



## **Evaluación económica y financiera de la planta de producción de la carragenina.**

Garzón Villacis, Alex David y Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra

Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del  
Título de Petroquímico

Ing. López Ortega, Jessenia Estefanía

Latacunga, 14 de Abril del 2021



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE PETROQUÍMICA**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular, **“Evaluación económica y financiera de la planta de producción de la carragenina .”** fue realizado por el señor y señorita Garzón Villacis, Alex David con cédula de ciudadanía n° 050379669-0 y Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra con cédula de ciudadanía n° 172356466-0 el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de abril del 2021.

---

Ing. López Ortega, Jessenia Estefanía

C. C.: 1804377347










## Reporte Urkund



### Document Information

<b>Analyzed document</b>	TESIS GARZON SARABIA (3).docx (D101511095)
<b>Submitted</b>	4/13/2021 5:38:00 PM
<b>Submitted by</b>	Jessenia López
<b>Submitter email</b>	jelopez14@espe.edu.ec
<b>Similarity</b>	6%
<b>Analysis address</b>	jelopez14.espe@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://azdoc.tips/documents/operaciones-unitarias-en-ingenaria-quimica-mc-cabe-5c...">https://azdoc.tips/documents/operaciones-unitarias-en-ingenaria-quimica-mc-cabe-5c ...</a> Fetched: 12/2/2020 11:36:15 AM	 6
<b>W</b>	URL: <a href="http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3000/UCF3108_01.pdf">http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3000/UCF3108_01.pdf</a> Fetched: 12/4/2020 7:47:23 PM	 19
<b>SA</b>	<b>tesis revision Bryan Celin.docx</b> Document tesis revision Bryan Celin.docx (D63554004)	 4
<b>SA</b>	<b>NICOLAS PIBERNAT FRANCISCO.pdf</b> Document NICOLAS PIBERNAT FRANCISCO.pdf (D79179546)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/57797904-Universidad-nacional-de-trujillo-facultad-de-ingenie...">https://docplayer.es/57797904-Universidad-nacional-de-trujillo-facultad-de-ingenie ...</a> Fetched: 11/16/2020 8:06:48 AM	 2
<b>W</b>	URL: <a href="https://recercat.cat/bitstream/id/40639/ADIPIC%203.pdf.txt">https://recercat.cat/bitstream/id/40639/ADIPIC%203.pdf.txt</a> Fetched: 5/29/2020 8:13:05 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3799/almeyda-carbajal-mc...">http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3799/almeyda-carbajal-mc ...</a> Fetched: 4/13/2021 5:38:00 PM	 3
<b>SA</b>	<b>JIMENEZ_MARTOS_TC11323_20190701_1401_c033.pdf</b> Document JIMENEZ_MARTOS_TC11323_20190701_1401_c033.pdf (D54353906)	 2
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/122736128-Universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenie...">https://docplayer.es/122736128-Universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenie ...</a> Fetched: 12/3/2020 1:38:05 AM	 1



Firmado electrónicamente por:  
**JESSENIA  
 ESTEFANIA LOPEZ  
 ORTEGA**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE PETROQUÍMICA**

Autoría de responsabilidad

Nosotros, **Garzón Villacis, Alex David con cédula de ciudadanía n° 050379669-0** y **Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra con cédula de ciudadanía n° 172356466-0** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **“Evaluación económica y financiera de la planta de producción de la carragenina .”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionado es veraz.

Latacunga, 14 de abril del 2021.

---

Garzón Villacis Alex David

C. C.: 0503796690

---

Sarabia Canchignia Jessica Alexandra

C. C.: 17223564660



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE PETROQUÍMICA**

**Autorización**

Nosotros, **Garzón Villacis, Alex David** con cédula de ciudadanía n° 050379669-0 y **Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra** con cédula de ciudadanía n° 172356466-0 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: Estudio de la producción de carragenina a partir del alga roja eucheuma cottonii: en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 14 de abril del 2021.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Alex David Garzón Villacis'.

---

Garzón Villacis Alex David

C. C.: 0503796690

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Jessica Alexandra Sarabia Canchignia'.

---

Sarabia Canchignia Jessica Alexandra

C. C.: 17223564660

## **Dedicatoria**

A mis padres Manuel Garzón y Teresa Villacis, por brindarme su apoyo incondicional y apoyarme en cada decisión que he tomado en el transcurso de mi vida.

A mi hermano Danilo, que siempre me ha apoyado y escuchado cuando lo he necesitado.

**Garzón Villacis, Alex David**

## **Dedicatoria**

A Dios y a mis padres por haberme dado su apoyo incondicional durante toda la carrera universitaria, a mis hermanos por siempre brindarme su ayuda en los momentos más difíciles y finalmente a mi abuelito por su amor infinito.

**Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra**

## **Agradecimientos**

Agradezco infinitamente a mis padres, por ser el mejor ejemplo de esfuerzo y responsabilidad, sus consejos y aliento fueron muy importantes para mí, en momentos que no podía más.

A mi hermano, quien siempre confió en mí y es un ejemplo a seguir.

Agradezco a mis profesores por inculcarme sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Ing. López Jessenia, por apoyar y guiar el desarrollo del presente trabajo.

**Garzón Villacis, Alex David**



## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por guiarme, a mi papi Eddy por siempre ayudarme en todo, a mi mami Mónica por la formación que me brindo, a mi hermana Viviana por regalarme su tiempo en los momentos más complicados, a mi hermano Matías por escucharme cuando no podía más, a mi abuelito por darme los mejores consejos, a mi prima Galid por darme su apoyo y palabras de aliento, a mis amigos por regalarme los mejores momentos en la universidad, a todos mis maestros universitarios por inculcarme sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Ing. López Jessenia, por apoyar y guiar el desarrollo del presente trabajo.

**Sarabia Canchignia, Jessica Alexandra**

## Tabla de contenidos

<b>Carátula</b> .....	1
<b>Certificación</b> .....	2
<b>Reporte Urkund</b> .....	3
<b>Autoría de responsabilidad</b> .....	4
<b>Autorización</b> .....	5
<b>Dedicatoria</b> .....	6
<b>Agradecimientos</b> .....	8
<b>Tabla de contenidos</b> .....	10
<b>Índice de figuras</b> .....	13
<b>Índice de tablas</b> .....	14
<b>Resumen</b> .....	16
<b>Abstract</b> .....	17
<b>Introducción</b> .....	18
Antecedentes .....	18
Antecedentes teóricos .....	19
Antecedentes campo .....	20
Planteamiento del problema .....	20
Justificación e Importancia .....	21
Objetivos .....	22
<i>Objetivo General</i> .....	22
<i>Objetivo Especifico</i> .....	22
Hipótesis .....	22
Variables de investigación .....	22
<i>Variables dependientes</i> .....	23
<i>Variables independientes</i> .....	23
<b>Marco teórico</b> .....	24
Carragenina .....	24
Dimensionamiento de Equipos .....	24
<i>Rector de tanque agitado</i> .....	25
<i>Intercambiador de calor</i> .....	25
<i>Mezclador estático en línea de inyección</i> .....	30

<i>Centrifugadora de sedimentación</i> .....	30
<i>Filtro de prensa</i> .....	31
<i>Secador</i> .....	31
Importancia de la economía en el diseño de una planta química. ....	34
Inversión de capital en una planta química.....	34
Indicadores financieros.....	35
<i>Valor actual neto</i> .....	35
<i>Tasa mínima aceptable de rendimiento</i> .....	35
<i>Tasa interna de rendimiento</i> .....	36
<i>Razón beneficio/costo</i> .....	36
<i>Punto de equilibrio</i> .....	36
<i>Análisis de sensibilidad</i> .....	36
<b>Metodología del desarrollo del proyecto</b> .....	<b>37</b>
Dimensión y costo de equipos .....	37
<i>Dimensionamiento del reactor con agitación</i> .....	38
<i>Dimensionamiento del intercambiador de calor</i> .....	44
<i>Dimensionamiento del mezclador estático en línea</i> .....	56
<i>Dimensionamiento del centrifugador de sedimentación</i> .....	59
<i>Dimensionamiento del filtro de prensa</i> .....	61
<i>Dimensionamiento del secador</i> .....	63
Análisis Económico.....	65
<i>Inversión de capital fijo</i> .....	65
<i>Capital fijo</i> .....	65
<i>Estimación de la inversión total</i> .....	68
<i>Capital de trabajo</i> .....	68
<i>Costo de puesta en marcha</i> .....	69
<i>Beneficio anual</i> .....	69
<i>Costo total del producto</i> .....	69
<i>Demanda internacional de la carragenina</i> .....	72
<i>Tendencia del mercado de la carragenina</i> .....	73
<i>Establecer la capacidad de la planta</i> .....	74
<i>Consumo per cápita</i> .....	74
<i>Flujo de caja</i> .....	75

<i>Periodo de recuperación</i> .....	75
<i>Indicadores Financieros</i> .....	75
<i>Análisis de sensibilidad</i> .....	78
Dimensionamiento de equipos .....	79
Reactor con agitación.....	79
Intercambiador de calor.....	81
Mezclador estático.....	82
Centrifugadora de sedimentación .....	84
Filtro de prensa.....	85
Secador.....	86
Costo de equipos.....	87
Análisis Económico.....	88
<i>Capital Fijo</i> .....	88
<i>Estimación de la inversión total</i> .....	89
<i>Beneficio anual</i> .....	89
<i>Flujo de Caja</i> .....	92
<i>Período de recuperación</i> .....	95
<i>Índices financieros</i> .....	95
<b>Conclusiones</b> .....	98
Recomendaciones .....	100
<b>Bibliografía</b> .....	101
<b>Anexos</b> .....	105

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Representación esquemática de Carragenina Tipo Kappa</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Reactor de tanque agitado</i> .....	25
<b>Figura 3</b> <i>Intercambiador de calor más utilizado en la industria</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Tipos de Carcasas</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Tipos de deflectores</i> .....	29
<b>Figura 6</b> <i>Mezclador estático en línea de inyección</i> .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Equipo automático de filtro de prensa</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Medidas de un agitador de turbina</i> .....	41
<b>Figura 9</b> <i>Número de potencia <math>N_p</math> frente a <math>N_{Re}</math> para turbinas de seis palas</i> .....	42
<b>Figura 10</b> <i>Coeficiente global de transferencia de calor</i> .....	46
<b>Figura 11</b> <i>Espacio entre haz y carcasa</i> .....	48
<b>Figura 12</b> <i>Factor de corrección de la temperatura</i> .....	51
<b>Figura 13</b> <i>Coeficiente de transferencia calor</i> .....	55
<b>Figura 14</b> <i>Rendimiento del equipo de sedimentación</i> .....	60
<b>Figura 15</b> <i>Capacidad, área y longitud del filtro de prensa de placas</i> .....	62
<b>Figura 16</b> <i>Hidrocoloides presentes en el mercado en el año 2012</i> .....	73
<b>Figura 17</b> <i>Pronósticos nacionales de producción acuícola</i> .....	74

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Clases de intercambiadores de calor</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Aplicaciones de los secadores</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Factores de coste de material, relativos al acero de carbono sencillo</i> .....	38
<b>Tabla 4</b> <i>Caracterización del régimen de flujo</i> .....	40
<b>Tabla 5</b> <i>Factores de ensuciamiento (coeficientes)</i> .....	47
<b>Tabla 6</b> <i>Constantes del diseño de tubos</i> .....	49
<b>Tabla 7</b> <i>Temperaturas y valores de conductividad de metales</i> .....	51
<b>Tabla 8</b> <i>Datos generales conocidos</i> .....	79
<b>Tabla 9</b> <i>Datos para la determinación del espesor de carcasa</i> .....	79
<b>Tabla 10</b> <i>Datos conocidos para el dimensionamiento del reactor</i> .....	80
<b>Tabla 11</b> <i>Dimensionamiento del reactor con agitación</i> .....	80
<b>Tabla 12</b> <i>Especificaciones del sistema de agitación</i> .....	81
<b>Tabla 13</b> <i>Datos de alimentación de carragenina</i> .....	82
<b>Tabla 14</b> <i>Datos de alimentación del refrigerante</i> .....	82
<b>Tabla 15</b> <i>Dimensiones del intercambiador de calor</i> .....	82
<b>Tabla 16</b> <i>Datos conocidos de los flujos</i> .....	83
<b>Tabla 17</b> <i>Dimensionamiento del mezclador</i> .....	84
<b>Tabla 18</b> <i>Datos para la determinación del factor sigma</i> .....	84
<b>Tabla 19</b> <i>Dimensionamiento de la centrifugadora de sedimentación</i> .....	85
<b>Tabla 20</b> <i>Datos para el dimensionamiento del filtro de prensa</i> .....	85
<b>Tabla 21</b> <i>Dimensionamiento del filtro de prensa</i> .....	85
<b>Tabla 22</b> <i>Datos de alimentación al secador</i> .....	86
<b>Tabla 23</b> <i>Carga del secador</i> .....	86
<b>Tabla 24</b> <i>Dimensiones del secador</i> .....	87
<b>Tabla 25</b> <i>Costo de equipos utilizados en la planta de producción</i> .....	87
<b>Tabla 26</b> <i>Costos directos e indirectos del capital fijo</i> .....	88
<b>Tabla 27</b> <i>Datos para la estimación de la inversión total</i> .....	89
<b>Tabla 28</b> <i>Datos para la estimación del costo de fabricación</i> .....	89
<b>Tabla 29</b> <i>Datos para la estimación de los gastos generales de la planta</i> .....	90
<b>Tabla 30</b> <i>Determinación del costo total del producto</i> .....	90
<b>Tabla 31</b> <i>Determinación de los ingresos totales por venta</i> .....	90
<b>Tabla 32</b> <i>Determinación del beneficio anual</i> .....	91

<b>Tabla 33</b> <i>Flujo de caja</i> .....	92
<b>Tabla 34</b> <i>Periodo de recuperación</i> .....	95
<b>Tabla 35</b> <i>Inflación en Ecuador</i> .....	95
<b>Tabla 36</b> <i>Valor actual neto</i> .....	96
<b>Tabla 37</b> <i>Tasa interna de retorno</i> .....	96
<b>Tabla 38</b> <i>Punto de equilibrio</i> .....	97
<b>Tabla 39</b> <i>Análisis de sensibilidad</i> .....	97

## Resumen

En la actualidad el estudio de las algas rojas se ha ido intensificando, debido a que, presenta varias utilidades, por ejemplo, la producción de carragenina a partir del alga roja *Eucheuma Cottonii*. En Ecuador, no existen empresas productoras de este polisacárido, por lo que el montaje de una planta de producción de carragenina, representa un complemento a esta alternativa, que permitirá colaborar con el desarrollo económico del país. Actualmente toda la carragenina que se consume en Ecuador procede de las 121 toneladas promedio anuales que se importan al país, por lo tanto, con el presente estudio se pretende cubrir con la demanda nacional de este polisacárido seguido de la exportación del mismo. En el presente trabajo se dimensionaron los equipos necesarios para la producción de carragenina, teniendo en cuenta que, el material de fabricación que se empleará será acero inoxidable 304, puesto que, presenta excelentes cualidades anticorrosivas. Se realizó un análisis económico, considerando que la producción anual de carragenina será de 1000 toneladas anuales, con un crecimiento lineal anual del 5%, mencionado análisis involucra la determinación de varios factores como la inversión total necesaria, beneficio anual del proyecto, gastos administrativos y el periodo necesario para recuperar dicha inversión. Se determinó una inversión total de \$4927734.19, la cual será empleada para la puesta en marcha del proyecto, teniendo en cuenta que se financiará el 50% de la inversión por terceros. Se determinó que el presente proyecto es viable, porque presenta una estimación de flujos de caja positivos, adicionalmente con la ayuda de los principales indicadores económicos se corroboró la factibilidad del proyecto, los valores obtenidos para el VAN y el TIR, son los siguientes: VAN de \$ 10.207.478,84 USD; TIR de 95%. Considerando que se producirá 1000 toneladas de carragenina en el primer año y el precio por kilogramo de carragenina en el mercado externo es de \$11, se estima que los ingresos totales por venta para el primer año serán igual a \$11000000.

Palabras clave:

- CARRAGENINA
- ALGA ROJA
- ESPESANTE
- GELIFICANTE
- VIABILIDAD.



### **Abstract**

Currently, the study of red algae has been intensifying, because it has several utilities, for example, the production of carrageenan from the red algae *Eucheuma Cottonii*. In Ecuador, there are no companies producing this polysaccharide, so the assembly of a carrageenan production plant represents a complement to this alternative, which will allow collaborating with the economic development of the country. Currently, all the carrageenan consumed in Ecuador comes from the 121 average annual tons that are imported into the country; therefore, this study aims to cover the national demand for this polysaccharide followed by its exportation. In the present work, the equipment necessary for the production of carrageenan was dimensioned, taking into account that the manufacturing material to be used will be 304 stainless steel, since it has excellent anticorrosive qualities. An economic analysis was carried out, considering that the annual production of carrageenan will be 1000 tons / year, with an annual linear growth of 5%, said analysis involves the determination of several factors such as the total investment necessary, annual project benefit, administrative expenses and the period necessary to recover said investment. A total investment of \$ 4927734.19 was determined, which will be used to start the project, taking into account that 50% of the investment will be financed by third parties. It was determined that the present project is viable since it presents an estimate of positive cash flows, with the help of the main economic indicators the feasibility of the project was corroborated, the values obtained for the NPV and the IRR, are the following : NPV of \$ 10, 207,478.84 USD; IRR of 95%. Considering that 1000 tons of carrageenan will be produced in the first year and the price per kilogram of carrageenan in the foreign market is \$ 11, it is estimated that the total income per sale for the first year will be equal to \$ 11, 000,000.

Keywords:

- CARRAGEENAN
- RED ALGAE
- THICKENER
- GELLING AGENT
- VIABILITY.

## Capítulo I

### 1. Introducción

#### 1.1 Antecedentes

La carragenina se caracteriza por su facilidad al disolverse en agua fría generando altas viscosidades, útiles al momento de aplicarlos en el desarrollo de productos, comercialmente se encuentran tres tipos: lambda, kappa y iota, estos dos últimos forman geles termorreversibles en presencia de iones potasio o calcio; la carragenina tipo kappa forma geles muy rígidos con iones potasio en comparación con la carragenina iota que son geles suaves con presencia de iones calcio (Tena, 2018).

Destaca su aplicabilidad en proteínas, productos lácteos, bebidas en polvo, usado en el relleno para pasteles y tartas que se comercializan congelados debido a su alta estabilidad en los ciclos de congelación y descongelación (Tena, 2018).

La creación de un plan de diseño con especificaciones y predicción de resultados financieros, si en este plan se aplica en plantas, es la actividad de diseño en petroquímica. El diseño es una actividad creativa, este inicia en base a un objetivo específico, es decir, una necesidad, creando oportunidades comerciales. El diseñador tiene control sobre la elección del proceso, elección de las condiciones de proceso, de materiales y de selección de equipos (Sinnott & Towler, 2012).

