569.370.148	611.988.351

Nota. Flujo de caja.

4.10. Indicadores financieros

Los indicadores financieros que se analizaron son:

- TIR (Tasa interna de retorno) el cual indica la rentabilidad de la inversión o el porcentaje de beneficio obtenido en el proyecto
- VPN (valor presente neto) indicador que define la rentabilidad de un proyecto
- I (B/C) índice costo beneficio el cual define la relación entre los costos y benéficos
- La TIO que se definió con el inversionista fue de 19,25%

Tabla 39.

Indicadores financieros

TIR	74,787%
VPN	228.297.003
I (C/B)	1,4

Nota. Indicadores financieros.

Al realizar el análisis de los indicadores financieros el proyecto es rentable, con respecto a la TIR esta es mayor que la TIO siendo $74,787\% > 19,25\%$, el valor de la VPN es positivo señalando que el proyecto incrementara su valor a 228.297.003 COP finalmente el indicador costo beneficio al ser mayor a 1 indica que son mayores los beneficios que los costos y para este caso los beneficios son 1,4 veces mayores que los costos.

4.10.1. Proyección negativa

Planteando un panorama negativo en el cual se vendan 15% menos de las unidades esperadas el proyecto arroja la siguiente información

Tabla 40.*Presupuesto general proyección negativa*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Unidades a vender		31	32	35	38	42
Precio de unidad (COP)		17.000.000	18.169.940	18.509.600	19.922.976	20.295.406
Tasa de crecimiento costos			3,0%	3,000%	3,000%	3,000%
CMPxUnd (COP)		212.101.148	223.884.545	241.559.640	265.126.435	288.693.229
CMODxund(COP)		107.100	116.442	125.634	137.891	150.148
CMOIxund(COP)		14.017.531	15.240.171	16.443.342	18.047.571	19.651.799
Costo licencia (COP)		36.027.668	37.108.498	38.221.753	39.368.406	40.549.458
Costo arriendo (COP)		36.000.000	37.080.000	38.192.400	39.338.172	40.518.317
CIFxUnid (COP)		14.479.690	15.742.641	16.985.481	18.642.601	20.299.721
Costos fijos Anuales (COP)		6.038.951	6.565.682	7.084.025	7.775.150	8.466.274

Nota: Presupuesto general proyección negativa.**Tabla 41.***Estado de resultados proyección negativa*

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas (COP)		520.200.000	586.889.062	645.059.560	762.053.825	845.303.669
Costos de ventas (COP)		450.225.712	425.543.155	437.228.620	449.264.648	461.661.758
CMPI (COP)		249.530.762	257.016.685	264.727.185	272.669.001	280.849.071
MOD (COP)		16.491.213	16.985.949	17.495.528	18.020.393	18.561.005
CIF (COP)		112.148.401	115.512.853	118.978.239	122.547.586	126.224.014
Costos fijos(COP)		72.055.336,00	36.027.668,00	36.027.668,00	36.027.668,00	36.027.668,00
Utilidad bruta (COP)		69.974.288	161.345.907	207.830.940	312.789.176	383.641.911
Depreciación (COP)		100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200

Tabla 38. Continuidad

Utilidad Operacional (COP)	-30.302.912	61.068.707	107.553.740	212.511.976	283.364.711
Ingresos no operacionales (COP)					
Gastos financieros(COP)	28.674.000	5.189.082	4.549.654	3.833.494	3.031.395
UAI (COP)	-58.976.912	55.879.625	103.004.087	208.678.483	280.333.316
Impuestos(COP)	-20.641.919	19.557.869	36.051.430	73.037.469	98.116.661
Utilidad Neta (COP)	-38.334.993	36.321.756	66.952.656	135.641.014	182.216.655

Nota: Estado de resultados proyección negativa.

Tabla 42.

Flujo de caja proyección negativa

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas (COP)		478.584.000	539.937.937	593.454.795	701.089.519	777.679.375
Ingresos de ventas del periodo (COP)		478.584.000	539.937.937	593.454.795	701.089.519	777.679.375
Pago costos(COP)		450.225.712	425.543.155	437.228.620	449.264.648	461.661.758
Pago costos del periodo(COP)		450.225.712	425.543.155	437.228.620	449.264.648	461.661.758
Pago de Gastos(COP)		-	-	-	-	-
Pago gastos del periodo(COP)		36.000.000	37.080.000	38.192.400	39.338.172	40.518.317
Pago de impuestos por cannabis(COP)		36.027.668	37.108.498	38.221.753	39.368.406	40.549.458
pago impuestos(COP)		-20.641.919	19.557.869	36.051.430	73.037.469	98.116.661
Flujo de caja operacional (COP)		-43.669.380	40.206.284	79.812.022	173.118.293	234.949.842

Tabla 39. Continuación

Flujo de caja neto(COP)		- 43.669.38 0	40.206.28 4	79.812.02 2	173.118.2 93	234.949.8 42
Flujo de caja antes de impuestos (COP)		- 43.669.38 0	40.206.28 4	79.812.02 2	173.118.2 93	234.949.8 42
Pago impuestos(COP)		- 20.641.91 9	19.557.86 9	36.051.43 0	73.037.46 9	98.116.66 1
Flujo de caja libre(COP)	95.727.2 97	- 23.027.46 1	20.648.41 5	43.760.59 2	100.080.8 24	136.833.1 82
Flujo de ingresos (COP)		478.584.0 00	539.937.9 37	593.454.7 95	701.089.5 19	777.679.3 75
Flujo de costos y gastos(COP)		429.583.7 93	445.101.0 24	473.280.0 50	522.302.1 17	559.778.4 18

Nota. Flujo de caja proyección negativa.

Tabla 43.

Indicadores financieros proyección negativa

TIR	27,057%
VPN	31.498.625
I. Costo beneficio	1,3

Nota. Indicadores financieros proyección negativa.

Elaboración Propia

Para la proyección negativa los indicadores financieros el proyecto es rentable, con respecto a la TIR esta es mayor que la TIO siendo $50,75\% > 19,25\%$ aun vendiendo 20% menos el proyecto permanece rentable con respecto a este indicador , el valor de la VPN es positivo señalando que el proyecto incrementara su valor a 31.498.625 finalmente el indicador costo beneficio al ser mayor a 1 indica que son mayores los beneficios que los costos y para este caso los beneficios son 1,3 veces mayores que los costos.

4.10.2. Proyección trabajando 2 turnos (16 horas)

Teniendo en cuenta que las proyecciones anteriores fueron realizadas para una operación de 8 horas en este caso se analizara si es conveniente trabajar a 2 turnos de 8 horas para lo que se necesitara un supervisor y operario adicional

Tabla 44.

Presupuesto CIF (2 turnos 16 horas de operación)

DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PERSONALES					
GERENTE GENERAL	25.174.128	25.929.352	26.707.232	27.508.449	28.333.703
SECRETARIA	11.703.936	12.055.054	12.416.706	12.789.207	13.172.883
SERVICIOS GENERALES	9.424.968	9.707.717	9.998.949	10.298.917	10.607.885
JEFE PLANTA	25.174.128	25.929.352	26.707.232	27.508.449	28.333.703
SUPERVISOR X2	38.714.592	39.876.030	41.072.311	42.304.480	43.573.614
OPERARIO X2					
SUBTOTAL	110.191.752	113.497.505	116.902.430	120.409.503	124.021.788
GENERALES					
SERVICIOS (SIN ENERGIA)	6.573.449	6.770.653	6.973.772	7.182.985	7.398.475
SERVICIO DE ENERGIA	8.740.496	9.002.711	9.272.793	9.550.976	9.837.506
EXTRAS	6.000.000	6.180.000	6.365.400	6.556.362	6.753.053
DEPRECIACIÓN	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200
SUBTOTAL	21.313.945	21.953.364	22.611.965	23.290.324	23.989.033
TOTAL	131.505.697	135.450.868	139.514.394	143.699.826	148.010.821

Nota. Presupuesto CIF (2 turnos 16 horas de operación).

Tabla 45.*Unidades a producir y vender nacional (2 turnos 16 horas de operación)*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
		6,88%	8,88%	9,65%	9,65%
Aceite (Unidades)	77	84	92	101	77
Total (Unidades)	77	84	92	101	77

*Nota. Unidades a producir y vender nacional.***Tabla 46.***Costos variables por unidad (2 turnos 16 horas de operación)***COSTOS VARIABLES/UND**

	Aceite
COST MP/UND	6.927.910
COST INS/UND	3.500
M.O.D./UND	229.045
M.O.I./UND	397.793
CIF/UND	98.676
TOTAL	7.656.923

Nota. Costos variables por unidad. (2 turnos 16 horas de operación)

Dentro de los costos del producto están los directos e indirectos. Los costos indirectos se pueden considerar como los administrativos y los directos como los de producción para estos costos en este caso los que tendrán más influencia serán los costos directos, pero en este caso su valor será menor a cuando se trabajan en un turno de 8 horas debido a que se están produciendo más unidades.

