

Propuesta para el mejoramiento de dos líneas de producción en la empresa SERVIFRAN  
BIOINGETECH S.A.S

Adela Tatiana Portillo Martínez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Químico

Director

Carlos Augusto Godoy Ruiz

Especialista Ingeniería del gas

Codirectores

Hernando Guerrero Amaya

PhD Electroquímica, Ciencia y Tecnología

Joel Santos Millán Pino

Químico Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2022

### **Agradecimientos**

Quiero agradecer en primer lugar a mi mamá Antonia, por apoyarme en cada momento, por guiarme en el camino de la vida, por no dejarme desfallecer cuando pensaba abandonar. Esta tesis es el resultado de lo que me has enseñado en la vida, nunca darme por vencida. A mi papá que está en el cielo, me enseñó el valor del esfuerzo, el trabajo duro, la honestidad y una nobleza infinita.

A mis hermanos Jesús, Néstor, Enardo, gracias por todo el apoyo que me brindaron en este proceso, por su paciencia, por compartir sus vidas conmigo y preocuparse de su hermana menor.

A mis sobrinos Ioseph Adrián y Juan José por darle felicidad a mi vida y amor a mi corazón.

Gracias a mi tía Mildred por estar en los momentos más importantes de mi vida, por los consejos que han sido de tanta ayuda para mi crecimiento, por ser mi cómplice; A mi tío Javier que hace un año partió de este mundo, me aconsejó y me trató como a su hija. A mis primos Merly, Magda, Javier, Alex gracias por sus consejos y quererme como a una hermana.

A mi gata Amelia, que estuvo a mi lado haciéndome compañía.

A los amigos que encontré en la universidad Majo Pardo, Manuel, Ana María, Laura, gracias por pasar a mi lado momentos de mi vida universitaria y estar conmigo en las buenas y en las malas, nunca lo olvidaré; A mis amigos de toda la vida Cristian y Adriana, que han sido mi apoyo y confidentes en los últimos 15 años de mi vida; A Adiel Isabel gracias por el cariño, por lo aprendido, el tiempo y el traspaso corrigiendo este proyecto.

A mi director de proyecto, el profesor Carlos Godoy, gracias a su ayuda pude culminar exitosamente este proyecto.

A Joel Millán por permitir realizar las prácticas en su empresa.

Gracias a todas aquellas personas que aparecieron en algún momento de mi vida como estrellas para iluminar mi camino, por los buenos o malos momentos, porque al final hacen parte de lo que soy hoy; A todos y cada uno de los que hicieron parte de este proceso.

Gracias.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo general .....	13
1.2 Objetivos específicos .....	13
2. Marco conceptual .....	14
2.1 Agitación .....	14
2.2 Tanques agitados .....	14
2.3 Tipos de agitación .....	15
2.3.1 Agitadores de flujo axial .....	16
2.3.2 Agitadores de flujo radial .....	16
2.4 Agitadores mecánicos .....	16
2.4.1 Agitadores de hélice .....	17
2.4.2 Agitadores de paletas .....	18
2.4.3 Agitadores de turbina .....	19
2.5 Placas deflectoras .....	19
2.6 Diseño estándar de agitadores .....	20
2.7 Altura óptima de líquido en tanque agitados .....	21
2.8 Transferencia de Calor en tanques agitados .....	22
2.8.1 Chaqueta de calentamiento o enfriamiento .....	22
2.8.2 Serpentín .....	23

2.8.3 Calentador eléctrico de inmersión .....	23
2.9 Numero de Reynolds.....	24
2.10 Número de Potencia (Np) .....	25
3. Estado del Arte.....	26
4. Metodología .....	28
5. Resultados .....	31
5.1 Compilación de Información .....	31
5.2 Filosofía del Producto “X”.....	32
5.2.1 Modo de Operación Actual.....	32
5.2.2 Rediseño del reactor para la producción de “X” .....	33
5.3 Filosofía del Producto “Y”.....	37
5.3.1 Modo de Operación Actual.....	37
5.3.2 Rediseño de la planta de producción de “Y” .....	39
6. Conclusiones.....	45
7. Recomendaciones .....	46
Referencias Bibliográficas .....	47
Apéndices.....	48