El uso de la carragenina en Chile se menciona en la siguiente investigación “Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I”, en la cual se realizó una evaluación financiera mediante criterios que permiten tomar decisiones de inversión como lo son el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), razón costo/ beneficio. Incluyendo un análisis de la demanda de carragenina a nivel mundial y también específicamente en el país de Chile. Al finalizar este estudio se llegó a una conclusión en la cual el proyecto es viable, por lo que da apertura a que proyectos similares se lleven a cabo en otros países como Ecuador, con el fin de crear nuevas fuentes de trabajo, posicionar al país como un nuevo exportador de carragenina abarcando estándares internacionales y también como consumidor interno en el país para el sector alimentario (Mancilla, 2012).

En base al estudio de “Calidad nutritiva, microbiológica y organoléptica del jamón de espalda con la adición de diferentes niveles de carragenina” realizado en la Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo en donde tuvo lugar una evaluación de diferentes niveles de carragenina en carne de paleta de cerdo, tamaño de unidad analizado de 3 kg, el porcentaje de carragenina fue de 19,53%, lo que permite establecer un criterio: que el uso de la carragenina en la industria alimentaria en el país para producir alimenticios es alta, este resultado potencia más la investigación de factibilidad para el desarrollo de una planta de producción de carragenina (Velasategui, 2010).

La viabilidad técnica y económica de una planta de producción de polisacáridos se menciona en el siguiente trabajo de titulación “Prefactibilidad técnica y económica de una planta productora de alginato de sodio a partir de algas pardas”, en la cual se diseñó una planta productora de este polisacárido con una producción anual de 250 toneladas, para cumplir con el objetivo de producción se emplearon 13 equipos dimensionados acorde a los requerimientos planteados, empleando acero inoxidable AISI 304, por sus excelentes propiedades anticorrosivas y de soldadura. El análisis económico se llevó a cabo mediante la elaboración de flujos de cajas puros y financiados en 75%, 50% y 25%, con un periodo de 10 años, finalmente se evaluaron los indicadores financieros VAN, TIR, PRI, concluyendo que el proyecto si es factible (Collío, 2016).

En el estudio “Proyecto de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de agar-agar”, se analizan varios factores económicos como el punto de equilibrio, VAN, TIR, índices beneficio/costo, con la finalidad de evaluar económicamente la prefactibilidad del proyecto, La evaluación del proyecto, con base en la rentabilidad económica y financiera dio como resultado valores de VAN positivos, índices beneficio/costo mayores que 1 y tasas internas de retorno de 44% y 75%, finalmente el análisis del punto de equilibrio recomienda una producción mínima de 1434 kilos mensuales en consecuencia, se concluyó que el proyecto es rentable (Cisneros, 2015).

Al realizar un análisis financiero, específicamente la inversión actualmente depende y se diferencian entre proyectos por la magnitud, tipo de obra, naturaleza, además de otros parámetros.

## **1.2 Antecedentes teóricos**

Como menciona (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 2006) se analiza el Manejo de Recursos costeros en el Gran Caribe, dentro de este se da viabilidad al cultivo de algas en las costas de centro américa y parte de Sur américa,

permite una visualización desde el enfoque de comunidades costeras de la región, lo que permite tener un panorama más amplio acerca de cómo es la situación de las familias que viven de la pesca, estas familias dieron a notar su interés en proyectos de cultivo de algas; estas iniciativas les permite tener un ingreso extra, por el momento estas familias no cuentan con capital ni ingresos para desarrollar ocupaciones alternativas.

### **1.3 Antecedentes campo**

Dentro de la producción de carragenina existen algunas investigaciones con carácter experimental en países como Perú, Brasil, Chile y Colombia, dentro de estas investigaciones se enfatiza la obtención de carragenina a partir de macroalgas, de tal forma que se han establecido rendimientos de obtención de carragenina mediante condiciones específicas y métodos de análisis, es importante mencionar que las carrageninas no se utilizan solo en la industria alimentaria, puesto que, presentan varias aplicaciones, en nuevas investigaciones se ha verificado el uso de este polisacárido en la producción de polímeros y de ácidos orgánicos usados en la matriz de la industria petroquímica (Salas et al., 2008).

Como consecuencia del incremento en investigaciones referentes a las propiedades de la carragenina, se han identificado varios usos que se le puede atribuir a este polisacárido, por ejemplo, la síntesis de películas biodegradables, que representan una gran alternativa en comparación con las fuentes no renovables debido a su citocompatibilidad, biodegradabilidad y características antimicrobianas (De Lima Barizão et al., 2020).

Últimamente se ha enfatizado la síntesis de nanopartículas metálicas, empleando fuentes marinas, incluyendo micro y macroalgas, la carragenina se utiliza principalmente para controlar el tamaño, evitando que se formen aglomeraciones espontáneas de nanopartículas y a la vez actúan como estabilizantes, con el uso de polisacáridos de carragenina se pueden sintetizar nanopartículas de hierro en el rango de 1 a 100 nm (Kaliaraj et al., 2011).

### **1.4 Planteamiento del problema**

A través de los años el estudio referente al aporte industrial que brindan los diferentes tipos de algas marinas se ha ido intensificando día a día, tal es el caso de las carrageninas que son un grupo de polisacáridos naturales que están presentes en ciertas

variedades de algas rojas (Mancilla, 2012). En Ecuador es mínimo el cultivo de este tipo de algas; por lo tanto, su estudio no es considerado en primer plano, si se otorgara la importancia necesaria al análisis de la carragenina se podría contribuir de manera significativa a la economía del país (Glicksman, 1987).

La problemática inminente en el presente estudio es la falta de investigación y puesta en marcha de proyectos acerca de los usos que se le puede dar a la carragenina obtenida a partir de algas rojas en Ecuador, para esto como punto de partida se deberá fomentar el cultivo nacional de algas marinas, pero para que este proyecto sea viable es necesario que exista una demanda real de estas algas en el país, en otras palabras es necesario que existan empresarios dispuestos a invertir en la operación.

Para demostrar la factibilidad del proyecto realizado por Tonato Brayan y Villamarín María con el tema “Estudio técnico de la planta de producción de carragenina” se realizó la dimensión de los equipos y el análisis económico que permitirá determinar si la planta generará ganancias, mediante la interpretación de los resultados obtenidos en los diferentes indicadores financieros, por ejemplo, valor actual neto (VAN), tasa interna de rendimiento (TIR), tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), razón beneficio/costo, etc. Es importante comprometer el capital suficiente para construir todos los aspectos de la instalación necesarios en la planta, teniendo en cuenta la prioridad de disminuir el costo total empleado en el montaje, por otro lado, el análisis económico también permitió determinar los fondos que deben estar disponibles para gastos directos e indirectos de la planta; por ejemplo, materias primas, mano de obra, servicios públicos, salarios administrativos, ventas de productos y costos de distribución (Peters et al., 2003).

### **1.5 Justificación e Importancia**

El previo desarrollo de un análisis referente a la dimensión de los equipos y el costo de la planta de producción de carragenina es de vital importancia en un proyecto; por lo cual, permite estimar y proyectar la inversión total necesaria para llevar a cabo la planta de producción, considerando los costos directos e indirectos que involucra la misma. Posteriormente, gracias al análisis económico se puede estimar los ingresos totales por venta, dando paso a calcular el beneficio anual que producirá la planta de producción, determinando así la rentabilidad económica que se puede obtener con el proceso.

Económicamente la tendencia del mercado mundial de la carragenina, va en crecimiento, al producir este polisacárido nacionalmente se optaría por exportarlo y eventualmente los ingresos por venta de la planta de producción aumentarían. Por otro lado, es importante y necesario evaluar la rentabilidad económica que presenta el proyecto, mediante el desarrollo del flujo de caja, estimando una proyección de 5 años y finalmente determinando el periodo de recuperación del capital inicial.

Un aspecto de gran importancia es el dimensionamiento de los principales equipos a emplear en la planta de producción, para lo cual, se debe considerar bases de diseño, variables de operación y criterios de diseño para cada equipo por separado.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

- Evaluar la parte económica y financiera de la planta de producción de carragenina, por medio del uso de Excel, para determinar si el proyecto planteado es factible.

### **1.6.2 Objetivo Específico**

- Dimensionar los equipos utilizados en la simulación de la producción de carragenina.
- Estimar y proyectar la inversión total, capital, beneficio anual del proyecto, gastos administrativos de las operaciones.
- Calcular los indicadores financieros: Valor actual neto (VAN), Tasa interna de rendimiento (TIR), Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), razón B/C y punto de equilibrio.
- Realizar una proyección de flujo de efectivo estimado para 5 años.
- Realizar el análisis de sensibilidad del proyecto.

## **1.7 Hipótesis**

- Los ingresos totales por ventas de carragenina serán mayores que los costos totales de producción.

## **1.8 Variables de investigación.**

### **1.8.1 Variables dependientes.**

- Factibilidad de la construcción de una planta de producción de carragenina partir de algas rojas "Eucheuma Cottonii", en Ecuador.

### **1.8.2 Variables independientes.**

- Estimación de costos directos e indirectos en relación al proceso de puesta en marcha de la planta de producción.
- Dimensionamiento de los equipos que se emplearán en el proceso de producción de carragenina.
- Estimación de índices financieros como lo son valor actual neto (VAN), tasa interna de rendimiento (TIR), tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), razón costo/beneficio (razón C/B), punto de equilibrio.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

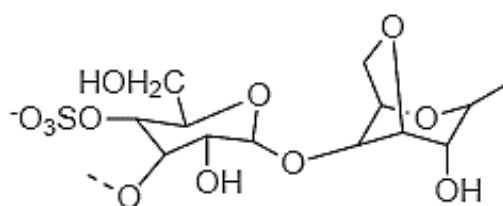
#### 2.1 Carragenina

Las carrageninas son conocidas como polisacáridos lineales sulfatados, son obtenidas a partir de algas rojas; están formados esencialmente por D-galactosa y 3,6-anhidrido-galactosa, su unión está dada por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,3 y  $\beta$ -1,4. (Pettinelli, 2020). Los grupos sulfatos suelen ser comparados con el sulfato inorgánico; estos son los causantes de la reactividad química de las carrageninas, el grupo brinda características anódicas. Dentro de la industria de las carrageninas existen tres tipos que resaltan sobre las demás: Iota, Kappa y Lambda; cada una de ellas son extraídas de diferentes tipos de algas, estas pueden ser distinguidas entre sí por el número y posiciones del grupo éster sulfato y contenido de 3,6-anhidrogalactosa.

En este estudio se dará mayor enfoque a la carragenina tipo Kappa, como menciona (Pettinelli, 2020) esta carragenina tiene un contenido de 22% (p/p) de sulfato de forma general pero aun así está sujeta a cambios por las variaciones de alga. La carragenina tipo Kappa es una carragenina gelificante, forma una red de dobles hélices tridimensionales esto provoca un entrecruzamiento entre las cadenas de forma espiral de los grupos sulfatos.

#### Figura 1

*Representación esquemática de Carragenina Tipo Kappa.*



*Nota.* Recuperado de autoría propia, ChemDraw.

#### 2.2 Dimensionamiento de Equipos

Una vez realizado la simulación de la planta de producción de carragenina (Ver Anexo A) es importante considerar el dimensionamiento de los equipos para estimar los costos de los mismos.

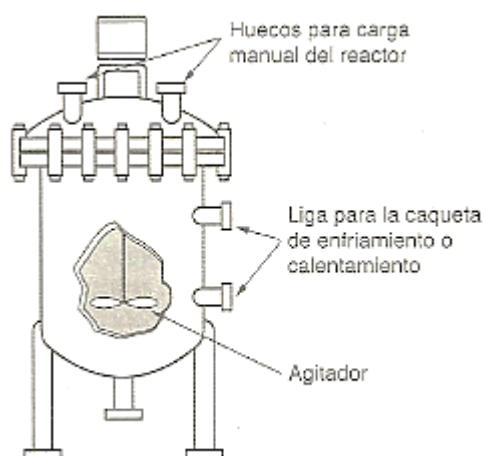


### 2.2.1 *Reactor de tanque agitado*

Los reactores de tanque agitado radican en un tanque equipado con un agitador mecánico. Usualmente los reactores de tanque agitado también están constituidos por una camisa calefactora o de refrigeración. Se pueden usar varios reactores en serie o en paralelo. El rango de tamaños del reactor va de unos pocos a miles de litros. Se utilizan para reacciones gas – líquido y líquido – líquido (heterogéneas y homogéneas). Como el grado de agitación está bajo el control del diseñador, los reactores de tanque agitado son adecuados para reacciones en las que se requiere una buena transferencia de masa o de calor (Sinnott & Towler, 2012).

#### **Figura 2**

*Reactor de tanque agitado*



*Nota.* Recuperado de (Fogler, 2008).

### 2.2.2 *Intercambiador de calor*

La transferencia de calor es esencial en la mayoría de los procesos químicos, el equipo de transferencia de calor más usado es el intercambiador de tubo y carcasa. En estos equipos se da comúnmente entre dos corrientes precedentes de una planta de servicios, se denominan calentadores o refrigerantes. El objetivo primordial del dimensionamiento de un intercambiador es determinar el área superficial requerida una vez especificada la velocidad de transferencia de calor (Sinnott & Towler, 2012).

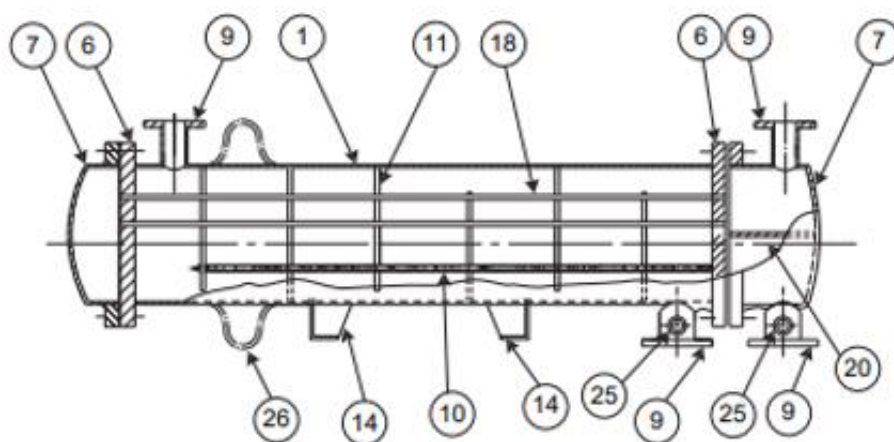
El equipo a dimensionar será un intercambiador de tubo y carcasa, debido a que es muy utilizado en la industria química, presenta las siguientes ventajas : en su

construcción se puede utilizar numerosos tipos de materiales, brinda facilidades de limpieza y ofrece un buen diseño mecánico, es decir, buena forma de operar (Sinnott & Towler, 2012).

Un intercambiador de calor de tubo y carcasa consiste en un haz de tubos cubiertos por una carcasa cilíndrica, esta tiene deflectores que dirigen el caudal y soporta los tubos. El tipo de intercambiador de tubos y carcasa más sencillo y económico es el diseño de placa de tubos fijados (Sinnott & Towler, 2012).

### Figura 3.

*Intercambiador de calor más utilizado en la industria.*



*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

donde

- 1: Carcasa
- 6: Placa de tubos fijos (plato de tubos)
- 7: Canal
- 9: Rama (boquilla)
- 10: Barra de unión y espaciador
- 11: Deflector de cruz o plato de soporte de tubos
- 14: Soporte de apoyo

18: Tubo

20: Partición de paso

25: Conexión de ensayo

26: Bucles de expansión.

- **Códigos y estándares de los intercambiadores de calor**

Las características de diseño mecánico, la fabricación, materiales de construcción y las pruebas de intercambiadores de tubo y carcasa están estipulados por los estándares de la American Tubular Exchanger Manufacturers Association, TEMA (Sinnott & Towler, 2012).

**Tabla 1**

*Clases de intercambiadores de calor*

Clase	Aplicación
C	Trabajan en condiciones moderadas aplicado en usos comerciales y generales.
B	Aplicado en procesos químicos

*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Factores de ensuciamiento**

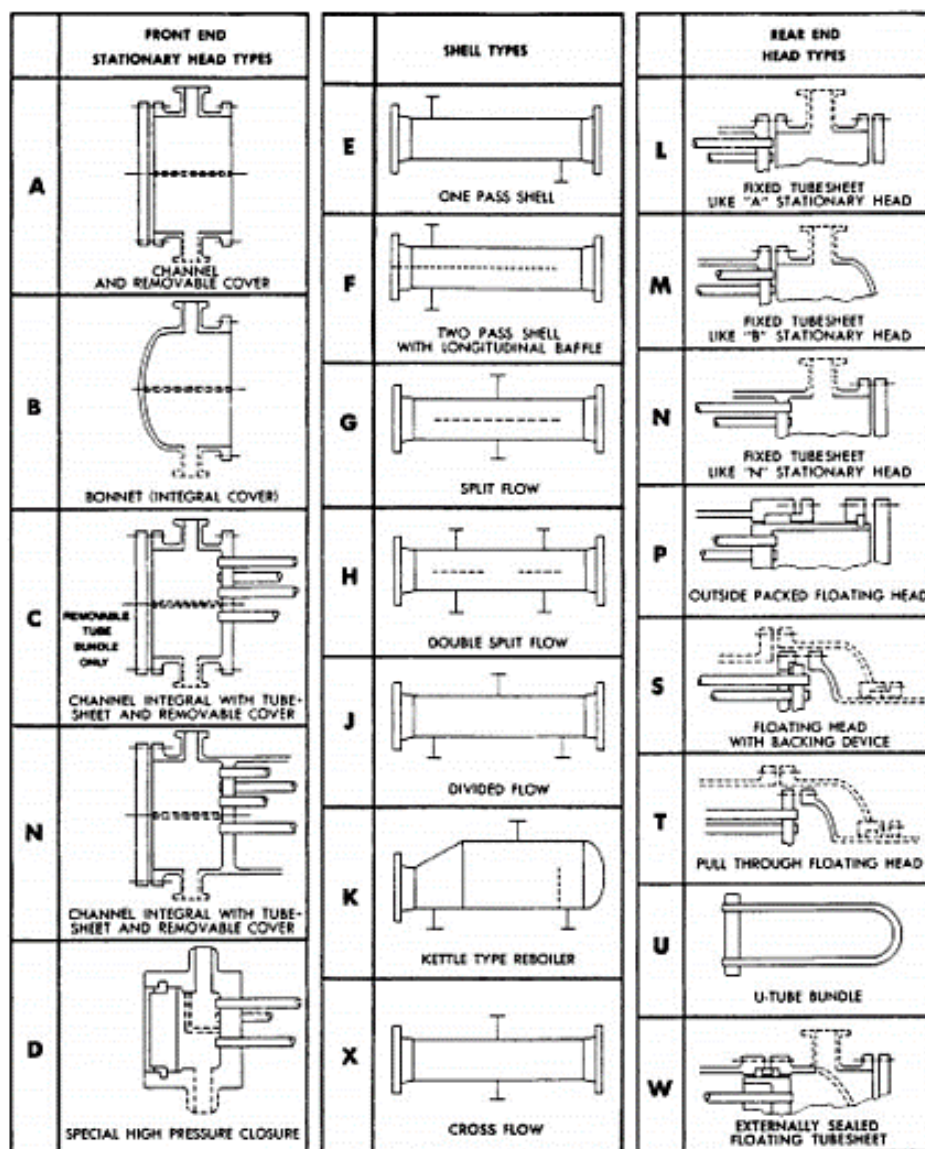
Los fluidos de servicios en procesos dejan a su paso incrustaciones en las superficies de transferencia de calor en un intercambiador. El material depositado tiene conductividad térmica relativamente baja por lo cual reducirá el coeficiente global. Los datos de ensuciamiento son denominados como resistencias de transferencia de calor (Sinnott & Towler, 2012).