Tabla 47.*Ventas por años (2 turnos 16 horas de operación)*

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Presentación de 500gr	1.224.000.0 00	1.399.085.3 80	1.554.806.4 00	1.832.913.7 75	2.049.836.0 27
TOTAL	1.224.000.0 00	1.399.085.3 80	1.554.806.4 00	1.832.913.7 75	2.049.836.0 27

*Nota. Ventas por año (2 turnos 16 horas de operación).***Tabla 48.***Presupuesto general (2 turnos 16 horas de operación)*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Unidades a vender		72	77	84	92	101
Precio de unidad (COP)		17.000.00 0	18.169.94 0	18.509.60 0	19.922.97 6	20.295.40 6
Tasa de crecimiento costos			3,000%	3,000%	3,000%	3,000%
CMPxUnd (COP)		499.061.5 2	533.718.5 7	582.238.4 4	637.689.7 2	700.072.4 1
CMODxund(COP)		252.000	277.585	302.820	331.660	364.105
CMOIxund (COP)		16.491.21 3	18.165.52 9	19.816.94 1	21.704.26 8	23.827.51 2
Costo licencia(COP)		36.027.66 8	37.108.49 8	38.221.75 3	39.368.40 6	40.549.45 8
Costo arriendo(COP)		36.000.00 0	37.080.00 0	38.192.40 0	39.338.17 2	40.518.31 7
CIFxUnid(COP)		28.641.08 0	31.548.94 5	34.417.03 1	37.694.84 4	41.382.38 3
Costos fijos Anuales (COP)		7.104.648	7.825.968	8.537.419	9.350.507	10.265.23 0

Nota. Presupuesto general (2 turnos 16 horas de operación).

Tabla 49.*Estado de resultados (2 turnos 16 horas de operación)*

	0	1	2	3	4	5
Ventas Netas (COP)		1.224.000.000	1.399.085.380	1.554.806.400	1.832.913.775	2.049.836.027
Costos de ventas (COP)		757.828.362	742.373.885	763.564.271	785.390.369	807.871.250
CMPI(COP)		499.061.524	514.033.370	529.454.371	545.338.002	561.698.142
MOD(COP)		16.491.213	16.985.949	17.495.528	18.020.393	18.561.005
CIF (COP)		170.220.289	175.326.898	180.586.705	186.004.306	191.584.435
Costos fijos (COP)		72.055.336,00	36.027.668,00	36.027.668,00	36.027.668,00	36.027.668,00
Utilidad bruta(COP)		466.171.638	656.711.495	791.242.129	1.047.523.405	1.241.964.777
Depreciación		100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200	100.277.200
Utilidad Operacional (COP)		365.894.438	556.434.295	690.964.929	947.246.205	1.141.687.577
Ingresos no operacionales (COP)						
Gastos financieros (COP)		28.674.000	5.189.082	4.549.654	3.833.494	3.031.395
UAI(COP)		337.220.438	551.245.213	686.415.275	943.412.712	1.138.656.182
Impuestos (COP)		118.027.153	192.935.825	240.245.346	330.194.449	398.529.664
Utilidad Neta (COP)		219.193.285	358.309.389	446.169.929	613.218.263	740.126.518

Nota. Estado de resultados (2 turnos 16 horas de operación).

Tabla 36.*Flujo de caja proyección negativa*

	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas		1.126.080.00	1.287.158.50	1.430.421.88	1.686.280.673	1.885.849.145
Ingresos de ventas del periodo		1.126.080.00	1.287.158.50	1.430.421.88	1.686.280.673	1.885.849.145
Pago costos		757.828.362	742.373.885	763.564.271	785.390.369	807.871.250
Pago costos del periodo		757.828.362	742.373.885	763.564.271	785.390.369	807.871.250
Pago de Gastos		-	-	-	-	-
Pago gastos del periodo		36.000.000	37.080.000	38.192.400	39.338.172	40.518.317
Pago de impuestos por cannabis		36.027.668	37.108.498	38.221.753	39.368.406	40.549.458
pago impuestos		118.027.153	192.935.825	240.245.346	330.194.449	398.529.664
Flujo de caja operacional		296.223.970	470.596.167	590.443.464	822.183.726	996.910.120
CAPEX FC INVERSIÓN		-	-	-	-	-
FC financiación		-	-	-	-	-
Flujo de caja neto		296.223.970	470.596.167	590.443.464	822.183.726	996.910.120
Flujo de caja antes de impuestos		296.223.970	470.596.167	590.443.464	822.183.726	996.910.120
Pago impuestos		118.027.153	192.935.825	240.245.346	330.194.449	398.529.664

Tabla 36. Continuación

Flujo de caja libre	95.727.297	178.196.817	277.660.342	350.198.117	491.989.277	598.380.456
Flujo de ingresos		1.126.080.000	1.287.158.550	1.430.421.888	1.686.280.673	1.885.849.145
Flujo de costos y gastos		875.855.515	935.309.709	1.003.809.618	1.115.584.818	1.206.400.914

Nota. Flujo de caja (2 turnos 16 horas de operación).

Tabla 37.

Indicadores financieros (2 turnos 16 horas de operación)

TIR	228,329%
VPN	946.766.240
I. Costo beneficio	1,5

Nota. Indicadores financieros (2 turnos 16 horas de operación).

Para la proyección negativa los indicadores financieros el proyecto es rentable, con respecto a la TIR esta es mayor que la TIO siendo 228,33% > 19,25% aun vendiendo 20% menos el proyecto permanece rentable con respecto a este indicador, el valor de la VPN es positivo señalando que el proyecto incrementara su valor a 946.766.240 finalmente el indicador costo beneficio al ser mayor a 1 indica que son mayores los beneficios que los costos y para este caso los beneficios son 1,5 veces mayores que los costos.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a la revisión bibliográfica de los métodos de extracción disponibles para la extracción de aceite esencial de *cannabis* y aplicando el método de análisis jerárquico cualitativo (AHP) haciendo uso del software Expert Choice Riskion G0000-90800-025B0-1000F-0AA14-75400 (Licencia otorgada por la pontificia universidad Javeriana) [84], se encuentra que el método que presenta la mayor favorabilidad para la extracción de un aceite esencial permitiendo conservar los metabolitos secundarios terpenos, con un rendimiento teórico de 0,039% es la extracción por fluidos súper críticos

El método seleccionado de fluidos supercríticos se tomó como base el artículo “*Supercritical carbon dioxide extraction of cannabinoids from Cannabis sativa L. plant material*” [85] las condiciones de 22 °C y 1 atm para el lavado y desinfectado del *Cannabis*, en el secado se operara con un rango entre 50-60 °C ,para la molienda se espera que el material se encuentre en un rango de 21 a 26.6 °C operando a 1 atm, mientras que para las operación que están relacionadas en la extracción como la mezcla se trabaja a 3°C y 51,32 atm , en la extracción la temperatura aumenta a 40 °C y la presión a 98,70 atm, los separadores cada uno de ellos operando a condiciones diferentes estando el separador 1 a 25°C y 69.90 atm mientras que el separador 2 se encuentra a 15°C y 49.35 atm, por ultimo para la conservación de este aceite se deberá mantener una temperatura entre 4 a 12 °C donde se plantea una operación de 244 días al año esto debido a que se excluyen los fines de semana y los día festivo la capacidad de la planta y teniendo en cuenta un rendimiento de 3.9% la planta llegara a producir 20542,6 gramos de aceite de *cannabis* y teniendo un gasto energético anual de 14719 KW las variables que afectan directamente el proceso así mismo los controles que estas reciben durante la técnica, obteniendo como conclusión una técnica segura y competitiva en el mercado ,

