

**AUTOMATIZACIÓN DE LOS MÓDULOS HIDROCAVITADOR,
CONDENSADOR Y EVAPORADOR PARA EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE ACEITE Y OTROS DERIVADOS DEL
AGUACATE, UBICADOS EN LA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS - SEDE PRINCIPAL**

**PRESENTADO POR:
SERGIO ALBERTO FERREIRA PEREIRA
CÓDIGO 2272740**

**DIRECTORA:
SINDY PAOLA AMAYA**

**CODIRECTORES:
ARMANDO MATEUS ROJAS
DIONISIO HUMBERTO MALAGÓN ROMERO**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ, COLOMBIA
2024**



TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	6
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. HIPOTESIS	7
5. OBJETIVO GENERAL	7
5.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
6. ALCANCE	7
7. IMPACTO SOCIAL	8
8. ESTADO DEL ARTE	8
8.1. Módulo de extracción de derivados de aguacate.....	8
8.2. Métodos de separación de derivados de aguacate.....	9
8.3. Extracción de pulpa de aguacate.	12
9. MARCO TEORICO	14
9.1. Términos y principios de medición	14
9.2. Métodos de medición	15
9.3. Dossier de ingeniería.....	19
9.4. Seguridad de procesos	19
10. METODOLOGÍA.....	20
11. CRONOGRAMA DE TRABAJO	22
12. RESULTADOS ESPERADOS	24
13. PRESUPUESTO	24
14. BIBLIOGRAFÍA	26



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo proceso de prensado [11].	10
Figura 2. Diagrama de flujo extracción con disolventes [11].	11
Figura 3. Diagrama de flujo de extracción por centrifugación [11].	12
Figura 4. Volumen de aceite / kg Pulpa (BH: base húmeda). [13].	13
Figura 5. BH: Base húmeda (pulpa). [13].	14
Figura 6. Diagrama de control de proceso.	14
Figura 7. Proceso actual hidrocavitador [1].	17
Figura 8. Proceso actual limpieza hidrocavitador [1].	17
Figura 9. Diagrama de proceso optimizado (futuro). Fuente: autor.	18
Figura 10. Proceso de gestión de riesgo (adaptado ISO 31000:2018) [16].	20
Figura 11. Cronograma 1.	22
Figura 12. Cronograma 2.	22
Figura 13. Cronograma 3.	23
Figura 14. Cronograma 4.	23
Figura 15. Cronograma 5.	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principios de medición según condiciones.....	16
Tabla 2. Presupuesto.....	25



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso actual para la obtención de aceite de aguacate por medio del módulo a escala que usa el reactor de cavitación de la Universidad Santo Tomás, es un módulo de laboratorio en las que se observan diferentes opciones de mejora. El módulo a escala es un proceso semi automático, esto significa que requiere de la intervención humano máquina; este mismo también requiere de la utilización de un etanol para poder realizar la separación de aceite; las fases que componen el fluido son líquida y sólida, 4 elementos en total, agua (aguacate), aceite (aguacate), etanol y pulpa de aguacate. La pulpa separada se expone al etanol, el cual no es apto para la preservación y/o uso de la pulpa [1].

La separación de la fase líquida (agua, aceite y etanol) debe ser transvasada de forma manual y requiere de calentamiento en un módulo reactor condensador evaporador, asimismo, el uso de etanol hace que la separación no sea del todo eficiente, puesto que tanto el agua del aguacate y el etanol poseen el mismo punto de ebullición, pero las propiedades del agua y el etanol son similares tal que poder reaprovechar nuevamente este fluido requiere de un desarrollo adicional. La principal preocupación del uso de solventes orgánicos ha sido las implicaciones de seguridad, por ser peligroso para la salud humana y por tener propiedades cancerígenas y tóxicas [1, 4, 11, 12].

En la primera fase de separación por la utilización del etanol, la pulpa de aguacate está expuesta y se mezcla con este fluido; como parte del problema de la separación de los derivados del aguacate, la pulpa en el módulo a escala no es aprovechada como parte de los derivados obtenidos, pudiendo solo separarse la fase sólida de la líquida en una primera instancia sin someter la pulpa a un químico. Los costos del uso de etanol en grandes cantidades pueden hacer que el proceso sea costoso, asimismo, que sea riesgoso por las propiedades de inflamabilidad del mismo [1].

Otro de los elementos a verificar en el módulo hidrocavitador es el tipo de bomba utilizada, puesto que la cantidad de producto no es tal que el sistema se encuentre a full carga, esto puede generar vibraciones en la bomba/motor, ya que la bomba puede estar operando fuera de la curva de operación (NPSH) [6], causando daños y exponiendo el proceso a otros riesgos asociados; es posible validar el tipo de bomba para realizar el cambio de la misma de acuerdo con las propiedades de los derivados del aguacate, en especial la pulpa de aguacate, porque esta puede llegar a ser demasiado densa o viscosa tal que no sea apta para el tipo de bomba actual utilizada, ya que se requiera de una mezcla de etanol para poder realizar el desplazamiento por el reactor hidrocavitador [1].

Asimismo, el tanque de almacenamiento del módulo reactor cavitador no cuenta con medición de nivel. Es imperativo que se realice la medición del nivel en el tanque de almacenamiento, la cual se podría realizar mediante un medidor del tipo capacitivo, el cual, aprovechando que las fases del fluido separadas serían idóneas para aumentar el nivel de automatización y control en el proceso.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo automatizar el módulo de extracción de aceite de aguacate que utiliza un módulo hidrocavitador, módulo condensador y modulo evaporador de la Universidad SANTO TOMÁS utilizando normativas internacionales y nacionales, para extraer otros derivados sin la necesidad de disolventes y mejorando la seguridad en el proceso?

3. JUSTIFICACIÓN

Los métodos de extracción de aceite o derivados de aguacate pueden llegar a ser costosos, no solo desde la operación misma, sino en el mantenimiento previendo todos los equipos mecánicos rotativos y estáticos, equipos eléctricos, instrumentación, tanques de almacenamiento, equipos de enfriamiento, etc., y todos aquellos que pudiesen ser utilizados en el proceso, tanto que pudiese haber daños medio ambientales por lo complejo del mismo; de igual forma pueden llegar a ser poco productivos y con bajas eficiencias en la producción si los procesos no cuentan con el nivel de diseño óptimo para mejorar económicamente, ambientalmente y en seguridad de procesos [5].

Es importante conocer las propiedades físicoquímicas del aguacate, tal que esto nos pueda dar una idea del comportamiento de la pulpa y el fluido en el proceso de separación, extracción y evaporación, para obtener una estratificación del fluido en todas las fases, lo que estos parámetros nos pueden indicar para la correcta selección de los equipos, materiales, instrumentación, etc., más óptimos para rediseñar y optimizar el proceso de extracción de derivados de aguacate. [7, 8, 10, 11, 12]

Según estudios y procesos de extracción y/o obtención de aceite de aguacate, existen varios métodos los cuales se realizan por uso de disolventes, por centrifugación, hidrolisis alcalina y prensado; el proceso de extracción de aceite de la Universidad SANTO TOMÁS uso dos métodos, que son el prensado que se realiza por medio del reactor hidrocavitador mezclado con disolventes. La automatización de los módulos reactor hidrocavitador y condensador evaporador de extracción de aceite de aguacate, es para lograr obtener otros derivados de aguacate con el menor grado de impurezas o uso de químicos. El proceso de extracción cavitacional muestra rangos de obtención más altos que en otros modelos de extracción, tal que se pueda rediseñar y optimizar el modelo a escala de la Universidad SANTO TOMÁS, para que este sea comercialmente asequible, limpio, seguro y eficiente, sin dejar de lado que no solo el enfoque en la extracción de aceite, sino agua de aguacate y pulpa. [5, 11, 12].