- **Tipos de carcasa**

En la Figura 4 se muestra las principales disposiciones de las carcasa. Las letras E, F, G, H, y J son las de uso común y estándar TEMA. La carcasa con letra E es la más usada (Sinnott & Towler, 2012).

**Figura 4**

*Tipos de Carcasas*



*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Nomenclatura de tubos y carcasas**

El método para describir a un intercambiador es indicar el número de pasos tanto del tubo como de la carcasa (Sinnott & Towler, 2012):

$$\frac{m}{n} \text{ o } m:n$$

donde

$m$  = es el número de pasos de la carcasa

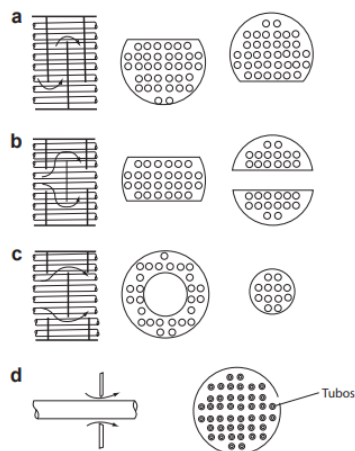
$n$  = número de pasos de tubo.

- **Deflectores**

Se usan deflectores en la carcasa para poder direccionar la corriente de fluidos, provocando que la velocidad del fluido aumente, y, por lo tanto, mejorando la transferencia de calor. El deflector más usado es de segmentación único (Sinnott & Towler, 2012).

### Figura 5

*Tipos de deflectores*



*Nota.* Tipos de deflectores usados en intercambiadores de calor de tubos y carcasas. (a) Segmentario. (b) Segmento y banda. (c) Orificio. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Método de Kern**

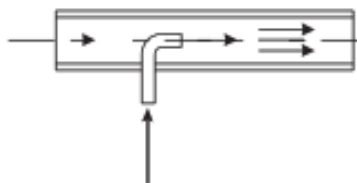
Para este diseño de intercambiador se usará el Método de Kern, este método trabaja con intercambiadores comerciales, se puede llegar a obtener tolerancias estándares y valores satisfactorios de transferencia de calor. La transferencia de calor del lado de la carcasa y factores de fricción están relacionados entre sí de igual forma con los flujos del lado de los tubos, esto si se usa una velocidad y diámetro de la carcasa hipotéticos (Sinnott & Towler, 2012).

### **2.2.3 Mezclador estático en línea de inyección**

En los mezcladores por inyección, se introduce uno de los fluidos dentro de la corriente por la que circula el otro mediante una tubería concéntrica o en serie de chorros dispuestos anularmente, la mezcla se llevará a cabo por arrastre y difusión turbulenta. Tales dispositivos se deben usar cuando un caudal sea mucho menor que el otro, y se obtendrá una mezcla satisfactoria en una longitud de tubería de aproximadamente 80 veces el diámetro de tubería (Sinnott & Towler, 2012).

#### **Figura 6**

*Mezclador estático en línea de inyección*



*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

### **2.2.4 Centrifugadora de sedimentación**

Este equipo depende de la diferencia de densidad entre las fases líquida y sólida. En este tipo de máquina, los sólidos depositados sobre la pared del recipiente se eliminan mediante un tornillo sinfín, el cual gira a una velocidad diferente a la del recipiente. Las centrifugadoras de descarga con tornillo sinfín se pueden diseñar para que los sólidos se puedan lavar y se puedan descargar mayoritariamente secos (Sinnott & Towler, 2012).

- **Teoría sigma para centrífugas de sedimentación**

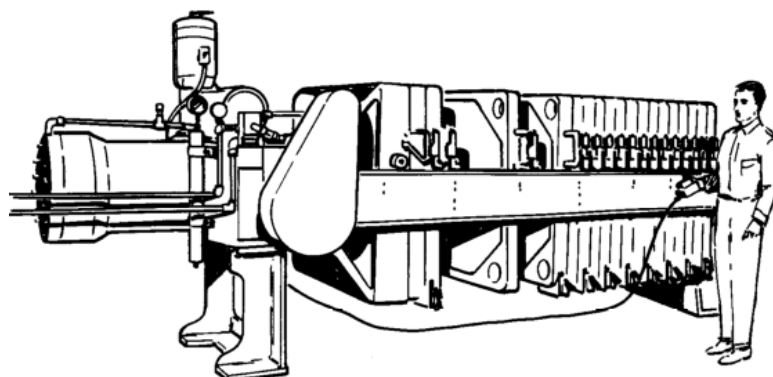
La teoría sigma se emplea en el estudio de las centrifugadoras de sedimentación, presentan varias ecuaciones que permiten determinar el tamaño de la máquina, al obtener el valor de “sigma” ( $\Sigma$ ), que es igual al área transversal de un tanque de asentamiento por gravedad (Sinnott & Towler, 2012).

### **2.2.5 Filtro de prensa**

Un filtro de prensa está conformado por un conjunto de placas diseñadas para proveer una serie de cámaras o compartimentos en los que se pueden retirar los sólidos. Las placas se recubren con un medio filtrante tal como una lona. La suspensión se inserta en cada cámara bajo presión; el líquido pasa a través de la lona y sale a una tubería dejando detrás una torta húmeda de sólidos (McCabe et al., 1991).

#### **Figura 7**

*Equipo automático de filtro de prensa*



*Nota.* Recuperado de (McCabe et al., 1991).

La filtración continúa hasta que ya no sale líquido por el tubo de descarga o bien aumenta bruscamente la presión de filtración, esto ocurre cuando las placas se saturan del sólido y ya no puede entrar más suspensión (McCabe et al., 1991).

### **2.2.6 Secador**

El secado es la eliminación de agua u otros líquidos volátiles mediante la evaporación de estos, en una gran parte cuando se trabaja con sólidos, requieren de secado en una parte de su tratamiento. Para la selección de un secador se debe tomar

en cuenta la concentración de la alimentación, el proceso de secado térmico resulta mucho más costoso que el secado mecánico. La clasificación de un secador de acuerdo al diseño y características es el siguiente:

- Discontinuo o continuo.
- Estado físico de la alimentación: líquido, lechada y sólido húmedo.
- Método de transporte del sólido: cinta transportadora, rotatoria y fluidizado.
- Sistema de calefacción: conducción, convección y radiación.

El sistema de aire caliente es utilizado de manera general como medio de transferencia de masa en secaderos para el sector industrial. El aire puede ser calentado directamente con el uso de los productos de la combustión del combustible usado, como son: gasoil, gas o carbón; también puede ser calentado de forma indirecta por pilas de tubos con aletas calentados por vapor. En el secador los ventiladores eléctricos impulsa al aire a través del secador (Sinnott & Towler, 2012).

- **Secadores y sus aplicaciones**

**Tabla 2**

*Aplicaciones de los secadores*

Tipo de secador	Sistema	Presentación del alimento	Productos típicos
Hornos por cargas	Convección forzada	Pasta, gránulos, torta extruida	Pigmentos para tintes, productos farmacéuticos, fibras
	Vacío	Torta extruida	Productos farmacéuticos
Perol (mezclado)	Presión atmosférica o a vacío	Cristales, gránulos, polvo	Productos de química fina, alimentos
Rotativo	Vacío	Cristales, gránulos de la recuperación de disolventes	Productos farmacéuticos
Lecho Fluidizado	Convección forzada	Granular, cristales	Química fina, productos farmacéuticos, plásticos
Infrarrojos	Radiante	Componentes laminados	Productos metálicos y plásticos



Tipo de secador	Sistema	Presentación del alimento	Productos típicos
Rotativo continuo	Convección forzada	Cristales, polvos gruesos, extruidos, tortas premoldeadas, terrones y pasta granular y rellenos, tortas mezcladas con productos secos	Menas químicas, productos de alimentación, arcillas, pigmentos, químicos Negro de carbón
	Directo/indirecto		
	Directo		
	Indirecto		
Tambor de película	Conducción	Líquidos, suspensiones	Comestibles, pigmentos Cerámicos, adhesivos Comestibles, productos farmacéuticos, cerámicos, química fina, detergentes, extractos orgánicos Alimentos, pigmentos, productos químicos, goma, arcilla, menas, textiles
Gamella	Conducción		
Atomizador	Convección	Líquidos, suspensiones	
Cinta	Convección	Sólidos en bosquejo	
Lecho fluidizado	Convección	Gránulos sólidos, cristales en bosquejo	Menas, carbón, arcilla, productos químicos
pneumático	Convección	Pastas, gránulos, cristales, productos bastos en bosquejo	Productos químicos, almidón harina, resinas derivados de madera, alimentos Productos metálicos, artículos de fibras moldeadas, superficies pintadas
Infrarrojos	Radiante	Láminas de componentes	

*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Secador de Lecho fluidizado**

En este secador el gas de secado pasa a través de los sólidos a una velocidad suficiente para soportar el lecho fluidizado, esto promueve una elevada transferencia de calor y velocidad de secado. Están diseñados para estar en operación en continuo o en discontinuo. Las ventajas de usar este tipo de secador es su rápida transferencia de calor y de manera uniforme, corto tiempo de secado con favorable control de condiciones de secado (Sinnott & Towler, 2012).

### **2.3 Importancia de la economía en el diseño de una planta química.**

La construcción de una planta química siempre involucra un análisis económico, permitiendo comparar la rentabilidad del proceso frente a otras alternativas de diseño, para la síntesis de un producto (Peters et al., 2003).

Un diseño de planta aceptable debe representar una planta que brinde un producto que de ganancias. Inicialmente, se debe comprometer capital suficiente para construir todos los aspectos de la instalación necesarios para la planta. Dado que la utilidad neta es igual a los ingresos totales menos todos los gastos, es esencial que el petroquímico sea consciente de los diversos tipos de costos asociados con cada paso de fabricación. Los fondos deben estar disponibles para gastos directos de la planta, como: materias primas, mano de obra, servicios públicos, y para gastos indirectos, como salarios administrativos, ventas de productos y costos de distribución (Peters et al., 2003).

### **2.4 Inversión de capital en una planta química.**

Una definición económica tradicional de capital es "una reserva de riqueza acumulada". En un sentido aplicado, el capital es un ahorro que puede utilizarse según lo decida el propietario. Un uso de los ahorros es la inversión; es decir, utilizar los ahorros para promover la producción de otros bienes, en lugar de estar disponibles únicamente para fines de disfrute inmediato, con el objetivo de obtener ingresos o ganancias (Peters et al., 2003).

Antes de que se pueda poner en funcionamiento una planta industrial, se debe disponer de una gran suma de dinero para comprar e instalar la maquinaria y equipos necesarios. Para realizar la implementación de la planta se debe tomar en cuenta que la construcción debe ser totalmente completa con todas las tuberías y controles además de

servicios, el lugar y el espacio que va a ocupar, es decir, el terreno donde permita tener los servicios básicos.

Además, se requieren fondos para pagar los gastos relacionados con la operación de la planta antes de que los ingresos por ventas estén disponibles. El capital necesario para suministrar las instalaciones necesarias de fabricación y planta se denomina inversión de capital fijo (FCI), mientras que el necesario para el funcionamiento de la planta se denomina capital de trabajo (WC). La suma de la inversión de capital fijo y el capital de trabajo se conoce como inversión de capital total (TCI). La porción de capital fijo puede subdividirse en inversión de capital fijo manufacturero, también conocida como costo directo, e inversión no manufacturera de capital fijo, también conocida como costo indirecto (Peters et al., 2003).

## **2.5 Indicadores financieros**

### **2.5.1 Valor actual neto**

Valor actual neto (VAN) como menciona (Boulanger et al., 2007) se basa en determinar la diferencia entre valor actual de los flujos de beneficio y el valor actual de inversiones y asimismo de otros egresos de efectivo.

El VAN además se considera como la suma de todos los flujos actuales de efectivos venideros de una inversión o proyecto menos las salidas, este indicador da paso a conocer el valor del dinero actual, es decir hoy, que va a recibir el proyecto en el futuro, a una tasa de interés, esto es una tasa de actualización o descuento, y un periodo determinado, es decir, horizonte de evaluación; con la finalidad de realizar una comparativa entre este valor y la inversión inicial (Hamilton & Pezo, 2005).

### **2.5.2 Tasa mínima aceptable de rendimiento**

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), trata acerca, de estimar como el dinero invertido crece en términos reales en función de la situación actual de cada sector, región y país; en todos los países entre ellos Ecuador existe inflación, esta pueden tener un valor mínimo; crecer en términos reales significa ganar un rendimiento superior al de la inflación, si el rendimiento se mantiene igual a la inflación quiere decir que mantiene su valor adquisitivo (Baca, 2007).

### **2.5.3 Tasa interna de rendimiento**

La ganancia anual que corresponde al inversionista se puede formular como una tasa de rendimiento conocida como tasa interna de rendimiento (TIR); se puede definir como una tasa de interés que es igual a los valores actuales de flujos descontados con la inversión (Baca, 2007)

Una característica importante de TIR es que representa un valor máximo al cual el inversionista está dispuesto a pedir en el préstamo para financiar la totalidad del proyecto, también figura como el rendimiento o costo sobre la inversión inicial, la TIR es la tasa de interés pagada sobre los saldos de dinero del préstamo, asimismo es la tasa de rendimiento ganado sobre el saldo no recuperado de la inversión. La (TIR) es un indicador que no depende de otro parámetro económico, sino que es una característica propia del proyecto (Meza, 2013).

### **2.5.4 Razón beneficio/costo**

La razón beneficio/costo (B/C) también conocida como índice de rentabilidad (IR) aplicado a un proyecto es la relación existente entre el valor presente de los flujos futuros de efectivo y gasto inicial (Van Horne & Wachowicz, 2002).

### **2.5.5 Punto de equilibrio**

El punto de equilibrio permite determinar el comportamiento de los costos, gastos e indica cuál debe ser el nivel de ventas de una empresa o proyecto para que esta no tenga pérdidas ni tampoco ganancias; este indicador económico también es el nivel de ventas en donde los ingresos (ventas) son iguales a los egresos (costos y gastos).

### **2.5.6 Análisis de sensibilidad**

Análisis de sensibilidad un método que visualiza las ventajas y desventajas referentes a la sección económica de un proyecto; adicionalmente, este análisis facilita la toma de decisiones en el proyecto, dentro de este se diferencia entre las variables que afecta en gran o pequeña medida en el resultado económico del proyecto final, las variables a analizarse son las más inciertas, en este caso aplicado al estudio de producción de carragenina a partir de la alga roja se tiene como incertidumbre los costos de venta por la alta variabilidad de abastecedor de alga roja (Almeyda & Armas, 2018).

## Capítulo III

### 3. Metodología del desarrollo del proyecto

#### 3.1 Dimensión y costo de equipos

Para llevar a cabo el dimensionamiento operativo de los equipos que están presentes en la planta de producción, es importante considerar bases de diseño, variables específicas de funcionamiento y criterios de dimensión para cada equipo por separado.

El dimensionamiento de equipos se ve relacionado con la producción anual, que se proyecta para un determinado periodo de tiempo de operación. Considerando un 5% de crecimiento con respecto a la producción anual de la planta, se aplicará un sobredimensionamiento de un 20%, con la finalidad de satisfacer futuros aumentos de producción. Por otro lado, se estima que la planta operará 350 días/año, de tal manera que el resto del año se lleve a cabo procesos de mantención, reparación y sustitución de equipos.

Para el diseño de todos los equipos se empleará acero inoxidable AISI 304; puesto que, es un material que no posee un costo muy elevado y presenta excelentes características para evitar la corrosión.

Cuando no se cuenta con acceso a datos de costos fiables o programas de estimación, se pueden usar un conjunto de correlaciones que permiten determinar un costo aproximado para los equipos empleados en una planta petroquímica (Sinnott & Towler, 2012).

Los costos de los equipos se pueden aplicar desarrollado la siguiente ecuación:

$$C_e = a + b * S^n$$

donde

$C_e$  = costo del equipo, \$

$a, b$  = constantes de costo

$S$  = parámetro del tamaño

$n$  = exponente para cada tipo de equipo.

El conjunto de correlaciones presentado por Sinnott & Towler (2012), en su literatura son específicamente para equipos fabricados con acero de carbono, para el presente estudio se empleó acero inoxidable 304 por lo que el costo que se obtiene, se debe multiplicar por un factor de costo perteneciente al material de interés.

**Tabla 3**

*Factores de coste de material, relativos al acero de carbono sencillo*

Material	Factor de costo
Acero al carbono	1
Aluminio y bronce	1.07
Acero colado	1.1
Acero inoxidable 304	1.3
Acero inoxidable 316	1.3
Acero inoxidable 321	1.5
Hastelloy C	1.55
Monel	1.65
Níquel e Inconel	1.7

Nota. Fuente: (Sinnott & Towler, 2012).

### **3.1.1 Dimensionamiento del reactor con agitación**

Diseño de estanque: Relación de altura y diámetro:

Al dimensionar estaques cilíndricos es recomendable emplear las siguientes fórmulas (Mancilla, 2012).

$$\alpha = \frac{H_E}{D_E}$$

$$D_E = \left( \frac{4 * V}{\pi * \alpha} \right)^{1/3}$$

donde

$\alpha$  = relación entre altura y el diámetro del estanque

$H_E$  = altura del estanque,  $m$

$D_E$  = diámetro interno del estanque,  $m$

$V$  = volumen real del estanque,  $m^3$ .

Según lo reportando por (Mancilla, 2012), el rango apropiado de " $\alpha$ " para el dimensionamiento de un estanque cilíndrico varía en el rango de 1 a 5.

- **Tipo de cabezal**

Al tratarse de una mezcla, que presenta una viscosidad media y que luego debe filtrarse, es recomendable emplear un cabezal torisférico, puesto que éste evita la acumulación permitiendo una rápida y eficiente evacuación del estanque del reactor.

El volumen y altura de cabezal se pueden calcular aplicando las siguientes relaciones (Perry & Green, 2001):

$$V_{cabezal} = D_E^3 * 0.0809$$

$$H_{cabezal} = \frac{D_E}{2} * \tan(30)$$

donde

$D_E$  = diámetro interno del estanque,  $m$

$V_{cabezal}$  = volumen del cabezal,  $m^3$

$H_{cabezal}$  = altura del cabezal,  $m$ .

- **Régimen de flujo**

El régimen de flujo se puede clasificar en laminar, transición y turbulento, en función del número de Reynolds, como se muestra en la Tabla 4. En el dimensionamiento

del reactor es importante considerar el régimen de flujo con el que se pretende trabajar con la finalidad de determinar adecuadamente el tipo de aspas a usar y la potencia que necesita el sistema de agitación (McCabe et al., 1991).

$$Re = \frac{n * D_A^2 * \rho}{\mu}$$

donde

$Re$  = número de Reynolds

$\rho$  = densidad de la solución,  $\frac{kg}{m^3}$

$\mu$  = viscosidad de la solución,  $Pa * s$

$n$  = revoluciones por segundo,  $rps$

$D_A$  = diámetro del agitador,  $m$ .