El análisis financiero el proyecto establece una rentabilidad con una TIR de 159,2% y un I(C/B) de 1,4 haciendo de este proyecto una propuesta rentable tenido en cuenta una inversión inicial de quipos, el pago mensual de una nómina tanto para empleados de mano de obra directa como indirecta, y teniendo en cuenta factores como las licencias para trabajar con esta materia prima, el arriendo de una bodega y el costo de los servicios industriales. Para fijar el precio de este producto se hizo un análisis de ese costo en el mercado y se definió un precio

competitivo. No obstante, a pesar de que los resultados de este análisis financiero son favorables, estos se plantean en condiciones óptimas, por lo que se planteó una proyección negativa en la que se espera que se vendan 20% menos unidades que las planeada el proyecto sigue ofreciendo una rentabilidad con una TIR 50.9% y un I(C/B) de 1.3. Concluyendo que el proyecto es rentable con un panorama negativo. Adicional a esto se añadió una proyección en el caso que se considerara realizar 2 turnos de 8 horas para lo que se consideró 2 empleados más, un supervisor y operario adicional los resultados financieros arrojaron una respuesta positiva evidenciando una TIR 228.3% y un I(C/B) de 1.5. Concluyendo que el proyecto se hace aún más rentable con esta modalidad de operación

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Drug facts, “Drug facts,” Drug facts, Julio 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/drugfacts/la-marihuana-es-un-medicamento#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20marihuana%20medicinal%3F&text=El%20t%C3%A9%20de%20marihuana%20medicinal%20se,de%20enfermedades%20y%20otros%20trastornos..> [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [2] “Cannabinoids in medicine: A review of their therapeutic potential,” 8 abril 2010. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Cannabis_sativa. [Último acceso: 15 JULIO 2020].
- [3] Sensi Seeds, “Sensi Seeds,” 12 Diciembre 2019. [En línea]. Disponible en: <https://sensiseeds.com/es/blog/el-arbol-genealogico-de-la-marihuana-cannabaceae-y-filogenetica/>. [Último acceso: 16 Julio 2020].
- [4] G. Benitez, “2Slideshare,” 22 febrero 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/glorybenitez1/cannabis-sativa-44996207>. [Último acceso: 15 julio 2020].
- [5] Martillaplant, “MartillaPlant,” 12 febrero 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.matillaplant.com/blog-marihuana/tricomas-de-marihuana-que-son-como-funcionan/>. [Último acceso: 21 julio 2020].
- [6] Semillas Law Cost, “Especialistas en semillas,” 2 Octubre 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.semillaslowcost.com/blog/hojas-de-marihuana/>. [Último acceso: 21 Julio 2020].
- [7] Luis Picazo, “Growbarato.net,” 30 Enero 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.growbarato.net/blog/diferencias-entre-marihuana-macho-y-hembra/?cli_action=1604447379.548. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [8] Iwanna Grow, “Iwanna Grow,” Iwanna Grow, 28 Noviembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.iwannagrowshop.com/blog/como-distinguir-una-planta-de-marihuana-macho-de-una-hembra/>. [Último acceso: 16 agosto 2020].

- [9] J. C. G. Valencia., “GrowBarato Valencia.,” 15 Marzo 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.growbarato.net/blog/marihuana-tipos/>. [Último acceso: 3 noviembre 2020].
- [10] J. Lagunas, “Fundación Daya,” 26 Mayo 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.fundaciondaya.org/cannbis-medicnal-usos-efectos-tipos-de-cannabis/>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [11] A., “Semillas de Cannabis,» Semillas de Cannabis, 5 Abril 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.semillas-de-marihuana.com/blog/temperatura-marihuana/>. [Último acceso: 22 julio 2020].
- [12] Anonimo, “Fundacion Canna,” Fundacion Canna, [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/flavonoides>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [13] J. G.-G. J. M. C. y. M. J. T. S. Martínez-Flórez, “Nutricion hospitalaria1,” 17 Junio 2002. [En línea]. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [14] S. Sinha, “Sensi Seeds,” Sensi Seeds, 1 Febrero 2020. [En línea]. Disponible en: <https://sensiseeds.com/es/blog/que-son-y-que-hacen-los-cannabinoides/>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [15] Fundación CANNA, “¿Qué son los cannabinoides? ¿Dónde se encuentran?,” 4 Junio 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/cannabinoides>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].
- [16] F. Grotenhermen, “Los cannabinoides y el sistema endocannabinoide,” Cannabinoids , vol. 1, nº 1, 17 Septiembre 2006.
- [17] A. Martínez, ACEITES ESENCIALE, Medellín, 2001.
- [18] KUSHKA, “¿Cuáles son los principales terpenos de la marihuana?,” 23 Marzo 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.dinafem.org/es/blog/cuales-son-principales-terpenos-cannabis/>. [Último acceso: 3 Noviembre 2020].

- [19] Marian López Sánchez, Jorge Triana Mendez, Francisco Javier Pérez Galván, María Esther Torres Padrón, “MÉTODOS FÍSICOS DE SEPARACIÓN Y PURIFICACIÓN DE SUTANCIAS ORGÁNICAS,” 1 Febrero 2005. [En línea]. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/436/1/494.pdf>.
- [20] E. n. p. G. Diego Muñoz Torrero, “Universidad de Barcelona,” Universidad de Barcelona, 5 mayo 2011. [En línea]. Disponible en: http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_fona.html. [Último acceso: 2020 julio 30].
- [21] M. G. C. Chávez, “HIDRODESTILACION DE ACEITES ESENCIALES,” Abril 2007. [En línea]. Disponible en: <http://www.anipam.es/downloads/43/hidrodestilacion-de-aceites-esenciales.pdf>.
- [22] F. A. O.-Q. G. V.-H. y. Ó. A. P.-S. Katty J. Urango-Anaya, “SciELO,” Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería de Alimentos, Grupo de, 20 febrero 2018. [En línea]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n1/0718-0764-infotec-29-01-00129.pdf>. [Último acceso: 31 julio 2020].
- [23] A. V. García, “Extracción con fluidos supercríticos: principios y aplicaciones al análisis de residuos de plaguicidas,” Resarchgate, pp. 141-154, Junio 1995.
- [24] M. A. R. Páez, C. M. R. Narváez, L. M. C. Bermúdez, L. M. Muñoz, D. D. Gómez, C. P. C. P. Carvalho y J. M. Q. Rico, “GUÍA DE EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPERCRÍTICOS FUNDAMENTOS Y,” 2016. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4698/1/guia_extraccion_fluidos_super_criticos.pdf.
- [25] SCP SCIENCE, “SCP SCIENCE,” 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.scpscience.com/pdfs/Catalogues/Spanish/Solid_Phase_Extraction_sp.pdf.
- [26] Y. D. D. F. S. P. R. Danger Tabio García, «Extracción de aceites de origen vegetal,» May 2017. [En línea]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/317007345_Extraccion_de_aceites_de_origen_vegetal.

- [27] R. A. G. Castellanos, “PRINCIPIOS BÁSICOS DE ESCALADO,” Centro de Estudios de Combustión y Energía (CECYEN), 2000. [En línea]. Disponible en: <http://monografias.umcc.cu/monos/2001/MONOGRAFIA10.htm>.
- [28] M. A. S. Aguilar, «Toma de Decisiones con Criterios Múltiples: un,» UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA, p. 76, 2006.
- [29] expertchoice, expertchoice, Estados unidos, 2004.
- [30] R. Mariana, “Rankia,” Rankia, 13 Noviembre 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.rankia.co/blog/mejores-cdts/3718561-que-tir-para-sirve>. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [31] S. A. Andres, “Economiapedia,” Economiapedia, 27 Agosto 2020. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [32] V. Morales, “Economiapedia,” Economiapedia, 26 Marzo 2020. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [33] S., “Significados,” Significados, 11 Mayo 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.significados.com/costo-beneficio/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20costo%2Dbeneficio%20es,tomar%20en%20t%C3%A9rminos%20de%20compra.&text=Se%20define%20el%20valor%20monetario,para%20la%20implantaci%C3%B3n%20del%20sistema.> . [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [34] M. Cerutti y F. Neumayer, “INTRODUCCIÓN A LA OBTENCIÓN DE,” IVENIO, p. 152, 2004.
- [35] J. A. V. Rodríguez, “Verificación del método de análisis cualitativo de cannabinoides por,” Universidad Icesi, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Ciencias Farmacéuticas, Programa de Química Farmacéutica, p. 15, 2018.

