



**Determinación de la capacidad efectiva de producción para una planta de obtención de derivados del cannabis**

Osler Asbey Torres Flórez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Químico

Asesor

Mauricio Esteban Sánchez Magíster (MSc) en Ingeniería

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Química  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2022

| Cita                                    | Torres Flórez [1]   |
|---|---|
| <b>Referencia</b><br>Estilo IEEE (2020) | [1] O. A. Torres Flórez “Determinación de la capacidad efectiva de producción para una planta de obtención de derivados del cannabis”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Química, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022. |



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Lina María González Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mi familia y en especial a mis padres Nelson Arley Torres Torres y Diana Patricia Flórez Sierra, quienes me apoyaron durante todo este proceso y me animaron a continuar siempre, a todos los docentes que con paciencia me transmitieron sus conocimientos, por otro lado, especial dedicatoria al Alma Mater que me permitió habitar sus pasillos y salones dándome la oportunidad de formarme no solo como profesional sino como una persona con sentido de pertenencia por el lugar que hábito y con mucho respeto hacia todas las personas con las que comparto.

## **Agradecimientos**

A mis padres quienes estuvieron siempre y en especial en los momentos más difíciles, a todos los profesores de la facultad de ingeniería, especialmente a Mauricio Esteban Sánchez quien fuera mi asesor interno y estuvo siempre dispuesto a guiarme en este camino, a Sebastián Vergara Guiral quien fuera mi asesor externo por transmitirme todos sus conocimientos sobre el cannabis, a Herbasana S.A.S por permitirme realizar mis practicas académicas en sus instalaciones, al Alma Mater por formarme como persona y profesional durante todos estos años y a todas las personas con quienes compartí momentos en el Alma Mater, siempre aportaron cosas buenas para mi vida.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 8  |
| ABSTRACT .....   | 8  |
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 9  |
| II. OBJETIVOS .....  | 9  |
| A. Objetivo general .....  | 9  |
| B. Objetivos específicos .....   | 9  |
| III. MARCO TEÓRICO .....   | 10 |
| IV. METODOLOGÍA .....  | 11 |
| V. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....   | 12 |
| Diagrama conceptual del proceso .....  | 14 |
| Especificación de estado de materias primas y productos: .....                   | 14 |
| Percolación.....   | 14 |
| Rotoevaporación .....  | 14 |
| Evaporación de película delgada .....  | 15 |
| Destilación .....  | 15 |
| Aislado .....  | 15 |
| Descripción textual del proceso y descripción de la función de los equipos ..... | 16 |
| Percolación.....   | 16 |
| Rotoevaporación .....  | 16 |
| Evaporación de película delgada .....  | 17 |

|   |    |
|---|----|
| Descarboxilación.....   | 17 |
| Destilación .....   | 18 |
| Cristalización .....  | 18 |
| Recuperación de solvente .....  | 19 |
| Diagrama de flujo de proceso.....   | 19 |
| Creación de herramienta informática para registro detallado de operación..... | 19 |
| Capacidad efectiva de cada unidad .....                                       | 19 |
| Percolación.....  | 20 |
| Rotoevaporación .....   | 21 |
| Película delgada .....  | 22 |
| Destilación .....   | 22 |
| Cristalización .....  | 23 |
| Recuperación solvente .....   | 23 |
| VI. CONCLUSIONES .....  | 25 |
| REFERENCIAS .....   | 26 |
| ANEXOS.....   | 27 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| TABLA I. ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS PERCOLACIÓN. ....        | 14 |
| TABLA II. ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS ROTOEVAPORACIÓN.....    | 14 |
| TABLA III. ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS PELÍCULA DELGADA ..... | 15 |
| TABLA IV. ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS DESTILACIÓN. ....       | 15 |
| TABLA V. ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS AISLADO. ....            | 15 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Fig. 1. Diagrama conceptual del proceso .....         | 14 |
| Fig. 2. Reacción descarboxilación del CBDA a CBD..... | 18 |

## RESUMEN

Desconocer la capacidad efectiva de una planta de producción en una industria nueva como es la del cannabis en Colombia trae una serie de problemas como los tiempos de entrega de productos, más cuando es una planta donde se terceriza el servicio de extracción, como solución a este problema es necesario determinar su capacidad, por lo tanto, la creación de un diagrama PFD de todo el proceso fue el primer paso con el objetivo de encontrar los puntos críticos: Siendo el más importante la temperatura del baño maría en las unidades de rotoevaporación, se desarrolló una herramienta informática para el registro detallado de la operación de la planta que funciona en sistemas Android, IOS y computadores. Por otro lado, se estimó la capacidad efectiva de cada unidad, encontrando los siguientes valores, percolación: 180 kg/día, rotoevaporación: 4.75 kg/día, película delgada: 24 kg/día, destilación: 12 kg/día, cristalización: 112 kg/día, recuperación solvente: 96 kg/día, donde la capacidad efectiva de toda la planta es el equivalente a la menor de todas las capacidades efectivas, es decir 4.75 kg/día de aceite de espectro completo.

***Palabras clave* — Cannabis, Diagrama PFD, Capacidad Efectiva.**

## ABSTRACT

Not knowing the effective capacity of a production plant in a new industry such as cannabis in Colombia brings a series of problems such as product delivery times, especially when it is a plant where the extraction service is outsourced, as a solution to this problem it is necessary to determine its capacity, thus, creating a PFD diagram of the entire process was the first step with the aim of finding critical points: The most important being the temperature of the water bath in the rotoevaporation units, a computer tool was developed for the detailed record of the operation of the plant that works on Android systems, IOS and computers. On the other hand, the effective capacity of each unit was estimated, finding the following values: percolation: 180 kg/day, rotary evaporation: 4.75 kg/day, thin film: 24 kg/day, distillation: 12 kg/day, crystallization: 112 kg/day, solvent recovery: 96 kg/day, where the effective capacity of the entire plant is the equivalent of the smallest of all effective capacities, i.e. 4.75 kg/day of full spectrum oil.

***Keywords* — Cannabis, PFD diagram, Effective capacity.**

## I. INTRODUCCIÓN

La industria del cannabis ha cobrado gran relevancia en Colombia, viendo a este como una plaza importante para la industria debido a que es un país privilegiado en agricultura, gran disponibilidad de agua y recurso humano calificado debido a la experiencia acumulada en productos similares (flores y café) y costos de electricidad favorables [1]. En el 2016 surge la ley 1787 la cual busca crear un marco regulatorio que permita el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis y sus derivados en el territorio nacional colombiano [2], de donde surgen un sinnúmero de personas interesadas en adquirir licencias para producción y fabricación de cannabis y sus derivados, siendo la producción de cannabis la más apetecida, promoviendo la creación de muchas empresas para la producción de flor de cannabis pero pocas procesándola para la fabricación de derivados del cannabis, es por esta necesidad que se crea la empresa ICANN Group filial de Herbasana S.A.S, como laboratorio para la producción de derivados del cannabis no psicoactivo, este laboratorio es creado con el fin de suplir la necesidad de procesamiento de la flor del cannabis no psicoactivo en el país, prestando servicios a diferentes empresas productoras de flor que no pueden adquirir un laboratorio para la fabricación de productos derivados de esta. El laboratorio de Herbasana ha crecido rápidamente en relación a la cantidad de clientes interesados en procesar su flor en estas instalaciones, con esto surge la necesidad de saber cuál es la capacidad real de procesamiento de esta planta debido a los retrasos en los tiempos de entrega para los clientes, producto del desconocimiento de esta variable tan importante en el proceso, capacidad efectiva de producción. Se plantea como solución generar un diagrama de flujo de proceso, llevar un registro detallado de la operación e identificar los posibles puntos críticos en las unidades de operación y proponer acciones que ayuden a la operación óptima de la planta, para lo cual se aspira determinar la capacidad efectiva de transformación de flor a derivados de la planta.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Determinar la capacidad efectiva de producción de la planta de fabricación de productos derivados del cannabis.

### *B. Objetivos específicos*

- Generar un diagrama de flujo de proceso (PFD) de la planta.

- Identificar puntos críticos del proceso de transformación de flor no psicoactiva.
- Crear una aplicación móvil que permita el almacenamiento de los datos de cada unidad de proceso en la nube.
- Establecer capacidad efectiva de cada unidad de proceso.

### III. MARCO TEÓRICO

Un fabricante de máquinas de café expreso desea garantizar que cada taza de café procesada por la máquina tenga una calidad constante. Se observa que la calidad de cada taza de café depende de una gran cantidad de variables, entre ellas el grado y frescura de los granos de café, el grado de molienda de los granos, la temperatura y presión de funcionamiento de la máquina, el grado de qué café molido se empaqueta en la porta filtros de metal y la cantidad total de agua utilizada. Dado que el fabricante no puede controlar muchas de las fuentes de variabilidad del producto, el desarrollo de una máquina mejorada estaría impulsado por el deseo de reducir la influencia de estas variables o eliminar tantas como sea necesario para garantizar un producto satisfactorio [3]. Este caso se puede extrapolar a la producción de derivados del cannabis donde la materia prima presenta diversas variables que afectan el resultado final, aunque es una industria joven tiene una proyección muy alta y existen muchas personas en diferentes instituciones desarrollando sus propios procesos. Es común que quien esté desarrollando su proceso haya realizado pruebas a nivel de laboratorio pero en el escalado a una planta presente fallas, es allí donde el trabajo del ingeniero químico entra a jugar un papel preponderante porque cuando un investigador escala su proceso es probable que se desconozca la capacidad efectiva de la planta, y que en su desarrollo no se tengan en cuenta con el rigor requerido, las etapas necesarias para el diseño de una planta, entre ellos la generación de un diagrama de flujo de proceso (PFD) y la estimación de la capacidad real de la planta, pues cuando se omiten estos pasos y se instala la planta para el proceso en cuestión, se debe hacer ingeniería inversa para determinar estos aspectos: capacidad y diagrama de flujo de proceso (PFD). El beneficio más importante de elaborar un diagrama de flujo de proceso es que le da al personal de trabajo una visión general de todo el proceso que tiene lugar y las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo. Esto, a su vez, les ayuda a realizar las mejoras y cambios donde sea necesario para que se opere de una manera más eficiente. Una vez realizados todos los cambios, el diagrama de flujo modificado del proceso actúa como un estándar a seguir por todas las personas involucradas. Esto evita confusiones y también ayuda a prevenir errores. Por otro lado, se han creado estándares para la elaboración de estos diagramas por organizaciones serias como la Organización Internacional de Normalización (ISO), norma internacional que establece reglas generales para la preparación de diagramas de flujo para plantas de proceso. Estos diagramas representan la configuración y función de las plantas de proceso y forman parte integral de la documentación técnica completa necesaria para la planificación, ingeniería mecánica, montaje, gestión, puesta en

servicio, operación, mantenimiento y desmantelamiento de una planta [4]. La capacidad excesiva puede ser tan fatal como la capacidad insuficiente. Al escoger una estrategia de capacidad los directivos deben preguntarse ¿Cuánto “colchón” se necesita para manejar una demanda incierta y variable? ¿Debemos expandir la capacidad antes que la demanda se manifieste claramente o es mejor esperar a que ésta se perfile con mayor certeza? Para ello se requiere un método sistemático para contestar éstas y otras preguntas relacionadas con la capacidad y así desarrollar nuestra estrategia de capacidad acorde a las necesidades [5]. La máxima salida de producción que un proceso es capaz de sostener económicamente, en condiciones normales, es su capacidad efectiva, se puede entonces definir la capacidad efectiva como “el más alto nivel de producción que una empresa puede sostener razonablemente con horarios realistas de trabajo para sus empleados y el equipo que ya tiene instalado”; una vez conocida la capacidad es posible decidir qué productos o servicios es conveniente ofrecer a los clientes [5].