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema de un reactor enchaquetado con agitación .....	15
Figura 2. Patrones de flujo (a) Flujo axial. (b) Flujo radial .....	16
Figura 3. Patrones de flujo en tanques agitados.....	17
Figura 4. Agitador de hélice.....	18
Figura 5. Agitador de Paletas .....	18
Figura 6. Agitador de Turbina .....	19
Figura 7. Disposición de placas deflectoras.....	20
Figura 8. Recipiente Enchaquetado .....	22
Figura 9. Serpentín Helicoidal .....	23
Figura 10. Calentador eléctrico de inmersión .....	24
Figura 11. Lineamientos para lograr el primer objetivo .....	28
Figura 12. Lineamientos para lograr el segundo objetivo.....	29
Figura 13. Lineamientos para lograr el tercer objetivo.....	30
Figura 14. Reactores batch de producción .....	31
Figura 15. Diagrama de flujo de proceso para la obtención del producto “X”.....	33
Figura 16. Tanque plástico de 55 gal (izquierda) y agitador Industrial de (derecha) .....	38
Figura 17. Diagrama de flujo de proceso para la obtención del producto “Y”.....	39
Figura 18. Diagrama de bloques para la elaboración del producto “Y” .....	40
Figura 19. Diagrama de flujo preliminar para la elaboración del producto “Y” .....	41
Figura 20. Diagrama PFD para la elaboración del producto “Y” .....	44

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Principales variables para la elaboración del producto “X” .....	32
Tabla 2. Tabla de corrientes del diagrama de flujo de proceso del producto “X” .....	33
Tabla 3. Parámetros de diseño de la chaqueta de calentamiento .....	36
Tabla 4. Principales variables para la elaboración del producto “Y” .....	38

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Cálculos requeridos para la obtención del reactor de 200L.....	48
Apéndice B. Proceso estándar para la fabricación del producto "Y" según diagrama de flujo de procesos (PFD).....	52
Apéndice C. Hojas de datos de equipos encontrados en la inspección inicial de la planta .....	53
Apéndice D. Especificaciones técnicas del reactor propuesto de 200 L.....	55
Apéndice E. Fichas técnicas de los equipos para el proceso "y" .....	56

## Resumen

**Título:** Propuesta para el mejoramiento de dos líneas de producción en la empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S\*

**Autor:** Adela Tatiana Portillo Martínez\*\*

**Palabras Clave:** tensoactivo, reactor batch, PFD, biotecnología

### Descripción:

La empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S dentro de sus operaciones y su labor investigativa y de innovación ha venido trabajando con productos biotecnológicos donde se destacan un caldo bacteriano para la biorremediación de suelos (denominado X) y un tensoactivo (denominado Y). A la fecha la demanda de la empresa es mucho mayor por lo que la planta de producción actual no es suficiente para cumplir con la planeación requiriendo de una expansión, que inicia en el nuevo cálculo de reactores batch encaquetados y una ampliada estructura de la planta de producción del producto “Y”. En este trabajo se realizó en primer lugar un diagnóstico de la planta de operación actual para poder pasar al dimensionamiento del reactor batch para la producción de “X” hasta 200 L, con el fin de aumentar la producción 130 L, encontrándose parámetros como un diámetro de 54 cm, altura de 90 cm y un calor cedido por la chaqueta de calentamiento de 901,45 KJ.

Por otro lado, se analizó la producción de “Y” donde la expansión de la planta de producción ascendió a 1600 L efectivos, conllevando al planteamiento de un PFD que contemple los nuevos caudales de producción, diversas bombas y válvulas de regulación de producto.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas Escuela de Ingeniería Química Director Carlos Augusto Godoy Ruiz Especialista Ingeniería del gas Codirectores Hernando Guerrero Amaya PhD Electroquímica, Ciencia y Tecnología Joel Santos Millán Pino Químico Industrial

## Abstract

**Title:** Proposal for the improvement of two production lines in the company SERVIFRAN BIOINGETECH S.A. S\*

**Author:** Adela Tatiana Portillo Martínez\*\*

**Keywords:** surfactant, batch reactor, PFD, biotechnology

### Description:

The company SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S within its operations and its research and innovation work has been working biotechnological products where a bacterial broth for soil bioremediation (named X) and a surfactant (named Y) stand out. To date, the demand of the company is much higher, so the current production plant is not enough to meet the planning, requiring an expansion, which starts with the recalculation of jacketed batch reactors and an enlarged structure of the production plant of the product “Y”. In this work first, a diagnosis of the current operation plant was made to proceed to the sizing of the batch reactor for the production of “X” up to 200 L, with the purpose of increasing the production by 130 L, finding parameters such as a diameter of 54 cm, a height of 90 cm and heat given up by the heating jacket of 901.45 KJ. On the other hand, the production of “Y” was analyzed where the expansion of the production plant amounted to 1600 L effective, leading to the approach of PFD that contemplates the new production flows, various pumps, and product regulation valves.