- [36] E. B. Campos, La unidad de la organizacion y metodos de la emores, Bilbao: Udima, 2001.
- [37] INVIMA, “INVIMA,” 26 ABRIL 1996. [En línea]. Disponible en: https://www.invima.gov.co/documents/20143/453029/decreto_677_1995.pdf. [Último acceso: 2 AGOSTO 2020].
- [38] A. H. Luigi L Romano, «Aceite de cannabis: evaluación química de un nuevo medicamento derivado del cannabis,» Universidad de Siena, Italia, vol. 7, n° 2, pp. 1-12, 2013.
- [39] S. N. 2. M. A. H. H. N. B. 1. M. A. 2, “Impact of Supercritical Fluid Extraction and Traditional Distillation on the,” Journal of Essential Oil Bearing, vol. 20, n° 1, pp. 175-184, 2017.
- [40] E. G. R. BERNAL, “UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA,” 27 Abril 2014. [En línea]. Disponible en: <file:///D:/tesis/Carpeta%20Concentracion/masa%20y%20rendimiento%20de%20fluidos%20super%20criticos.pdf>. [Último acceso: 26 Septiembre 2020].
- [41] Anonimo, “Sealump,” 12 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.sealump.com/product/spray-risers/>. [Último acceso: 4 Noviembre 2020].
- [42] ELDESIDRATADOR.COM, “ELDESIDRATADOR.COM,” 27 Septiembre 2020. [En línea]. Disponible en: <https://eldeshidratador.com/industriales/#:~:text=Ahora%20bien%20%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una,Mango>. [Último acceso: 29 Septiembre 2020].
- [43] D. I. D. G. Chaves, Interviewee, Cannabis: Un reto para la ingeniería química. [Entrevista]. 26 Octubre 2020.
- [44] LNICOLSA del Perú S.A.C., “LNICOLSA del Perú S.A.C.,” Abril 2011. [En línea]. Disponible en: <http://taninos.tripod.com/molinosmartillo.htm>. [Último acceso: 19 Noviembre 2020].

- [45] Universidad de barcelona , “ub.edu,” Febrero 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/index1.html>. [Último acceso: 27 Septiembre 2020].
- [46] Wanda Machinery Co., Ltd., “Alibaba,” Wendy Wang Liaoyang, 2018. [En línea]. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/product-detail/super-critical-co2-fluid-extractor-machine-for-plants-oil-press-1600095987023.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.5d355e50NzQQ17&s=p. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [47] J. GN, “Slideplayer,” 5 noviembre 2018. [En línea]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/11810611/>. [Último acceso: Octubre 2020].
- [48] Colaboradores de Wikipedia, “Wikipedia, la enciclopedia libre,” Wikipedia, la enciclopedia libre, 9 Septiembre 2020. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Separador_cicl%C3%B3nico. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [49] GRUPO IBERMAQ, “GRUPO IBERMAQ,» GRUPO IBERMAQ, 14 Diciembre 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.ibermaq.es/producto/separadores-ciclonicos/>. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [50] M.T. Engineers, “MOS Engg,” MOS Engg, 11 Abril 2020. [En línea]. Disponible en: <https://mosengg.com/es/co2-storage-tank.html#:~:text=L%C3%ADquido%20aislado%20al%20vac%C3%ADo%20Almacenamiento,cm2g.Lee%20mas>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [51] A., “www.alibaba.com,” www.alibaba.com, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=tanque+de+oxigeno. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [52] M.Arana, “http://lifeseedcapital.eu/,” http://lifeseedcapital.eu/, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://lifeseedcapital.eu/condiciones/doc/LifeSC-AVP%20como%20combustible-101.htm#:~:text=Temperatura%20de%20almacenamiento%20constante%20entre,entr>

ada%20de%20ox%C3%ADgeno%20y%20agua. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].

- [53] Aceros el Rey, “Mercadolibre,” Aceros el Rey, [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-574030212-cantina-en-alumino-extra-fuerte-capacidad-15-litros-altura-_JM?quantity=1#position=16&type=item&tracking_id=7bee32f0-1cfe-475a-af38-0245fb41763c.
- [54] Anonimo, “ Tesis.uson.mx,” 6 Marzo 2017. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18832/Capitulo3.pdf>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [55] Anonimo, “Instalaciones Frigoríficas Comerciales e Industriales,” 9 Junio 2016. [En línea]. Disponible en: <https://frigoristas.wordpress.com/condensadores/>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [56] dj_cappu , Monografias.com, “Monografias.com,” 15 Abril 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos23/bombas-y-compresores/bombas-y-compresores.shtml>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [57] D. p. Powers, Interviewee, Cannabis oil Production Supercritical SO2 Extraction. [Entrevista]. 30 Octubre 2020.
- [58] Anonimo, “Hydraulic & Pneumatics,” 5 Junio 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-bsicos-bombas-hidrulicas>. [Último acceso: 31 Octubre 2020].
- [59] J. A. B. GARCÍA, “<http://bdigital.unal.edu.co/>,” 2017. [En línea]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/61453/1/JOSE%20ALEJANDRO%20BOURDON%20GARCIA%20Versi%C3%B3n%20final%20tesis%20de%20Maestria.pdf>. [Último acceso: 31 Octubre 2020].
- [60] Anonimo, “Válvulas Arco,” 25 Julio 2019. [En línea]. Disponible en: <http://blog.valvulasarco.com/valvula-de-retencion-como-funcionan-donde-se-colocan>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].

- [61] Anonimo , “Directindustry.es,” 15 febrero 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/velan/product-24371-851377.html>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [62] Anonimo, “Albiz,” 8 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://all.biz/ar-es/valvulas-onoff-esclusa-g35098>. [Último acceso: 28 Octubre 2020].
- [63] Sateladmin, “SATEL,” 26 Febrero 2019. [En línea]. Disponible en: https://blog.satelimportadores.com/valvulas/valvula-de-alivio-de-presion_y_o_seguridad/. [Último acceso: 31 Octubre 2020].
- [64] Anonimo, “Automatizacion Industrial,” 8 Septiembre 2010. [En línea]. Disponible en: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/valvulas-de-presion.html>. [Último acceso: 31 Octubre 2020].
- [65] 1. L. T. A. L. Téc. Caridad Carballo Guerra, “REV CUBANA PLANT MED,” REV CUBANA PLANT MED , 3 Julio 2002. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/dayan/OneDrive/Desktop/tiempo%20de%20lavado.pdf>. [Último acceso: 26 NOVIEMBRE 2020].
- [66] E. G. M. Antonio, “Reingenieria en los procesos de secado, molienda y tamizado de plantas aromaticas para mejorar la calidad de los derivados, caso: JAMBI KIWA,” RESEARCHGATE, Julio 2016. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/dayan/OneDrive/Desktop/molienda%20eficiencia.pdf>. [Último acceso: 26 noviembre 2020].
- [67] Mundo ganadero, “Mundo ganadero,” Mundo ganadero, 11 NOVIEMBRE 1995. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/dayan/OneDrive/Desktop/perdidas%20de%20molino.pdf>. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].
- [68] M. A. H. H. N. B. & T. M. Saima Naz, “Taylor & Francis,” Journal of Essential Oil Bearing Plants, 12 Abril 2017. [En línea]. Disponible en: <file:///D:/tesis/capitulo%203/rendimiento%20fluidos%20super%20criticos.pdf>. [Último acceso: 26 Noviembre 2020].

- [69] Computrabajo, “Salario Gerente,” Computrabajo, [En línea]. Disponible en: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/gerente-administrativo>.
- [70] Computrabajo, “Salario Jefe de planta,” Computrabajo, [En línea]. Disponible en: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/jefea-de-planta>.
- [71] Computrabajo, “Salario supervisor de produccion,” Comoutrabajo, [En línea]. Disponible en: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/supervisora-de-produccion>.
- [72] Computrabajo, “Salario operario de planta,” Computrabajo, [En línea]. Disponible en: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/operarioa-de-planta>.
- [73] Computrabajo, “Salario secretaria,” Computrabajo, [En línea]. Disponible en: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/secretaria>.
- [74] Computrabajo, “Salario servicios generales,” Computrabajo, [En línea]. Disponible en: <https://www.computrabajo.com.co/salarios/auxiliar-de-servicios-generales>.
- [75] Luis Vazques de Fritps, “EXTRACCION CON FLUIDOS SUPERCRITICOS Y SINTESIS ENZIMARICA PARA LA OBTENCIPN DE LIPIDOS FUNCIONALES,” [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1830/5441_vazquez_frutos_luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [76] RAW MATERIAL, “RAW MATERIAL,” [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-582008153-aceite-esencial-de-eucalipto-500-ml-_JM#position=3&type=item&tracking_id=ccf9f07e-e353-458f-b559-e2921dc10e55 .
- [77] Edens Garden, “Edens Garden,” Edens Garden, [En línea]. Disponible en: <https://www.edensgarden.com>.
- [78] DINERO MACROECONOMIA, “Inflación mensual de Colombia,” 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.dinero.com/economia/articulo/inflacion-de-colombia-en-octubre-de-2020/305847#:~:text=El%20indicador%20anual%20es%20inferior,indicador%20se%20acerque%20al%203%25..>