#### Tabla 4

*Caracterización del régimen de flujo*

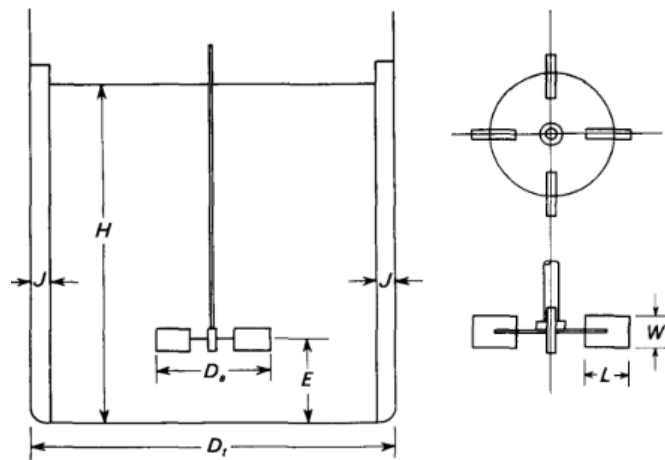
Régimen	Reynolds
Turbulento	$Re \geq 4000$
Transición	$2300 \leq Re \leq 4000$
Laminar	$Re \leq 2300$

*Nota.* Recuperado de (Cengel & Cimbala, 2006).

- **Diseño del sistema de agitación.**

Las medidas necesarias para un tanque típico agitado con una turbina se muestran en la Figura 8, estos parámetros se pueden calcular en base a las siguientes relaciones.



**Figura 8***Medidas de un agitador de turbina*

Nota. Recuperado de (McCabe et al., 1991).

$$\frac{D_a}{D_E} = S_1$$

$$\frac{E}{D_a} = S_2$$

$$\frac{L}{D_a} = S_3$$

$$\frac{W}{D_a} = S_4$$

$$\frac{J}{D_E} = S_5$$

$$\frac{H}{D_E} = S_6$$

donde

$D_a$  = diámetro del rodete,  $m$

$D_E$  = diámetro del tanque,  $m$

$E$  = altura del rodete sobre el fondo del tanque,  $m$

$H$  = altura del líquido en el tanque,  $m$

$W$  = anchura del rodete,  $m$

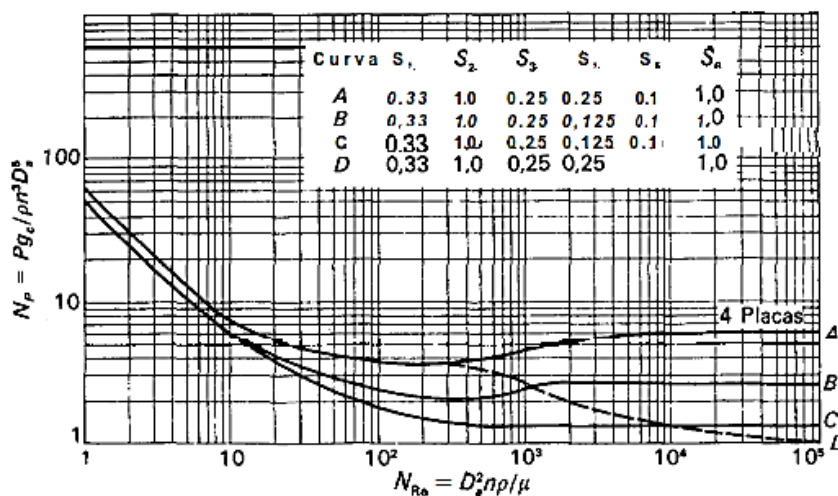
$J$  = anchura de las placas deflectoras,  $m$

$L$  = ancho de paleta,  $m$ .

En función a la Figura 9 se optó por elegir la curva "C", para determinar los valores de las variables  $S_1 = 0.33, S_2 = 1, S_3 = 0.25, S_4 = 0.125, S_5 = 0.1$  y  $S_6 = 1$ , mencionados datos representan un tanque con una turbina de palas e incluye placas deflectoras.

### Figura 9

Número de potencia  $N_p$  frente a  $N_{Re}$  para turbinas de seis palas



Nota. Recuperado de (McCabe et al., 1991).

#### • Potencia del motor de agitación

Un importante factor en el diseño de un tanque agitado es la potencia que se requiere para mover el rodete. Cuando el flujo en el tanque es turbulento, la potencia necesaria puede estimarse a partir de la siguiente relación (McCabe et al., 1991):

$$P = \frac{\rho * n^3 * D_A^2 * N_p}{gc}$$

donde

$P$  = potencia del motor de agitación,  $W$

$N_p$  = número de potencia, (*Adimensional*)

$gc$  = factor de conversión gravitacional,  $Kg * m/N * s^2$

$n$  = velocidad de rotación, *r.p.s*

$\rho$  = densidad de la mezcla,  $Kg/m^3$ .

Para una turbina de disco con 6 palas, el número de potencia es igual a 6.3 (McCabe et al., 1991).

El factor de conversión gravitacional, cuando se opera en condiciones de régimen turbulento y se emplea una turbina de disco de palas es igual a la unidad (Perry & Green, 2001).

- **Espesor de la carcasa**

El espesor requerido se encuentra en función de la presión de operación, radio interno de la carcasa y propiedades mecánicas del material a usar.

$$t_r = \frac{P_o * R}{S * E - 0.6P_o} + E_c$$

donde

$t_r$  = espesor de carcasa, *pulg*

$P_o$  = presión de operación,  $lb_f/pulg^2$

$R$  = radio interno de la carcasa, *pulg*

$S$  = esfuerzo máximo permisible,  $\frac{lb_f}{pulg^2}$

$E$  = eficiencia de soldadura, *Adimensional*

$E_c$  = espesor de corrosión, *pulg*.

En los cálculos referentes a espesores requeridos para carcasas y cabezales se debe considerar adicionar un sobreespesor por corrosión, con la finalidad de garantizar que la carcasa cumpla con los requisitos de vida útil (Massa et al., 2017).

El acero inoxidable AISI 304, presenta una alta eficiencia de soldadura y un esfuerzo máximo permisible comprendido en el rango de (10800-20000)  $lb_f/pulg^2$ , por otro lado el espesor de corrosión recomendable para este tipo de material es de 4mm (Sinnott & Towler, 2012).

- **Costo del reactor con agitación**

Para determinar el costo del reactor se necesita conocer el valor del volumen ( $m^3$ ), posteriormente se puede desarrollar la ecuación de estimación de costos.

$$C_e = (a + b * S^n) * F_c$$

$$\text{Cuando } S = \text{Volumen del reactor } (m^3) = 24.58678515 m^3$$

donde

$$a = 53000$$

$$b = 28000$$

$$n = 0.8$$

$F_c$  = Factor de coste para el acero inoxidable 304 es 1,3.

### 3.1.2 Dimensionamiento del intercambiador de calor

#### Procedimiento para dimensionar

- **Calor transferido**

La transferencia de calor se da a través de la siguiente formula:

$$Q = UA\Delta T_m$$

donde

$Q$ = calor transferido por unidad de tiempo,  $W$

$U$ = coeficiente de transferencia de calor global,  $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

$A$ = área de transferencia del calor,  $m^2$

$\Delta T_m$ = diferencia de temperatura media,  $^\circ C$ .

- **Potencial calorífico**

El potencial calorífico es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \dot{m}\Delta T C_p$$

donde

$Q$  = calor transferido por unidad de tiempo,  $W$

$\dot{m}$  = flujo másico,  $kg/h$

$C_p$  = capacidad calorífica,  $kJ/kg^\circ C$

$\Delta T$  = diferencia de temperatura,  $^\circ C$ .

- **Coefficiente global**

El coeficiente global es la recíproca de la resistencia global a la transferencia de calor, que es la suma de las resistencias diversas recíprocas individuales

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_o d} + \frac{d_o \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2k_w} + \frac{d_o}{d_i} * \frac{1}{h_i} + \frac{d_o}{d_i} * \frac{1}{h_i}$$

donde

$U_o$  = el coeficiente global en el área exterior del tubo,  $\frac{W}{m^2^\circ C}$

$h_o$  = coeficiente de la película del fluido exterior,  $\frac{W}{m^2^\circ C}$

$h_i$  = coeficiente de la película del fluido interior,  $\frac{W}{m^2^\circ C}$

$h_{od}$  = coeficiente de suciedad exterior (factor de ensuciamiento),  $\frac{W}{m^2^\circ C}$

$h_{id}$  = coeficiente de suciedad interior,  $\frac{W}{m^2^\circ C}$

$k_w$  = conductividad térmica del material de la pared del tubo,  $\frac{W}{m^\circ C}$

$d_o$  = diámetro exterior del tubo,  $m$

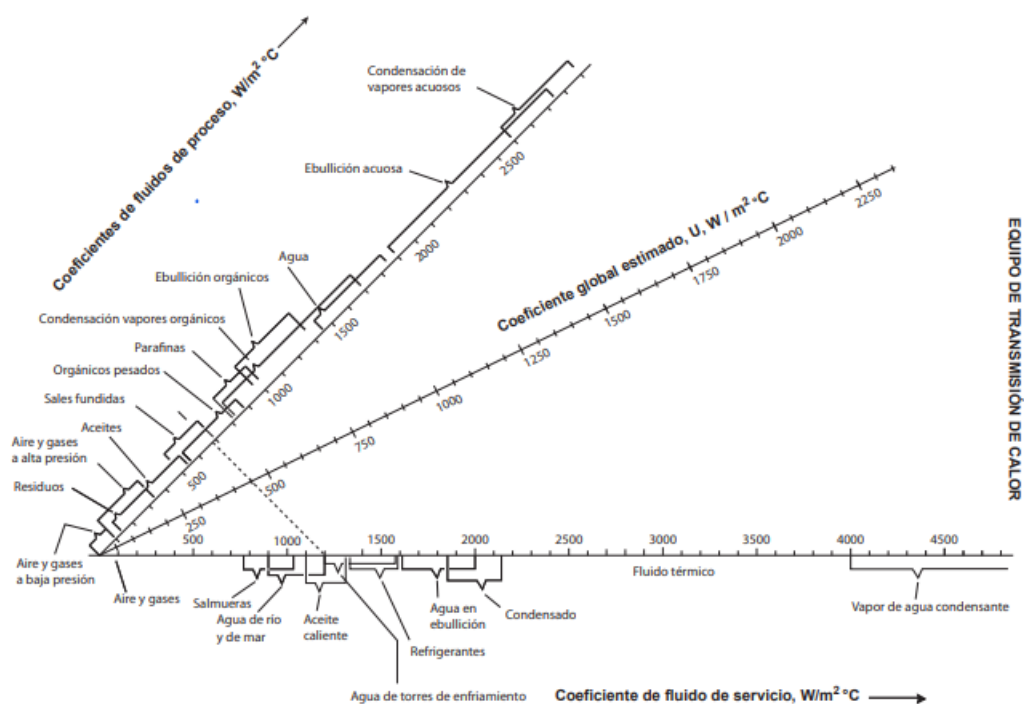
$d_i$  = diámetro interior del tubo,  $m$ .

- **Coefficiente global de transferencia de calor**

Para determinar el coeficiente global se puede determinar mediante la Figura 10, donde se estima el coeficiente global de intercambiadores tubulares, es decir, tubo y carcasa (Sinnott & Towler, 2012).

### Figura 10

*Coefficiente global de transferencia de calor*



*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Factores de ensuciamiento**

Los factores de ensuciamiento son difíciles de predecir; el valor asumido del mismo puede sobrepasar la precisión de los valores previstos de otros coeficientes que se eligen por el factor económico. La Tabla 5 ofrece valores típicos para los coeficientes de ensuciamiento para procesos comunes y fluidos de servicio (Sinnott & Towler, 2012).

**Tabla 5***Factores de ensuciamiento (coeficientes)*

Fluido	Coeficiente $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$	Factor de Resistencia $(m^2 \cdot ^\circ C/W)$
Agua de Río	3000-12000	0,0003-0,0001
Agua de Mar	1000-3000	0,001-0,0003
Líquidos Orgánicos	5000	0,0002

*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

Según la Tabla 5 se escogerá como refrigerante al agua de río y la solución carragenina como líquidos orgánicos.

- **Tubos**

#### **Dimensiones**

El estándar de diseño TEMA menciona que los diámetros de tubos entre 16mm y 50mm son los que se utilizan habitualmente, diámetros pequeños (16 a 25mm), son los que se utilizan en la mayoría de los casos porque permite construir intercambiadores más compactos, y, por lo tanto, más económicos (Sinnott & Towler, 2012).

#### **Disposición de los tubos**

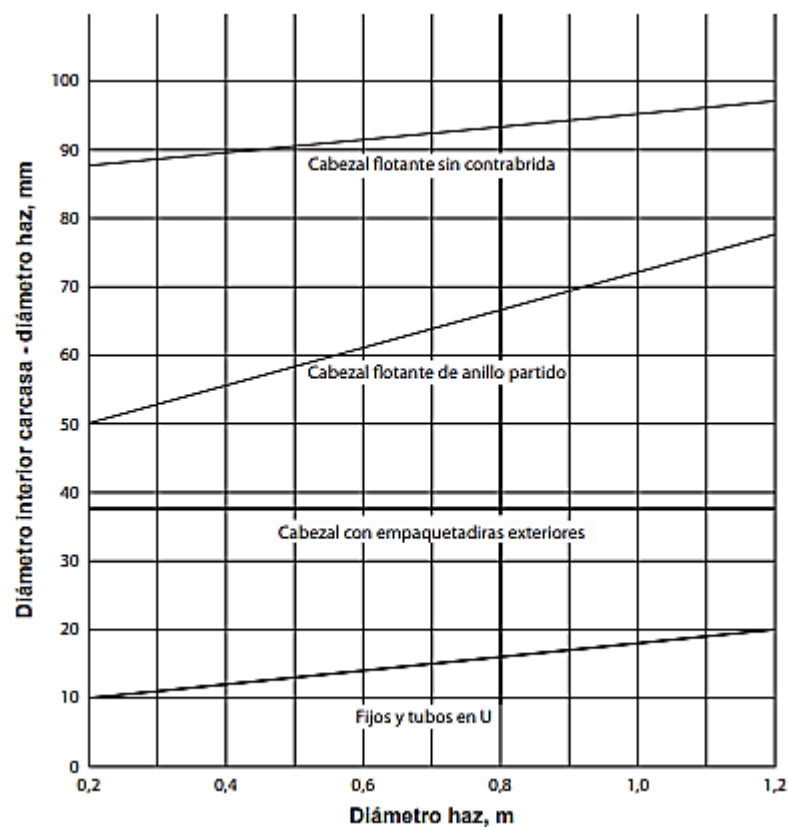
Los tubos en un intercambiador de calor están dispuestos en forma de triángulo equilátero estos ofrecen mayor velocidad de transferencia de calor, pero a expensas de mayor caída de presión comparado con un intercambiador con disposición en cuadrado. La distancia entre centros del tubo recomendado es 1,25 veces el diámetro exterior del tubo (Sinnott & Towler, 2012).

- **Carcasa**

Se seleccionará cabezal flotante de anillo partido.

Figura 11

Espacio entre haz y carcasa



Nota. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Diseño de paneles de tubos**

Estimación del diámetro de haz  $D_b$ , es una ecuación empírica basada en la distribución estándar de tubos, las constantes a usar en esta ecuación para patrones triangulares y cuadrados:

$$N_t = K_1 \left( \frac{D_b}{d_o} \right)^{n_1}$$

$$D_b = d_o \left( \frac{N_t}{K_1} \right)^{1/n_1}$$

donde

$N_t$  = número de tubos



$D_b$  = diámetro del haz, *mm*

$d_o$  = diámetro externo del tubo, *mm*.

**Tabla 6**

*Constantes del diseño de tubos*

Distancia entre centros o disposición triangular, $pt=0,5 d_o$					
N° pasos	1	2	4	6	8
K1	0,319	0,249	0,175	0,0763	0,03665
n1	2,142	2,207	2,285	2,499	2,675
Distancia entre centros o disposición cuadrada, $pt=0,5 d_o$					
N° pasos	1	2	4	6	8
K1	0,215	0,156	0,158	0,0402	0,0331
n1	2,207	2,291	2,263	2,617	2,643

*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

Las tablas de conteo de tubos ofrecen una estimación de número de tubos que se pueden acomodar en tamaños de carcasa estándar.

- **Deflectores**

Los detectores a usar, son los de segmentación, el termino corte de deflector se usa para especificar dimensiones del mismo. El corte de deflector es la altura segmento eliminado para formar el deflector, se expresa en porcentaje. Los valores del corte van desde 15% hasta el 45%, un deflector óptimo se encontrara entre 20% y 25% (Sinnott & Towler, 2012).

- **Diferencia de temperatura promedio**

Antes de calcular el área de transferencia de calor requerida se debe calcular la media logarítmica de la diferencia de temperatura. La ecuación es la siguiente:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

donde

$\Delta T_{lm}$  = media logarítmica de diferencia de temperaturas

$T_1$  = temperatura del fluido caliente, entrada

$T_2$  = temperatura del fluido caliente, salida

$t_1$  = temperatura del fluido frío, entrada

$t_2$  = temperatura del fluido frío, salida.

- **Diferencia de temperatura real**

$$\Delta T_m = F_t \Delta T_{lm}$$

donde

$\Delta T_{lm}$  = media logarítmica de diferencia de temperaturas

$F_t$  = factor de corrección de la temperatura.