#### IV. METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó una capacitación en el uso de cada unidad de proceso para identificar las variables involucradas en la operación de cada unidad por parte de HERBASANA S.A.S. al practicante.

Luego de identificar las variables de proceso se procedió a evaluar cuales herramientas informáticas eran pertinentes, entre estas se evaluaron Macros de Excel ®, Python, Java ® y AppSheet, para finalmente elegir AppSheet ya que se necesitaba generar una base de datos con el historial de operación de cada unidad, se descartó Macros de Excel ® debido a que al momento de almacenar los datos era necesario desplazarse hasta el computador más cercano lo cual entorpecía el ejercicio, se continuó con el diseño de la aplicación móvil para la cual se eligieron las unidades de operación más usadas para la obtención del producto predominante, en este caso aceite de espectro completo de cannabis, para la cual se diseñaron dos pestañas diferentes dentro de la aplicación móvil, “Percolación” y “RotoEvp”, “Percolación” se diseñó para guardar los datos de la primera fase en la operación de la planta que es la extracción de los cannabinoides por medio de inmersión en etanol extra neutro de grado alimenticio al 96%, en esta se pueden almacenar datos como: *Empresa* a la que se le realiza el servicio, porque HERBASANA S.A.S le presta el servicio de transformación a más de 40 empresas en el país, *Variedad* de la flor que se procesará, *Fecha*, *Bache*, *Cantidad* en gramos, *Temperatura* en °C, *Extracto* etanólico obtenido en litros, *Comentarios* en caso de anomalías o eventos inesperados; por otro lado, la pestaña “RotoEvp” fue diseñada para almacenar los datos de la segunda fase en la operación, recuperación de solvente (etanol), en esta se guardan los siguientes datos: *Fecha*, *Hora* de forma automática por el sistema en HH:MM:SS, se puede elegir que *Rotoevaporador* es el empleado ya que se tienen 3 rotoevaporadores en esta etapa del proceso, la *Temperatura de baño maría* en °C, la *Temperatura de chiller* en °C, y la *Presión de vacío* en Mpa; luego de instaurar y operar esta herramienta

informática fue necesario agregar una nueva pestaña “Servicios” donde se almacena toda la información de procesamiento para cada empresa, en esta pestaña podemos almacenar los siguientes datos: *Fecha*, *Empresa*, cantidad de *Ingreso* que depende de la *Unidad* (gramos o litros), que tipo de *Muestra* se va a procesar (flor, extracto etanólico, destilado, aceite de espectro completo), el *Proceso* que se llevará a cabo (percolación, evaporación, película delgada, destilación, aislado o estandarización), la *Cantidad procesada* y *Comentarios* en caso de alguna eventualidad, en esta pestaña de forma automática se calcula la *Cantidad que falta* y el *% del proceso completado*, y finalmente se puede generar un archivo PDF en el cual se encuentra toda esta información para ser enviada a cada cliente.

En la creación del diagrama de flujo de proceso se inició determinando las corrientes de entrada y salida (materias primas, productos, subproductos y desechos) de cada unidad de proceso, y de esta forma se creó un diagrama conceptual del proceso en donde *modo grosso* se exponen las siete operaciones que se llevan a cabo en esta planta de fabricación de derivados de cannabis no psicoactivo, percolación, rotoevaporación, evaporación de película delgada, descarboxilación, destilación, cristalización y recuperación del solvente usado en la cristalización, el siguiente paso fue detectar las condiciones de almacenamiento de las materias primas y productos usadas en la planta, es decir las especificadas por el director científico de la planta cuando se hizo el montaje de esta, se hizo necesario crear una nomenclatura para identificar cada equipo involucrado en la operación para finalmente realizar una descripción textual del proceso y de las funciones de cada equipo.

Por último y no menos importante se estimó la capacidad efectiva del proceso de rotoevaporación con la ayuda de los datos recolectados en la herramienta informática creada, por otro lado, la capacidad efectiva del resto de unidades se estimó con las heurísticas desarrolladas en la planta debido a que son unidades de poco uso puesto que el producto de mayor demanda se obtiene en la unidad de evaporación de película delgada que está ligada totalmente a la unidad de rotoevaporación.

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Inicialmente se hace necesario definir algunos términos:

**Extracto etanólico:** Es el producto de la primera unidad de procesamiento (percoladora) está compuesto principalmente por etanol, cannabinoides, flavonoides, terpenos, grasas, clorofilas, entre otras.

**Cannabis:** Sumidades, floridas o con fruto, de la planta de cannabis con excepción de las semillas y las hojas no unidas a las sumidades, de las cuales no se ha extraído la resina, cualquiera que sea

el nombre con que se las designe [6]. Compuesto principalmente por cannabinoides, terpenos, flavonoides y fase pesada (grasas, clorofilas, ceras, entre otras.)

**Cannabinoides:** El término cannabinoides incluye los compuestos C<sub>21</sub> típicos y presentes en el cannabis sativa, sus ácidos carboxílicos, análogos y productos de transformación [7].

**Terpenos:** compuestos orgánicos aromáticos derivados del isopreno que se encuentran en toda clase de vegetación y son importantes en numerosas interacciones bióticas, son los compuestos responsables del olor en las plantas [8].

**Flavonoides:** Los flavonoides constituyen un amplio grupo de compuestos fenólicos procedentes del metabolismo secundario de los vegetales. Dentro de la amplia gama de efectos que se les atribuye, su acción venotónica, su efecto antioxidante y su capacidad para inhibir diversos procesos enzimáticos relacionados con el sistema vascular [9].

**Aceite de espectro completo sin descarboxilar:** Se denomina aceite de espectro completo al producto de la tercera unidad de procesamiento (evaporador de película delgada), el cual consta principalmente de cannabinoides en su forma ácida, flavonoides, terpenos, grasas y clorofilas, entre otras. En este producto hablamos de potencia de cannabinoides entre 55 y 65 %.

**Aceite de espectro completo:** Se denomina aceite de espectro completo al producto de la tercera unidad de procesamiento (evaporador de película delgada), el cual consta principalmente de cannabinoides en su forma neutra, flavonoides, terpenos, grasas y clorofilas, entre otras. En este producto hablamos de potencia de cannabinoides entre 55 y 65 %.

**Fase pesada:** Compuesta por las sustancias de mayor peso molecular en el aceite de espectro completo, como grasas, clorofilas, entre otras.

**Destilado:** En la industria del cannabis se le llama destilado al producto resultante del proceso de refinación del aceite de espectro completo, de forma tal que se separan los cannabinoides del resto de compuestos: terpenos (fase liviana) y clorofilas, grasas, ceras, etc. (fase pesada) presentes en dicho aceite. En este producto hablamos de una potencia de cannabinoides entre el 80 y 85 %.

**Aislado:** También conocido como cristalizado o “isolado” por su nombre en inglés *isolated*, se le denomina aislado a la forma pura de los cannabinoides, es decir con una concentración mayor o igual al 99%.

*Diagrama conceptual del proceso*

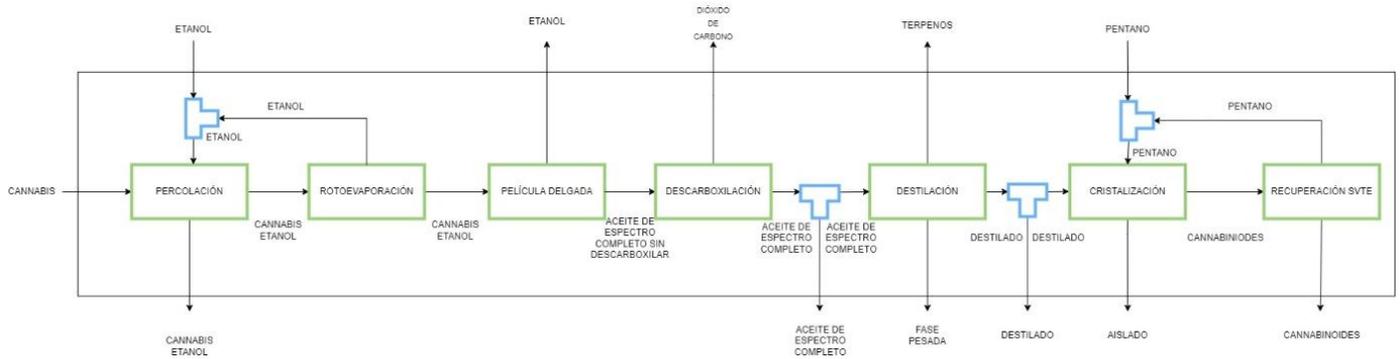


Fig. 1. Diagrama conceptual del proceso

*Especificación de estado de materias primas y productos:*

La especificación del estado de materias primas y productos se presenta en las tablas I, II, III, IV y V.