- [79] DANE, “Encuesta Nacional de Presupuestos de los hogares,” 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/enph/boletin-enph-2017.pdf>.
- [80] ENEL Codensa, “ENEL codensa,” 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/español/personas/1-17-1/2020/Tarifario-enero-2020.pdf>.
- [81] Minjusticia, “CIRCULAR No MJD-CIR19-0000103-SCF-3310,” 2019. [En línea]. Disponible en: [https://www.minjusticia.gov.co/Portals/0/Cannabis/Documentos/Tarifas%20Cannabis%202020%20\(1\).pdf?ver=2019-12-31-145827-537](https://www.minjusticia.gov.co/Portals/0/Cannabis/Documentos/Tarifas%20Cannabis%202020%20(1).pdf?ver=2019-12-31-145827-537).
- [82] Metrocuadrado.com, “Metrocuadrado.com,” Metrocuadrado.com, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.metrocuadrado.com/inmueble/arriendo-bodega-bogota-rionegro/MC2713081>.
- [83] Doing Business, “¿Cuáles son los impuestos en Colombia?,” 2018. [En línea]. Disponible en: <https://destinonegocio.com/co/emprendimiento-co/cuales-son-los-impuestos-en-colombia/>.
- [84] Thomas Saaty ;Ernest Forman , EXPERT CHOICE, 1983.
- [85] I. Rovetto, “Journal of Supercritical Fluids,” Journal of Supercritical Fluids, 14 marzo 2017. [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/dayan/OneDrive/Documentos/Tesis/2017_Rovetto_Supercriticalcarbo ndioxideextractionofcannabinoidsfromCannabissativaL..pdf.
- [86] Imusa, “Homecenter,” IMUSA, [En línea]. Disponible en: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/63434/bandeja-plastica-restaurante>.
- [87] Prestolok, “Mercadolibre Colombia,” Prestolok, [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-563936131-boquillas-nebulizacion-boquillas-niebla-_JM#position=2&type=item&tracking_id=7847106d-ffbd-4dc3-b467-b1a4e50d49bf.

- [88] Promaquinas, “Mercadolibre Colombia,” Promaquinas, [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-502455799-molino-de-disco-molino-de-martillos-para-carne-maiz-cacao-_JM#position=13&type=item&tracking_id=1cf25901-3028-4eeb-a87a-f00ac69b9520.
- [89] TEKNOLAB, “Mercadolibre Colombia,” TEKNOLAB, [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-575194231-horno-universal-de-secado-por-conveccion-forzada-113-lts--_JM#position=1&type=item&tracking_id=30e72369-5b87-4022-8e17-979f79f19ac7.
- [90] TEK, “Mercadolibre Colombia,” TEK, [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452238884-bascula-balanza-plataforma-de-piso-150-kg-3040-cm-azul-_JM?searchVariation=51766653272#searchVariation=51766653272&position=1&type=item&tracking_id=d10da447-3160-43c1-943c-ccaf3d1b4ad8.
- [91] SOVIREL, “SOVIREL,” SOVIREL. [En línea].
- [92] Mintrabajo, “Cotización a la Seguridad Social - Aportes,” Mintrabajo, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.mintrabajo.gov.co/empleo-y-pensiones/empleo/subdireccion-de-formalizacion-y-proteccion-del-empleo/formalizacion-laboral/cotizacion-a-la-seguridad-social-aportes>.
- [93] Congreso de Colombia, Ley 1819 de 2016 Art 82, Bogotá, 2016.
- [94] A. N. D. HIDROCARBUROS, “AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS,” [En línea]. Disponible en: <http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Estudios-Integrados-y-Modelamientos/Presentaciones%20y%20Poster%20Tcnicos/Campos.pdf>.
- [95] J. J. Leon, «Scielo Perú,» 22 Julio 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300001&lng=es&tlng=es.. [Último acceso: 22 julio 2020].

- [96] J. T. Mosquera, “Marihuana Cannabis,” Ministerio de salud y proteccion social, 24 Marzo 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/pdf/consumo/estudios/nacionales/CO03132015-marihuana-cannabis-aspectos-toxologicos-sociales-terapeuticos.pdf>. [Último acceso: 22 Julio 2020].
- [97] R. Madera, “SlideShare,” 2 febrero 2014. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/xRazr/solubilidad-y-polaridad-teora-y-experimento>. [Último acceso: 30 julio 2020].
- [98] Candido, “Alma de herreros,” Alma de Herreros, 24 junio 2008. [En línea]. Disponible en: <http://almadeherrero.blogspot.com/2008/06/funcionamiento-de-un-horno-microondas.html>. [Último acceso: 31 julio 2020].
- [99] K. D. Z. X. & J. C. Dan Jin, “Secondary Metabolites Profiled in Cannabis Inflorescences, Leaves, Stem Barks, and Roots for Medicinal Purpose,” Scientific Reports volume, 24 Febrero 2020.
- [100] Fundacion CANNA, “Flavonoides,” 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacion-canna.es/flavonoides>.
- [101] R. d. ?. cannabis, “Las Partes de la Planta de Cannabis,” 14 Mayo 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.recetacannabis.cl/cannabismedicinalchile/2018/05/26/las-partes-de-la-planta-de-cannabis/>.
- [102] G. Benitez, “slidesshare,” 22 febrero 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/glorybenitez1/cannabis-sativa-44996207>. [Último acceso: 16 julio 2020].
- [103] C. H. y. A. M. Pitre, “Ciiq,” Universidad de Carabobo, 4 febrero 2005. [En línea]. Disponible en: http://www.ciiq.org/varios/peru_2005/Trabajos/IV/7/4.7.02.pdf. [Último acceso: 17 agosto 2020].
- [104] J. G.-G. J. M. C. y. M. J. T. S. Martínez-Flórez, “S. Martínez-Flórez, J. González-Gallego, J. M. Culebras* y M.^a J. Tuñón,” Nurt Hosp 2002, 2002.

- [105] J. G.-G. J. M. C. y. M. J. T. S. Martínez-Flórez, «Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes,» Nurt Hosp 2002, 2002.
- [106] A. M. C. Carrasco, “Construcción de un Diagrama de Fases,” 30 Enero 2003. [En línea]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20160812074026/http://ciencia-basica-experimental.net/1er-curso/fases.htm>.
- [107] Análisis vinicos, “Análisis vinicos,” 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.analisisvinicos.com/extrafasesolida.php.htm>.
- [108] S. C. Markle, “Strain-Specific Isolation of Terpenes Utilizing Microwave-Assisted Extraction,” 23 Agosto 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.cannabissciencetech.com/view/strain-specific-isolation-terpenes-utilizing-microwave-assisted-extraction>.
- [109] C. connection, “Los 3 métodos más populares de extracción de CBD,” 20 Agosto 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.cannaconnection.es/blog/5397-los-metodos-de-extraccion-de-aceite-de-cbd-mas-comunes>. [Último acceso: 26 Agosto 2020].
- [110] D. CIVANTO, “Dinafem,” Dinafem, 25 Septiembre 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.dinafem.org/es/blog/aislamiento-terpenos-posibilidades-industria-cannabis/>. [Último acceso: 26 Agosto 2020].
- [111] M. A. S. Aguilar, “Toma de Decisiones con Criterios Múltiples: un,” UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA, p. 76, 2006.
- [112] Y. P. Victor, “Universitat Politecnica de valencia,” victoryepes.blogs, 27 Noviembre 2018. [En línea]. [Último acceso: 2 Octubre 2020].
- [113] ELDESIDRATADOR.COM, «ELDESIDRATADOR.COM,» ELDESIDRATADOR.COM, 27 SEPTIEMBRE 2020. [En línea]. Disponible en: <https://eldeshidratador.com/industriales/#:~:text=Ahora%20bien%20%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una,Mango>. [Último acceso: 29 SEPTIEMBRE 2020].
- [114] Anonimo , “Grammer-solar.com,” 4 Febrero 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.grammer->

solar.com/images/Chile/develoPPP_SecadoSolarChile2018_ohne-Anhang.pdf.

[Último acceso: 27 Septiembre 2020].

[115] S. M. D. T. P. S. Ruck Puerta Gisella, “Silo.tips,” Bernardo Aranda, 24 Enero 2016.

[En línea]. Disponible en: <https://silo.tips/download/facultad-de-ingenieria-quimica>.

[Último acceso: 28 Septiembre 2020].

[116] M. Gonzales, “La guía del químico,” 24 Enero 2012. [En línea]. Disponible en:

<https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/volatilidad-relativa-y-destilacion-fraccionada>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].