- **Factor de corrección de la temperatura**

El factor de corrección se calcula con las relaciones siguientes:

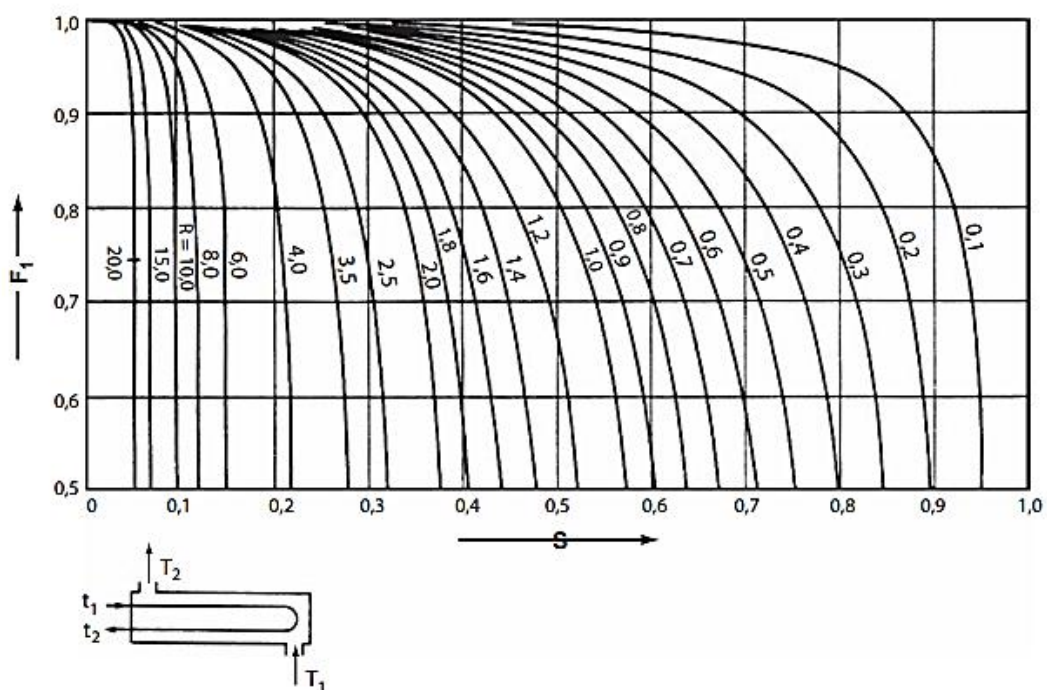
$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)}$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)}$$

Con las relaciones antes mencionadas, se leen en la siguiente gráfica:

**Figura 12**

*Factor de corrección de la temperatura*



*Nota.* El factor de corrección de temperatura: un paso de carcasa, dos o mas paos pares de tubos. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Conductividad de los metales**

**Tabla 7**

*Temperaturas y valores de conductividad de metales*

Metal	Temperatura ( $^{\circ}C$ )	$K_w$ ( $W/m^{\circ}C$ )
Aluminio	0	202
	100	206
Latón (70Cu, 30Zn)	0	97
	100	204
	400	116

Metal	Temperatura ( $^{\circ}C$ )	Kw ( $W/m^{\circ}C$ )
Cobre	0	388
	100	378
Níquel	0	62
	212	59
Cuproníquel (10%Ni)	0-100	445
Monel	0-100	30
Acero Inoxidable (18/8)	0-100	16
Acero al carbono	40	60
	100	58
	260	51
Titanio	0-100	16

Nota. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Velocidad másica de la carcasa  $G_S$  y la velocidad lineal  $u_S$**

$$G_S = \frac{W_S}{A_S}$$

$$u_S = \frac{G_S}{\rho}$$

donde

$W_S$  = caudal másico de fluido en el lado de la carcasa,  $kg/s$

$\rho$  = densidad del fluido de lado de la carcasa,  $kg/m^3$ .

- **Diámetro equivalente de lado de la carcasa**

Para una disposición distancia entre centros triangular:

$$d_e = \frac{1,1}{d_o} (p_t^2 - 0,917d_o^2)$$

donde

$d_e$  = diámetro equivalente,  $m$ .

- **Flujo turbulento**

### Número de Nusselt

$$Nu = \frac{h_i d_e}{k_f}$$

donde

$Nu$  = número de Nusselt

$h_i$  = coeficiente interior,  $\frac{W}{m^2 \circ C}$

$d_e$  = diámetro equivalente,  $m$

$k_f$  = conductividad térmica del fluido,  $\frac{W}{m \circ C}$

### Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho u_r d_e}{\mu} = \frac{G_t d_e}{\mu}$$

donde

$\rho$  = densidad,  $kg/m^3$

$u_r$  ó  $u_s$  = velocidad,  $m/s$

$\mu$  = Viscosidad del fluido en la temperatura base del fluido,

$G_t$  ó  $G_s$  = velocidad másica,  $kg/m^2 s$

### Número de Prandtl

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k_f}$$

donde

$C_p$  = capacidad específica del fluido,  $J/kg^{\circ}C$

- **Coeficientes para el agua**

La siguiente ecuación se adaptó a partir de Tagle y Ferguson (1930):

$$h_i = \frac{4200(1,35 + 0,02t)u_t^{0,8}}{d_i^{0,2}}$$

$h_i$  = coeficiente interior,  $\frac{W}{m^2^{\circ}C}$

$t$  = temperatura del agua,  $^{\circ}C$

$u_t$  = velocidad del agua,  $m/s$

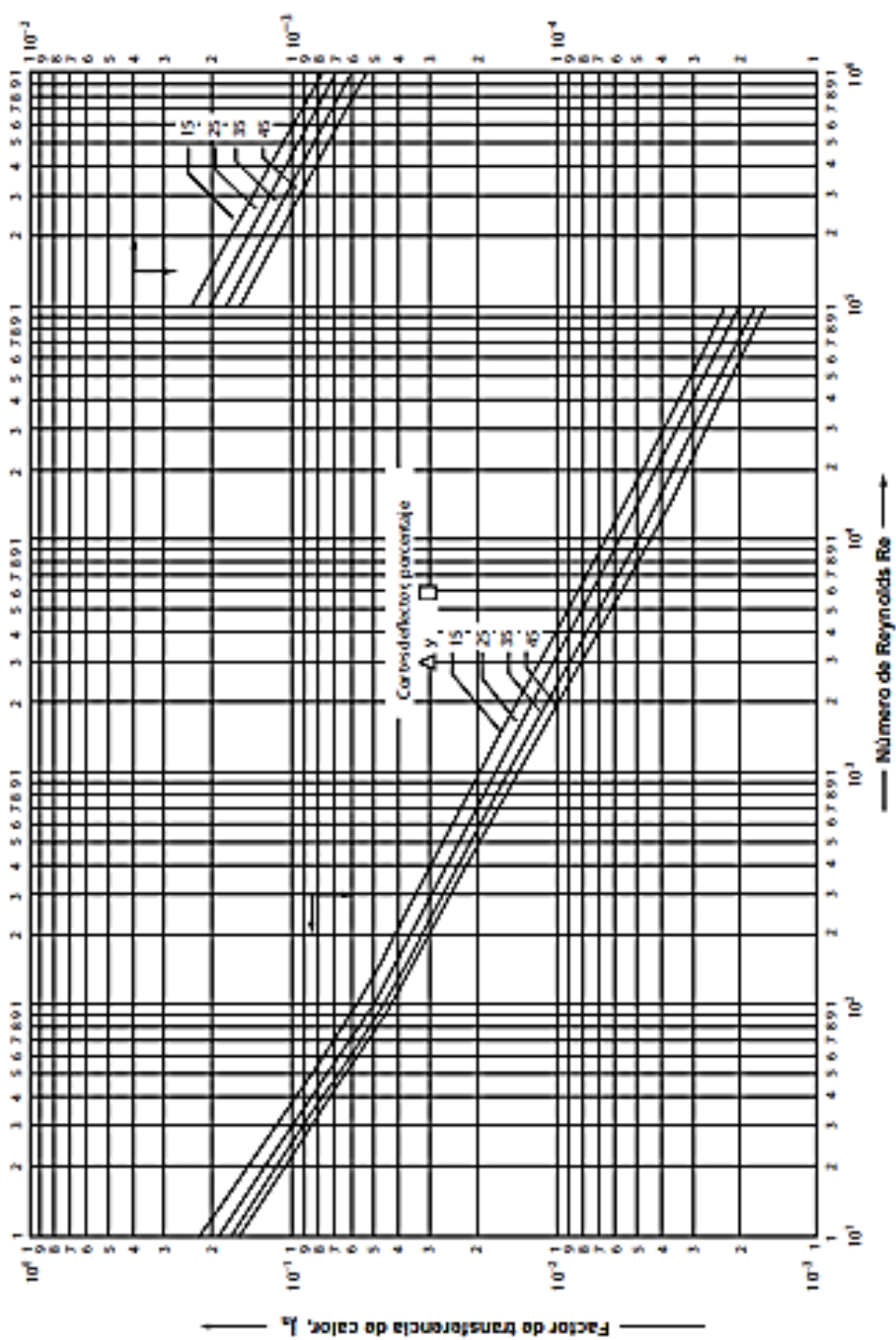
$d_i$  = diámetro interno del tubo,  $mm$ .

- **Factor de transferencia calor,  $j_h$**

Una vez calculado del número de Reynolds se lee el valor de  $j_h$  en la Figura 13. Para el corte de deflector y disposición de tubos seleccionados (Sinnott & Towler, 2012).

Figura 13

Coeficiente de transferencia calor



Nota. Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

- **Costo del intercambiador de calor**

Para determinar el costo del intercambiador de calor se necesita conocer el valor del área ( $m^2$ ), posteriormente se puede desarrollar la ecuación de estimación de costos.

$$C_e = (a + b * S^n) * F_c$$

$$\text{Cuando } S = \text{Área del intercambiador (m}^2\text{)} = 122,0000428 \text{ m}^2$$

donde

$$a = 2400$$

$$b = 46$$

$$n = 1,2$$

$F_c$  = Factor de coste para el acero inoxidable 304 es 1,3.

### 3.1.3 Dimensionamiento del mezclador estático en línea

El uso de un mezclador estático en línea es idóneo para el presente estudio, puesto que; el caudal de NaCl es considerablemente menor que el caudal de la solución de carragenina, por otro lado, la longitud de la tubería debe ser aproximadamente 80 veces el diámetro de la tubería (Sinnott & Towler, 2012).

- **Determinación de las velocidades de flujos.**

Para la determinación de las dimensiones de cada punto del mezclador y de la velocidad de cada flujo, se debe llevar a cabo un balance de energía, considerando la energía de flujo, energía cinética y energía potencial y, por ley de conservación se tiene la siguiente expresión:

$$E_3 = E_1 + E_2$$

$$\frac{m_1 * P_1}{\rho_1} + \frac{m_1 * v_1^2}{2} + m_1 * g * z_1 + \frac{m_2 * P_2}{\rho_2} + \frac{m_2 * v_2^2}{2} + m_2 * g * z_2$$

$$= \frac{m_3 * P_3}{\rho_3} + \frac{m_3 * v_3^2}{2} + m_3 * g * z_3$$

La energía potencial es despreciable o igual a cero, debido a que la mezcla se encuentra a una misma altura tomando como punto de referencia inicial el suelo, por otro



lado, se reemplaza la masa por el flujo másico correspondiente a cada flujo del proceso, reordenando la ecuación se tiene:

$$\frac{\dot{m}_1 * P_1}{\rho_1} + \frac{\dot{m}_1 * \vartheta_1^2}{2} + \frac{\dot{m}_2 * P_2}{\rho_2} + \frac{\dot{m}_2 * \vartheta_2^2}{2} = \frac{\dot{m}_3 * P_3}{\rho_3} + \frac{\dot{m}_3 * \vartheta_3^2}{2}$$

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

$$P_1 * \dot{V}_1 + \frac{\dot{m}_1 * \vartheta_1^2}{2} + P_2 * \dot{V}_2 + \frac{\dot{m}_2 * \vartheta_2^2}{2} = P_3 * \dot{V}_3 + \frac{\dot{m}_3 * \vartheta_3^2}{2}$$

donde

$P$  = presión del flujo,  $Pa * s$

$\dot{V}$  = flujo volumétrico,  $m^3/s$

$\dot{m}$  = flujo másico,  $kg/s$

$\vartheta$  = velocidad del flujo,  $m/s$

$\rho$  = densidad del fluido,  $kg/m^3$

$g$  = factor gravitacional de conversión,  $m/s^2$

$z$  = elevación del flujo,  $m$

$\mu$  = viscosidad del fluido,  $Pa * s$ .

- **Determinación de los diámetros de cañerías**

Para la determinación de los diferentes diámetros involucrados en el proceso se mezcla, se emplea la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\vartheta * \pi}}$$

donde

$Q$  = caudal del fluido,  $\frac{m^3}{s}$

$D$  = diámetro de la cañería,  $m$

$\vartheta$  = velocidad del flujo,  $\frac{m}{s}$ .

- **Número de Reynolds**

Se determina el número de Reynolds de la corriente de salida del mezclador, con la finalidad de establecer si el flujo presenta régimen turbulento como se solicita en sus especificaciones de diseño.

$$Re = \frac{D * \vartheta * \rho}{\mu}$$

donde

$D$  = diámetro de la cañería,  $m$

$\vartheta$  = velocidad del flujo,  $m/s$

$\rho$  = densidad del fluido,  $Kg/m^3$

$\mu$  = viscosidad del fluido,  $Pa * s$ .

- **Costo del mezclador**

Para determinar el costo del mezclador se necesita conocer el valor del caudal total que ingresa al mezclador (L/s), posteriormente se puede desarrollar la ecuación de estimación de costos.

$$C_e = (a + b * S^n) * F_c$$

$$\text{Cuando } S = \text{Caudal de alimentación [L/s]} = 2.456611111 \frac{L}{s}$$

donde

$a = 500$

$b = 1030$

$n = 0.4$

$F_c$  = Factor de coste para el acero inoxidable 304 es 1,3.

### 3.1.4 Dimensionamiento del centrifugador de sedimentación

Para el presente estudio se diseñará el separador de sólido- líquido del tipo “centrifugador de sedimentación”, en el cual, la separación depende de la diferencia de densidades entre la fase sólida y líquida del flujo de alimentación (Sinnott & Towler, 2012).

- **Determinación del factor sigma.**

Las diferentes ecuaciones que presenta la teoría sigma son:

$$Q = 2 * u_g * \Sigma$$

$$u_g = \frac{\Delta\rho * d_s^2 * g}{18 * \mu}$$

$$\frac{Q}{\Sigma} = 2 * u_g$$

$$\frac{Q}{\Sigma} = 2 * \frac{\Delta\rho * d_s^2 * g}{18 * \mu}$$

Para obtener una idea del tamaño del equipo se calcula el valor de sigma empleando el valor de eficiencia que presenta el equipo.

$$\Sigma = \frac{Q}{ef * 2u_g}$$

donde

$Q$  = caudal a través de la centrifugadora,  $\frac{m^3}{s}$

$\rho_s$  = densidad del sólido,  $\frac{Kg}{m^3}$

$\rho_l$  = densidad del líquido,  $\frac{Kg}{m^3}$

$\Delta\rho$  = diferencial de densidad,  $\frac{Kg}{m^3}$

$d_s$  = diámetro de partícula sólida,  $m$

$\mu$  = viscosidad del líquido,  $Pa * s$

$g$  = aceleración gravitacional,  $\frac{m}{s^2}$

$e_f$  = eficiencia del equipo

$u_g$  = velocidad terminal de las partículas sólidas,  $\frac{m}{s}$

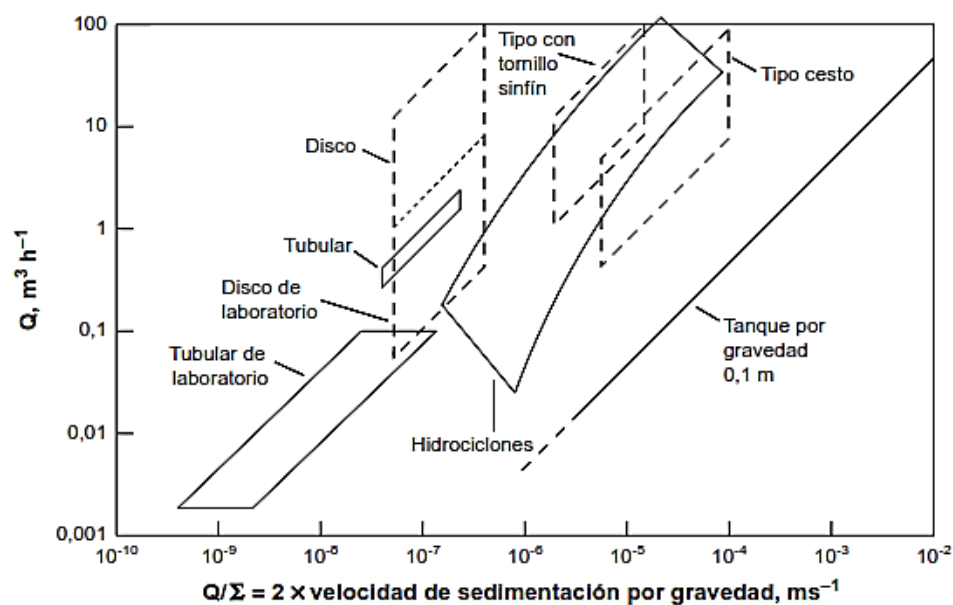
$\frac{Q}{\Sigma}$  = relación caudal/sigma,  $\frac{m}{s}$

$\Sigma$  = valor sigma de la centrifugadora,  $m^2$ .

Según lo reportado por Sinnott & Towler (2012), existen cuatro tipos de centrifugadores de sedimentación, se escogió el tercer tipo que corresponde a un “centrifugador de sedimentación de descarga con tornillo sin fin”, debido a que, mencionado equipo cumple con las especificaciones necesarias para desenvolverse de manera eficiente en el presente estudio. Al relacionar el caudal que circula a través de la centrifugadora con el factor  $\frac{Q}{\Sigma}$  en la Figura 14, se puede corroborar que la elección es correcta.

**Figura 14**

*Rendimiento del equipo de sedimentación*



*Nota.* Recuperado de (Sinnott & Towler, 2012).

La eficiencia máxima correspondiente a un centrifugador de sedimentación de descarga con tornillo sinfín es igual al 60% (Sinnott & Towler, 2012).

- **Costo del centrifugador de sedimentación**

Para determinar el costo del mezclador se necesita conocer el valor de sigma ( $m^2$ ), posteriormente se puede desarrollar la ecuación de estimación de costos.

$$C_e = (a + b * S^n) * F_c$$

$$\text{Cuando } S = \text{Sigma } (m^2) = 84.077447m^2$$

donde

$$a = -63000$$

$$b = 80000$$

$$n = 0.3$$

$F_c$  = Factor de coste para el acero inoxidable 304 es 1,3.

### 3.1.5 Dimensionamiento del filtro de prensa

Las placas de un filtro de prensa pueden ser de varias formas; cuadradas, circulares, verticales, horizontales, etc. Para el presente estudio se emplearán placas cuadradas, por lo general presentan un largo de placa entre 6 a 78 pulg, las placas tienen un espesor de 1/4 a 2 pulg mientras que los marcos son de 1/8 a 8 pulg. Las placas y los marcos se posicionan verticalmente en un bastidor metálico, con telas cubriendo las caras de cada marco, y se acoplan estrechamente entre sí por medio de un tornillo o una prensa hidráulica (McCabe et al., 1991).

Según lo reporta la empresa ACS Medio Ambiente (2021), para determinar el tamaño del filtro de prensa se emplea la siguiente ecuación:

$$C_{ciclo} = \frac{V * x_{sólidos} * m_c}{\rho_{sólido}}$$

donde

$C_{ciclo}$  = capacidad del equipo por ciclo,  $m^3$

$V$  = volumen de alimentación por ciclo,  $m^3$

$x_{sólidos}$  = fracción de sólidos

$m_c$  = masa de la torta por volumen de filtrado,  $\frac{Kg}{m^3}$

$\rho_{sólido}$  = densidad de los sólidos,  $\frac{Kg}{m^3}$ .

El valor correspondiente a la masa de la torta por volumen de filtrado se atribuye a (Mancilla, 2012).

Una vez que se obtiene la capacidad del equipo se puede determinar factores como el área de filtrado, número de cámaras y la longitud en función al catálogo de modelos de filtro otorgado por el fabricante.