*Percolación*

TABLA I.  
ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS PERCOLACIÓN.

| Corrientes      | Sustancias         | Temperatura [°C] | Presión [bar] |
|-----------------|--------------------|------------------|---------------|
| Materias primas | Etanol             | -20              | 0.79          |
|                 | Cannabis           | 16               | 0.79          |
| Productos       | Extracto etanólico | 16               | 0.79          |

*Rotoevaporación*

TABLA II.  
ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS ROTOEVAPORACIÓN.

| Corrientes      | Sustancias                   | Temperatura [°C] | Presión [bar] |
|-----------------|------------------------------|------------------|---------------|
| Materias primas | Extracto etanólico           | 16               | 0.79          |
|                 | Etanol                       | 16               | 0.79          |
| Productos       | Aceite de espectro completo* | 16               | 0.79          |

Nota: \* Con remanente de etanol

*Evaporación de película delgada*

TABLA III.  
ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS PELÍCULA DELGADA

| Corrientes      | Sustancias                   | Temperatura [°C] | Presión [bar] |
|-----------------|------------------------------|------------------|---------------|
| Materias primas | Aceite de espectro completo* | 16               | 0.79          |
|                 | Etanol                       | 16               | 0.79          |
| Productos       | Aceite de espectro completo  | 16               | 0.79          |

*Destilación*

TABLA IV.  
ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS DESTILACIÓN.

| Corrientes      | Sustancias                  | Temperatura [°C] | Presión [bar] |
|-----------------|-----------------------------|------------------|---------------|
| Materias primas | Aceite de espectro completo | 16               | 0.79          |
|                 | Terpenos                    | 16               | 0.79          |
| Productos       | Destilado                   | 16               | 0.79          |
|                 | Fase pesada                 | 16               | 0.79          |

*Aislado*

TABLA V.  
ESTADO MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS AISLADO.

| Corrientes      | Sustancias     | Temperatura [°C] | Presión [bar] |
|-----------------|----------------|------------------|---------------|
| Materias primas | Destilado      | 16               | 0.79          |
|                 | Pentano        | -5               | 0.79          |
| Productos       | Aislado        | 16               | 0.79          |
|                 | Pentano        | 16               | 0.79          |
|                 | Cannabinoides* | 16               | 0.79          |

Nota: \***Cannabinoides**: todos los cannabinoides presentes en el destilado a excepción el cannabinoide aislado.

*Descripción textual del proceso y descripción de la función de los equipos*

La planta de producción de derivados de cannabis no psicoactivo de HERBASANA S.A.S opera en baches y presta servicio a diferentes empresas productoras de cannabis psicoactivo y no psicoactivo, se parte desde las florescencias de cannabis hasta llegar a diversos productos, como son: Aceite de espectro completo, destilado y aislado, los cuales son usados como materia prima en otras preparaciones de productos con cannabinoides, por consiguiente, la descripción del proceso se hace por unidad.

*Percolación:* El diagrama de esta unidad se muestra en el anexo I, [Fig. 1.1](#), este proceso parte desde la llegada misma de la flor a la planta de transformación, esta debe contar con una serie de documentos expuestos en la resolución 227 del 2022 [10] para su recepción, luego de la entrada de esta se hace un chequeo de la cantidad de material vegetal que ingresa y se dispone en la zona de material vegetal para dar inicio al proceso. En este proceso se busca realizar un arrastre de los cannabinoides presentes en el material vegetal con la ayuda de un solvente afín a estos, inicialmente se hace un análisis cualitativo a la flor, es decir observar la presencia de contaminantes, luego se carga con flor una canastilla de acero inoxidable con una capacidad de aproximadamente 5 kg, esta canastilla se deposita en el tanque de percolación (T-3) donde se mezcla con etanol extra neutro de grado alimenticio que se encuentra pre-enfriado en unos congeladores a una temperatura aproximada de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  el cual se alimenta generando un vacío en el tanque de alcohol (T-2) forzando a que fluya desde los congeladores a este tanque, para luego ser alimentado al tanque de percolación hasta que cubra por completo el material vegetal o en una relación 10:1, se procede a recircular este en un circuito donde primero pasa por un filtro (F-1) de 2 a  $5\text{ }\mu\text{m}$  para impedir el paso de material particulado, luego pasa por un intercambiador (IC-1) que cumple la función de mantener la temperatura baja, para ingresar nuevamente al tanque de percolación, esta recirculación se realiza durante 30 minutos, pasados estos 30 minutos el alcohol ya ha arrastrado la mayoría de cannabinoides presentes y la temperatura comienza a aumentar favoreciendo el arrastre de otros compuestos presentes en el material vegetal lo cual se evita culminando la recirculación y enviando este extracto etanólico a unos tanques (T-4, T-5, T-6) de reserva para dar paso a la siguiente etapa.

*Rotoevaporación:* El diagrama de esta unidad se muestra en el anexo I, [Fig. 1.1](#), en esta etapa se emplean rotoevaporadores, dispositivos diseñados especialmente para la recuperación de solventes de una forma eficiente y cuidadosa [11], en esta etapa se tienen 3 rotoevaporadores que funcionan en paralelo, cada rotoevaporador tiene un chiller para mantener la temperatura en el condensador y un baño maría para calentar el sistema, el rotoevaporador 1 cuenta con una bomba de vacío (P-4) y los rotoevaporadores 2 y 3 comparten una bomba para (P-5) generar vacío en el sistema. Inicialmente se enciende el chiller de cada rotoevaporador (C-1, C-2, C-3) hasta que alcance una temperatura de aproximadamente  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , luego se calienta el baño maría de cada rotoevaporador hasta una temperatura de  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  para dar paso al encendido de las bombas de vacío (P-4 Y P-5) hasta alcanzar un vacío de  $-0.08\text{ MPa}$  en cada rotoevaporador, finalmente se alimenta el extracto

etanólico de los tanques de reserva (T-5 Y T-6) y se enciende la rotación del balón que se encuentra sumergido en el baño maría, este proceso se lleva a cabo hasta la eliminación de aproximadamente el 97% del alcohol presente, en caso de evaporar completamente el alcohol dicho aceite tendrá una viscosidad demasiado alta para ser extraído de la unidad, luego de llegar a la evaporación del 97% del alcohol los productos de los rotoevaporadores 1 y 3 (50 L) se alimentan al rotoevaporador 2 (20 L) donde se procede a desmontar el balón para depositar el producto en envases de plástico (polietileno de alta densidad) a la espera del inicio del siguiente proceso.

*Evaporación de película delgada:* El diagrama de esta unidad se muestra en el anexo I, [Fig. 1.2](#), este dispositivo fue diseñado para culminar la evaporación del alcohol remanente del proceso anterior, consta de un tanque enchaquetado superior donde se alimenta la materia prima, una bomba peristáltica para asegurar un flujo estable, un tanque con agitación para la generación de una película delgada, un condensador, un tanque enchaquetado de reserva donde queda almacenado el aceite de espectro completo y dos calentadores para las chaquetas de los tanques ya mencionados. Inicialmente se alimenta el producto del proceso anterior al tanque superior (T-10), a continuación se encienden el chiller del condensador (C-4) hasta que alcance una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , al igual que el motor que agita el eje para generar la película delgada en el tanque de agitación a 360 rpm, luego se encienden los calentadores (H-1, H-2), para el tanque superior se fija una temperatura de  $96^{\circ}\text{C}$  esto para garantizar el flujo del aceite, para el tanque de agitación se tiene una temperatura entre  $100 - 150^{\circ}\text{C}$  para garantizar la evaporación del alcohol remanente, en el momento en que se alcanza estas temperaturas se enciende la bomba de vacío (P-7) para alcanzar a una presión de  $1 \times 10^3 - 3 \times 10^3$  Pa en el sistema, por último se enciende la bomba peristáltica (P-6) entre 30 y 50 rpm y se inicia el flujo hacia el tanque de agitación (T-11), el proceso se da por finalizado cuando el tanque superior quede vacío, en ese momento se apaga la bomba y se libera el vacío para posteriormente recoger el producto del tanque de reserva y almacenarlo en envases de plástico (polietileno de alta densidad).

*Descarboxilación:* Es un proceso sencillo que se basa en agregar el aceite obtenido en la unidad anterior a un tanque enchaquetado con agitación, la agitación debe ser 360 rpm y la chaqueta debe estar a  $110^{\circ}\text{C}$  aproximadamente durante 2 horas para garantizar que todo el aceite alcance esta temperatura este proceso se elabora en el tanque enchaquetado (T-16) de la unidad de cristalización mostrado en la [Fig. 1.4](#), en esta unidad ocurre el primer cambio químico del proceso, es necesario aclarar que en el material vegetal los cannabinoides vienen en forma ácida (ácido cannabidiólico - CBDA) y, aunque se ha comprobado que tiene efectos antiinflamatorios [12], históricamente ha sido más usada su forma neutra (cannabidiol - CBD), a continuación se presenta la reacción que ocurre en este proceso.

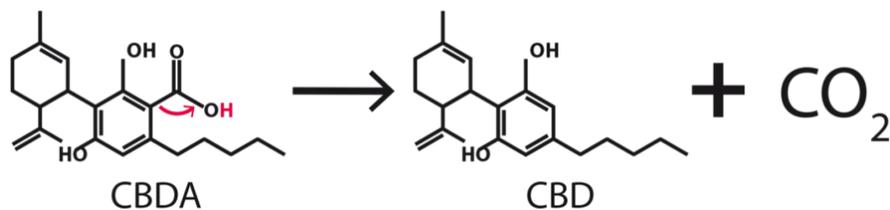


Fig. 2. Reacción descarboxilación del CBDA a CBD

Nota: fuente <https://sweed.es/cannabinoides-y-terpenos-que-son-como-funcionan/>.

**Destilación:** El diagrama de esta unidad se muestra en el anexo I, [Fig. 1.3](#), en este proceso se busca una refinación del aceite de espectro completo, consta de un tanque enchaquetado superior donde se alimenta la materia prima, una bomba peristáltica para asegurar un flujo estable, un tanque con agitación para la generación de una película delgada, dos condensadores, un tanque enchaquetado donde se produce la evaporación de los cannabinoides, y tres salidas, una para los compuestos más volátiles, una para el destilado y otra para la fase pesada, inicialmente se encienden los calentadores (H-4, H-5) para lograr la temperatura adecuada en los tanques enchaquetados, luego se enciende el chiller hasta llegar a una temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El tanque enchaquetado (T-13) está a  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , esto para garantizar el flujo del aceite a través de la máquina, la bomba peristáltica (P-8) se programa entre 10 y 20 rpm y la agitación a 360 rpm para lograr una evaporación correcta, luego se enciende la bomba para generar vacío en el sistema de 20 y 40 MPa, el aceite de espectro completo fluye hacia el tanque con agitación (T-14) donde ocurre la evaporación de los cannabinoides y compuestos más volátiles del aceite de espectro completo, posterior a esto los compuestos evaporados (cannabinoides y otros compuestos más volátiles) pasan por un condensador (C-6) que se encuentra entre  $20$  y  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el cual solo se condensan los cannabinoides que posteriormente se depositan en uno de los balones de almacenamiento, los otros compuestos más volátiles continúan su recorrido hasta el condensador (C-5) el cual se encuentra a una temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , allí se condensan y son almacenados en otra bola de almacenamiento, en cuanto a la fase pesada esta no se evapora en ningún momento y hace el recorrido por gravedad pasando por un tanque donde se almacena inicialmente (T-15) para luego enviarlo a una bola de almacenamiento.