Con la automatización y optimización del módulo hidrocavitador y el módulo evaporador condensador, se quiere mejorar el diseño y la eficiencia ya propuesta, para poder rediseñar un sistema de extracción de aceite de aguacate a un sistema de extracción de derivados como agua y de pulpa de aguacate, tal que no requeriría de la utilización de solventes en el proceso, haciendo de este un sistema más seguro y controlado.

4. HIPÓTESIS

Se estima que a través de la automatización y rediseño del módulo reactor hidrocavitador, modulo condensador y evaporador se obtengan derivados de aguacate sin el uso de disolventes químicos, aumento en los porcentajes de obtención de base húmeda, disminución de desperdicios a causa del proceso de extracción de derivados de aguacate y aumento en la seguridad funcional y de proceso del sistema.

5. OBJETIVO GENERAL

Proponer un modelo automatizado para la planta de extracción de derivados de aguacate existente en la Universidad Santo Tomas – sede principal que permita la estratificación del fluido a partir de la integración de los módulos hidrocavitador, evaporador y condensador [1].

5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los módulos hidrocavitador, evaporador y condensador de la planta mediante un diagrama P&ID, para la identificación de variables del proceso, condiciones fisicoquímicas del fluido, grado de automatización y seguridad.
- Formular el dossier de ingeniería de la propuesta de automatización que contenga los diagramas P&ID, los isométricos de tubería, los cálculos mecánicos e hidráulicos, así como los cuadros de cargas eléctricas, diagramas de lazo y las filosofías de control y operación, que documente el rediseño del proceso con base a estándares establecidos.
- Validar el modelo de automatización basado en la integración de los módulos con base en los cálculos mecánicos e hidráulicos a través de simulación con herramientas computacionales.

6. ALCANCE

El alcance del proyecto se limita a lo siguiente:

- No se creará una base de trabajo virtualizada o de control remoto del sistema o diseño entregado.
- No está dentro del alcance la construcción y montaje de los nuevos diseños mecánicos planteados, así como transporte de materiales o trabajos de soldadura.
- El uso de normativas internacionales y nacionales está limitado por el investigador del proyecto, puesto que contar con los recursos informáticos para poder leer, descargar o utilizar cualquier norma internacional o nacional para uso laboral, profesional o personal puede ser costoso y de difícil acceso.



- El proyecto tiene varias fases de desarrollo e implementación: diseño, compras construcción/montaje, puesta en operación y pruebas. No es alcance del proyecto la fase de compras, construcción, montaje o pruebas del módulo automatizado.
- No están incluidas obras civiles dentro del alcance.
- El alcance del proyecto está limitado para los módulos hidrocavitador, condensador y evaporador ubicados en la sede principal de la Universidad SANTO TOMÁS, laboratorios Calatayud.

7. IMPACTO SOCIAL

De los objetivos de desarrollo sostenible en los que se podría clasificar el proyecto de investigación son:

1. Trabajo decente y crecimiento económico (objetivo 8).
2. Industria innovación e infraestructura (objetivo 9).
3. Producción y consumo responsable (objetivo 12).

De las metas propuestas respectivamente en cada uno de los objetivos de desarrollo tenemos:

1. Aprovechar cada derivado del aguacate que se espera obtener de tal forma que haya una disminución en la generación de desperdicios. La disminución de los costos de producción esta directamente ligada al aprovechamiento de recursos utilizados en el proceso [16].
2. Diseñar un sistema de obtención de derivados de aguacate automatizado y sostenible [16].
3. Tal y como se indica en la justificación del proyecto, la propuesta del módulo automatizado de obtención de derivados de aguacate es lograr la no utilización de productos químicos en el proceso [16].
4. El proyecto posibilita a estudiantes de los programas de Ingeniería Electrónica (199), Ingeniería Mecánica (283) e Ingeniería Ambiental (179), el desarrollo de prácticas de laboratorio y el desarrollo de proyectos de grado, con lo que se estima un impacto positivo sobre una población aproximada de 680 personas.

8. ESTADO DEL ARTE

8.1. Modelo tipo laboratorio del módulo de extracción de derivados de aguacate

Un modelo a escala tipo laboratorio de un proceso industrial, es un espacio que cuenta con la infraestructura necesaria para brindar los servicios de medición y pruebas para un proceso real en particular; estos incluyen instrumentación, sistemas de control, equipos mecánicos, eléctricos, etc., en las diferentes industrias [13]. De acuerdo con el tipo de proceso se pueden tener servicios que involucren el control de un proceso, medición, etc., en las diferentes áreas de la ingeniería e industria, y las más comunes son:

- a. Para implementación y estudio de los usos de instrumentación de medición de variables de proceso.
- b. Para alimentos.
- c. Combinación de equipos estáticos, rotativos e instrumentación para la simulación de un proceso real.
- d. Para pruebas de recipientes volumétricos, tanques, etc.
- e. Del tipo eléctrico en combinación con equipos de control y medición.
- f. Aseguramiento de calidad y trazabilidad.
- g. Fortalecimiento del conocimiento y capacidades de diferentes tipos de industria; del tipo alimentos, hidrocarburos, procesamiento, separación, almacenamiento, empaque, etc.
- h. Calidad para la competitividad.

8.2. Métodos de separación de derivados de aguacate

Para todos los casos o métodos de extracción la pulpa de aguacate en bruto debe ser extraída de forma manual, pero, puede ser extraída y vaciada de tal forma que pueda ser controlada en otro proceso independiente de separación primaria. La pulpa debe estar exenta de partículas o sólidos como la semilla (pepa de aguacate).

Obtención por proceso de prensado.

Este proceso comúnmente utiliza cilindros hidráulicos metálicos (acero inoxidable), asimismo, cuenta con platinas perforadas con dimensiones específicas de acuerdo a cada proceso. Para este proceso se somete a presión en recipientes abiertos, lo que causa que la pulpa de aguacate se esparza o escape lateralmente por la misma debido a la composición físicoquímica del aguacate [5, 7, 8, 10, 11, 12].

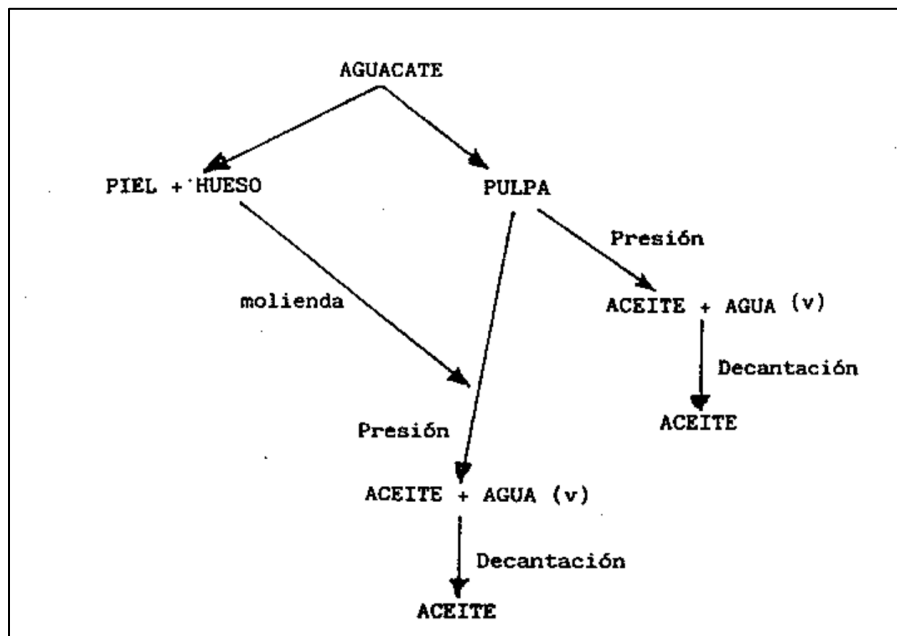


Figura 1. Diagrama de flujo proceso de prensado.