**Figura 15**

*Capacidad, área y longitud del filtro de prensa de placas*

Capacidad Nominal $ft^3$		0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	20										
AA	27" W Área $ft^3$	7	10	14	21	35	42	57	88	Las prensas AA son solamente manuales.										Estándar		C=30	H=50												
	18.5"x18.5" Cámaras	2	3	4	6	9	13	19	25	Peso vacío 720 + 20 # / Cámara										Descarga de Tambor		C=42	H=61												
	470 mm Longitud	48	50	52	59	68	74	89	104											Portable		C=12	H=36												
A	34"W Área $ft^3$								19	32	44	64	89	108	128	178	223	240											Estándar		C=30	H=50			
	18.5"x18.5" Cámaras								3	5	7	10	14	17	21	28	35	40											Descarga de Tambor		C=42	H=72			
	630 mm Longitud								81	85	90	97	106	113	120	129	155	168											Peso vacío 1610 + 30# / Cámara						
B	41"W Área $ft^3$								40	60	80	100	120	160	200	240	300	400	500											Estándar		C=30	H=50		
	18.5" x18.5" Cámaras								4	6	8	11	13	17	21	26	32	43	54											Descarga de Tambor		C=42	H=72		
	800 mm Longitud								89	94	99	104	109	119	129	139	154	180	205											Peso Vacío 3150 + 50# /Cámara					
C	52"W x 57H Área $ft^3$	Peso Vacío 6500 + 95#/Cámara												300	400	500	600																		
	18.5"x18.5" Cámaras													20	27	34	41																		
	1000 mm Longitud													136	154	172	187																		
D	62" W x 67H Área $ft^3$	Peso Vacío 9800+ 110 #/Cámara												413	510	730	820	1000	1460	1640	2040														
	18.5" x 18.5" Cámaras													17	21	25	34	42	50	67	84														
	1200 mm Longitud													121	132	143	168	191	213	260	307														
E	66"Wx68H Área $ft^3$	Peso Vacío 11,500+ 150#/Cámara												1047	1260	1690	2090	3170																	
	18.5"x18.5" Cámaras													34	411	55	68	103																	
	1500 mm Longitud													189	206	238	275	360																	
F	27"W Área $ft^3$	Peso Vacío 13,200 + 210 #/Cámara												1640	2110	3166	4220																		
	59"79" Cámaras													41	52	78	104																		
	1500x2000 Longitud													217	246	315	384																		

*Nota.* Recuperado de (ACS Medio Ambiente, 2021).

- **Costo del filtro de prensa**

Para determinar el costo del mezclador se necesita conocer el valor de la capacidad del equipo ( $m^3$ ), posteriormente se puede desarrollar la ecuación de estimación de costos.

$$C_e = (a + b * S^n) * F_c$$

$$\text{Cuando } S = \text{Capacidad del equipo (m}^3\text{)} = 0.13635326 \text{ m}^3$$

donde

$$a = 110000$$

$$b = 77000$$

$$n = 0.5$$

$F_c$  = Factor de coste para el acero inoxidable 304 es 1,3.

### 3.1.6 Dimensionamiento del secador

El secador en esta etapa empleará gas caliente en contacto directo, para cumplir su objetivo. Para el diseño operativo del secador hay que tomar en cuenta que el tiempo de residencia de los polisacáridos es de 6 h a 10 h, hasta conseguir un peso uniforme; además se trabajará con un supuesto espesor de 3 cm (Mancilla, 2012).

- **Tiempo de residencia**

$$Tr = 6h$$

$$b = 3cm$$

donde

$Tr$  = tiempo de residencia de la mezcla,  $h$

$b$  = espesor del lecho del producto,  $cm$ .

- **Cálculo de la masa de la mezcla**

$$m_{mezcla} = \frac{m}{t}$$

donde

$m$  = masa de la mezcla a la entrada,  $kg$

$t$  = tiempo de residencia en el secador,  $h$ .

- **Cálculo de la masa de agua**

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{m}{t}$$

- **Cálculo de la carga del secador**

$$m_{carga\ del\ secador} = m_{mezcla,in} + m_{agua,in}$$

donde

$m_{mezcla,in}$  = masa de la mezcla a la entrada,  $kg$

$m_{agua,in}$  = masa de la mezcla a la entrada,  $kg$ .

- **Cálculo del volumen del lecho de Kappa I**

Para poder estimar la longitud del secador, se tomó una longitud aproximada de 2,66m en base a la carga alimentada en el secador de 800kg (Made in China, 2021)

$$V = \frac{C_s}{\rho} = L * b * a$$

donde

$V$  = volumen del lecho,  $m^3$

$C_s$  = carga del secador,  $kg$

$\rho$  = densidad del producto,  $\frac{kg}{m^3}$

$L$  = largo del secador,  $m$

$a$  = ancho del secador,  $m$ .



- **Costo del secador**

Para determinar el costo del secador se tomó en cuenta el costo del acero inoxidable por metro cuadrado necesario. Según (Alibaba, 2021) el precio del acero inoxidable 304 está entre 1500 y 2500 dólares, se tomó el mayor valor para estimar el costo.

$$\text{Costo} = P_{\text{acero},m^2} * A$$

donde

$P_{\text{acero},m^2}$  = precio de acero inoxidable por metro cuadrado

$A$  = área del secador,  $m^2$ .

### 3.2 Análisis Económico

#### 3.2.1 Inversión de capital fijo

Cuando una empresa considera la fabricación de un producto, se prepara una estimación del costo de capital. Estas estimaciones son útiles por diversas razones, como estudios de viabilidad, selección de procesos o equipos alternativos, etc., para proporcionar información, planificar asignaciones de capital o para permitir que un contratista presente una oferta por un proyecto. Incluido en la inversión de capital fijo está el costo de compra, entrega e instalación de equipo de fabricación, tuberías, controles automáticos, edificios, estructuras, aislamiento, pintura, preparación del sitio, equipo de control ambiental y costos de ingeniería y construcción (Perry & Green, 2001).

La inversión de capital fijo es importante para desarrollar la economía de un proceso, esta cifra se utiliza para estimar los gastos operativos y calcular la depreciación, el flujo de efectivo y la rentabilidad del proyecto. El método de estimación utilizado debe ser el mejor y más preciso medio de acuerdo con el tiempo y el dinero disponibles para preparar la estimación (Perry & Green, 2001).

#### 3.2.2 Capital fijo

Tiene relación con las inversiones que se deben realizar para obtener el terreno, equipos y la instalación de los mismos, también se puede incluir posibles costos de contingencias en la sumatoria (Mancilla, 2012).

Se define como:

$$\text{Capital fijo} = \text{Costos directos} + \text{costos indirectos}$$

- **Costos directos**

Son aquellos que la gerencia es capaz de asociar con los artículos o áreas específicas. Los materiales directos y los costos de mano de obra directa de un determinado producto constituyen ejemplos de costos directos (Polimeni et al., 1997).

Los diferentes ejemplos referentes a costos directos se atribuyen a (Mancilla, 2012) :

- **Costo de equipos**

Representa la inversión destinada a la adquisición de todos los equipos que formarán parte de la planta de producción.

- **Instalaciones**

Involucra los costos de montaje de equipos, pintura, plataformas, aislamiento, etc. Se estima un costo entre el 25 y 55% del costo de equipos.

- **Instrumentación y control**

Comprende los costos destinados a la aplicación de procesos de automatización electrónica e informática correspondiente a la planta de producción. Se estima un rango entre el 8 al 50% del costo de equipos.

- **Cañerías**

Corresponde al gasto empleado en la instalación de todos los tramos de cañerías, considerando codos, uniones, reducciones entre otros componentes que involucran las cañerías. Se atribuye un rango entre el 10 al 80% del costo total de equipos.

- **Instalaciones eléctricas**

Corresponde al costo que se da como resultado de la instalación de medidores, iluminación en general, transformadores, etc. Se estima un rango entre el 10 y 40% del costo de equipos.

- **Edificaciones**

Representa el costo destinado a la construcción de edificios, materiales de obra gruesa, accesorios, mano de obra, etc. Se estima un costo entre el 10 y 70% del costo de equipos.

- **Servicios generales**

Comprende una amplia gama de servicios, por ejemplo: Agua, gas, aire, vapor, etc. Por otro lado, también se considera los costos de preparación del terreno y sistemas de contingencia y seguridad. Se estima un rango entre el 30 al 80% del costo de equipos.

- **Valor del terreno**

El valor del terreno depende estrictamente de la localización, está determinado por el precio del metro cuadrado de la superficie.

• **Costos indirectos**

Los costos indirectos hacen referencia a los artículos o áreas con base en las técnicas de asignación. Por ejemplo, los costos indirectos de manufactura se asignan a los productos después de haber sido acumulados en un grupo de costos indirectos de fabricación (Polimeni et al., 1997).

- **Ingeniería y supervisión**

Representa los costos de diseño e ingeniería de la construcción, incluido el software interno o con licencia, los dibujos basados en computadora, las compras, la contabilidad, la construcción y la ingeniería de costos, los viajes, las comunicaciones y los gastos de oficina en el hogar más los gastos generales, constituyen la inversión de capital para ingeniería y supervisión. Se estima aproximadamente como el 33% del costo de equipos (Peters et al., 2003).

- **Costos legales**

Los costos legales resultan en gran parte de la compra de terrenos, compra de equipos y contratos de construcción. Comprender y demostrar el cumplimiento de los requisitos gubernamentales, ambientales y de seguridad también constituye una fuente importante de costos legales. Se estima como el 4% del costo de equipos (Peters et al., 2003).

- **Costos de construcción**

Es el rubro de construcción o gasto de campo e incluye construcción y operación temporal, herramientas de construcción y alquiler, personal de la oficina en el hogar ubicado en el sitio de construcción, nómina de construcción, viajes y vivienda, impuestos y seguros, y otros gastos generales de construcción. Se estima como el 41% del costo de equipos (Peters et al., 2003).

#### - **Honorario del contratista**

La tarifa del contratista varía según las diferentes situaciones, pero se puede estimar entre el 2 y el 8 por ciento del costo directo de la planta o entre el 1,5 y el 6 por ciento de la inversión de capital fijo (Peters et al., 2003).

#### - **Contingencias**

Representan los eventos, como tormentas, inundaciones, accidentes de transporte, huelgas, cambios de precios, pequeños cambios de diseño, errores en la estimación y otros gastos imprevistos, ocurrirán, aunque no se puedan predecir. Los factores de contingencia que oscilan entre el 5 y el 15 por ciento de la sumatoria de los costos indirectos más directos (Peters et al., 2003).

### **3.2.3 Estimación de la inversión total**

La inversión total del proyecto se constituye por 3 componentes: Capital fijo, capital de trabajo, costos de puesta en marcha, la sumatoria de estos componentes da lugar a una estimación de la inversión total que se necesita para llevar a cabo el proyecto (Mancilla, 2012).

$$\text{Inversión total} = \text{Capital fijo} + \text{Capital de trabajo} + \text{Costo de puesta en marcha}$$

### **3.2.4 Capital de trabajo**

El capital de trabajo es el dinero circundante que facilitará la operatividad normal de la infraestructura productiva del proyecto. Esta inversión está formada por los recursos monetarios necesarios para el funcionamiento normal del negocio, durante su ciclo o fase operativa. Contempla las facilidades requeridas para la compra de materiales, fabricación de productos y para la comercialización en términos competitivos (Almeyda & Armas, 2018).

La relación entre el capital de trabajo y la inversión de capital total varía con las diferentes empresas, pero la mayoría de las plantas químicas utilizan un capital de trabajo inicial que asciende al 10 al 20 por ciento de la inversión de capital total (Peters et al., 2003).

### 3.2.5 *Costo de puesta en marcha*

Existe un período entre la finalización nominal de las obras y la producción en régimen normal, que se denomina “puesta en marcha” y cuya duración puede variar desde unas pocas semanas hasta varios meses. Evidentemente, en ese lapso se incurre en una serie de gastos, los cuales pueden ser divididos en dos grandes grupos como lo menciona (Zugarramurdi & Lupin, 1998) :

- Gastos de construcción durante la puesta en marcha (pérdidas en líneas y equipos, necesidad de equipos adicionales, defectos de diseño que deben solucionarse, falla de instrumentos, etc.) (Zugarramurdi & Lupin, 1998).
- Costos de operación de puesta en marcha (materias primas, salarios, productos semiterminados o terminados fuera de especificación, etc.) (Zugarramurdi & Lupin, 1998).

Según lo reporta (Mancilla, 2012), se estima que el costo de puesta en marcha de la planta representa el 10% del capital fijo.

### 3.2.6 *Beneficio anual*

El beneficio anual se define como la diferencia entre los ingresos totales por venta y los costos totales de producción (Mancilla, 2012).

$$\text{Beneficio anual} = \text{Ingresos totales por ventas} - \text{Costos totales de producción}$$

### 3.2.7 *Costo total del producto*

Se consideran los costos desde las materias primas e insumos hasta la etapa final de producción en la cual el producto se posicionará en el mercado (Mancilla, 2012).

Se clasifica en:

- Costos de fabricación
- Gastos generales de la empresa.

$$\text{Costo total del producto} = \text{Costos de fabricación} + \text{Gastos generales de la empresa}$$

- **Costos de fabricación**

Representa todos los gastos que se generan por conceptos de producción y operación de la planta (Mancilla, 2012).

$$\text{Costo de fabricación} = \text{Costos directos de producción} + \text{costos indirectos de producción}$$

- **Costos directos de producción:**

Los costos directos de producción se atribuyen (Mancilla, 2012):

- **Materias primas**

Son todos los elementos necesarios que ingresan a la planta de producción con el fin de obtener como resultado un producto de interés.

- **Mano de obra**

Representa el costo que se da como resultado del pago de sueldos, de todos los trabajadores que aportan en el proceso de producción.

- **Servicios generales**

Son todos aquellos servicios básicos que se requieren durante el transcurso del desarrollo del proyecto como el agua, luz, internet, combustibles, etc. Se considera de un 10 a 20% del costo total del producto.

- **Mantenimiento**

Hace referencia a los costos involucrados con la reparación, mantenimiento y reposición de cualquier equipo empleado en la planta de producción. Se considera un rango de costo del 2 a 10% del capital fijo.

- **Suministros**

Constituyen todos los insumos o materiales básicos que se utilizan en la sección de mantenimiento de equipos, por ejemplo, soldaduras, lubricantes, herramientas, etc. Se considera un rango de 10 al 30% del costo de mantenimiento.

- **Laboratorio**

Durante esta etapa se realizan análisis de muestras del producto, con la finalidad de obtener datos como sus propiedades fisicoquímicas; por ejemplo, densidad, viscosidad, solubilidad, granulometría, turbidez, etc. Se considera un rango de costo del 10 al 20% de la mano de obra.

- **Patentes y Royalties**

Representan el precio que se debe pagar a terceras personas para poder utilizar un procedimiento o invento que se encuentra patentado. Se considera un rango del 0 al 6% del costo total del producto.

- **Costos indirectos de producción**

- **Depreciación**

Depreciación significa disminuir de precio, lo cual hace referencia a la utilización exclusivamente de activos fijos (exceptuando a los terrenos). La disminución del precio de un activo fijo se debe: al uso, al paso del tiempo o a la obsolescencia tecnológica. El uso de un activo, hará que baje el precio de este, simplemente porque ya fue utilizado (Urbina, 2007).

Se considera una depreciación lineal, adoptando un valor residual de los equipos de un 10% del valor al inicio del proyecto, considerando una vida útil de 10 años (Mancilla, 2012).

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Valor inicial} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil}}$$

- **Seguros**

Teniendo en cuenta el costo elevado de los equipos usados en la planta de producción es importante asegurarlos, si no es posible asegurar toda la planta si es recomendable asegurar gran parte de la misma, para evitar pérdidas de capital frente a cualquier evento adverso. El rango estimado es de un 0,4 a 1% del capital fijo (Mancilla, 2012).

- **Contribuciones e impuestos**

El pago de impuestos depende directamente del lugar donde se pretende establecer la planta. El impuesto local varía entre un 1 a 4% del capital fijo. Se debe pagar los bienes raíces que representa un 2% respecto al costo del terreno (Mancilla, 2012).

- **Gastos generales de la planta**

Representa los costos asociados con el control y mantención de todas las dependencias de la planta, por ejemplo: aseo, mantenimiento, vigilancia, portería, comunicación, despacho, etc. Se considera un valor del 10% del costo total del producto (Mancilla, 2012).

- **Administración**

Los gastos propiamente tales de la administración son, como su nombre lo indica, los que provienen de llevar a cabo actividades administrativas de apoyo a la gestión. Si bien se relacionan con el sueldo del gerente, de los contadores, secretarías y personal de apoyo, y los gastos propios del funcionamiento de las oficinas, es posible identificar un conjunto de otras áreas que harían variar estos gastos de acuerdo con la estructura organizacional que se les asigne (Chaín, 2007).

Se estima en un rango de 20% de los sueldos de la suma entre los sueldos de mano de obra (Mancilla, 2012).

- **Distribución y venta**

Involucra todos los gastos relacionados con marketing, despacho, flete, comisiones y difusión. Representa el 10% del costo total del producto (Mancilla, 2012).

### - **Investigación y desarrollo**

Los gastos destinados a la investigación y desarrollo son de vital importancia, esto permite optimizar los procesos de producción que se llevan a cabo en la planta; por otro lado, la constante investigación y desarrollo de nuevas alternativas de producción pueden dar como resultado un menor costo de productividad, promover el crecimiento y diversificación de la empresa. Se estima un rango del 2 al 5% del costo total del producto (Mancilla, 2012).

### - **Ingresos totales por venta**

Se estima que se producirá 1000 toneladas de producto por año, teniendo en cuenta que el precio por kilogramo de carragenina en el mercado ecuatoriano está en 11\$ por cada kilogramo.

$$\text{Ingresos totales por venta} = 1000 \text{ ton} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} * \frac{11\$}{1 \text{ kg}} = \$ 11000000$$

### **3.2.8 Demanda internacional de la carragenina**

En el año 2012 la carragenina ofertada en el mundo fluctuó entre 45000 a 50000 toneladas al año; lo que representa el 10% del mercado mundial en la industria de hidrocoloides; las carrageninas se encuentran en el tercer lugar en un orden jerárquico de importancia siendo superado tan solo por gelatina y almidón (Mancilla, 2012).



**Figura 16**

Hidrocoloides presentes en el mercado en el año 2012



Nota. Recuperado de (Mancilla, 2012).