**Cristalización:** El diagrama de esta unidad se muestra en el anexo I, [Fig. 1.4](#), también conocido como aislado o “isolado”. En este proceso se busca separar el cannabinoide de mayor proporción del resto de cannabinoides y compuestos presentes en el destilado, consta de un tanque enchaquetado, un condensador y un tanque de almacenamiento, el tanque enchaquetado (T-16) inicialmente se lleva hasta temperaturas bajo cero con ayuda del condensador (C-7) se deposita el destilado y se agrega un solvente orgánico (pentano) para iniciar un proceso de nucleación donde el cannabinoide que está en mayor proporción en el destilado es el que se cristaliza o aísla, una vez iniciado este proceso la mezcla se torna de una textura parecida a la panela antes de enfriarse, luego de una hora aproximadamente, esto para 1 kg de destilado, se procede a retirar este material del

tanque y llevarlo al siguiente tanque (T-17) el cual se le acondiciona una recipiente con un filtro (F-2) donde se agrega el producto del tanque anterior y se inicia el proceso de lavado de cristales, donde simplemente se agrega más solvente hasta que el producto se torne de color blanco.

*Recuperación de solvente:* El diagrama de esta unidad se muestra en el anexo I, [Fig. 1.5](#), en este se realiza la recuperación del solvente usado para la cristalización, tiene un funcionamiento bastante parecido a la unidad de película delgada, en donde se alimenta el subproducto de la unidad de cristalización al tanque superior de la unidad (T-18), luego pasa por un rotámetro (RT-11) que establemente alimenta el tanque enchaquetado (T-19) que se encuentra entre 30 y 40 °C, luego el vapor resultante, solvente, pasa por el condensador (C-8) donde se condensa y se recupera en un balón para luego almacenarlo a temperaturas bajas, por otra parte, los cannabinoides que no se evaporan en el tanque enchaquetado salen por la parte inferior de dicho tanque, pasando por una mirilla de cristal (VG-1) y se deposita en un balón donde se almacena para posteriores investigaciones.

#### *Diagrama de flujo de proceso*

El diagrama de flujo de proceso se realiza por unidades y se muestra en el [Anexo 1](#) del presente documento.

#### *Creación de herramienta informática para registro detallado de operación de equipos*

La herramienta informática para el registro detallado de la operación de los equipos se presentará como imágenes del interfaz de usuario o “*views*” conocido dentro de la anatomía de una aplicación para dispositivos móviles como “*activity*” [13], también se presentan los “*forms*” de cada pestaña creada, se encuentran en el [Anexo 2](#) del presente documento en las figuras [2.1](#) hasta [2.11](#).

#### *Capacidad efectiva de cada unidad*

En cuanto a la capacidad efectiva de la planta es necesario hacer énfasis inicialmente en el tiempo de operación de la planta, este es de solo 10 h diarias, por definición [5], el porcentaje de utilización será:

$$\%Utilización = \frac{Tasa\ de\ producción\ promedio}{Capacidad\ máxima} * 100 \quad (1)$$

De donde,

$$\text{Capacidad máxima} = \frac{\text{Tasa de producción promedio}}{\%Utilización} * 100 \quad (2)$$

Para el cálculo de la capacidad efectiva se toma como porcentaje de utilización la cantidad de horas que las unidades de operación están en funcionamiento sobre 24 horas.

$$\%Utilización = \frac{10 \text{ h}}{24 \text{ h}} * 100$$

$$\%Utilización = 41.7 \%$$

Existen dos definiciones de capacidad máxima útiles, la primera es capacidad pico, está definida como la máxima producción que se puede lograr en un proceso o instalación, bajo condiciones ideales; y, por otro lado, tenemos la capacidad efectiva, que se define como: la máxima salida de producción que un proceso o que una empresa es capaz de sostener económicamente, en condiciones normales [5]. Para nuestro caso usaremos la capacidad efectiva como equivalente de la capacidad máxima, por lo tanto:

$$\text{Capacidad efectiva} = \frac{\text{Tasa de producción promedio}}{\%Utilización} * 100 \quad (3)$$

Para efectos prácticos la unidad de operación rotoevaporación será la de mayor énfasis en el cálculo de la capacidad efectiva, la razón principal es que el historial de operación de la planta muestra que es el cuello de botella del proceso, esto se confirma con los datos obtenidos desde la herramienta informática para el registro detallado de operación de equipos, mientras que en una hora se pueden enviar aproximadamente 75 L de extracto etanólico desde la unidad de percolación, en rotoevaporación solo se pueden procesar 19.2 L/h.

#### *Percolación:*

Para este proceso se toma como referencia el historial de producción donde se encuentra que la cantidad más eficiente de cannabis por bache es 5 kg, esto cuando el cannabis tiene una humedad de aproximadamente 12%, se utiliza una relación 10:1 (etanol:cannabis), y los tiempos de producción son los siguientes: 10 min llenado de canastilla con cannabis, 10 minutos carga de etanol al proceso, 25 min de percolación, 5 minutos enviando el extracto etanólico a los tanques de reserva. Para un total de 50 min por bache; se debe tener en cuenta que para el siguiente bache el llenado de la canastilla con cannabis y de alcohol al proceso inicia durante los 25 min de percolación del bache anterior, por lo tanto, se encuentra que en promedio cada bache tarda 40 min. En otras palabras, la tasa de producción promedio para percolación es de 7.5 kg/h, como el porcentaje de utilización se estima como la cantidad de horas que operan las unidades por día, se

debe multiplicar la tasa de producción promedio en horas por 10, que es la cantidad de horas que podría operar la unidad de percolación por día, en conclusión, la tasa de producción promedio para la percolación es de 75 kg/día

De (3) tenemos que:

$$\text{Capacidad efectiva} = \frac{75 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{41.7} * 100$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 180 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

#### *Rotoevaporación:*

En esta etapa del proceso la capacidad efectiva se mide como la cantidad de etanol recuperado por hora para cada rotoevaporador, estos valores fueron hallados con ayuda de la herramienta informática para el registro detallado de cada equipo y un análisis estadístico de los valores encontrados, se presentan para cada rotoevaporador.

Rotoevaporador 1:

En promedio la tasa de recuperación de etanol para el rotoevaporador 1 es de 5.5 L/h

Rotoevaporador 2:

En promedio la tasa de recuperación de etanol para el rotoevaporador 2 es de 5.2 L/h

Rotoevaporador 3:

En promedio la tasa de recuperación de etanol para el rotoevaporador 3 es de 8.5 L/h

En total la operación de rotoevaporación tiene una tasa de producción promedio es de 19.2 L/h.

En otras palabras, la tasa de producción promedio para la operación de roto evaporación es de 19.2 L/h, como el porcentaje de utilización se estima como la cantidad de horas que operan las unidades por día, se debe multiplicar la tasa de producción promedio en horas por 10, que es la cantidad de horas que podría operar la unidad de rotoevaporación por día, en conclusión, la tasa de producción promedio para la rotoevaporación es de 192 L/día.

Ahora, es necesario aclarar que la planta de procesamiento de Herbasana S.A.S opera en una especie de cascada, es decir, que la materia prima de la siguiente unidad depende de la anterior, en este caso el orden es el siguiente:

Percolación → Rotoevaporación → Película delgada → Descarboxilación → Destilación → Cristalización → Recuperación solvente.

Por otro lado, el rendimiento desde cannabis (flor) a aceite de espectro completo es en promedio del 10%, es decir, para producir 1 kg de aceite de espectro completo se deben procesar o percolar 10 kg de cannabis (flor), en otras palabras, procesar 101 L de extracto etanólico, y, como se

menciona con anterioridad, en la unidad de rotoevaporación solo se recupera el 97% del solvente usado para la extracción, en total debo recuperar 97 L de etanol para poder entregar 1 kg de aceite de espectro completo a la unidad de película delgada, por cada 10 h entregaría 1.98 kg de aceite de espectro completo, esta sería la tasa de producción promedio en las mismas unidades del resto de procesos de la planta.

De (3) tenemos que:

$$\text{Capacidad efectiva} = \frac{1.98 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{41.7} * 100$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 4.75 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

*Película delgada:*

Para esta unidad de proceso se tiene una capacidad instalada de 5 kg/h según las especificaciones del equipo, aunque en la operación es bastante diferente ya que para obtener un producto de calidad se ajustaron diferentes variables del proceso, en especial la alimentación al tanque con agitación realizada con la bomba peristáltica (P-6) entre 30 y 50 rpm, de esta forma la tasa de producción promedio es de 1 kg/h, este valor es obtenido gracias al historial de operación de esta unidad y teniendo en cuenta el tiempo de lavado de la maquina entre baches, como el porcentaje de utilización se estima como la cantidad de horas que operan las unidades por día, se debe multiplicar la tasa de producción promedio en horas por 10, que es la cantidad de horas que podría operar la unidad de película delgada por día, en conclusión, la tasa de producción promedio para la película delgada es de 10 kg/día.

De (3) tenemos que:

$$\text{Capacidad efectiva} = \frac{10 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{41.7} * 100$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 24 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

*Destilación:*

Para esta unidad ocurre algo similar a la unidad de película delgada, donde se tiene el mismo caso donde la capacidad instalada es de 5 kg/h según las especificaciones del equipo, pero la operación resulta diferente cuando se ajustan las variables, igual que el caso anterior la alimentación al tanque agitado se ajusta entre 10 y 20 rpm lo que nos arroja como resultado una tasa de producción promedio de 0.5 kg/h, este valor es obtenido gracias al historial de operación de esta unidad y teniendo en cuenta el tiempo de lavado de la maquina entre baches, como el porcentaje de utilización se estima como la cantidad de horas que operan las unidades por día, se debe multiplicar

la tasa de producción promedio en horas por 10, que es la cantidad de horas que podría operar la unidad de destilación por día, en conclusión, la tasa de producción promedio para la destilación es de 5 kg/día

De (3) tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad efectiva} &= \frac{5 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{41.7} * 100 \\ \text{Capacidad efectiva} &= 12 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \end{aligned}$$

*Cristalización:*

En esta unidad se tiene una capacidad instalada de 25 kg/h, en la práctica se encuentra que muy pocas empresas en Colombia tienen la capacidad de producción de cannabis suficiente para obtener 25 kg/h de aislado, para efectos prácticos se toma como referencia algunos de los procesos más grandes que se han realizado en esta unidad, donde la tasa de producción promedio es de 5 kg/h de aislado según datos históricos de operación, como el porcentaje de utilización se estima como la cantidad de horas que operan las unidades por día, se debe multiplicar la tasa de producción promedio en horas por 10, que es la cantidad de horas que podría operar la unidad de cristalización por día, en conclusión, la tasa de producción promedio para la cristalización es de 50 kg/día

De (3) tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad efectiva} &= \frac{50 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{41.7} * 100 \\ \text{Capacidad efectiva} &= 112 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \end{aligned}$$

*Recuperación solvente:*

Para esta unidad se tiene una capacidad instalada de 4 L/h, en este caso la tasa de producción promedio coincide con la instalada, ya que es un proceso corto donde el solvente a recuperar es bastante volátil ( $T_b=36.1$  °C, en condiciones normales), lo cual facilita mucho la función de este equipo, como el porcentaje de utilización se estima como la cantidad de horas que operan las unidades por día, se debe multiplicar la tasa de producción promedio en horas por 10, que es la cantidad de horas que podría operar la unidad de recuperación solvente por día, en conclusión, la tasa de producción promedio para la recuperación solvente es de 40 kg/día

De (3) tenemos que:

$$\text{Capacidad efectiva} = \frac{40 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{41.7} * 100$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 96 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

En una planta, con múltiples operaciones, solo puede producir a una velocidad igual a la más lenta de sus operaciones, en este caso la rotoevaporación, por lo tanto, la capacidad efectiva de la planta es de 4.75 kg/día de aceite de espectro completo.