[117] M.T. Engineers, “MOS Engg,” MOS Engg, 11 Abril 2020. [En línea]. Disponible en:

<https://mosengg.com/es/co2-storage-tank.html#:~:text=L%C3%ADquido%20aislado%20al%20vac%C3%ADo%20Almacenamiento,cm2g.Lee%20mas>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].

[118] T.Web D., “Franko,” 4 Marzo 2017. [En línea]. Disponible en:

<https://franko.com.mx/productos/control-y-medicion/indicador-pneumatico/funcionamiento>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].

[119] Anonimo , “Climasmonterrey.com,” 25 Mayo 2015. [En línea]. Disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=gAFyK8qLY_Y&list=PL8vYfMLJ5APRO6F6map3fLTwae70d-a7r&index=32. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].

[120] Practicante SHEQ, “Cryogas.com,” 24 Agosto 2018. [En línea]. Disponible en:

[http://www.cryogas.com.co/Descargar/Di%C3%B3xido%20de%20Carbono%20CO2%20\(L%C3%ADquido\)?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fco%2Fbiblioteca%2Fd1f31ad90e104495bb7a7f23bfe53566.pdf](http://www.cryogas.com.co/Descargar/Di%C3%B3xido%20de%20Carbono%20CO2%20(L%C3%ADquido)?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fco%2Fbiblioteca%2Fd1f31ad90e104495bb7a7f23bfe53566.pdf). [Último acceso: 28 Septiembre 2020].

[121] Universidad de barcelona, “ub.edu,” Febrero 2017. [En línea]. Disponible en:

<http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/index1.html>. [Último acceso: 27 Septiembre 2020].

[122] Anonimo, “CIENCIAONTHECREST,” CIENCIAONTHECREST, 19 AGOSTO

2015. [En línea]. Disponible en: <https://cienciaonthecrest.com/2015/08/19/extraccion-con-fluidos-supercriticos/>. [Último acceso: 4 OCTUBRE 2020].

- [123] S. M. D. T. P. S. Ruck Puerta Gisella, “Silo.tips,” 6 Enero 2016. [En línea]. Disponible en: <https://silo.tips/download/facultad-de-ingenieria-quimica>. [Último acceso: 28 Septiembre 2020].
- [124] I. D. G. Chaves, Interviewee, Grammer-solar.com. [Entrevista]. 19 Octubre 2020.
- [125] GuiaLab, “guialab.com.ar,” 11 Febrero 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.guialab.com.ar/lanzamientos/molino-de-rotor-tipo-ciclon-te-6512-tecnal/>. [Último acceso: 30 Octubre 2020].
- [126] Anonimo, “catarina.udlap.mx,” 2015. [En línea]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/clemente_c_ma/capitulo6.pdf. [Último acceso: 31 Octubre 2020].
- [127] Tropicos.org, “Cannabis sativa,” 22 Mayo 2013. [En línea]. Disponible en: <http://legacy.tropicos.org/Name/21302042>. [Último acceso: 3 Febrero 2020].
- [128] INVIMA, “INVIMA,” 26 ABRIL 1996. [En línea]. Disponible en: https://www.invima.gov.co/documents/20143/453029/decreto_677_1995.pdf. [Último acceso: 2 AGOSTO 2020].
- [129] subra s.a, “subra s.a,” 3 Marzo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.subra.com.br/es/lavadora-por-inmersion.html> . [Último acceso: 19 Noviembre 2020].
- [130] B. Urrutia, “Se definen el salario mínimo y auxilio de transporte para el año 2020,” Birgad Urrutia, 2020 Enero 01. [En línea]. Disponible en: <https://bu.com.co/es/noticias/se-definen-el-salario-minimo-y-auxilio-de-transporte-para-el-ano-2020#:~:text=Laboral-,Se%20definen%20el%20salario%20mínimo%20y%20auxilio%20de%20transporte%20para,mensual%20será%20de%20COP%20%24102.854..>
- [131] LOZANO, “LOZANO CAÑAMO 1A PRESION,” [En línea]. Disponible en: <https://www.esenciaslozano.com/producto/101/aceite-esencial-de-canamo-primera-presion-aceite-de-cannabis-sativa-virgen>.

- [132] P. N. D. D. ANTINARCÓTICOS, “Centro Internacional de Estudios Estratégicos Contra el Narcotráfico,” 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjWrNv-qYLtAhWhSt8KHbnXAm0QFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.policia.gov.co%2Ffile%2F138247%2Fdownload%3Ftoken%3DQxjFZEpR&usg=AOvVaw1RTwXUIxV2IJCswHR5W7z>.
- [133] TIENDAMANDALASDALECOLORATUVIDA, “Frasco Roll On 10ml Ambar Vidrio Mezcl - mL a \$5800,” 2020. [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-577633001-frasco-roll-on-10ml-ambar-vidrio-mezclas-ml-a-6000-_JM#position=1&type=item&tracking_id=5db8050d-0baf-4b54-939d-8cd5b54a7e5d.
- [134] DIMAJ942611, “Caja De Cartón Pq X3 Tapa + Base Pequeña (17x10,8x6 Cm),” 2020. [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-553007805-caja-de-carton-pq-x3-tapa-base-pequena-17x108x6-cm-_JM#position=1&type=item&tracking_id=72d459e5-c34b-45be-aed1-2d86159958cf.
- [135] POSTOBON, “Pipeta Grande De 9 Kg 18 Libras De Co2 Recargada,” 2020. [En línea]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-593283440-pipeta-grande-de-9-kg-18-libras-de-co2-recargada-_JM#position=5&type=item&tracking_id=ee50dfc2-4ccc-42a3-b67a-39691eff4a0c.
- [136] VALCON, “Carta Psicométrica,” [En línea]. Disponible en: <http://psicometria-imi131.blogspot.com/2013/11/carta-psicometrica.html>.
- [137] Plantas y hongos, «Plantas y hongos,» 2019. [En línea]. Disponible en: http://www.plantasyhongos.es/glosario/aceite_esencial.htm.
- [138] Cienceonthecreates, “Cienceonthecreates,” 2015. [En línea]. Disponible en: <https://cienciaonthecrest.com/2015/08/19/extraccion-con-fluidos-supercriticos/>.



GLOSARIO


- **Espectrofotometría:** es un método científico utilizado para medir cuánta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso pasa a través de la solución muestra.
- **Extracción:** técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado.
- **Flexibilidad industrial:** la necesidad de una rápida adaptación y respuesta a las nuevas exigencias requeridas.
- **Full Spectrum:** productos que no sólo contienen CBD, sino que también tienen otros cannabinoides y moléculas de la planta. En otras palabras, el CBD de espectro completo contiene aquellas sustancias que están presentes en la planta.
- **Hidrodestilación:** método de extracción de aceites esenciales en el cual el material está sumergido en agua en ebullición, la característica principal de este proceso es el contacto directo del agua y el material del cual se extraerá el aceite esencial.
- **Inocuidad:** se refiere a un proceso que no cause daño en ningún grado ni involucre peligros físicos, químicos y microbiológicos
- **Metabolitos:** los compuestos químicos sintetizados por *las plantas* que cumplen funciones no esenciales en ellas
- **Métodos jerárquicos cualitativos:** método que permiten construir un árbol de clasificación.
- **Planta piloto:** es un método que permite obtener información sobre un determinado proceso físico o químico, así mismo determinar si el proceso es técnica y económicamente viable.
- **Rendimiento:** es la relación entre la cantidad de producto obtenido realmente en la reacción y la cantidad máxima de producto que se podría haber obtenido si los reactivos se hubieran consumido completamente.


- **Taxonomía:** ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica; se aplica, en especial, dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales.