---

\* Graduation Project

\*\* School of Engineering School of chemical Engineering Director Carlos Augusto Godoy Ruiz Specialist Gas Engineering Codirectors Hernando Guerrero Amaya PhD Electrochemistry, Science and Technology Joel Santos Millán Pino Industrial Chemist

## Introducción

La empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S fue fundada en 1997 en la ciudad de Barrancabermeja, pero actualmente su planta de producción se encuentra ubicada en la ciudad de Girón (Santander) donde sus esfuerzos se centran en la biorremediación de suelos y aguas, recuperación de hidrocarburos, tratamientos de lodos y producción de tensoactivos biológicos con el fin de innovar e investigar continuamente sobre la manera de obtener mejores resultados.

Para este proceso de innovación y mejora continua SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S posee laboratorios de investigación y desarrollo los cuales cuentan con equipos de punta en torno a reactores batch, autoclaves, agitadores, secadores de bandejas y demás.

En uno de sus esfuerzos para la obtención de productos que favorezcan la biorremediación se encuentran los caldos bacterianos (ahora denominados “X”) que se fabrican por medio de dos reactores batch con agitación y chaqueta de calentamiento, para mantener los microorganismos a una temperatura determinada para su reproducción.

Estos dos reactores batch, dentro de la producción actual, poseen un volumen de 20L y 50L para un total de 70L operando a un 80% capacidad, los cuales debido a los microorganismos manejados requieren de un agitador el cual mezcle los sólidos suspendidos y proporcione una adecuada oxigenación dando como producto un caldo de 56 L/día los cuales no suplen la demanda existente, ocasionando una pérdida de ganancias.

Por otro lado, SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S también produce un tensoactivo (ahora denominado “Y”) elaborado de forma manual donde un operario suministra los reactivos a un tanque plástico de 55 gal, que inicialmente está cargado con sólidos disueltos, y se lleva a cabo

una agitación para la homogeneización de la mezcla. Una vez completado este proceso, se adiciona un compuesto secundario que se agita durante 40 minutos para la obtención del producto “Y” y un almacenamiento final y comercialización.

La producción del tensoactivo “Y” actualmente es de 10 BPD, los cuales son muy pocos para la creciente demanda de la empresa por lo que requiere de una expansión de la planta.

Teniendo en cuenta las dos anteriores situaciones mencionadas, para los productos “X” y “Y”, en el siguiente trabajo de grado se realizará un redimensionamiento del reactor batch empleado para la producción de “X” y un redimensionamiento de la planta de producción de “Y”; teniendo presente la pregunta ¿Cómo se puede aumentar la producción de estos productos en la empresa?

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Proponer un proceso de producción para dos soluciones biotecnológicas en la empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S

### **1.2 Objetivos específicos**

Analizar el proceso y equipos involucrados en la producción de los productos “X” y “Y” mediante levantamiento de información técnica de planta para identificar las principales variables involucradas en cada etapa.

Calcular el reactor batch del producto “X” basado en la literatura técnica, mediante la recopilación de información y diseños actuales para la generación de la propuesta que aumente la capacidad de producción.

Proponer una filosofía de proceso con los conceptos establecidos para satisfacer la necesidad de la compañía en el aumento de producción del producto “Y”

Elaborar un diagrama de flujo de procesos (PFD), de los equipos requeridos para satisfacer la demanda del producto Y, basados en la literatura para generar una propuesta de expansión de la actual planta.

## **2. Marco conceptual**

Dentro de la fabricación de los productos “X” y “Y” se destacan los reactores batch agitados buscando homogenizar la mezcla de reactivos por lo que su diseño es crítico y fundamental para toda la producción. La correcta selección de la agitación permite maximizar o minimizar los gastos operativos por lo que se debe tener en cuenta las diferentes clases de agitación de existen.