## VI. CONCLUSIONES

Se determinó que la capacidad efectiva de la planta de producción de derivados del cannabis de Herbasana S.A.S es de 4.75 kg/día.

Se generó un diagrama de flujo de proceso (PFD) de la planta con las solicitudes del área de investigación de Herbasana S.A.S.

Se identificaron los puntos críticos del proceso de transformación, encontrando que al aumentar la temperatura del baño maría en la rotoevaporación aumenta la tasa de recuperación de etanol.

Se creó una aplicación móvil que permite el almacenamiento de datos de cada unidad de proceso en la nube, para su posterior envío a las diferentes empresas a las que Herbasana S.A.S les terceriza el proceso de transformación de cannabis.

Se estableció la capacidad efectiva de cada unidad de proceso encontrando los siguientes valores, percolación: 180 kg/día, rotoevaporación: 4.75 kg/día, película delgada: 24 kg/día, destilación: 12 kg/día, cristalización: 112 kg/día, recuperación solvente: 96 kg/día.

## REFERENCIAS

- [1] HERBASANA S.A.S, «Herbasana S.A.S,» Herbasana S.A.S, 2020. [En línea]. Available: <https://www.herbasana.co/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [2] CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, «Ley No. 1787,» Bogotá D.C, 2016.
- [3] W. D. Seider, D. R. Lewin, J. D. Seader, S. Widagdo y K. M. Ng, PRODUCTO AND PROCESS DESIGN PRINCIPLES, SYNTHESIS, ANALYSIS, AND EVALUATION, New York: John Wiley & Sons Inc., 2016.
- [4] ISO, «Flow diagrams for process plants — General rules,» ISO, 1997. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10628:ed-1:v1:en>. [Último acceso: 21 Octubre 2021].
- [5] R. Carro Paz y D. Gonzáez Gómez, Capacidad y Distribución Física, Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata, 2012.
- [6] Ministerio de Salud y Protección social, «Decreto número 811,» Bogotá D.C, 2021.
- [7] R. Mechoulam, «Marihuana Chemistry, Recent advances in cannabinoid chemistry open the area to more sophisticated biological research,» *Science*, vol. 168, n° 3936, pp. 1159-1165, 1970.
- [8] T. W. Goodwin, «Biological Compounds: Aspects of Terpenoid Chemistry and Biochemistry. Proceedings of a Phytochemical society symposium,» *Science*, vol. 175, p. 442, 1970.
- [9] M. T. López Luengo, «Flavonoides,» *Offarm - Elsevier*, vol. 21, n° 4, pp. 108-113, 2002.
- [10] Ministerio de Justicia y del derecho, agricultura y desarrollo rural y salud y protección social, «Resolución Número 227 de 2022,» Republica de Colombia, Bogotá D.C, 2022.
- [11] L. M. Harwood y C. J. Moody, Experimental organic chemistry: Principles and practice, Blackwell Scientific Publications; Illustrated edition, 1989.
- [12] E. M. Rock, C. L. Limebeer y L. A. Parker, «Effect of cannadiolic acid and  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol of inflammatory pain,» *Psychopharmacology*, vol. 235, pp. 3259-3271, 2018.
- [13] B. J. Delagado Jaén y M. Vargas Lombardo, «Descubriendo la anatomía de una aplicación sobre Android,» *Nexo*, vol. 25, n° 02, pp. 47-53, 2012.