ANEXOS

ANEXO 1: EQUIPOS PRETRATAMIENTO MATERIA PRIMAS COTIZADOS

Equipos	Proveedor	Fuente	Imagen del proveedor
Lavador (Bandeja)	IMUSA	https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/63434/bandeja-plastica-restaurante	 <p>Nota. Bandeja de plástico. [86]</p>
Lavador (Elevadores de pulverización)	prestolok	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-563936131-boquillas-nebulizacion-boquillas-niebla-JM#position=2&type=item&tracking_id=784710d-ffbd-4dc3-b467-b1a4e50d49bf	 <p>Nota. Lavadora. [87]</p>
Molino alimentos	Promaquinas	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-502455799-molino-de-disco-molino-de-martillos-para-carne-maiz-cacao-JM#position=13&type=item&tracking_id=1cf25901-3028-4eeb-a87a-f00ac69b9520	 <p>Nota. Molino para alimentos. Zhengzhou Chenyue Machinery [88].</p>
Secador	TEKNOLAN	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-	

		575194231-horno-universal-de-secado-por-conveccion-forzada-113-lts--JM#position=1&type=item&tracking_id=30e72369-5b87-4022-8e17-979f79f19ac7	Secador de alimentos  Nota. Secador de alimentos. TEKNOLAN [89]
--	--	---	---

Balanza industrial	TEK	https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452238884-bascula-balanza-plataforma-de-piso-150-kg-3040-cm-azul-JM?searchVariation=51766653272#searchVariation=51766653272&position=1&type=item&tracking_id=d10da447-3160-43c1-943c-ccaf3d1b4ad8	. Balanza industrial.  Nota. Balanza industrial. [90]
---------------------------	-----	---	---

Nota. Equipos pretratamiento materia primas cotizados. Elaboración propia

Equipos extracción cotizados

Equipos	Proveedor	Fuente	Imagen del proveedor
Planta fluidos súper críticos 20L	<u>SOVIREL</u>	SOVIREL	Planta fluidos súper críticos




Nota. Planta de Fluidos SOVIREL Co [91]

Nota. *Equipos extracción cotizados. Elaboración Propia*

Etapa de almacenamiento

Esta etapa es muy sencilla debido a que se requieren de dos contenedores de aluminio para almacenar el aceite producido, que posteriormente será empacado.

Equipo de almacenamiento

Equipos	Proveedor	Fuente	Imagen del proveedor
			Contenedor de aluminio 15 L
Contenedor acero inoxidable 20L	Aceros el Rey	https://es- la.facebook.com/A LUMREY/	 <p>Nota. Contenedor de acero 20 L. Aceros el Rey [53]</p>

ANEXO 2. APORTES DE SEGURIDAD SOCIAL EN COLOMBIA

	Empleador	Trabajador	Total
Pensiones	12%	4%	16%
Salud	8,5%	4%	12,5%
ARL	Nivel	Aporte	0,522%
	I	0,522%	
	II	1,044%	
	III	2,436%	
	IV	4,350%	
V	6,960%		
Caja de compensación	4%		4%
Total	25,2%	8%	33,2%

Nota. Aportes de seguridad social en Colombia. Mintrabajo [92]

El aporte de ARL varía según el cargo que ocupen los empleados para definir esto se hará uso de la siguiente tabla:

Categorías ARLL

Nivel	Aporte	Actividades
I	0,522%	Financieras, trabajos de oficina administrativos, centro educativos restaurantes
II	1,044%	Algunos procesos manufactureros como la fabricación de tapetes, tejidos, confecciones y flores artificiales. Almacenes por Departamentos, algunas labores Agrícolas, limpieza
III	2,436%	Algunos procesos manufactureros como la fabricación de agujas, alcoholes, artículos de cuero
IV	4,350%	Procesos manufactureros como la fabricación de aceites, cervezas, vidrios, procesos de galvanización, transporte, servicios de vigilancia privada
V	6,960%	Areneras, manejo de asbesto, bomberos, manejo de explosivos, construcción, explotación petrolera

Nota. En esta tabla se encuentran los porcentajes y descripción de riesgos para el ARL correspondientes en Colombia [92]

Puesto	Nivel	Aporte
Gerente general	I	0,522%
Jefe de planta	IV	4,350%
Supervisor	IV	4,350%
Operario	IV	4,350%
Secretaria	I	0,522%
Servicios Generales	II	1,044%

Nota. Categorización de empleados. Elaboración propia

Para la cesantía, interés cesarías, prima y vacaciones se definieron los siguientes porcentajes de aporte

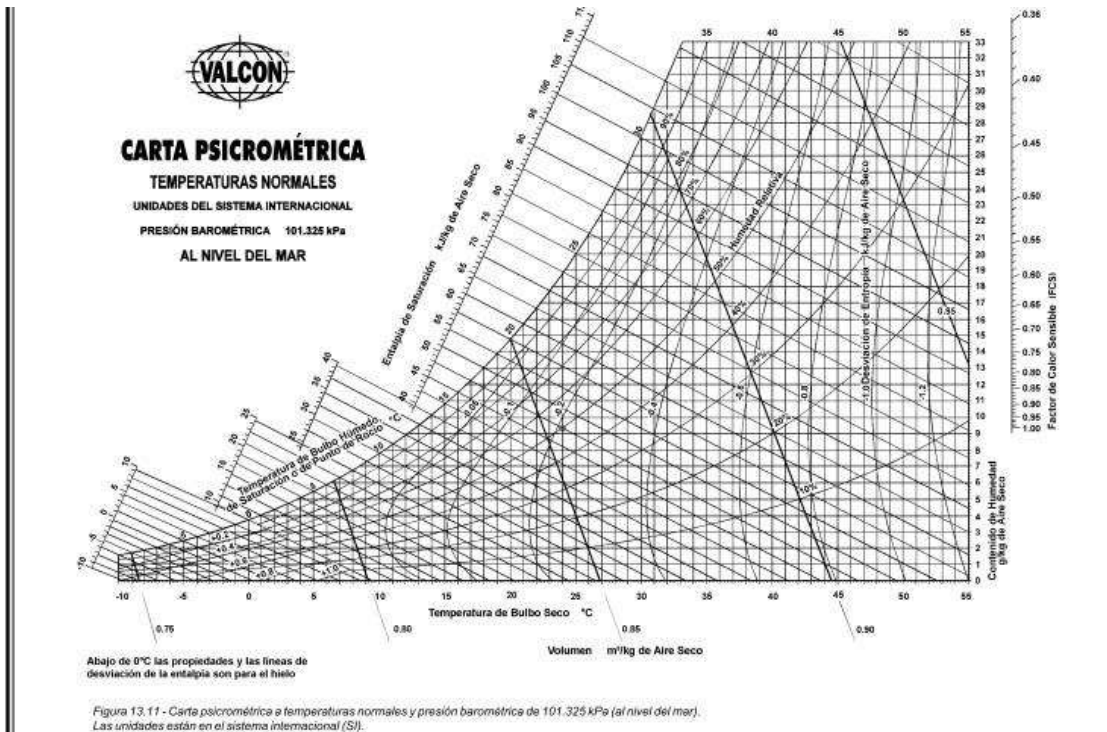
- Prima de servicios: 8.33%
- Cesantías: 8.33%
- Intereses sobre cesantías: 12%
- Vacaciones: 4.17%

ANEXO 3. DEPRECIACIÓN ANUAL LEY 1819 DE 2016

Conceptos de bienes a depreciar	Tasa de depreciación fiscal anual %
Construcciones y edificaciones	2.22
Acueducto, planta y redes	2.50
Vías de comunicación	2.50
Flota y equipo aéreo	3.33
Flota y equipo férreo	5.00
Flota y equipo fluvial	6.67
Armamento y equipo de vigilancia	10.00
Equipo eléctrico	10.00
Flota y equipo de transporte terrestre	10.00
Maquinaria, equipos	10.00
Muebles y enseres	10.00
Equipo médico científico	12.50
Envases, empaques y herramientas	20.00
Equipo de computación	20.00
Redes de procesamiento de datos	20.00
Equipo de comunicación	20.00

Nota. Depreciación anual ley 1819 de 2016. Congreso de Colombia [93]

ANEXO 4: CARTA PSICROMETRICA



Nota. Carta psicrométrica. Tomado de: VALCON, “Carta Psicrometrica”, [En línea]. Available: <http://psicrometria-imi131.blogspot.com/2013/11/carta-psicrometrica.html>.

ANEXO 5: CALCULOS BALANCE DE MASA

- Corriente 1 es la entrada de materia prima la cual consta de 5000g
- Corriente 2 entrada de agua potable la cual consta de 40000g
- Cantidad de agua que adquiere la materia prima después del lavado
$$5000g * 0.05\% = 5025.125g$$
- La cantidad de agua que sale del proceso de lavado
$$(5000g + 40000g) - 5025g = 39975g$$
- Para sacar la cantidad de aire que entra al secador se tomó una HR de 50% a 60% con respecto a la revisión bibliográfica obteniendo así con la carta psicométrica para Bogotá de donde se obtuvo que se necesitan 529745.2g.
- Cantidad de aire que sale del secador
$$((5000g * 0.6) + (5025g - 5000g)) * 0.88 = 2662g$$
- Cantidad de materia prima que entra al molino
$$5025g - 2662g = 2363g$$
- Cantidad de materia prima molina que sale del molino teniendo en cuenta las perdidas
$$2363g - (2363g * 0.7\%) = 2346.46g$$
- Cantidad de CO2 supercrítico que entra al reactor
$$1.977g * \left(600g * \frac{1}{1000}\right) * 1000 = 1186.20g$$
- Cantidad de torta después de la extracción
$$2346.46g - (1126.89g + 91.511901) = 2254.9g$$
- Cantidad de extracto
$$2346.46g * 3.9\% = 91.51901g$$
- Cantidad de CO2 después de la extracción y separación
$$1186.20g * (1186.20g * 5\%) = 1126.89g$$
- Cantidad de WAX obtenido del primer separador
$$91.51901g * 8\% = 7.3g$$
- Aceite esencial que se obtiene del Separador 1 y Separador 2
$$91.511901g - 7.3g = 84.2g$$

ANEXO 6: FICHA TECNICA

A. Balanza

Características principales

Marca	YTK
Modelo	YTK-160M

Otras características

Altura x Largo x Ancho: 110 mm x 210 mm x 140 mm

Potencia: 30 W

Descripción

SOMOS CSI COMPUTELL SOLUCIONES INFORMÁTICAS SAS

*** ENVÍO GRATIS ***

Todos nuestros productos están disponibles para envío inmediato y distribuimos desde varias ciudades (Bogotá, Pereira, Manizales o Cali) de acuerdo al inventario disponible. Su oferta es un compromiso serio de COMPRA. No oferte si no está seguro o no tiene el dinero.