### **2.1 Agitación**

La agitación es una operación física que busca homogeneizar un líquido y sus componentes para homogeneizar sus propiedades. Es una operación unitaria muy importante en un reactor batch, debido a que se ponen en contacto los reactivos, se mejora la transferencia de calor y busca minimizar puntos muertos dentro del recipiente, es decir, puntos en los cuales no se pongan en contacto con los demás. Dentro de las variables más importantes en un proceso de agitación están la selección adecuada del agitador, el cual posea la capacidad de mezclado, y la potencia del motor para que este proporcione un correcto mezclado (Coronel, 2014).

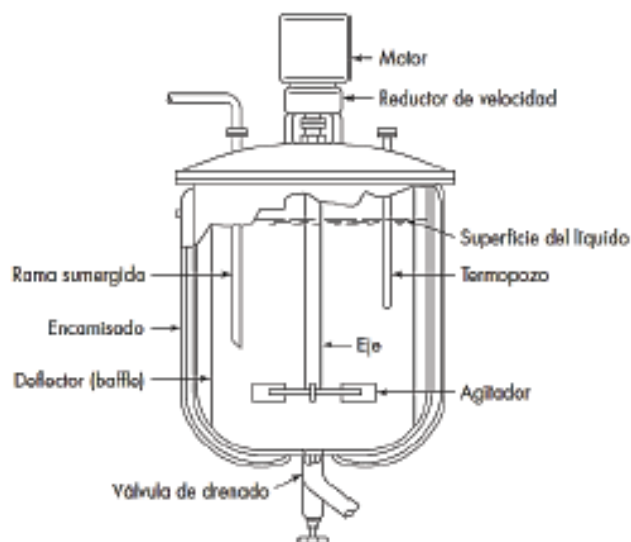
### **2.2 Tanques agitados**

Los líquidos se agitan con mayor frecuencia en tanques, generalmente de forma cilíndrica y provisto de un eje vertical con agitador, donde la parte superior puede estar abierta o cerrada al

aire y en el fondo del tanque tiene forma redondeada con el fin de eliminar esquinas en las que no entraría las corrientes de fluido. La altura del líquido es aproximadamente igual al diámetro del tanque en el cual un agitador va instalado sobre un eje suspendido donde se acciona por un motor. El agitador crea un modelo de flujo, dando lugar a que el líquido circule a través del tanque y retorne al agitador (McCabe, Smith, & Harriot, 1998). En la figura 1 se representa el esquema de un reactor con agitación y enchaquetado, junto con las partes principales de ésta.

### Figura 1.

*Esquema de un reactor enchaquetado con agitación*



*Nota.* Adaptado de McCabe, Smith y Harriot, (2007), p. 260

### 2.3 Tipos de agitación

El tipo de agitación depende del agitador y puede clasificarse de acuerdo con el ángulo que forman las espas con el plano de rotación (Lombeida, 2015):

### 2.3.1 Agitadores de flujo axial

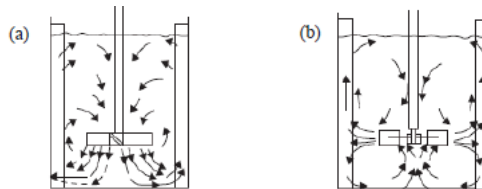
Este tipo de agitadores tiene aspas que forman un ángulo menor de  $90^\circ$  respecto al plano de rotación. Pueden ser hélices marinas, turbinas de aspas inclinadas, agitadores helicoidales y agitadores de hojas (Figura 2a).

### 2.3.2 Agitadores de flujo radial

Este tipo de agitadores presentan aspas con un ángulo de  $90^\circ$  respecto al plano de rotación. Puede ser de turbinas o de anclas (Figura 2b).