En base a las estadísticas mundiales sobre la acuicultura, es decir, técnica de dirigir y fomentar la reproducción peces, moluscos y algas emitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los datos muestran que el sector acuícola alcanzó un record en el 2018 con una producción estimada de 114,5 millones de toneladas de peso vivo, este tiene un valor de venta de 263,600 millones de USD, con un enfoque más aplicado hacia las algas tenemos una producción de 32,4 millones de toneladas de algas acuáticas que en dólares es aproximadamente en 13,300 millones de USD. (FAO, 2020)

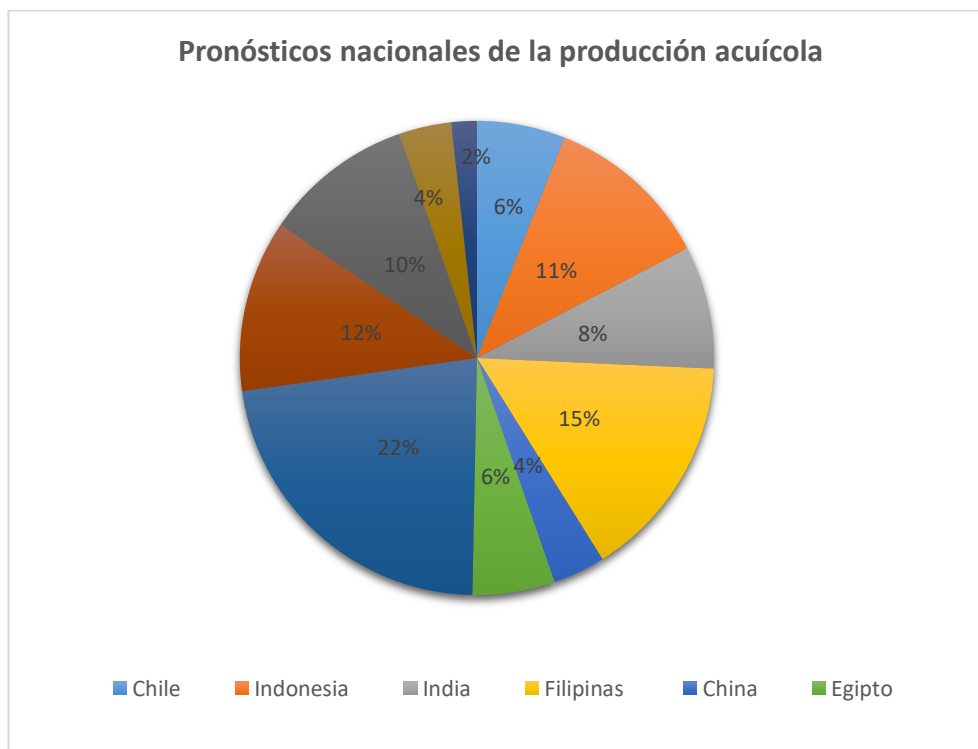
### **3.2.9 Tendencia del mercado de la carragenina**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2004) menciona que con estudios realizados llegaron a obtener hipótesis con tendencias con respecto a las cantidades de la acuicultura en los años 2010, 2020 y 2030, estos son la sumas de los objetivos de producción nacionales, obtenidos para cada país aplicando linealmente sus tasas de crecimiento pronosticadas a su producción

actual de la acuicultura hasta el año 2030. Los pronósticos de tasa de crecimiento anuales calculas mediante las cifras de los objetivos de producción publicadas en los planes nacionales de desarrollo de la acuicultura fuero:

### Figura 17

*Pronósticos nacionales de producción acuícola*



*Nota.* Comparación de la suma de los pronósticos nacionales de la producción acuícola con las cantidades que la acuicultura debe aportar para satisfacer la demanda en 2010, 2020 y 2030. Recuperado de (FAO, 2004).

#### **3.2.10 Establecer la capacidad de la planta**

En base a los datos de inflación en Ecuador se estableció la capacidad de la planta, con el objetivo de producir 1000 toneladas/año de carragenina; de acuerdo a la simulación del proceso por día se obtendrá 2,85 toneladas.

#### **3.2.11 Consumo per cápita**

El consumo aparente y per cápita de un producto, sirve como parámetro para medir la magnitud del consumo real de la población de una determinada zona o región, pues permite descontar las exportaciones e incluir las importaciones (Chiesa & Moctezuma, 1989).

$$\text{Consumo per capita} = \frac{\text{Consumo del producto}}{\text{Población}}$$

### **3.2.12 Flujo de caja**

El flujo de caja es un estado financiero (oficialmente se denomina estado de flujos de efectivo) indica el movimiento de entradas y salidas de efectivo de una empresa en un lapso de tiempo, y la situación del efectivo al final del mismo período (Ortiz & Niño, 2018).

El flujo de caja se puede estructurar para períodos de un año, un semestre, un mes, una semana, etc., teniendo en cuenta que entre más corto sea el período, más precisos serán los resultados y más útil su análisis (Ortiz & Niño, 2018).

### **3.2.13 Periodo de recuperación**

El periodo o plazo de recuperación de una inversión es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial del proyecto (Ketelhöhn et al., 2004).

El periodo de recuperación puede determinarse con la siguiente relación:

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{I}{R}$$

donde

$I$  =Inversión inicial

$R$  =Flujo de caja promedio anual.

### **3.2.14 Indicadores Financieros**

- **Tasa mínima aceptable de rendimiento**

$$TMAR = \text{Tasa de inflación} + \text{Premio al riesgo}$$

La tasa de inflación, estos datos pueden ser tomados desde entidades gubernamentales como lo son ministerios, institutos de economía, con los datos obtenidos se puede pronosticar un valor para la tasa de inflación que se acerca a la realidad.

Premio al riesgo se lo puede considerar como una ganancia adicional sobre la inflación, esto es por arriesgar dinero; se puede decir, que a mayor riesgo mayor ganancia. Para calcular el premio al riesgo podemos optar por estas dos alternativas:

- Para empresas productoras de bienes y servicios se realiza un análisis de mercado, en base a ellos se determina si la demanda es estable, esto quiere decir que exista mínimas fluctuaciones a los largo del tiempo y con tendencia a crecer además de una competencia mínima entre productores; el premio al riesgo se encontrara entre el rango de 3 y 5 %. Por otra parte, un caso contrario en un mercado de alto riesgo el valor al premio de riesgo está por encima del 12%.
- Analizar las tasas de rendimiento por sectores en la Bolsa de Valores, se observa el rendimiento promedio de empresas en el área de productos químicos que cotiza la bolsa de valores.

- **Valor actual neto**

El valor actual neto (VAN) o también conocido como valor presente neto (VPN) como lo menciona (Meza, 2013), Excel tiene una función llamada VNA que es utilizado para el cálculo del VPN; se emplea la siguiente fórmula:

$$VAN \text{ O } VPN = VNA(tasa; rango) - P$$

donde

*VNA* = función a buscar en Excel

*tasa* = corresponde a TMAR

*rango* = son los valores de caja de flujo obtenidos de 0 a 5 años

*P* = establecido por el valor de la caja de flujo del año 0.

Criterios para aceptar o rechazar el proyecto usando VPN (Meza, 2013):

- Si VPN es mayor a cero, proyecto aceptado; el inversionista ganas más de lo que quería ganar.
- Si VPN es igual a cero, es indiferente aceptar o rechazar el proyecto; el inversionista gana después de recuperar su inversión.
- Si VPN es menor a cero, no indica ninguna pérdida, indica la cantidad en dólares que faltó para que el inversionista ganara.

El segundo criterio quiere decir que el proyecto no es bueno ni malo, más bien depende de las exigencias económicas de los inversionistas.

- **Tasa interna de rendimiento**

Mediante el uso de Microsoft Excel la tasa interna de rendimiento (TIR), se calcula utilizando la función TIR:

$$\text{Función de Excel} = \text{TIR}(\text{rango}; \text{estimar})$$

Para el cálculo del TIR se inicia con un periodo igual a cero, esto representa el valor del momento inicial, el programa asume una tasa del 10% para realizar las iteraciones (Meza, 2013).

Según (Baca, 2007) los criterios a usar para la toma de decisiones es:

Si  $TIR \geq TMAR$ , Acéptese la inversión

Si  $TIR < TMAR$ , Rechacé la inversión.

- **Razón beneficio/costo**

Según (Véliz et al., 2019) la razón beneficio/costo (B/C) se puede definir como el valor de ganancia por encima de la inversión aplicada; de la misma forma que VAN y TIR, el beneficio-costo se simplifica a una sola cifra. (Almeyda & Armas, 2018) indica que se puede calcular de la siguiente manera:

$$\frac{B}{C} = 1 + \frac{VAN}{\text{inversión}}$$

Mediante la razón beneficio/costo (B/C) podemos determinar si hay ganancia o pérdida en el proyecto; es decir, si la razón es mayor a uno indica que existe ganancia; recupera más de lo invertido, por otro lado si esta relación es menor a uno indica pérdida (Herrera et al., 1994).

- **Punto de equilibrio**

Los elementos que integran la fórmula del equilibrio para su cálculo:

$$PE = \frac{GASTOS}{1 - \frac{COSTO}{VENTA}}$$

Se puede decir, el punto de equilibrio es cuando se obtiene una utilidad neta igual a cero, para obtener la utilidad neta es la resta entre las ventas y el costo, se obtiene la utilidad bruta a este valor se resta los gastos y finalmente se obtiene la utilidad neta. Se recomienda calcular el punto de equilibrio, porque permite conocer la factibilidad, viabilidad y posible rentabilidad de un proyecto (Cuevas, 2002).

### **3.2.15 *Análisis de sensibilidad***

Para realizar un análisis de sensibilidad se realizan diferentes cambios en el precio, producción o venta para obtener las posibles realidades complejas y adversas que el proyecto pueda enfrentar.

## Capítulo IV

### 4. Dimensionamiento de equipos

#### 4.1 Reactor con agitación

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación y los valores obtenidos para el dimensionamiento del reactor con agitación, para más información se recomienda, revisar el anexo B.

**Tabla 8**

*Datos generales conocidos*

Variable	Especificación	
Viscosidad de la mezcla	100	$Cp$
Velocidad de rotación	45	$rpm$
Densidad de la mezcla	1020	$\frac{kg}{m^3}$
Número de potencia	6,3	
Factor de conversión gravitacional	1	$kg * m/N * s^2$

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 9**

*Datos para la determinación del espesor de carcasa*

Variable	Especificación	
Presión de operación	14,6923494	$lbf/pulg^2$
Radio interno de la carcasa	96,02038677	$pulg$
Tensión máxima admisible	10800	$\frac{lbf}{pulg^2}$
Eficiencia de soldadura	0,9	
Espesor de corrosión	0,1574804	$pulg$

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 10***Datos conocidos para el dimensionamiento del reactor*

Variable	Especificación	
Masa de la mezcla	68317,2	ton
Densidad de la mezcla	1,019	$\frac{ton}{m^3}$
Tiempo de residencia de la mezcla	4,5	h
Sistema térmico	Adiabático	
Presión	1	atm
Temperatura inicial	15	°C
Temperatura final	75,11	°C
Volumen de la mezcla	67043,37586	$m^3$
Volumen por día	191,5525025	$m^3$
N° de cargas	5	
Volumen operativo por carga	38,31050049	$m^3$
N° de estanques	2	
Volumen operativo por estanque	19,15525025	$m^3$
Volumen (sobredimensionamiento 20%)	22,98630029	$m^3$
$\alpha$	2	

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 11***Dimensionamiento del reactor con agitación*

Variable	Especificación	
Diámetro interno	4,877833014	m
Altura del estanque	9,755666028	m
Espesor de carcasa	8	mm
Altura de cabezal	1,408109102	m
Volumen de cabezal	9,389215517	$m^3$



Variable	Especificación	
Altura total	11,16377513	<i>m</i>
Volumen total	32,37551581 <i>m</i> <sup>3</sup>	<i>m</i> <sup>3</sup>
Material	Acero inoxidable AISI 304	

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 12**

*Especificaciones del sistema de agitación*

Variable	Especificación	
Número de Reynolds	19821,80377	
Diámetro del agitador	1,609684895	<i>m</i>
Altura del rodete sobre el fondo del estanque	1,609684895 <i>m</i>	<i>m</i>
Anchura del rodete	0,201210612 <i>m</i>	<i>m</i>
Anchura de las placas deflectoras	0,487783301 <i>m</i>	<i>m</i>
Altura del líquido en el estanque	4,877833014 <i>m</i>	<i>m</i>
Ancho de aspas	0,402421224 <i>m</i>	<i>m</i>
Número de aspas	6	
Potencia del motor del agitador	39,28843335	<i>HP</i>

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

## 4.2 Intercambiador de calor

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación y los valores obtenidos para el dimensionamiento del intercambiador de calor.

**Tabla 13***Datos de alimentación de carragenina*

Solución de carragenina		
Temperatura entrada	75,11	°C
Temperatura salida	40	°C
Caudal de la solución	8132,556325	kg/h
Capacidad Calorífica	4,177757576	kJ/kg°C

*Nota.* Recuperado de autoría propia.**Tabla 14***Datos de alimentación del refrigerante*

Agua		
Flujo del agua refrigerante	-	
Temperatura entrada	25	°C
Temperatura salida	40	°C
Capacidad calorífica	4,18	kJ/kg°C

*Nota.* Recuperado de autoría propia.**Tabla 15***Dimensiones del intercambiador de calor*

Dimensiones		
N° de tubos	74	
Longitud de tubos	2	m
Área real	122,0000428	m <sup>2</sup>
Uo	720,271178	Wm <sup>2</sup> /°C

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

### 4.3 Mezclador estático

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación y los valores obtenidos para el dimensionamiento del mezclador estático.

**Tabla 16***Datos conocidos de los flujos*

Variable	Solución de Carragenina	Solución NaCl	Kappa 1 precipitada
$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$	0,002215556	0,000241056	0,002456667
$\rho \left( \frac{Kg}{m^3} \right)$	1006	1010	1007
$\mu (Pa * s)$	0,0006836	0,0006976	0,0006904
$\dot{m} \left( \frac{Kg}{s} \right)$	2,259166667	0,258277778	2,517222222
$P (Pa * s)$	66850	101300	66850

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

Para la determinación de la velocidad del flujo de salida del mezclador, es necesario estimar la velocidad del flujo en base de su caudal de las soluciones de *NaCl* y Carragenina. Mott (2006), presenta en su literatura una tabla que permite relacionar estos parámetros con la finalidad de obtener mencionadas velocidades.

$$v_1 = 1.6 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 1.1 \text{ m/s}$$

Al resolver el balance energético planteado para los tres flujos se determina la velocidad correspondiente al flujo de Kappa 1 precipitada  $v_3$ .

$$v_3 = 3.002798261 \text{ m/s}$$

Se determinó que el número de Reynolds es mayor que 4000, por lo tanto, se cumple la condición de diseño.

$$Re = 141357,6881$$

**Tabla 17***Dimensionamiento del mezclador*

Velocidad de flujo	( <i>m/s</i> )
Solución de Carragenina	1.6
Solución NaCl	1.1
Kappa 1 precipitada	3.002798261
Diámetro de cañería	( <i>m</i> )
Solución de Carragenina	0.041989034
Solución NaCl	0.016703858
Kappa 1 precipitada	0.032274877
Material	Acero inoxidable AISI 304

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### 4.4 Centrifugadora de sedimentación

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación y los valores obtenidos para el dimensionamiento de la centrifugadora de sedimentación.

**Tabla 18***Datos para la determinación del factor sigma*

Variable	Especificación	
Caudal a través de la centrifugadora	0,002440833	<i>m</i> <sup>3</sup> / <i>s</i>
Densidad del sólido	1300	<i>kg/m</i> <sup>3</sup>
Densidad del líquido	1094	<i>kg/m</i> <sup>3</sup>
Diferencia de densidad	206	<i>kg/m</i> <sup>3</sup>
Diámetro de partícula solida	0,00005	<i>m</i>
Viscosidad del líquido	0,01159	<i>Pa * s</i>
Aceleración gravitacional	9,8	<i>m/s</i> <sup>2</sup>
Eficiencia del equipo	0,6	

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 19***Dimensionamiento de la centrifugadora de sedimentación*

Variable	Especificación	
Valor sigma de la centrifugadora	84,077447	$m^2$
Relación caudal / sigma	4,83846E-05	$m/s$
Material	Acero inoxidable AISI 304	

*Nota.* Recuperado de autoría propia.**4.5 Filtro de prensa**

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación y los valores obtenidos para el dimensionamiento del filtro de prensa.

**Tabla 20***Datos para el dimensionamiento del filtro de prensa*

Variable	Especificación	
Volumen de alimentación por ciclo	19,15525025	$m^3$
Fracción de sólidos	0,060645305	
Densidad del sólido	1233	$kg/m^3$
Masa de la torta por volumen de filtrado	173,68	$kg/m^3$

*Nota.* Recuperado de autoría propia.**Tabla 21***Dimensionamiento del filtro de prensa*

Variable	Especificación	
Capacidad del equipo	0,163633323	$m^3$
Área filtrante	10,0335283	$m^2$
Número de cámaras	17	
Largo de la prensa	2,8702	$m$
Largo de la placa	0,762	$m$

Variable	Especificación	
Espesor de la placa	0,0508	<i>m</i>
Espesor del marco	0,1016	<i>m</i>
Material	Acero inoxidable AISI 304	

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### 4.6 Secador

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la simulación y los valores obtenidos para el dimensionamiento de secador.

**Tabla 22**

*Datos de alimentación al secador*

Datos		
Flujo másico de la mezcla	543,246626	<i>kg/h</i>
Densidad de la mezcla	1232,8758	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
Sistema térmico	adiabático	
Presión	1	<i>atm</i>
Temperatura	40	<i>°C</i>

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 23**

*Carga del secador*

Datos para carga de secador		
carga total diaria	13037,919	<i>kg/día</i>
N° de cargas por día	4	
N° Secadores	1	
carga del secador / carga por estanque	740,666822	<i>kg</i>
Flujo de agua	94,1352846	<i>kg/h</i>

Datos para carga de secador		
Masa del agua	15,6892141	kg
Flujo de carragenina K1	120,829601	kg/h
Masa de carragenina K1	724,977608	kg
Flujo volumetrico de la mezcla	0,4406337	m <sup>3</sup> /h

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### **Tabla 24**

*Dimensiones del secador*

Dimensionamiento del secador		
Largo	2	m
Ancho	10,0127255	m
Área	20,0254511	m <sup>2</sup>

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

### **4.7 Costo de equipos**

#### **Tabla 25**

*Costo de equipos utilizados en la planta de producción*

Equipo	Costo (\$)
Reactor agitado	390637,5531
Intercambiador de calor	22189,23029
Mezclador estático	2418,293882
Centrifugadora de sedimentación	330040,401
Filtro de prensa	150492,068
Secador	50063,6277

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

## 4.8 Análisis Económico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con respecto al análisis económico del proyecto, para más información se recomienda revisar el anexo H.

### 4.8.1 Capital Fijo

**Tabla 26**

*Costos directos e indirectos del capital fijo*

Costos directos	\$
Maquinaria y equipos	1336478,72
Equipos de laboratorio	1101
Mobiliario y equipos de oficina	3925,45
Implementos de seguridad	683
Instalaciones	334119,68
Instrumentación y control	106918,298
Cañerías	133647,872
Instalaciones eléctricas	133406,043
Edificaciones	400943,616
Servicios generales	400943,616
Valor del terreno	80000
Total de costos directos	2932409,13
Costos indirectos	\$
Ingeniería y supervisión	441037,978
Costos legales	31,08
Costo de construcción	547956,276
Honorario del contratista	58648,1825
Total de costos indirectos	1047673,52
Capital fijo	4113730,51

*Nota.* Recuperado de autoría propia.