Respondemos todas sus preguntas.

Envíos y garantía a Nivel Nacional!

ENVÍO INMEDIATO

YTK máquina de llenado de líquido digital de precisión para agua de perfume y bebida, con aceite de leche, llenadora de botellas de 5 a 118.3 fl oz con pedal de pie de YTK

Se utiliza para líquidos, como aceite y agua, refrescos y líquidos.

Rango de llenado (ml): 0.2 – 118.3 fl oz.

Máx. Tasa de flujo (L/min): 3.2.

Tamaño del paquete: 8.268 x 5.512 x 3.937 in.

Máx. Distancia de succión: 6.6 ft, y tiene pedal con él.

B. Lavador

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Boquilla de nebulización acople rápido.

Material: Cuerpo en Latón niquelado con núcleo interno en cerámica.

Diámetro conexión: 6mm

Diámetro orificio nebulización: 0.2mm o 0.1mm

Acople plástico de conexión rápida Tipo TEE

Diámetro conexión: 6mm

C.Molino

Molino De Martillos

- ▶ Martillos y porta-martillos en acero altamente resistente a la abrasión, tapa abatible que permite el fácil acceso a las partes recambiables haciendo que esta labor se realice más cómodamente en un tiempo relativamente corto.
- ▶ Parrilla para desalajo en 340°, formada por barras calibradas de acero: 1" x 3/8", 1" x 1/2" o 1" x 1"
- ▶ Grado humedad 7% a 11%, luz entre barras de 10 mm para una granulometría entre 0 y 4 mm; 5 mm para una granulometría entre 0 y 3 mm y 3,5 mm para una granulometría entre 0 y 2 mm
- ▶ Rodamientos con doble fila de rodillos de alta resistencia con chumaceras para trabajo súper pesado y tapas de laberinto las cuales los protegen del polvo.
- ▶ Están provistos de dos volantes de inercia a 850 R.P.M.* dándoles una estabilidad de potencia y un funcionamiento sin vibraciones.
- ▶ Transmisión por correas tipo C (no incluidas en el suministro); se suministra con polea motriz; sin motor a 1800 r.p.m.

MODELO LBOMM						
	10 *	20	40	50	70	80
Construido en lámina de acero de	3/8 *	1/2 *	1/2 *	1/2 *	3/4 *	1 *
Conchas de revestimiento de	1/2 *	1/2 *	1/2 *	3/4 *	1 *	1 *
Parrilla en platina calibrada de **	1 *	1 *	1 *	1 *	1 *	1 *
Eje en acero SAE 4340, diámetro	2 1/2 *	4 *	4 *	4 1/2 *	5 *	5 *
Pasadores en acero SAE 4340	1/2 *	1 1/2 *	1 1/2 *	1 1/2 *	1 1/2 *	1 1/2 *

D. Secador

Voltaje: 110/220 voltios (trifásico para secado por resistencias)

Consumo con calentamiento eléctrico: 6 Kilovatios

Consumo con calentamiento a gas: 20.000 BTU/hora

Carro escabiladero de 16 entrepaños en acero inoxidable.

Bandejas por entrepaño: 2

Capacidad: 32 bandejas de 45 x 85 cms. **(no están incluidas en el precio)**

Capacidad en metros cuadrados: 12,24 metros cuadrados (área total de las 32 bandejas)

Capacidad de carga de fruta fresca de algunos productos:

Banano entero: 256 Kgs. – 19 horas

Piña cortada en rodajas: 125 Kgs. – 8 a 14 horas, según grosor.

Uchuva: 150 Kgs. – 13 a 16 horas (sin osmosis)

E. Equipos de equipos de fluidos de súper críticos



SFE para investigación y desarrollo de procesos

- Capacidad hasta de 5 Litros
- Presión de operación hasta de 10,000 psi (68.9 MPa)
- Control de retro alimentación: Controladores PID de lógica difusa
- Pre calentador de fluidos
- Ensamble integrado de enfriador Peltier sin agua
- Sistema fácil de actualizar para cumplir con aplicaciones nuevas
- Operación libre de mantenimiento
- Diversas opciones para la colecta de extractos
- Módulos opcionales para la adición de Co-Solventes

SFT-250 SFE Estándar de mesa

El Sistema de Procesamiento SFT-250 SFE está diseñado para llevar a cabo extracciones en un medio de fluidos supercríticos y se fabricó para cumplir con los rigores de cada día en los laboratorios de investigación y en procesamiento a nivel piloto en pequeña escala. El SFT-250 se opera fácilmente, se puede modificar para que se adapte a las necesidades de las aplicaciones y cuenta con muchas características de desempeño encontradas en los sistemas completamente automatizados escala piloto. El SFT-250 ofrece un máximo de flexibilidad y de características de seguridad de cualquier instrumento de laboratorio de extracción de fluidos supercríticos que se encuentran actualmente en el mercado.

El SFT-250 incluye una bomba de alto desempeño impulsada por aire comprimido la cual produce rápidamente las altas presiones requeridas para un trabajo con fluidos supercríticos. Bajo condiciones típicas de operación, las tasas de flujo varían de 1 a 330 ml/min (250gramos/ min) de CO₂ líquido. Los paneles están convenientemente ubicados al frente permitiendo un fácil acceso a los recipientes de presión, a las válvulas, adaptadores y partes electrónicas. Las válvulas manuales proporcionan un desempeño a largo plazo libre de mantenimiento.

La seguridad es primordial en todos los sistemas SFT-250. Los equipos cuentan con alarmas electrónicas que alertan al usuario cuando se presentan condiciones de sobre temperatura y

como para trabajar con una gran variedad de fluidos supercríticos.

Las opciones de colecta de extractos incluyen cartuchos de extracción de fase sólida (SPE), recipientes con contenido de solvente, viales EPA y separadores ciclónicos fraccionados. El extracto se colecta fuera de gabinete principal para que el usuario tenga acceso a él fácilmente y para simplificar la interfaz del SFT-250 con otros equipos tales como un FTIR o un espectrofotómetro de masas. Se cuenta con opciones de colecta adicional. El ajuste estándar del equipo está dado para la colecta en viales EPA.

F. Envasadora

24/1/2021

Máquina Llenado De Botellas Llenadora Y Envasado De Líquidos | Mercado Libre

Buscar productos, marcas y más...

Ingresar tu ubicación

Volver al listado Industrias y Oficinas > Embalaje y Logística > Envasadoras > Envasadoras Volumétricas

Compartir Vender



Nuevo | 1 vendido

Máquina Llenado De Botellas Llenadora Y Envasado De Líquidos

\$ 880.000

36 cuotas de \$ 24.444

[Más información](#)

Entrega a acordar con el vendedor

Fontibón, Bogotá D.C.

[Ver costos de envío](#)

¡Última disponible!

[Comprar ahora](#)



Cómpralo, sube de nivel y consigue descuentos en envíos
Beneficios Mercado Puntos

ANEXO 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda el estudio de diferentes especies del *Cannabis* ya sean las naturales o las modificadas genéticamente que posean más cantidad de metabolitos secundarios de interés, puesto que esto permitirá que el extracto sea más puro y contrato

Para la extracción de aceite de *cannabis* con terpenos por el método de fluidos super críticos se recomienda el uso de etanol como codisolvente para facilitar el proceso y disminuir el tiempo de operación de la planta, consecuente con esto se sugiere añadir al diseño de un purificador para el CO₂ que apoye la recirculación de dicho componente eliminando las trazas del codisolvente.