## Figura 2.

*Patrones de flujo (a) Flujo axial. (b) Flujo radial*



*Nota.* Adaptado de Hemrajani y Tatterson, (2004), p.366

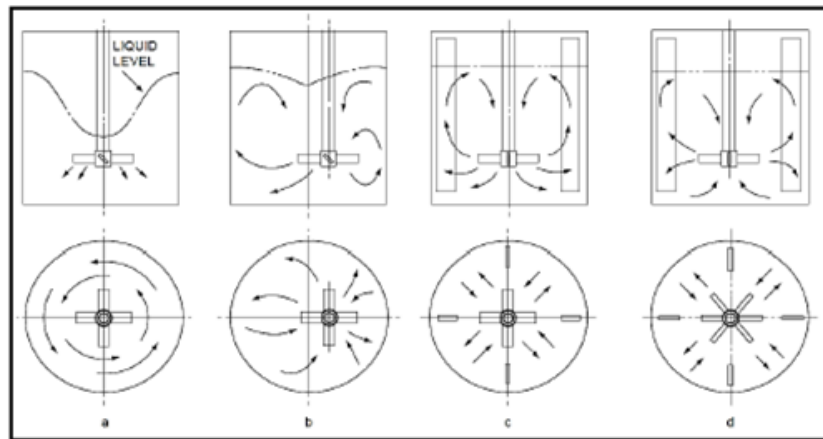
## 2.4 Agitadores mecánicos

Los agitadores mecánicos consisten en un rodete acoplado en un eje y accionado por un motor. Los tres tipos de agitadores principales son: **hélice**, **paletas** y **turbina**. En la Figura 3 se muestran los patrones de flujo que se generan en tanques agitados, donde se evidencia la formación

de un vórtice en la superficie de un fluido, en el b se evidencia un agitador con una ubicación desfasada del eje central, en el c un agitador axial con deflectores a los lados y en el d se muestra un agitador radial con placas deflectoras.

### Figura 3.

*Patrones de flujo en tanques agitados*



*Nota.* Tomado de Paul, Atiemo-Obeng, & Kresta, (2004)

Los agitadores mecánicos, dentro de la industria representan un aporte especial para los procesos biológicos o con microorganismos por lo que conocer de cada uno representa un aumento o reducción de la homogeneización y aireación de los organismos.

#### 2.4.1 Agitadores de hélice

Un agitador de hélice es un agitador de flujo axial (Figura 4) que opera con alta velocidad y se emplean en líquidos poco viscosos. Debido a la persistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño.

**Figura 4.***Agitador de hélice*

*Nota.* Tomado de Promix Mixing Equipment &Engg. Ltd

**2.4.2 Agitadores de paletas**

Los agitadores de paleta están conformados por una paleta plana que gira sobre un eje vertical (Figura 5). Las paletas giran a velocidades bajas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas. Las corrientes de líquido que se originan se dirigen hacia la pared del tanque y después hacia arriba o abajo.

**Figura 5.***Agitador de Paletas*

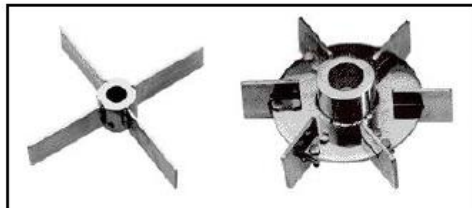
*Nota.* Tomado de Instrumentación científica Técnica, S.L.

### 2.4.3 Agitadores de turbina

El agitador de turbina es un agitador de múltiples y cortas paletas (Figura 6), que giran a altas velocidades sobre un eje que va fijo en el centro del tanque. Las aspas pueden ser curvas o rectas, verticales o inclinadas, formando un patrón de flujo radial, con aspas verticales o axial con aspas inclinadas, el agitador puede ser abierto o cerrado (Castillo, 2013). Generalmente son empleados en la producción de fluidos viscosos, emulsiones o fluidos ligeros que requieren altas velocidades de rotación.

#### Figura 6.

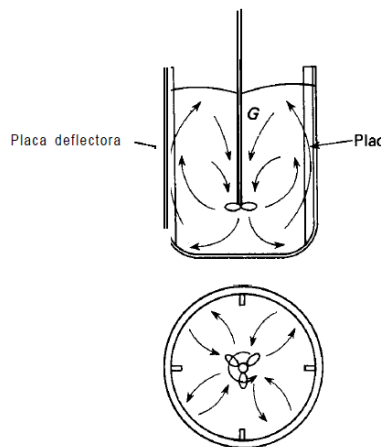
*Agitador de Turbina*



*Nota.* Tomado de Portal laboratorios virtuales de procesos químicos

### 2.5 Placas deflectoras

Las placas deflectoras son placas planas verticales que se ubican de forma radial al interior del tanque con el fin de lograr una mayor turbulencia y una mejor mezcla de un fluido. En los tanques de gran tamaño (con agitadores verticales) el método más conveniente de reducir los remolinos es instalar estas placas deflectoras que impidan el flujo rotacional sin afectar el flujo radial o longitudinal (Figura 7).