ANEXOS

ANEXO 1: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

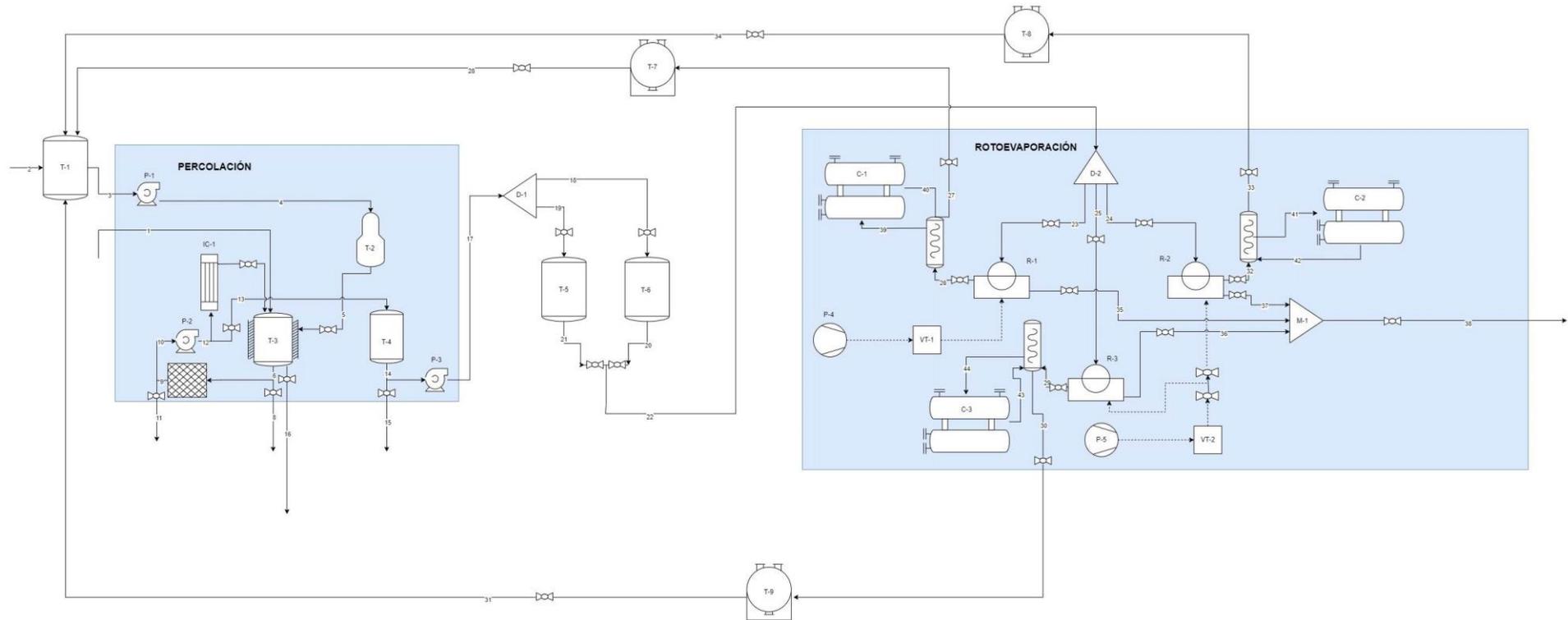


Fig. 1.1. Diagrama de flujo de proceso Percolación y Rotovaporación

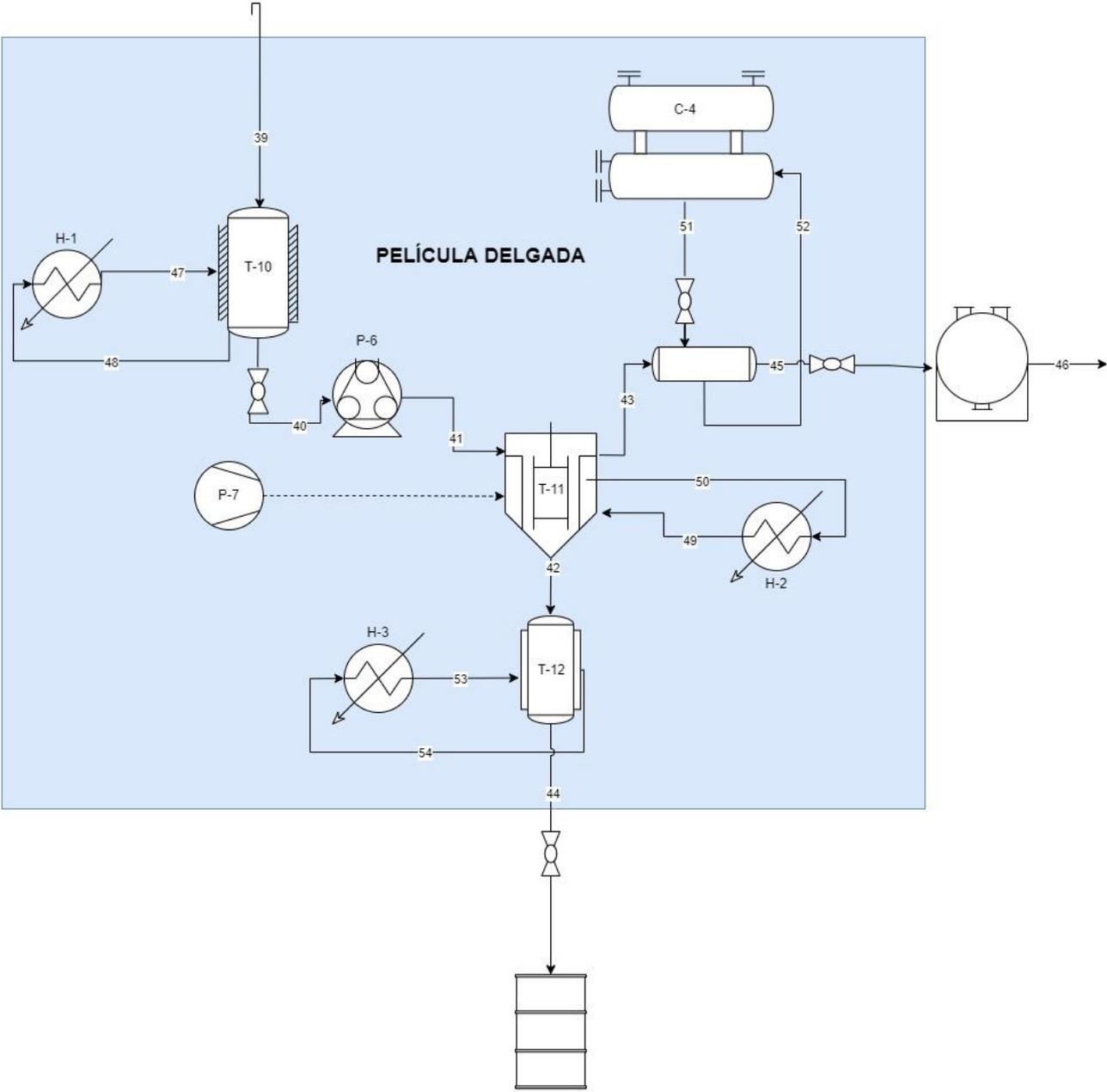


Fig. 1.2. Diagrama de flujo de proceso Película delgada

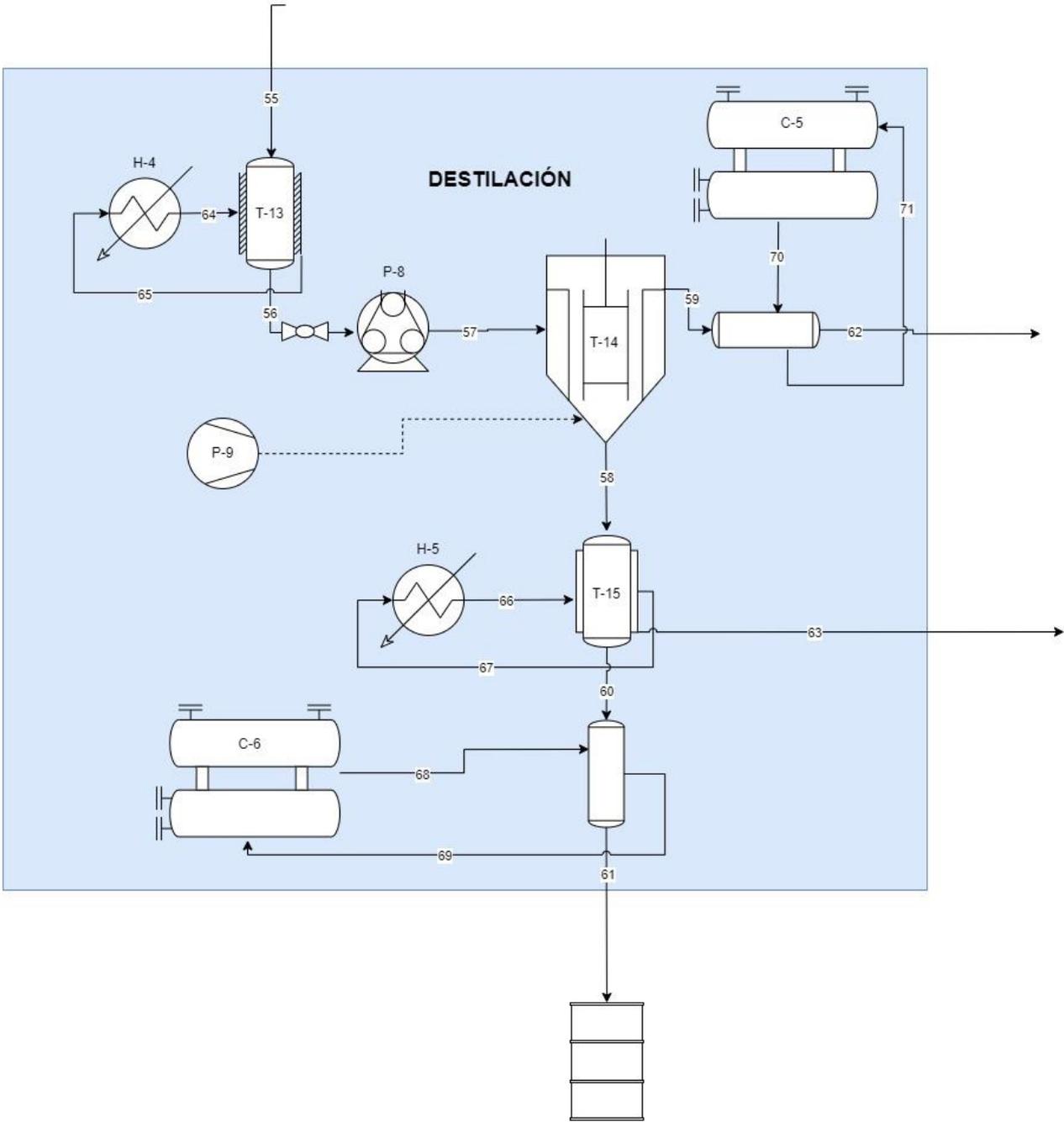


Fig. 1.3. Diagrama de flujo de proceso Destilación

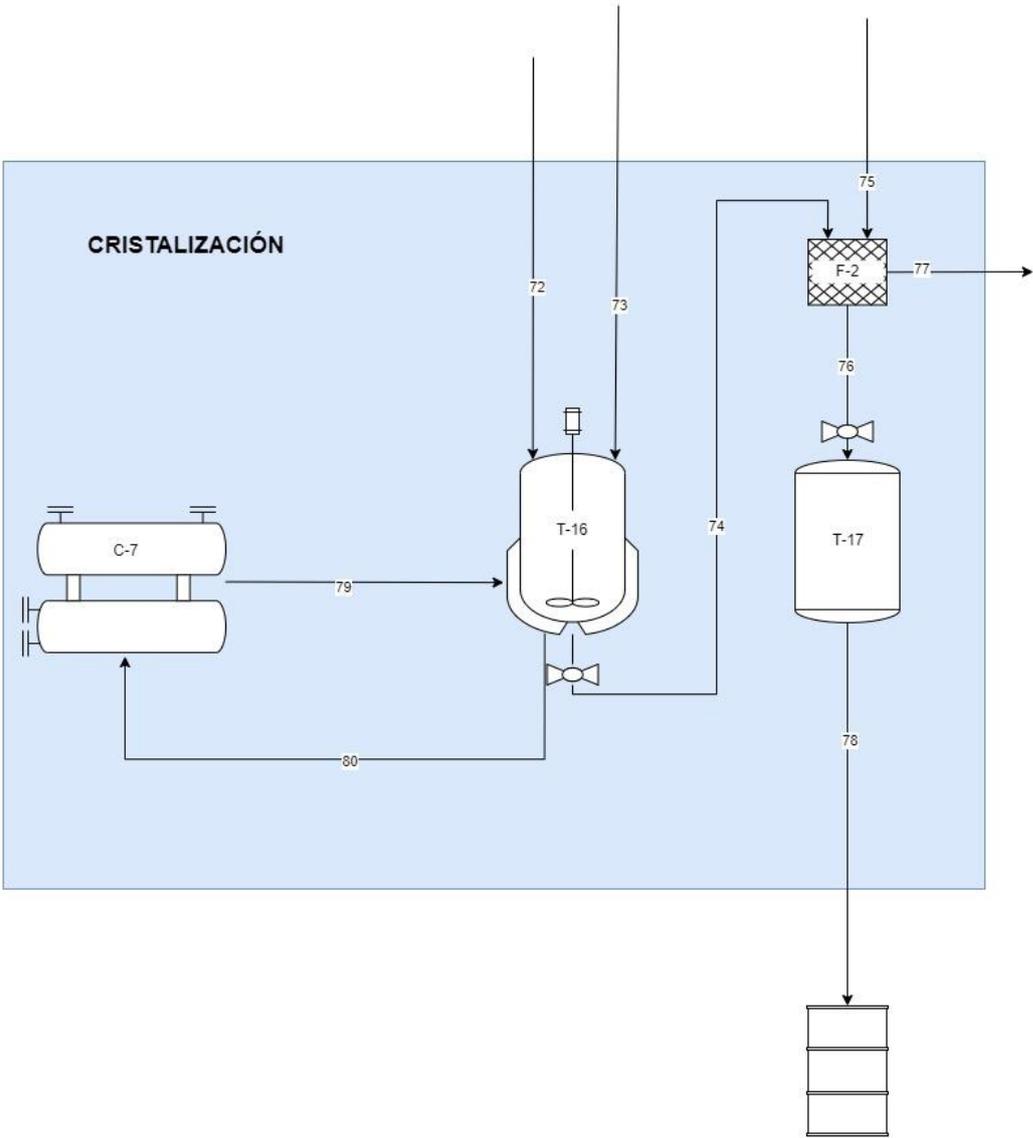


Fig. 1.4. Diagrama de flujo de proceso Cristalización

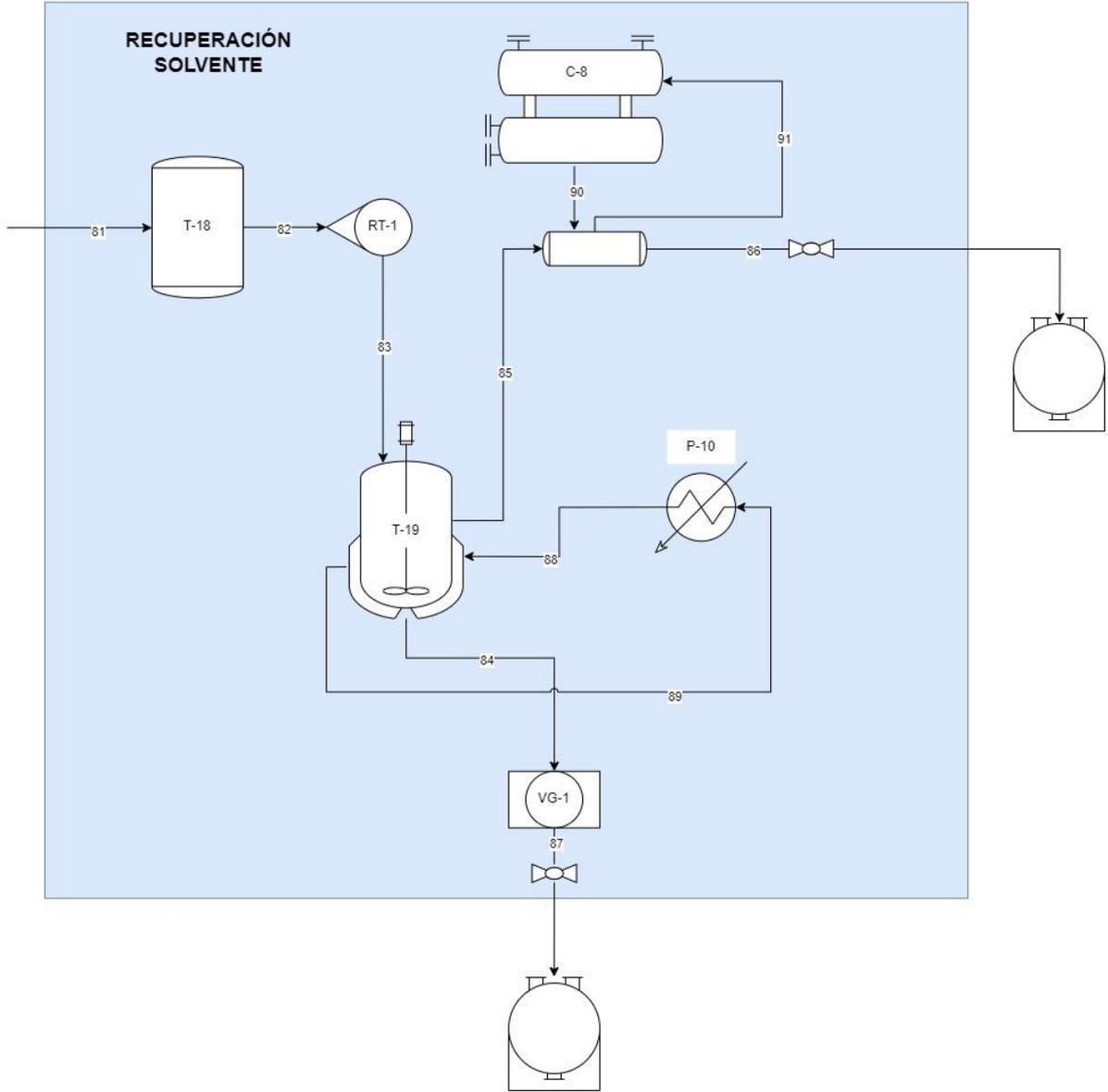


Fig. 1.5. Diagrama de flujo de proceso [Recuperación solvente](#)

ANEXO 2: VIEWS DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA DESARROLLADA.

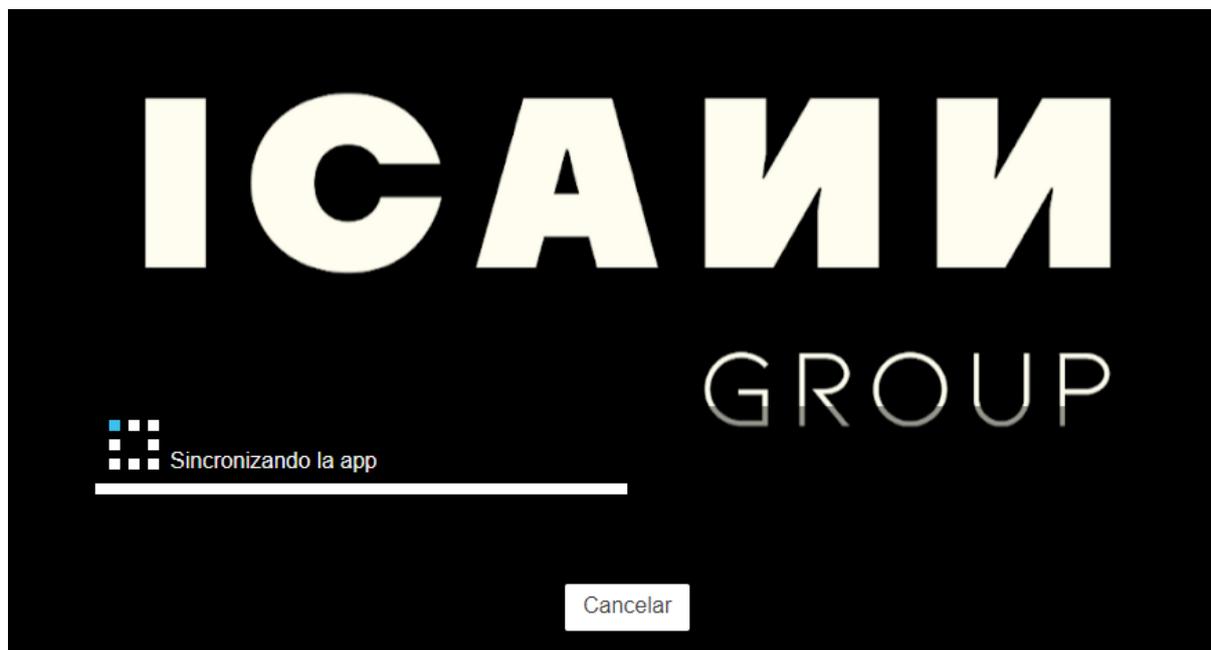


Figura 2.1. “Launch image” de la aplicación para escritorio



Figura 2.2. “Launch image” de la aplicación para dispositivos móviles

| Variedad                        | Bache | Cantidad [g] | Fecha      |
|---------------------------------|-------|--------------|------------|
| <b>ANANDAMIDA GARDENS</b> 4,000 |       |              |            |
| Can Ocho                        | 1     | 4,000        | 29/10/2021 |