El módulo reactor hidrocavitador se asemeja al proceso de prensado, excepto que es un proceso cerrado circular del tipo repetitivo el cual, no permite escapes de pulpa, genera un mejor proceso de triturado y una separación más fina de la fase líquida y sólida de la pulpa de aguacate (mezcla), para lo cual permite un mejor aprovechamiento de los derivados obtenidos. Este método de separación es el más aconsejable en todos los casos desde un punto de vista ambiental y económico.

Obtención por extracción con disolventes.

Es uno de los métodos más utilizados en la industria, el cual utiliza éter de petróleo, hexano y una mezcla de metanol.

Este proceso requiere que la pulpa sea sometida con y sin secado previo a extracciones con hexano y éter de petróleo durante un período de tiempo. Puesto que en experimentos realizados es uno de los métodos con bajos rendimientos. Un proceso adicional usando disolventes, requiere que la pulpa sea congelada luego de ser sometida al hexano, para que, luego de llevarla a un proceso de secado por calentamiento, la evaporación generada elimine el disolvente y el aceite obtenido sea secado en una estufa de vacío [5, 7, 8, 10, 11, 12].

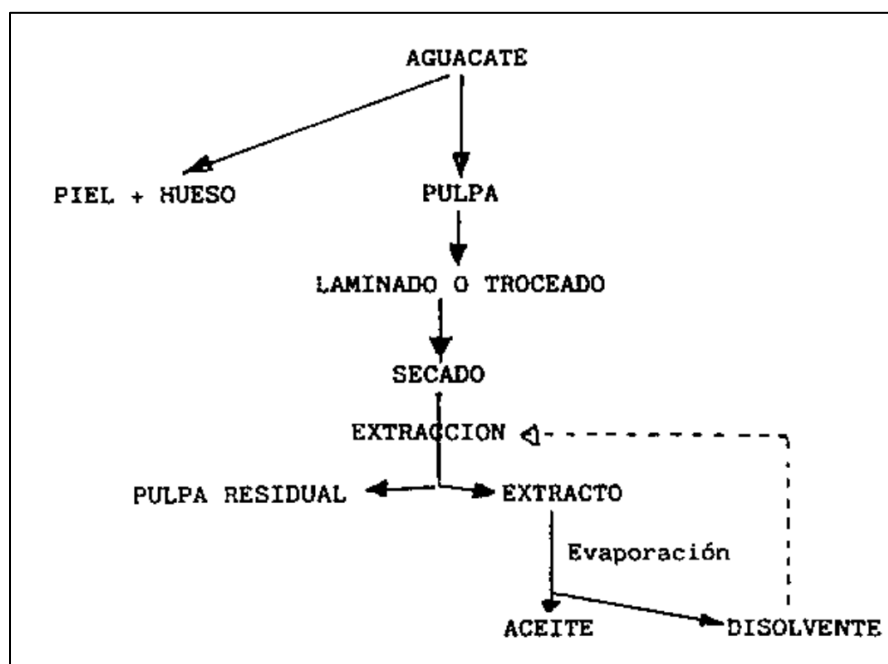


Figura 2. Diagrama de flujo extracción con disolventes.

Obtención por centrifugación

De igual forma que los procesos mencionados anteriormente, se requiere que la pulpa sea extraída. Este proceso requiere de mezcla de agua a una temperatura de al menos 60°C, la cual se centrifugaba y el mismo proceso decante la pulpa del aceite liberado. Ya con la mezcla separada, el aceite está acompañado de agua vegetal o aceite de aguacate, que se elimina en un proceso de calentamiento y condensación. Puesto que la pulpa resultante tiene altos contenidos grasos, en muchos casos es sometida a hexano o metanos para obtener una mayor separación únicamente de aceite, lo que impide el aprovechamiento de la pulpa por estar sometida a un disolvente [5, 7, 8, 10, 11, 12].

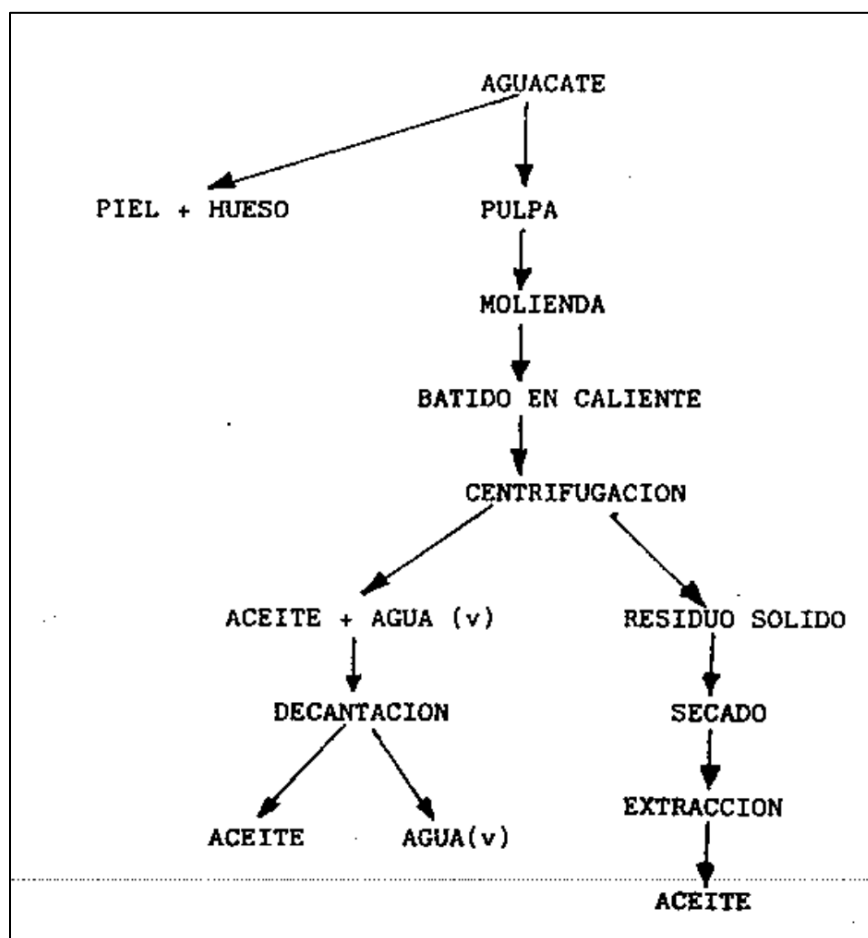


Figura 3. Diagrama de flujo de extracción por centrifugación.