**Figura 7.***Disposición de placas deflectoras*

*Nota.* Tomado de McCabe & Smith, (2007)

**2.6 Diseño estándar de agitadores**

Hay muchas opciones de mezcla para el diseño del tanque agitado, incluidos factores como el tipo y la ubicación del mezclador, las proporciones del tanque y la cantidad y proporción de placas deflectoras (McCabe, Smith, & Harriot, 1998). Las proporciones típicas son:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\frac{H}{D_t} = 1 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\frac{E}{D_a} = 1 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad (\text{Ec. 6})$$

(McCabe, Smith, & Harriot, 1998)

Donde:

Da = Diámetro de la hélice

Dt = Diámetro del tanque

H = Altura óptima del líquido

J = Ancho de las placas deflectoras

W = Ancho de las paletas impulsoras

L = Longitud de las paletas impulsoras

## 2.7 Altura óptima de líquido en tanque agitados

La altura óptima del líquido debe ser aproximadamente igual al diámetro del recipiente (McCabe, Smith, & Harriot, 1998). La altura óptima es la altura a la que el líquido se mezcla perfectamente, o la altura a la que el mezclador es más eficiente; en la práctica, esta altura puede cambiar y la eficiencia de mezclado disminuirá, pero el mezclador continuará realizando su función (Coronel, 2014).

## 2.8 Transferencia de Calor en tanques agitados

En aplicaciones de procesos químicos comunes que requieren el uso de recipientes agitados para calentar o enfriar la operación del reactor agitado mientras se mantiene una temperatura constante durante la reacción.

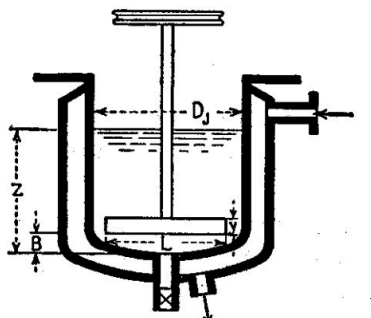
Actualmente se utilizan tres tipos de sistemas de intercambiador de calor (Ricaurte, 2016):

### 2.8.1 Chaqueta de calentamiento o enfriamiento

Consta de un recipiente y su chaqueta (Figura 8) con medios adecuados para hacer circular el líquido en su interior y un agitador de paletas planas. Se utilizan en lugares donde el tanque necesita ser limpiado con frecuencia, lo que da un mejor coeficiente global de transferencia de calor, además, el fluido no mantiene sus propiedades de manera uniforme en el interior de la carcasa. Las dimensiones básicas de la chaqueta son: la altura  $Z$  de la parte húmeda del recipiente, el diámetro del recipiente  $D$ , longitud de la paleta mezcladora  $L$  y la altura desde el fondo de la paleta hasta el fondo del recipiente  $B$ .

#### Figura 8.

*Recipiente Enchaquetado*



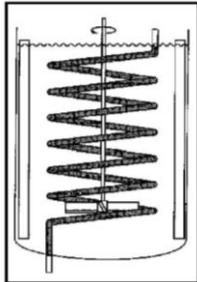
*Nota.* Adaptado de Kern, (1999)

### **2.8.2 Serpentín**

Un intercambiador espiral es un simple tubo doblado en forma helicoidal y sumergido en un líquido (Figura 9). Es comúnmente usado en tanques y puede ser operado por convección natural o forzada. Gracias a su bajo precio y rápida construcción es fácil de improvisar con muchos materiales en cualquier taller de mantenimiento (Rodríguez, 2009).

#### **Figura 9.**

##### *Serpentín Helicoidal*



*Nota.* Tomado de: Adaptado de Coker, 2001

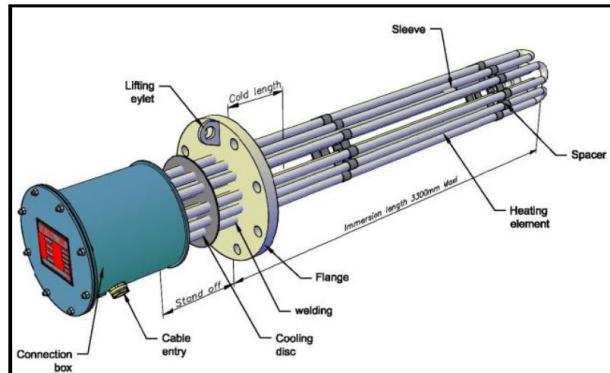
### **2.8.3 Calentador eléctrico de inmersión**

Es un dispositivo que se instala mediante pernos a una brida coincidente soldada a la pared del tanque. Consiste en un haz de resistencias eléctricas tubulares en forma de U soldadas a la brida (Figura 10). Los elementos de calentamiento pueden estar hechos de cobre, acero, acero inoxidable, o aleaciones de níquel-cromo. Además, posee una caja eléctrica de conexión, con las

entradas de cable de tamaño según el número y la potencia de los elementos de calentamiento; un sistema de control de temperatura se puede montar en la caja de conexiones.