| <b>ANUTEA S.A.S.</b> 43,740     |       |              |            |
| JUANITA                         | 1     | 5,100        | 11/10/2021 |
| JUANITA                         | 2     | 5,100        | 11/10/2021 |
| JUANITA                         | 3     | 4,600        | 11/10/2021 |
| JUANITA                         | 4     | 5,200        | 11/10/2021 |
| JUANITA                         | 5     | 5,100        | 11/10/2021 |
| JUANITA                         | 6     | 5,350        | 12/10/2021 |
| JUANITA                         | 7     | 5,400        | 12/10/2021 |
| JUANITA                         | 8     | 4,600        | 12/10/2021 |
| JUANITA                         | 9     | 3,290        | 12/10/2021 |

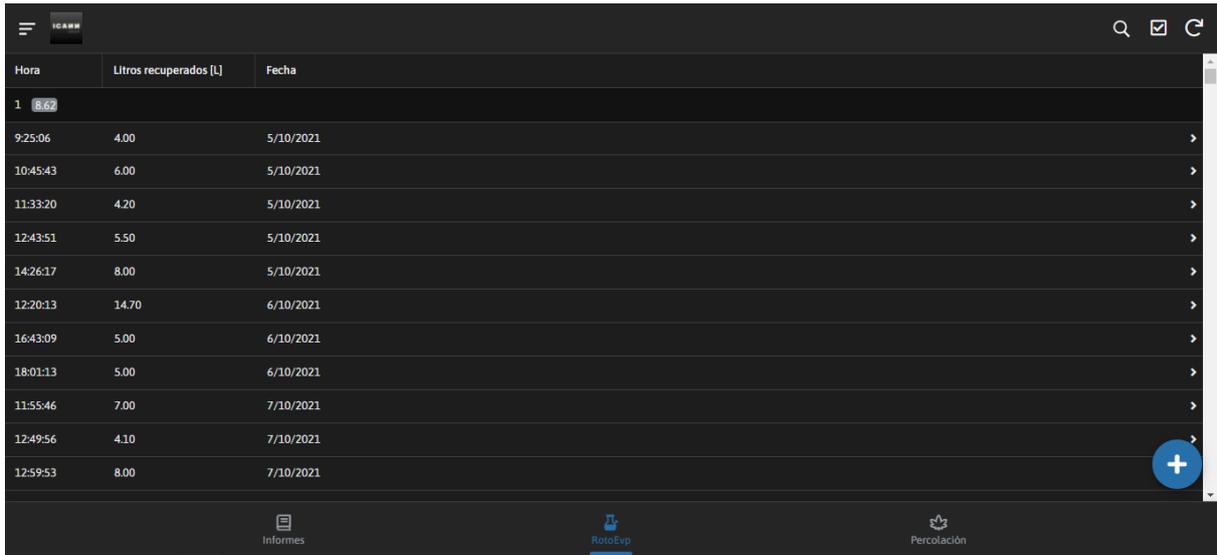
Figura 2.3. “View” de la pestaña “Percolación”

Form fields:

- Empresa: [Dropdown]
- Variedad: [Text]
- Fecha: 01/03/2022
- Bache: 0
- Cantidad [g]: 0
- Temperatura [°C]: 0.00
- Extracto [L]: 0.00
- Comentarios: [Text]

Buttons: Cancelar, Siguiente

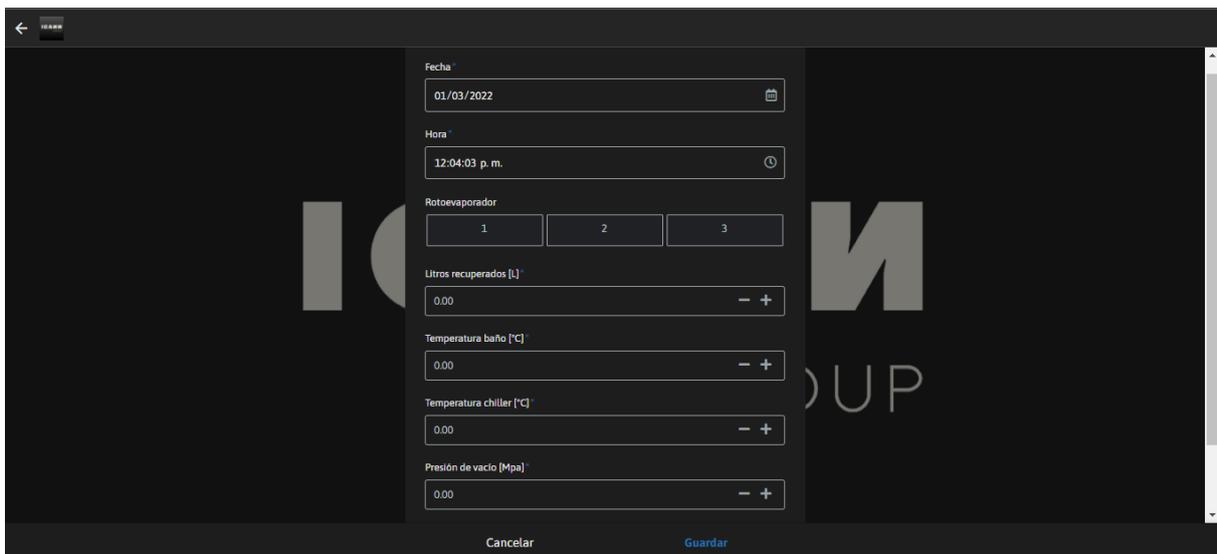
Figura 2.4. “Form” de la pestaña “Percolación”