8.3. Extracción de pulpa de aguacate.

En un estudio realizado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, la caracterización residual de la pulpa de aguacate puede oscilar entre un 50% del total generado. Según se indica en la tesis doctoral de Castañeda, los valores de composición de un aguacate de tamaño mediano pueden oscilar entre los valores de pulpa del 59%, cascara de 16% y semilla de 25%, valores cercanos a los resultados de la caracterización del proceso de despulpado que se realiza de forma artesanal [14, 30].

La figura 4 muestra los resultados de la obtención de aceite de aguacate en cada una de las técnicas empleadas, el cual para el caso de la automatización de la extracción de aceite y derivados de aguacate se pueden obtener mejores resultados para la muestra indicada.

Técnica	Equipo	Muestra (Fruto)	Muestra (pulpa)	Rendimiento BH (*)	Cantidad de pulpa para producir 1L aceite
Artesanal (propio)	Presión manual	4 kg	2 kg	0,042 L/kg	47 kg
^a Artesanal	Presión manual	4 kg	2 kg	0,1 L/kg	20 kg
^b Industrial	Prensa Expeller	4 kg	2 kg	0,210 L/kg	9.5 kg
^c Industrial	Centrifuga	4 kg	2 kg	0,400 L/kg	5.0 kg
^c Analítica	Soxhlet	4 kg	2 kg	0,512 L/kg	3.9 kg

Figura 4. Volumen de aceite / kg Pulpa (BH: base húmeda). [14].

En el análisis de la siguiente figura, se observa que se pueden obtener porcentajes de aceite dependiendo de la eficiencia de los equipos empleados en el proceso y la complejidad misma del proceso, por lo tanto, explorar los principios de extracción de aceite de aguacate para cada técnica de extracción es necesario, para que de acuerdo con la identificación de cada una definida industrialmente, se tenga la posibilidad de comparar cada proceso y comparar los resultados obtenidos en cada uno de ellos [14].

Técnica	Tipo de proceso	Equipo	Método de extracción	% rendimiento BH*
<u>Prensado-1</u>	^a Artesanal	<u>Herramienta exprimidora</u>	<u>Presión manual</u>	<u>(5-10) %</u>
Prensado-2	^b Industrial	Expeller	Presión mecánica	(10-15) %
Centrifugado	^c Industrial	Centrifuga	Centrifugación mecánica	(15-20) %
Disolución química	^c Analítico	Soxhlet	Disolución de fase oleosa	(25-30) %

Figura 5. BH: Base húmeda (pulpa). [14].

9. MARCO TEÓRICO

9.1. Términos y principios de medición

Para el rediseño y optimización de los módulos de extracción de aguacate y condensador evaporador, se puede mejorar validar y/o mejorar la instrumentación asociada para la detección/medición de variables de proceso, los equipos para el procesamiento de datos y estos mismos para la corrección de los datos adquiridos.

Los equipos para el procesamiento de datos mediante el controlador lógico programable (PLC) y la corrección del valor deseado puede ser mediante válvulas de control, válvulas tipo ON/OFF, instrumentación para la medición de nivel, flujo, bombas u otros equipos.

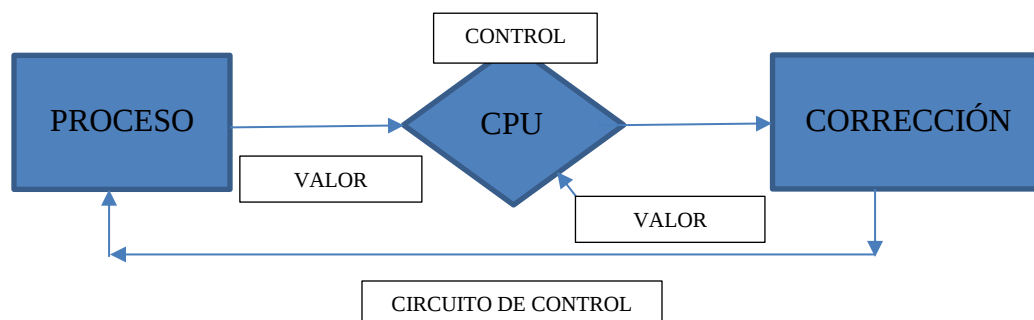


Figura 6. Diagrama de control de proceso. Fuente: autor.

Se puede generar un concepto de medición y control de la siguiente manera:

1. Alarma o medición
2. Control
3. Indicación

Una alarma es una señal que genera un estado de aviso a un valor límite o un valor de seguridad, por la cual el proceso se encuentra fuera de los límites de operación, y esta puede ser una variable física de presión, temperatura, flujo y o nivel. En la industria los tipos de señal de salida de los elementos de medición o indicación son del tipo relé, señales eléctricas del tipo 0-120VAC, 0-24VDC, 0-5VDC o 4-20mA. Una alarma solo puede tener dos estados que se pueden interpretar como 0 o 1 (ejemplo: 0 o 120VAC abierto o cerrado).

Un elemento o un dispositivo de control es una alarma con una gran histéresis de conmutación y esta termina cuando se mide un segundo valor. Es usual que los puntos de control (activación y desactivación) estén muy cercanos y esto puede generar una forma de control sensible. Un elemento de control en instrumentación para el control de nivel puede ser un interruptor de nivel, como por ejemplo interruptores de nivel por conductividad o del tipo horquilla vibratoria.

Sin embargo, en cuanto a instrumentación se refiere, los dispositivos de control se configuran para un tiempo de detección continua, es decir, se lleva a cabo la escala de medición de 0-100% equivalente a un valor de señal de 0-5VDC, 0-24VDC o comúnmente de 4-20mA. Realizada la medición se utilizan equipos externos para formar la función de control deseada para las señales de nivel adquiridas.

Una indicación es la lectura de un valor exacto de una cantidad en donde se está realizando la medición en un proceso. Aparte de la indicación directa los cuales funciona por medios mecánicos, todos los sistemas tienen dos tipos de señal de salida, ya sea del tipo analógica (ej. 4-20mA), digitales o comunicaciones como lo son los buses de campo Profibus o Fieldbus.

9.2. Métodos de medición de nivel

En la actualidad se dispone de una amplia gama de técnicas para medición de nivel, el cual es una de las variables de proceso más críticas para el proceso, por lo que no siempre resulta fácil seleccionar el método más idóneo para la medición, ya no solo depende del equipo seleccionado o el método seleccionado, sino que también depende de cómo se adapte a requerimientos específicos teniendo en cuenta las condiciones de proceso.

Los mecanismos de medición de nivel estaban basados en su mayoría en procesos mecánicos y/o neumáticos. Con la llegada de los semiconductores se tienen otros métodos de medición de nivel. Los más comunes se listan a continuación:

- a. Mirilla de nivel (cuerpo metálico y vidrio)
- b. Barra calibrada
- c. Interruptor tipo flotador

- d. Tipo boya o flotador/cuerda
- e. Por presión hidrostática
- f. Horquilla vibratoria
- g. Medición por plomada
- h. Detección de nivel por conductividad
- i. Tiempo de retorno del ultrasonido
- j. Tiempo de retorno de microondas.
- k. Por absorción de radiación gamma.

La tabla 1 muestra cada principio de medición mencionado y la conveniencia según la función deseada, las propiedades del producto y las condiciones de proceso.