### Figura 10.

#### *Calentador eléctrico de inmersión*



Noa. Tomado de CRN TECNOPART, S.A.

## 2.9 Numero de Reynolds

El número de Reynolds es una expresión adimensional que permite caracterizar el movimiento de un fluido, o, dicho de otra manera, permite conocer la presencia o ausencia de turbulencia en un fluido que se agita por medio de variables como densidad, viscosidad, velocidad y la dimensión típica de un flujo (diámetro por el que fluye el fluido) (Coronel, 2014).

$$N_{Re} = \frac{d^2 * N * \rho}{\mu} \quad (\text{Ec.7})$$

(Valiente & Noriega, 1993)

Donde

d = diámetro del agitador (m)

$N$  = velocidad de rotación de los agitadores (rps)

$r$  = radio característico de los agitadores (m)

$\rho$  = densidad de la mezcla (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = viscosidad dinámica de la mezcla (Pa·s)

## 2.10 Número de Potencia ( $N_p$ )

El número de Potencia es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia. Cuando el estanque contiene placas deflectoras, el  $N_p$  tiene una buena correlación con el número de Reynolds. Cuando existe régimen turbulento,  $N_p$  tiene valor constante.

Su ecuación es:

$$N_p = \frac{P}{\rho * N^3 * d^5} \quad (\text{Ec.8})$$

(Valiente & Noriega, 1993)

donde

$P$  = potencia consumida por los agitadores (Watts)

$N$  = velocidad de rotación de los agitadores (rps)

$\rho$  = densidad de la mezcla (kg/m<sup>3</sup>)

$d$  = diámetro del agitador (m)

### 3. Estado del Arte

Para el desarrollo del estado del arte se realizó una búsqueda de libros, normas y trabajos de grados que sirven de referencia y le dan sustento científico a la solución al problema previamente planteado que consiste en el aumento de la producción de los productos “X” y “Y”.

En ese sentido, se conoce que el contenido del reactor se basa en sólidos en suspensión los cuales requieren continua agitación. Según McCabe, Smith & Harriot (1998) los líquidos se agitan con más frecuencia en tanques de forma cilíndrica y provistos de un eje vertical donde la parte superior del recipiente puede estar abierta al aire o cerrada (batch). Las proporciones del tanque varían bastante dependiendo de la naturaleza del problema de agitación y previo al diseño se debe conocer las características del reactor batch, que se caracteriza por no tener flujo de entrada de reactivos, ni de salida de productos mientras se lleva a cabo el proceso.

Los tanques agitados batch tienen como ventaja su bajo costo de instrumentación, además de la facilidad para detener el proceso de agitado fácil y rápidamente (Covaleda & Hoyos, 2014). Por otro lado, el fondo del recipiente debe ser redondeado para eliminar las zonas muertas donde la agitación es mínima o inexistente (Lombeida, 2015).

El proceso de producción de los caldos bacterianos requiere un sistema de agitación continua con el fin de mantener en contacto los reactivos y mejorar la transferencia de calor en la reacción. En la agitación se busca minimizar puntos muertos dentro del recipiente, es decir puntos en los cuales ciertas partes del fluido no se pongan en contacto con el resto (Coronel, 2014).

Para el diseño del sistema de agitación existen un gran número de variables a considerar: Diámetro del estanque ( $D_t$ ), Diámetro de las palas ( $D_a$ ), altura del fluido ( $H$ ), ancho y cantidad de

las placas deflectoras (J), distancia desde el fondo del estanque hasta el impulsor (E). Estas variables afectarán y determinarán las necesidades y objetivos particulares de lo que se requiere. Como, por ejemplo, la velocidad de circulación del líquido, modelo de flujo, consumo de potencia, etc. Como punto de partida en el diseño de un agitador se pueden utilizar las semejanzas geométricas estandarizadas en McCabe, Smith & Harriot, 1998.

Ricaurte (2016), menciona la necesidad de una chaqueta de calentamiento para procesos con microorganismos con el fin de mantener una temperatura que permita al organismo reproducirse de manera eficiente y en caso dado llegar a la generación de un producto de interés.