The screenshot shows a mobile application interface with a dark theme. At the top, there is a header with a menu icon, the text 'ICANN', and icons for search, email, and refresh. Below the header is a table with three columns: 'Hora', 'Litros recuperados [L]', and 'Fecha'. The table contains 13 rows of data. At the bottom of the screen, there is a navigation bar with three icons: 'Informes', 'RotoEvp' (which is highlighted with a blue underline), and 'Percolación'. A blue circular button with a white plus sign is located in the bottom right corner of the table area.

| Hora     | Litros recuperados [L] | Fecha     |
|----------|------------------------|-----------|
| 1        | 8.62                   |           |
| 9:25:06  | 4.00                   | 5/10/2021 |
| 10:45:43 | 6.00                   | 5/10/2021 |
| 11:33:20 | 4.20                   | 5/10/2021 |
| 12:43:51 | 5.50                   | 5/10/2021 |
| 14:26:17 | 8.00                   | 5/10/2021 |
| 12:20:13 | 14.70                  | 6/10/2021 |
| 16:43:09 | 5.00                   | 6/10/2021 |
| 18:01:13 | 5.00                   | 6/10/2021 |
| 11:55:46 | 7.00                   | 7/10/2021 |
| 12:49:56 | 4.10                   | 7/10/2021 |
| 12:59:53 | 8.00                   | 7/10/2021 |

Figura 2.5. "View" de la pestaña "RotoEvp"



The screenshot shows a mobile application interface with a dark theme. The form is centered on the screen and contains several input fields and buttons. The fields are: 'Fecha' (01/03/2022), 'Hora' (12:04:03 p. m.), 'Rotoevaporador' (1, 2, 3), 'Litros recuperados [L]' (0.00), 'Temperatura baño [°C]' (0.00), 'Temperatura chiller [°C]' (0.00), and 'Presión de vacío [Mpa]' (0.00). Each of the last four fields has minus and plus buttons for adjustment. At the bottom of the form, there are two buttons: 'Cancelar' and 'Guardar'.

Figura 2.6. "Form" de la pestaña "RotoEvp"

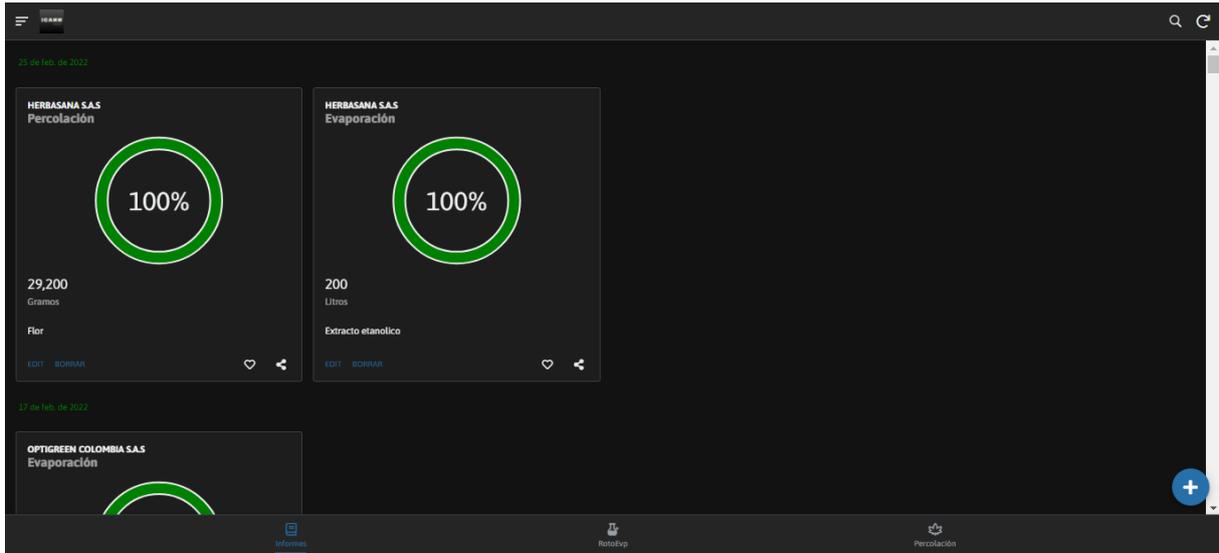


Figura 2.7. “View” de la pestaña “Informes”

The screenshot shows a modal form overlay on a dark background. The form is titled 'Form' and contains several input fields. The 'FECHA' field is set to '01/03/2022'. The 'EMPRESA' field is a dropdown menu. The 'INGRESO' field is set to '0'. The 'UNIDAD' field has two buttons: 'Litros' and 'Gramos'. The 'MUESTRA' field is a dropdown menu. The 'PROCESO' field is a dropdown menu. The 'CANTIDAD PROCESADA' field is set to '0'. The 'COMENTARIOS' field is a text input area. At the bottom of the form, there are two buttons: 'Cancelar' and 'Guardar'.

Figura 2.8. “Form” de la pestaña “Informes”

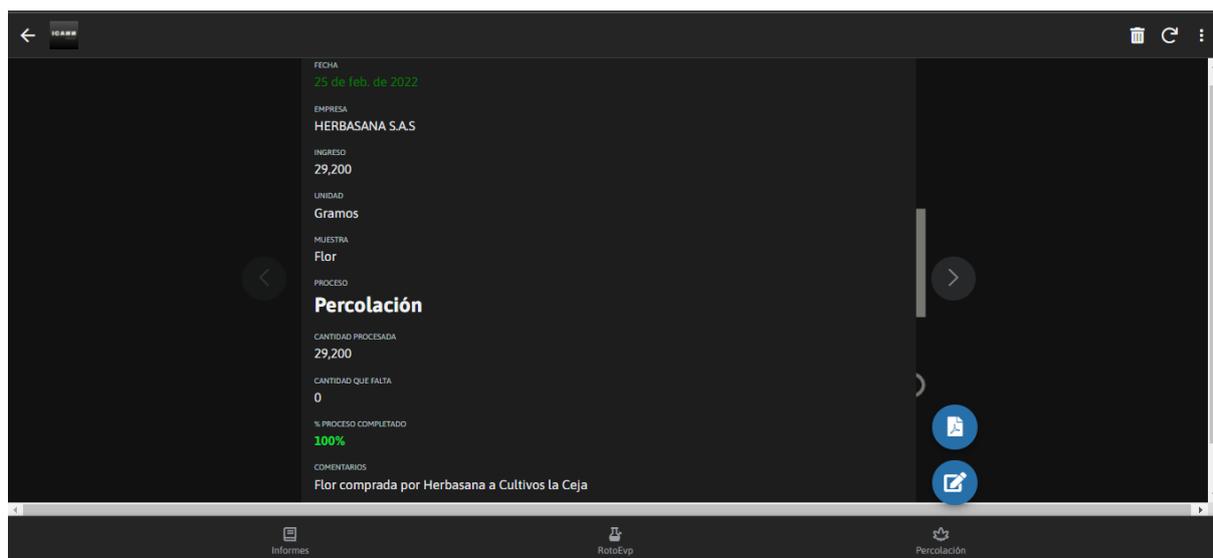


Figura 2.9. Vista de una entrada en la pestaña “Informes”

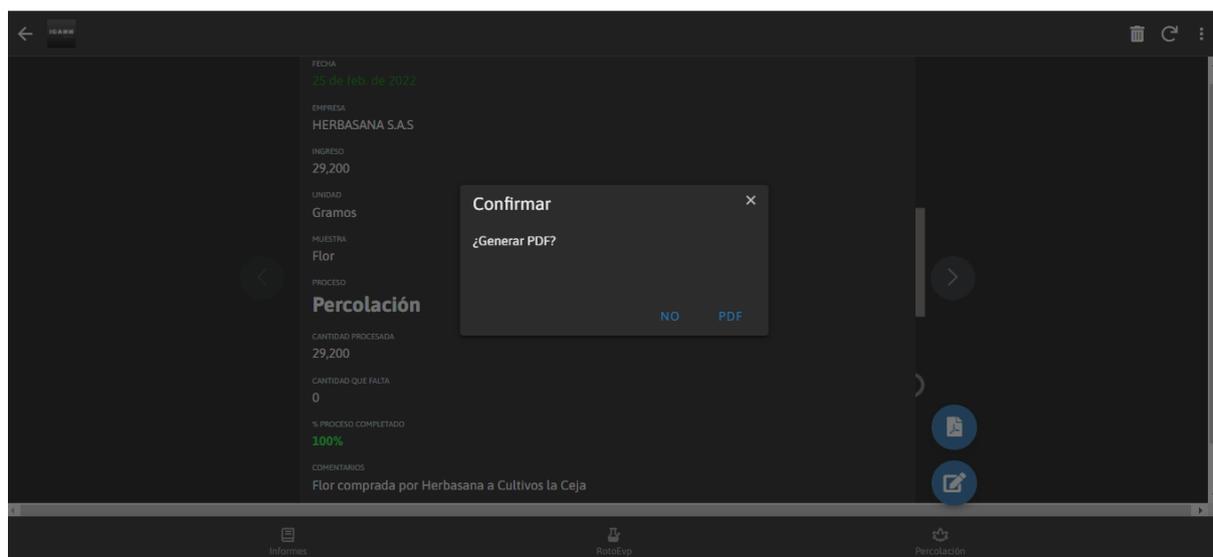


Figura 2.10. Vista de la opción de generar documento PDF para una entrada de la pestaña “Informes”



## INFORME

**Empresa:** HERBASANA S.A.S.

**Fecha:** 25/02/2022.

**Ingresaron:** 29,200 Gramos de Flor.

**Proceso:** Percolación.

**Cantidad procesada:** 29,200 Gramos.

**Cantidad faltante:** 0 Gramos.

**% De proceso completado:** 100 %.

| EMPRESA         | FECHA      | INGRESO<br>[Gramos] | PROCESO     | CANT.<br>PROCESADA<br>[Gramos] | CANT.<br>FALTANTE<br>[Gramos] | % COMPLETADO |
|-----------------|------------|---------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|
| HERBASANA S.A.S | 25/02/2022 | 29,200              | Percolación | 29,200                         | 0                             | 100 %        |

**Comentarios:** Flor comprada por Herbasana a Cultivos la Ceja.

Este documento es un respaldo de la operación diaria en la planta de procesamiento de ICANN Group, con información de interés para nuestra empresa, de uso confidencial.

Agradecemos tu confianza. Es un placer colaborar contigo en tu proyecto  
Medellín / Carmen de viboral, Colombia • [Produccion@icanngroup.co](mailto:Produccion@icanngroup.co) •  
[www.linkedin.com/company/icann-group-s-a-s](http://www.linkedin.com/company/icann-group-s-a-s)

**Figura 2.11.** [Ejemplo de archivo PDF generado a partir de la aplicación para una entrada en la pestaña “Informes”](#)