G = Bueno

L = Con limitaciones

P = Malo

Tipo de medición					Propiedades del Fluido							Condiciones de proceso					
Ver listado anterior	Líquido	Material granulado	Medición	Detección	Susceptible a espuma	Viscosidad alta	No homogéneo	Corrosivo	Pulverulento	Granulado	Partículas grandes	Presión muy baja	Presión entre 5 - 10 bar	Presión superior a 10bar	Temp. <50°C	Temp. 50°C - 100°C	Temp. >50°C
a	G	P	G	L	L	L	L	G				G	G	L	G	G	L
b	G	G	G	L	L	G	G	G	G	G	G	B	P	P	G	G	L
c	G		G	L	G	L	G	P				G	L	L	G	G	L
d	G		G	L	G	L	P	P				G	G	G	G	G	G
e	G		G	L	G	G	P	L				G	G	G	G	G	L
f	G			G	G	G	G	P				G	G	G	G	G	G
g	G	G	G	L	G	G	G	G	P	G	G	G	G	L	P	G	G
h	G	L		G	G	G	L	P	L			G	G	G	G	G	G
i	G	G	G	G	S	G	G	L	L	G	G	G	L	P	G	L	P
j		G	G				G	P	G	G	G	G	G		G	G	L
k	G	P	G		L	G	G	G				G	G	G	G	G	G

Tabla 1. Principios de medición según condiciones [10]

9.3. Modelo a escala para la obtención de aceite de aguacate

El módulo de extracción de aceite de aguacate de la Universidad Santo Tomás es un proceso en lazo abierto, con pocas señales de retroalimentación, lo que no permite con exactitud conocer el estado de la separación de los derivados de aguacate, asimismo, no permite mediante pruebas conocer el comportamiento del proceso para que este pueda ser llevada a un punto óptimo de operación, tanto en control de nivel, presión, temperatura y separación del fluido (sólido y líquido).

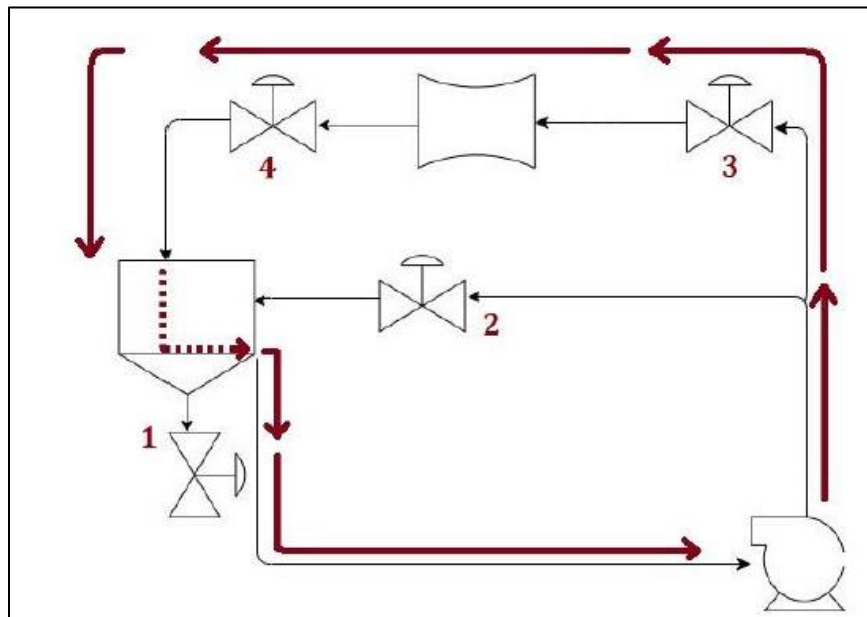


Figura 7. Proceso actual hidrocavitador [1].

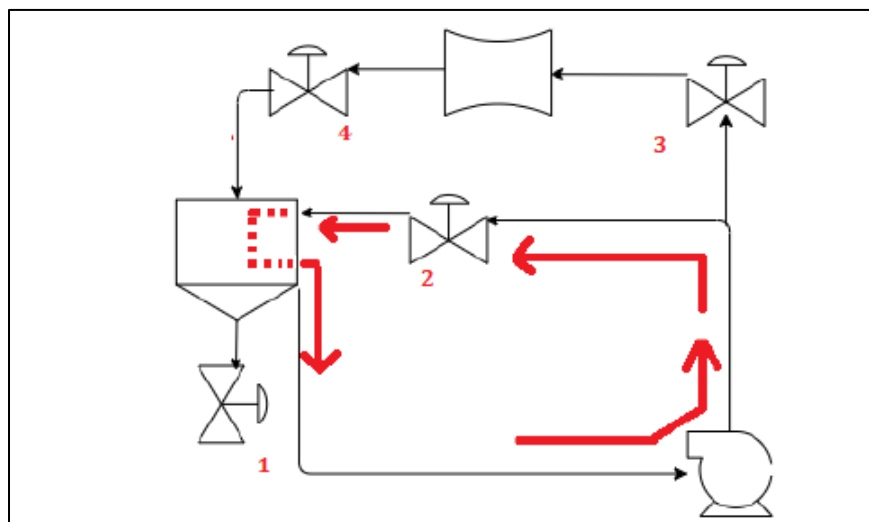


Figura 8. Proceso actual limpieza hidrocavitador [1].