#### 4.8.2 Estimación de la inversión total

**Tabla 27**

*Datos para la estimación de la inversión total*

Dato	\$
Capital de trabajo	411373,051
Costo de puesta en marcha	411373,051
Estimación de la inversión total	4936476,62

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### 4.8.3 Beneficio anual

**Tabla 28**

*Datos para la estimación del costo de fabricación*

Costo	\$
Materia prima	5196543,7
Mano de obra	313200
Servicios generales	411373,0513
Mantenimiento	82274,61027
Suministros	8227,461027
Laboratorio	31320
Depreciación	133647,8721
Seguros	16454,92205
Contribuciones e impuestos	42737,30513

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 29***Datos para la estimación de los gastos generales de la planta*

Gastos	\$
Administración	62640
Distribución y venta	623577,8926
Investigación y desarrollo	124715,5785

*Nota.* Recuperado de autoría propia.**Tabla 30***Determinación del costo total del producto*

Dato	\$
Costo de fabricación	6235778,926
Gastos generales de la empresa	810933,4711
Costo total del producto	7046712,397

*Nota.* Recuperado de autoría propia.**Tabla 31***Determinación de los ingresos totales por venta*

Dato	Cantidad
Cantidad de carragenina (ton)	1000
Precio de la carragenina (\$/ton)	11000
Ingresos totales por venta (\$)	11000000

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

**Tabla 32***Determinación del beneficio anual*

Dato	\$
Ingresos totales por venta (anual)	11000000
Costo total del producto	7046712,397
Beneficio anual	3954668,16

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### 4.8.4 Flujo de Caja

**Tabla 33** Flujo de caja

Flujo de caja 50% capital propio y 50% financiamiento bancario						
Inversión total	4936476,62					
Financiamiento del 50%	2468238,31					
Plazo	5					
Taza	12%					
Cuota	684713,327					
		1	2	3	4	5
Saldo inicial		2468238,31	2079713,58	1644565,88	1157200,46	611351,185
Interés		296188,597	249565,629	197347,906	138864,055	73362,1422
Amortización		388524,73	435147,698	487365,422	545849,272	611351,185
Saldo Final		2079713,58	1644565,88	1157200,46	611351,185	2,4447E-09
N° de Años	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversión inicial						
Capital fijo	4113730,51					

N° de Años	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Capital de trabajo	411373,051					
Costos de puesta en marcha	411373,051					
Ingresos						
Ingresos totales		11000000	11550000	12127500	12733875	13370568,8
Egresos						
Costos de fabricación		6235778,93	6422852,29	6615537,86	6814004	7018424,12
Materia prima		5196543,7	5352440,02	5513013,22	5678403,61	5848755,72
Mano de obra		313200	322596	332273,88	342242,096	352509,359
Servicios generales		411373,051	423714,243	436425,67	449518,44	463003,993
Mantenimiento		82274,6103	84742,8486	87285,134	89903,6881	92600,7987
Suministros		8227,46103	8474,28486	8728,5134	8990,36881	9260,07987
Laboratorio		31320	32259,6	33227,388	34224,2096	35250,9359
Depreciación		133647,872	137657,308	141787,027	146040,638	150421,857
Seguros		16454,9221	16948,5697	17457,0268	17980,7376	18520,1597
Contribuciones e impuestos		42737,3051	44019,4243	45340,007	46700,2072	48101,2134
Gastos generales de la empresa		810933,471	835261,475	860319,319	886128,899	912712,766
Administración		62640	64519,2	66454,776	68448,4193	70501,8719

N° de Años	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Distribución y venta		623577,893	642285,229	661553,786	681400,4	701842,412
Investigación y desarrollo		124715,579	128457,046	132310,757	136280,08	140368,482
Utilidad Operativa (EBIT)		3953287,6	4291886,23	4651642,82	5033742,1	5439431,87
Utilidad antes de particiones e impuestos		3953287,6	4291886,23	4651642,82	5033742,1	5439431,87
Impuesto a la renta (30%)		1185986,28	1287565,87	1395492,85	1510122,63	1631829,56
Utilidad después del impuesto / Utilidad neta		2767301,32	3004320,36	3256149,97	3523619,47	3807602,31
Amortización y Depreciación		133647,872	137657,308	141787,027	146040,638	150421,857
Flujo de caja Económico	-4936476,62	2900949,19	3141977,67	3397937	3669660,11	3958024,16
Financiamiento neto	2468238,31					
Prestamos	2468238,31					
Interés (12%)		296188,597	249565,629	197347,906	138864,055	73362,1422
Amortización		388524,73	435147,698	487365,422	545849,272	611351,185
Flujo de caja financiero	-2468238,31	2216235,87	2457264,34	2713223,67	2984946,78	3273310,84

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### 4.8.5 Período de recuperación

**Tabla 34**

*Periodo de recuperación*

Variable	Valor	Unidades
Inversión total	4927734,19	\$
Flujo de caja promedio anual	2730978,27	\$/año
Periodo de recuperación	1,80438425	años

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

#### 4.8.6 Índices financieros

- **Inflación en Ecuador**

**Tabla 35**

*Inflación en Ecuador*

N°	Año	Porcentaje
1	2015	3,97%
2	2016	1,73%
3	2017	0,42%
4	2018	0%
5	2019	0,27%
TOTAL		1,278%

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

- **Premio al riesgo**

Premio al riesgo                      6,50%

- **Cálculo del TMAR**

TMAR    7,778%

- **Cálculo del Valor actual neto**

**Tabla 36***Valor actual neto*

TMAR						
						7,778%
Años	0	1	2	3	4	5
Flujos netos de fondos en dólares	-2468238,308	2216235,867	2457264,343	2713223,67	2984946,78	3273310,84
Valor actual neto	\$ 10.200.421,44					

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

- **TIR**

**Tabla 37***Tasa interna de retorno*

Años	0	1	2	3	4	5
Flujos netos de fondos en dólares	-2468238,308	2216235,867	2457264,343	2713223,67	2984946,78	3273310,84
Valor actual neto	95%					

*Nota.* Recuperado de autoría propia



- **Razón costo beneficio**

R C/B                      \$ 3,07

- **Punto de equilibrio**

**Tabla 38**

*Punto de equilibrio*

	1	2	3	4	5
Gastos	69719,33689	71810,917	73965,24451	76184,2018	78469,7279
Costos	561161,1407	577995,975	595335,8542	613195,93	631591,808
Venta	11000000	11000000	11000000	11000000	11000000
PE	73467,24249	75793,49279	78197,40053	80681,8165	83249,7131

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

- **Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad aplicado este estudio es la variación del costo de venta de la carragenina, el precio inicial es de 11\$ por kilogramo, es decir, 11000 por tonelada; la variación del precio de venta es desde 11\$ hasta 8,5\$

**Tabla 39**

*Análisis de sensibilidad*

TMAR	7,778%
TIR	Costo por tonelada
95%	11000
65%	10000
33%	9000
16%	8500
-5%	8000

*Nota.* Recuperado de autoría propia.

## Capítulo V

### 5. Conclusiones

Con respecto al dimensionamiento de los equipos empleados en la planta de producción, los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Mancilla (2012), por lo que se puede aceptar, mencionados valores de dimensión. El costo del reactor agitado, intercambiador de calor, mezclador estático, centrifugadora de sedimentación, filtro de prensa y secador son \$390637.5531, \$22189.23029, \$2418.293882, \$330040.4009, \$150492.0676 y \$50063.622, respectivamente. Se optó por usar acero inoxidable AISI 304 como material para todos los equipos debido a sus excelentes propiedades anticorrosivas.

El monto de la inversión total inicial es de \$ 4927734,19, (50%) de este monto será financiado por una entidad bancaria, el capital fijo es de \$ 4106445,16, los gastos administrativos de la empresa son \$ 810785,5546 y el beneficio anual para el presente proyecto es de \$3954668,157.

La empresa presenta una ventaja competitiva a nivel nacional, puesto que, en Ecuador no existen empresas dedicadas a la producción de carragenina a partir de algas rojas *euchema cottonii* ni de ninguna otra especie, de tal forma que su comercialización contribuirá a la disminución de importaciones de carragenina al país.

Mediante los resultados obtenidos en el análisis financiero, tomando en cuenta los flujos financieros proyectados para 5 años se obtiene un VAN de \$ 10.207.478,84, por lo que el proyecto es aceptado.

Con un análisis de la inflación en Ecuador desde el 2015 hasta el 2019 se obtiene un promedio de 1,278% y con un porcentaje de premio al riesgo de 6,5% se obtiene un TMAR de 7,778%.

Con un análisis estimado para 5 años mediante los flujos financieros se obtiene un TIR de 95%, si  $TIR$  mayor igual que  $TMAR$ , acéptese la inversión, por lo tanto, cumple, se acepta la inversión.

El índice beneficio/costo es de \$ 3,07, lo que quiere decir que existe un beneficio de 3,07 adicional por cada dólar de inversión total.

El punto de equilibrio promedio obtenido para los 5 años de proyección se obtiene 78277,9331\$ lo que nos quiere decir que en este punto las ventas son iguales a los costos, en este punto no se obtiene ganancias ni pérdidas.

Mediante un análisis de sensibilidad variando el costo de venta de carragenina se obtiene que con venta de 11\$ por kilogramo un TIR de 95% que es mayor al TMAR 7,778% por ende se acepta la inversión, por otro lado si se toma en cuenta un caso extremo de disminución de venta de la carragenina hasta los 8\$ el TIR es de -5%, es menor al TMAR por lo tanto la inversión no es aceptada, para que el proyecto se encuentre dentro de un TMAR aceptable como precio mínimo de carragenina será de 8,5 por kilogramo.

## 5.1 Recomendaciones

Debido a la factibilidad del proyecto y a los ingresos obtenidos, es recomendable que el proyecto sea puesto en marcha con ayuda financiera, con un trabajo conjunto entre el sector privado y el estado ecuatoriano.

Se recomienda en futuras investigaciones realizar el diseño y dimensionamiento de una planta de producción de carragenina en química verde, mediante el método de agua subcrítica.

Para el presente estudio, es recomendable el uso de un reactor agitado, puesto que, este equipo permite que la reacción se lleve a cabo en todo el volumen del recipiente, dando como resultado una buena mezcla de los reactivos y evitando que se formen espacios muertos en el reactor.

Para futuras investigaciones, en las cuales se pretenda producir más de 1000 ton anuales de carragenina, es recomendable emplear reactores en serie, con la finalidad que, al dimensionar mencionados equipos los valores obtenidos no sean excesivos.

Capacitar al personal involucrado en el proceso de producción con la finalidad, de que el proceso de manufactura sea eficiente y se pueda cumplir con los objetivos del proyecto.

## Bibliografía

- ACS Medio Ambiente. (2021). *Equipos y Sistemas Para el Tratamiento de Agua*. Filtro Prensa, Filtro Prensa de Placas y Marco, Deshidratación de Lodos, Recuperación de Metales Preciosos, Filtro Prensa de Placas Empotradas. Recuperado el 21 de Febrero de 2021, de <http://www.acsmedioambiente.com/filtrosprende.html>
- Alibaba. (2021). *Acero inoxidable 304*. Alibaba. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/304-stainless-steel-price-per-m2-sus304-stainless-steel-plate-price-per-square-meter-62043271498.html>
- Almeyda, M., & Armas, B. (2018). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CARRAGENINA A BASE DE ALGA ROJA Chondracanthus chamissoi* [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. Recuperado el 20 de Diciembre de 2020, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3799/almeyda-carbajal-mc-armas-caballero-bd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baca, G. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA, S.A DE C.V. Recuperado del 27 de Diciembre de 2020.
- Boulanger, F., Gutiérrez, C., & Fonseca, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Editorial Tecnología de Costa Rica. Recuperado el 29 de Enero de 2021.
- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2006). *Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones*. Mc GRAW-HILL. Recuperado el 18 de Enero de 2021.
- Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. (2006). *Manejo de recursos costeros en el Gran Caribe: resiliencia, adaptación y diversidad comunitaria*. Mayol Ediciones S.A. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de [https://books.google.com.ec/books?id=U9PbMaQcmFMC&pg=PA171&dq=carragenina+de+alga+marina&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjL9aztruzuAhVvRTABHY-xCNcQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=carragenina de alga marina&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=U9PbMaQcmFMC&pg=PA171&dq=carragenina+de+alga+marina&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjL9aztruzuAhVvRTABHY-xCNcQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=carragenina%20de%20alga%20marina&f=false)
- Chaín, N. (2007). *Proyectos de Inversión, Formulación y Evaluación* (Primera Ed). Pearson Educación. Recuperado el 19 de Febrero de 2021.
- Chiesa, M., & Moctezuma, P. (1989). *La pesca en Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California. Recuperado el 13 de Febrero de 2021.
- Cisneros, M. (2015). *Proyecto de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de agar-agar*. Universidad Nacional Mayor de San Carlos. Recuperado el 15 de Marzo de 2021.
- Collío, S. (2016). *Prefactibilidad técnica y económica de una planta productora de alginato de sodio a partir de algas pardas*. Universidad técnica Federico Santa María. Recuperado el 17 de Marzo de 2021.
- Cuevas, F. (2002). *Control de Costos y Gastos en los restaurantes*. Editorial Limusa, S.A de C.V. Recuperado del 03 de Marzo de 2021.
- De Lima Barizão, C., Crepaldi, M. I., Junior, O. de O. S., de Oliveira, A. C., Martins, A. F., Garcia, P. S., & Bonafé, E. G. (2020). Biodegradable films based on commercial k-

- carrageenan and cassava starch to achieve low production costs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 582–590. Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.150>
- FAO. (2004). *EL ESTADO MUNDIAL DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA*. FAO. Recuperado el 26 de Febrero de 2021, de <http://www.fao.org/3/y5600s/y5600s.pdf>
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. FAO. Recuperado el 26 de Febrero de 2021, de <http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- Fogler, H. S. (2008). *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas* (4th ed.). Pearson Education. Recuperado del 13 de Marzo de 2021.
- Glicksman, M. (1987). Utilization of seaweed hydrocolloids in the food industry. *Hydrobiologia*, 151(1), 31–47. Recuperado el 26 de Enero de 2021, de [https://doi.org/10.1007/978-94-009-4057-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-009-4057-4_3)
- Hamilton, M., & Pezo, A. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados*. Convenio Andrés Bello. Recuperado del 18 de Febrero de 2021.
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H., & Radulovich, R. (1994). *Fundamentos de Análisis Económicos: guía para investigación y extensión rural*. CATIE. Recuperado del 16 de Febrero de 2021.
- Kaliaraj, G., Subramaniyan, B., Manivasagan, P., & Kim, S.-K. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using seaweed polysaccharides. In *Green Chemistry* (Vol. 13). Elsevier Inc. Recuperado el 23 de Enero de 2021, de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809816-5/00007-4>
- Ketelhöhn, W., Marín, N., & Montiel, E. (2004). *Análisis de inversiones estratégicas*. Norma. Recuperado el 16 de Febrero de 2021.
- Made in China. (2021). *Secador de aire caliente*. Made-in-China. Recuperado el 01 de Marzo de 2021, de [https://es.made-in-china.com/co\\_cnxinre/product\\_Air-Dryer-Heat-Hopper-Dryer-for-PE-Material\\_eggreugiy.html](https://es.made-in-china.com/co_cnxinre/product_Air-Dryer-Heat-Hopper-Dryer-for-PE-Material_eggreugiy.html)
- Mancilla, J. (2012). *Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina Kappa I*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Recuperado el 19 de Diciembre de 2020.
- Massa, J., Giró, J., & Giudici, A. (2017). *Compendio de Cálculo Estructural para ingeniería mecánica y aeronáutica*. Universidad Nacional de Cordova. Recuperado el 08 de Marzo de 2021, de [https://www.academia.edu/43435539/COMPENDIO\\_de\\_C%C3%A1lculo\\_Estructural\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_mec%C3%A1nica](https://www.academia.edu/43435539/COMPENDIO_de_C%C3%A1lculo_Estructural_para_ingenier%C3%ADa_mec%C3%A1nica)
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1991). *OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERIA QUIMICA* (Cuarta ed.). Mc GRAW-HILL. Recuperado el 19 de Febrero de 2021.
- Meza, J. (2013). *Evaluación financiera de proyectos* (3ra ed.). Ecoe Ediciones.

- Recuperado el 30 de Diciembre de 2020.
- Mott, R., Enríquez, J., & León, J. (2006). *Mecánica de fluidos*. Prentice-Hall. Recuperado el 23 de Febrero de 2021.
- Ortiz, H., & Niño, D. (2018). *FLUJO DE CAJA Y PROYECCIONES FINANCIERAS*. Universidad Externado de Colombia. Recuperado el 26 de Febrero de 2021.
- Perry, R., & Green, D. (2001). *Manual del ingeniero químico* (Octava Edi). Mc GRAW-HILL. Recuperado el 18 de Enero de 2021, de <https://doi.org/10.1036/0071422943>
- Peters, M., Timmerhaus, K., & West, R. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (Fifth Edit). Mc GRAW-HILL. Recuperado el 18 de Febrero de 2021.
- Pettinelli, N. (2020). *Desarrollo de nuevos hidrogel para aplicaciones biomédicas*. Univerisidad de Coruña. Recuperado el 08 de Marzo de 2021, de [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/26464/Pettinelli\\_Natalia\\_TD\\_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/26464/Pettinelli_Natalia_TD_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Polimeni, R., Fabozzi, F., Adelberg, A., & Kole, M. (1997). *CONTABILIDAD DE COSTOS* (Tercera Ed). Mc GRAW-HILL. Recuperado el 14 de Febrero de 2021.
- Salas, N., Córdova, C., & Estrada, E. (2008). Obtención de  $\kappa$ -Carragenano y  $\lambda$ -Carragenano a partir de macroalga *Chondracanthus chamissoi* y su aplicación en la industria alimentaria. *Revista de La Facultad de Ingeniería Industrial*, 11(2), 52–58. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81619829007.pdf>
- Sinnott, R. K., & Towler, G. (2012). Chemical Engineering Design. In *Chemical Engineering Design* (Fifth Edit). Reverté. Recuperado el 10 de Enero de 2021, de <https://doi.org/10.1016/C2009-0-61216-2>
- Tena, G. (2018). *La vida útil de los alimentos y las reacciones principales* (2da ed.). Innovación editorial Lagares de México, S.A de C.V. Recuperado el 8 de Marzo de 2021
- Urbina, G. (2007). *Fundamentos de ingeniería económica* (Cuarta edi). Mc GRAW-HILL. Recuperado el 13 de Febrero de 2021.
- Van Horne, J., & Wachowicz, J. (2002). *Fundamentos de administración financiera* (10ma ed.). Pearson Educación. Recuperado el 18 de Marzo de 2021
- Velastegui, H. (2010). *Calidad nutritiva, microbiológica y organoléptica de jamón de espalda con la adición de diferentes niveles de carragenina* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/2308/1/27T0204.pdf>
- Véliz, M., González, Y., & Martínez, Y. (2019). Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales. *Tecnología Química*, 30(1)(1), 207–220. Recuperado el 24 de Febrero de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852019000100207&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000100207&lng=es&tlng=es).

Zugarramurdi, A., & Lupin, H. (1998). *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*. Departamento de pesca de la FAO. Recuperado el 15 de Febrero de 2021.



# Anexos