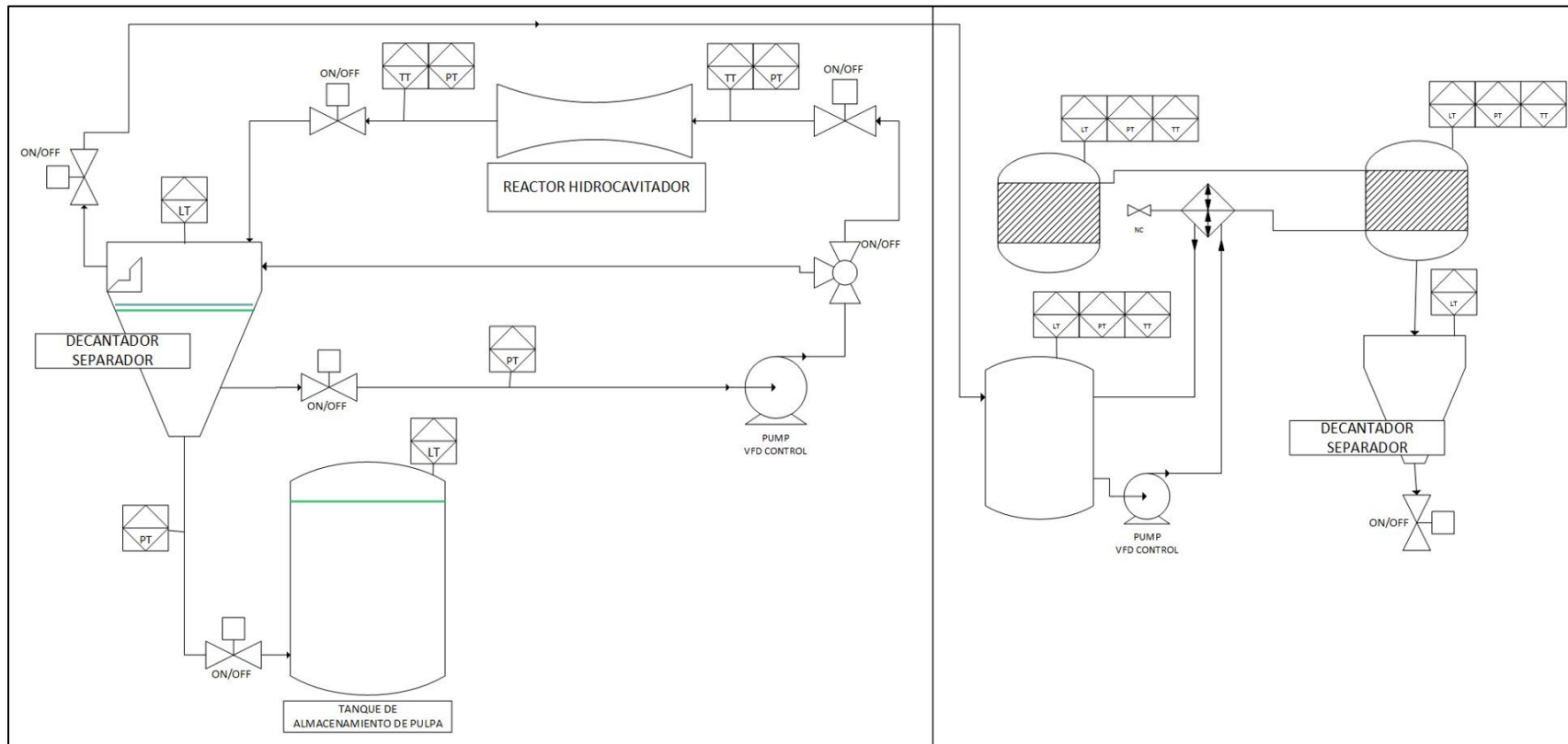


Figura 9. Diagrama de proceso optimizado (futuro). Fuente: autor.



9.4. Dossier de ingeniería

Un dossier de ingeniería es un repositorio de documentos ya sea físico o digital acerca de un determinado proyecto. Es una herramienta muy utilizada dentro del ámbito de los negocios, en la ciencia e ingeniería para intercambiar información. Cuando se habla de un dossier de ingeniería, se hace referencia a un dossier que incluye toda la documentación que certifica que un determinado proceso o proyecto, se ha realizado conforme a un alcance o estándares definidos [15].

La documentación en un dossier de ingeniería puede variar dependiente del tipo de proyecto, pero también depende de lo que se quiere dejar constancia [15].

En un dossier de ingeniería deberán como mínimo quedar plasmados y de acuerdo al alcance especificado en el proyecto, los siguientes documentos:

- Cronograma de trabajo
- Costos del proyecto.
- Hitos del proyecto (cumplimiento de objetivos o metas establecidas).
- Cálculos hidráulicos y de proceso.
- P&IDS.
- Listado de líneas e isométricos de tubería.
- Diagramas unifilares eléctricos y diagramas de lazo de control.
- Filosofía de control y operación.
- Listados (cables, equipos, materiales, instrumentación, etc.)
- Modelos 2D o 3D según aplique.
- Planos civiles, estructurales y/o documento con cálculos de cargas.
- Planos eléctricos.

9.5. Seguridad de procesos

La identificación de peligros es el primer paso para lograr un menor nivel de riesgo. El peligro es una propiedad intrínseca de una fuente de riesgo, elemento, condición o situación que tiene el potencial de causar daño. Dado lo anterior, no existe incertidumbre sobre su presencia y por ello, los peligros se identifican [16].

Por otra parte, el riesgo es la probabilidad de que se materialice un peligro y se define como una función condicional entre la probabilidad y la consecuencia ($R=f(P,C)$). El riesgo es un concepto estadístico y por ello se calcula y posteriormente se evalúa. [16].

Sobre lo anterior los procesos de identificación de peligros y evaluación de riesgos se puede soportar en:

- La experiencia y criterio profesional.
- Listas de verificación o chequeo.

- Códigos y estándares internacionales.
- Técnicas de evaluación de riesgos.

La norma ISO 31000:2018 como referente y adaptada:

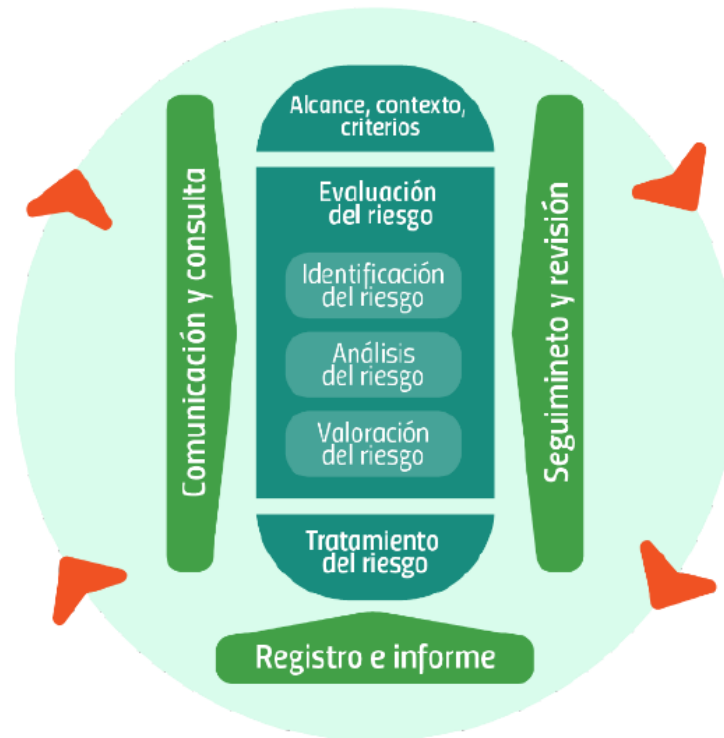


Figura 10. Proceso de gestión de riesgo (adaptado ISO 31000:2018) [16].

10. METODOLOGÍA

Una de las metodologías de investigación a implementar será del tipo Sistémico. Este método permite relacionar áreas de la ingeniería como procesos, mecánica, eléctrica e instrumentación. El objeto es dar una estructura dinámica donde se tienen en cuenta factores físicos y mecánicos, que darán forma a un proyecto para la separación medición y control de la extracción de derivados de aguacate.

Parte del desarrollo del proyecto también cuenta con un componente de Investigación deductiva. Conociendo y teniendo en cuenta todos los modelos, técnicas, leyes y principios, se podrá esquematizar y presentar los diseños requeridos que llevaran a implementar una solución tecnológica para fines académicos e industriales.

Finalmente, y teniendo en cuenta que se implementaran técnicas de diseño y cálculos para un modelamiento de ingeniería de proceso, mecánico, eléctrico y de instrumentación, que no hay manipulación de variables, y estas ya siendo observadas y estudiadas, se presentan y se describen tal y como han sido temas de estudio, harán parte del desarrollo del proyecto el modelo de investigación del tipo descriptivo.

Dentro de las actividades de investigación y desarrollo del proyecto se contemplan tres fases:

- La primera fase es todo lo relacionado con la caracterización de los módulos hidrocavitador, condensador y evaporador.
- La segunda fase está enfocada en el desarrollo de ingeniería que consta de todos los diseños cálculos, planos, listados, cuadros de cargas, etc. (dossier de ingeniería).
- La tercera parte es todo lo referente a construcción, montaje, puesta en marcha, pruebas y simulación del sistema.

De las actividades a realizar en cada una de las fases, previendo que son secuenciales y codependientes se tienen:

- Caracterización hidráulica y mecánica de los módulos hidrocavitador, evaporador y condensador.
- Implementación de normas y estándares internacionales como ASME, ANSI, ASTM, API, ISA, NTC, NEC.
- Modelamiento y cálculos hidráulicos mediante la herramienta HySIS.
- Modelamiento de procesos en P&ID's
- Memorias de cálculos de equipos rotativos y estáticos.
- Cálculos y memorias estructurales
- Modelamiento 2D y/o 3D
- Memorias de cálculo, especificaciones técnicas, hojas de datos, listados de materiales y equipos, planos eléctricos, planos de conexonado y cableado, narrativas de operación y control.
- Manual de tecnologías.
- Desarrollo del dossier de ingeniería que incluye toda la documentación relacionada al proyecto, tales como, cálculos, modelamientos, diseños, listados, manuales, etc.
- Construcción, montaje, pruebas y puesta en operación.
- Desarrollo simulado del sistema modelado de forma computacional utilizando herramientas como MATLAB o Python.

11. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Las figuras 11, 12, 13, 14 y 15 muestran el cronograma de trabajo y las actividades respectivas en cada fase del proyecto.

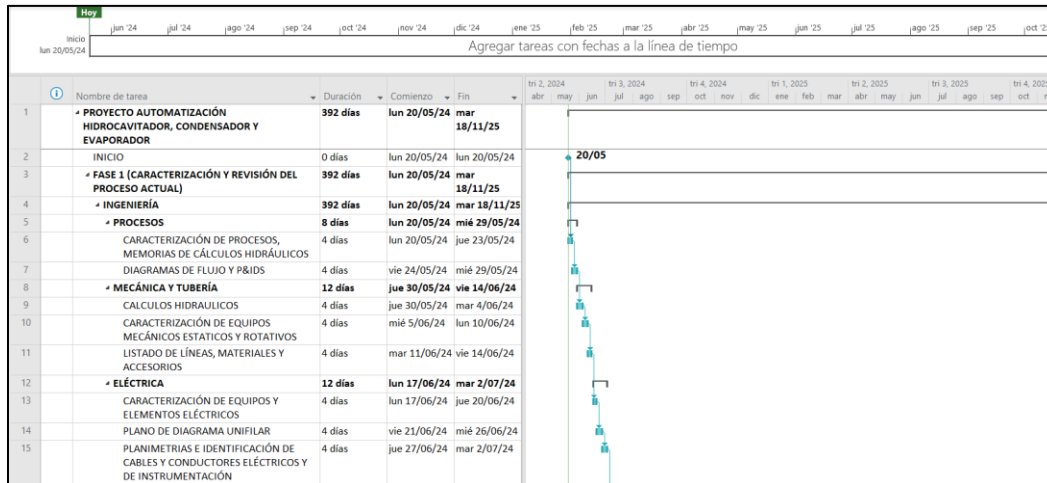


Figura 11. Cronograma 1. Fuente Autor.



Figura 12. Cronograma 2. Fuente Autor.





Figura 13. Cronograma 3. Fuente Autor.

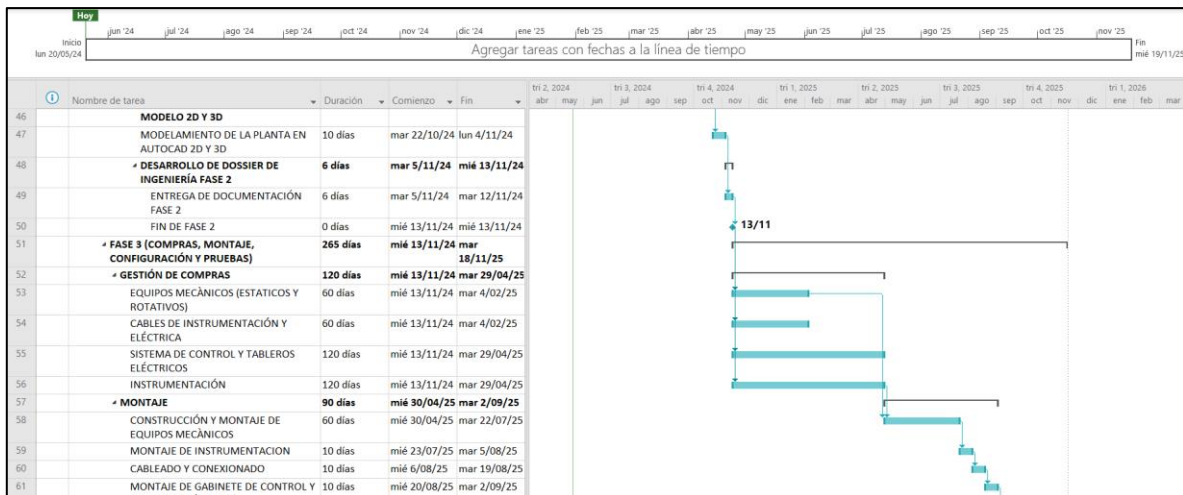


Figura 14. Cronograma 4. Fuente Autor.



Figura 15. Cronograma 5. Fuente Autor.

12. RESULTADOS ESPERADOS

Con el desarrollo del proyecto se espera:

1. Aplicación de estándares internacionales, implementación de herramientas de diseño para cálculos hidráulicos, cálculos eléctricos e implementación de herramientas de dibujo para la integración de todos los sistemas que componen el proyecto.
2. Diseños de ingeniería para llevar el proyecto a una fase de compras, construcción y puesta en operación
3. En la fase de construcción y operación se espera contar con un módulo integrado de con el cual se puedan llevar a cabo pruebas reales con equipos de usos industriales, pruebas de forma remota y local, teoría y técnicas para la detección y medición de variables de proceso.
4. Ampliar las áreas de conocimiento en la Universidad SANTO TOMÁS con un módulo tal que cuente con una amplia gama de elementos mecánicos, eléctricos de instrumentación y control.
5. Dar un enfoque académico hacia áreas de desarrollo industrial.
6. Expandir las líneas de negocio/académicas de la Universidad SANTO TOMÁS.

13. PRESUPUESTO

Los recursos del proyecto ya determinados para cada una de las áreas son los siguientes:

Recurso humano: Todas las personas que están involucradas en el proyecto. Están los directores de proyecto, los asesores de los grupos de trabajo, quien realiza los diseños de ingeniería y la mano de obra para el montaje de equipos e instrumentación, configuración y puesta en operación.

Materiales: Son todos los elementos constituidos por herramientas de trabajo tales como papelería, equipos de cómputo, licencias de software, accesorios mecánicos, equipos mecánicos estáticos y rotativos, instrumentación, sistema de control, cableado y accesorios de conexión, tableros eléctricos y de control.

Los Costos del proyecto son del tipo variable directo, toda la mano de obra directa, el uso de herramientas, vehículos, maquinaria y equipo propiedad de la Universidad que implementará el proyecto que será utilizado en el diseño y en la implementación del mismo.

Debido a que ECOPETROL S.A. cuenta con herramientas ofimáticas, repositorios de normas internacionales y nacionales, no se incluyen dentro de los costos del proyecto, puesto que estos pueden ser usados para el desarrollo del proyecto.



El personal y el costo del proyecto con su tiempo designado se muestra en la siguiente tabla:

Ítem	DESCRIPCIÓN	Costo (sin Iva)
1	Software de simulación de procesos (Alquiler) HySIS X2 meses.	\$ 3.300.000,00
2	Mano de obra estudiante y director de tesis (todo el proyecto)	\$ 50.000.000,00
3	Herramienta de lectura de normativas nacionales e internacionales (Alquiler) Engineering WorkBench by Accuris x2 meses.	\$ 3.000.000,00
4	Alquiler de herramientas ofimáticas (año)	\$ 500.000,00
5	Alquiler de herramienta de diseño AutoCAD (año)	\$ 5.000.000,00
6	Misceláneos, papelería. (Dossier de ingeniería)	\$ 7.000.000,00
	Total	\$ 68.800.000,00

Tabla 2. Presupuesto

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Mora Villamizar, R y Cortés Cuesta, A. (2022). Diseño de un Modelo a Escala para la Extracción de Aceite de Aguacate Usando un Reactor de Cavitación. Universidad Santo Tomás.
2. Corrales García, Joel & Tlapa-Rangel, C. (1999). DAÑOS POR FRÍO Y PRODUCCIÓN DE ETANOL EN AGUACATE (*Persea americana* Mill.) CV. HASS. Revista Chapingo Serie Horticultura. 5. 345-351.
3. Romero Abarca, M.J.(2024).Aprovechamiento integral del aguacate Hass con síntomas de antracnosis : Optimización de la técnica de liofilización para la obtención de guacamole empleando enfriamiento rápido con nitrógeno líquido. 87 páginas. Quito : EPN, 2024.
4. Restrepo Suárez, A. M. (2013). Alternativas para la conservación de aguacate (*Persea americana* Mill, variedad Hass) en la inhibición del pardeamiento enzimático (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
5. Campos Vera, Y. J. (2023). Métodos de extracción del aceite de aguacate (*Persea americana*, miller) y sus propiedades nutricionales (Bachelor's thesis, BABAHOYO).
6. Mott, R. L. (2006). Mecanica de Fluidos 6/e. México: Pearson Educación.
7. Herrera, J. C. C., Salinas, K. V. S., & Valderrama, D. M. A. (2022). Una Revisión de la Producción de Aguacate Hass en Colombia y el Proceso para la Extracción de Aceite como Subproducto. Ingenio Magno, 13(2), 56-74.
8. Jiménez Bohórquez, N. E., Rodríguez Páez, Y. J., & Ospina Mesa, N. S. (2023). Caracterización del proceso de extracción de aceite de aguacate variedad Hass.
9. Yalcin, O., Öztürk, M., & Görgülüer, Ö. (2022). Investigation of Optical and Flow Properties of Avocados by Spectroscopy and Rheology Methods. Acta Physica Polonica: A, 141(5).
10. Van de Kamp, W. (2001). Teoría y práctica de medición de niveles. Constitució 3, Bloque A 08960 Sant Just Desvern España. Endress + Hauser.

11. M Satriana, S., Supardan, M. D., Arpi, N., & Wan Mustapha, W. A. (2019). Development of Methods Used in the Extraction of Avocado Oil. *European Journal of Lipid Science & Technology*, 121(1), N.PAG. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1002/ejlt.201800210>
12. Nieto, L. M., Rubio, F. C., Vives, S. R., & Romero, M. M. (1988). Extracción y caracterización del aceite de aguacate. *Grasas y aceites (Sevilla)*, 39(4), 272-277.
13. L. F. R. Riveros, A. C. Llanos, V. Hugo Bernal Tristanco and J. F. B. Navarro, "Educational module for laboratory practice in the areas of instrumentation, automation, control and industrial communications. ECCI university," 2016 *Technologies Applied to Electronics Teaching (TAE)*, Seville, 2016, pp. 1-8, doi: 10.1109/TAE.2016.7528240.
14. Contreras Briceño, L. K., & Barajas Cardenas, K. J. (2022). Aprovechamiento de residuos aguacate generados en centro abastos de Bucaramanga para la producción de aceites esenciales.
15. (2016, 16 septiembre). Dossier de ingeniería y calidad, <https://es.scribd.com/document/324185440/Dossier-Ingenieria-y-Calidad>
16. (2020, 10 diciembre). Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
17. Guía HSE-G-050, Guía de análisis de riesgos de proceso ARP, Ecopetrol S.A., 2020.
18. Mulley, R. (1993). Control System documentation: applied instrumentation symbol and identification. 67 Alexander Drive P.O. Box 12277 Research Triangle Park North Carolina 27709. Instrument Society of America.
19. L. F. Rico Riveros, V. H. B. Tristanco and A. C. Llanos, "Design and implementation of laboratory guides for a test and measurement system for the development of telemetric applicationS," 2018 XIII *Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAE)*, La Laguna, 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/TAE.2018.8476010.
20. L. F. R. Riveros, A. C. Llanos, V. Hugo Bernal Tristanco and J. F. B. Navarro, "Educational module for laboratory practice in the areas of instrumentation, automation, control and industrial communications. ECCI university," 2016 *Technologies Applied to Electronics Teaching (TAE)*, Seville, 2016, pp. 1-8, doi: 10.1109/TAE.2016.7528240.
21. Dunn, William. *Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control*. US: McGraw-Hill Professional, 2005.

22. Fabian Osorio-Agudelo, H., Sebastian Florez-Tabares, J., Widmary Guillen-Mora, R., & López Varón, Y. D. (2022). Pretratamiento, Extracción Y Caracterización De Aceite De Frutos De Aguacate Variedad Hass Del Departamento Del Quindío, Que No Cumplen Con Las Especificaciones De Comercialización. *Journal of Research of the University of Quindio / Revista de Investigaciones Universidad Del Quindio*, 34, 116–121.
23. Muñoz, M. A., & Barrón, A. R. (2009). Efectos médicos del aguacate. *Medicina Interna de Mexico*, 25(5), 379–385.
24. Buelvas Salgado, G. A., Patiño Gómez, J. H., & Cano-Salazar, J. A. (2012). Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (*Persea americana* Mill) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 138–150.
25. Yepes Betancur, D. P., Sánchez Giraldo, L., & Márquez Cardozo, C. J. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Informador Técnico*, 81(1), 75–85. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.23850/22565035.728>
26. Santana, I., dos Reis, L. M. F., Torres, A. G., Cabral, L. M. C., & Freitas, S. P. (2015). Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science & Technology*, 117(7), 999–1007. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1002/ejlt.201400172>
27. Lopez-Vega, L. A., Gil-Cortez, J. M., Sierra-Sarmiento, M. A., & Hoyos-Leyva, J. D. (2021). Hass avocado oil extraction: In the way of malaxation process optimization. *LWT - Food Science & Technology*, 152, N.PAG. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.lwt.2021.112312>
28. Corzzini, S. C. S., Barros, H. D. F. Q., Grimaldi, R., & Cabral, F. A. (2017). Extraction of edible avocado oil using supercritical CO₂ and a CO₂/ethanol mixture as solvents. *Journal of Food Engineering*, 194, 40–45. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.jfoodeng.2016.09.004>
29. Costagli, G., & Betti, M. (2015). Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering (1974-7071)*, 46(3), 115–122. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.4081/jae.2015.467>

30. Melgar Castañeda B (2019). Aprovechamiento de subproductos de cultivos de higo cHúmedambo (*Opuntia ficus-indica* L.) Y AGUACATE (*Persea americana*).
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/121145>