Una vez definido los requerimientos de diseño de un tanque es conveniente considerar una representación de una planta la cual permita llegar los reactivos al reactor batch. De acuerdo con Turton, Wallace & Shaeiwitiz (2012) un Diagrama de Flujo de Proceso (PFD) es una herramienta para acercarse al proceso y poder planear adecuadamente las etapas posteriores de análisis con mayor detalle. Es muy conveniente usarlo como primer paso durante el diseño de un proceso nuevo o cuando se analizan modificaciones tendientes al mejoramiento

Los diagramas PFD contienen la mayor parte de los datos de ingeniería necesaria para el diseño de un proceso químico, donde cada equipo está representado por un icono y con una nomenclatura específica.

En conclusión, las investigaciones realizadas brindan una base en la cual fundamentarse al momento de diseñar los diferentes procesos y sustentar los cálculos realizados para determinar las dimensiones de tanques agitados, así mismo para realizar los esquemas de una línea de producción.

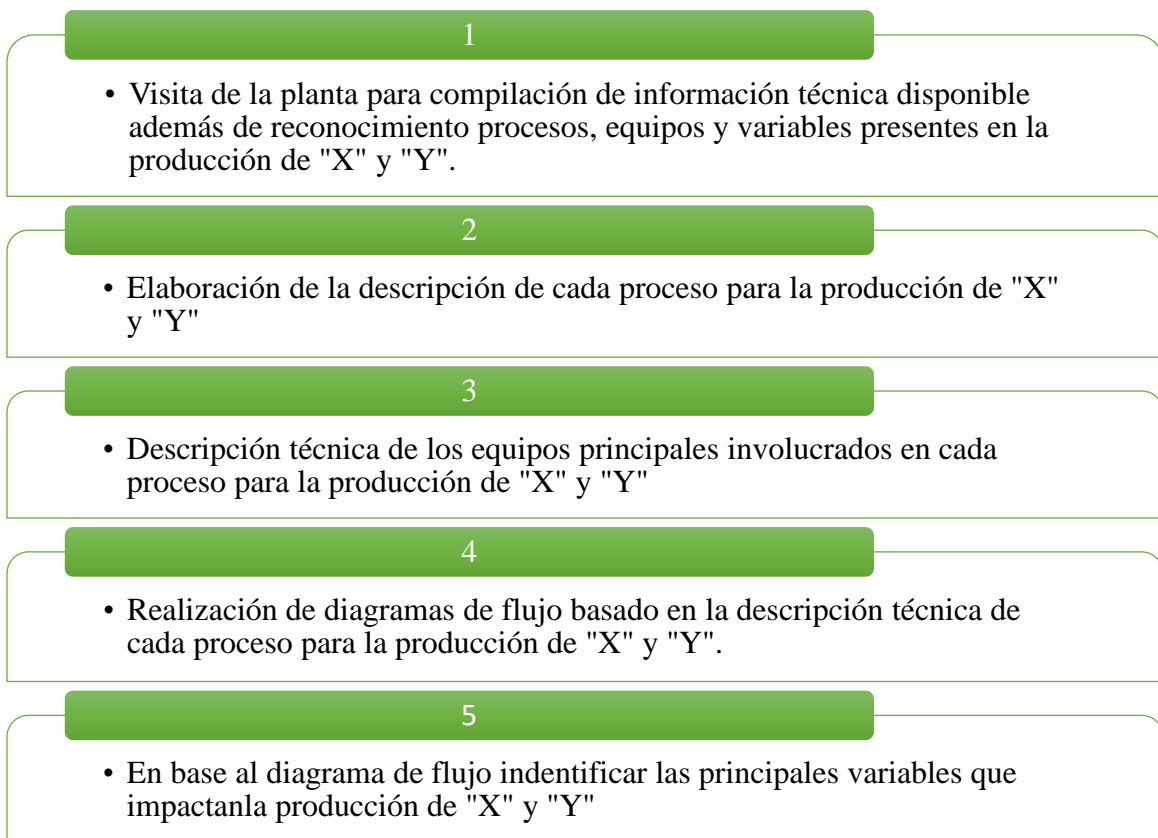
#### 4. Metodología

Para llevar a cabo la metodología, se realizan los siguientes pasos de acuerdo con los objetivos específicos, los cuales se realizan de esta manera

- Para lograr el primer objetivo, se desarrollaron los siguientes lineamientos:

#### Figura 11.

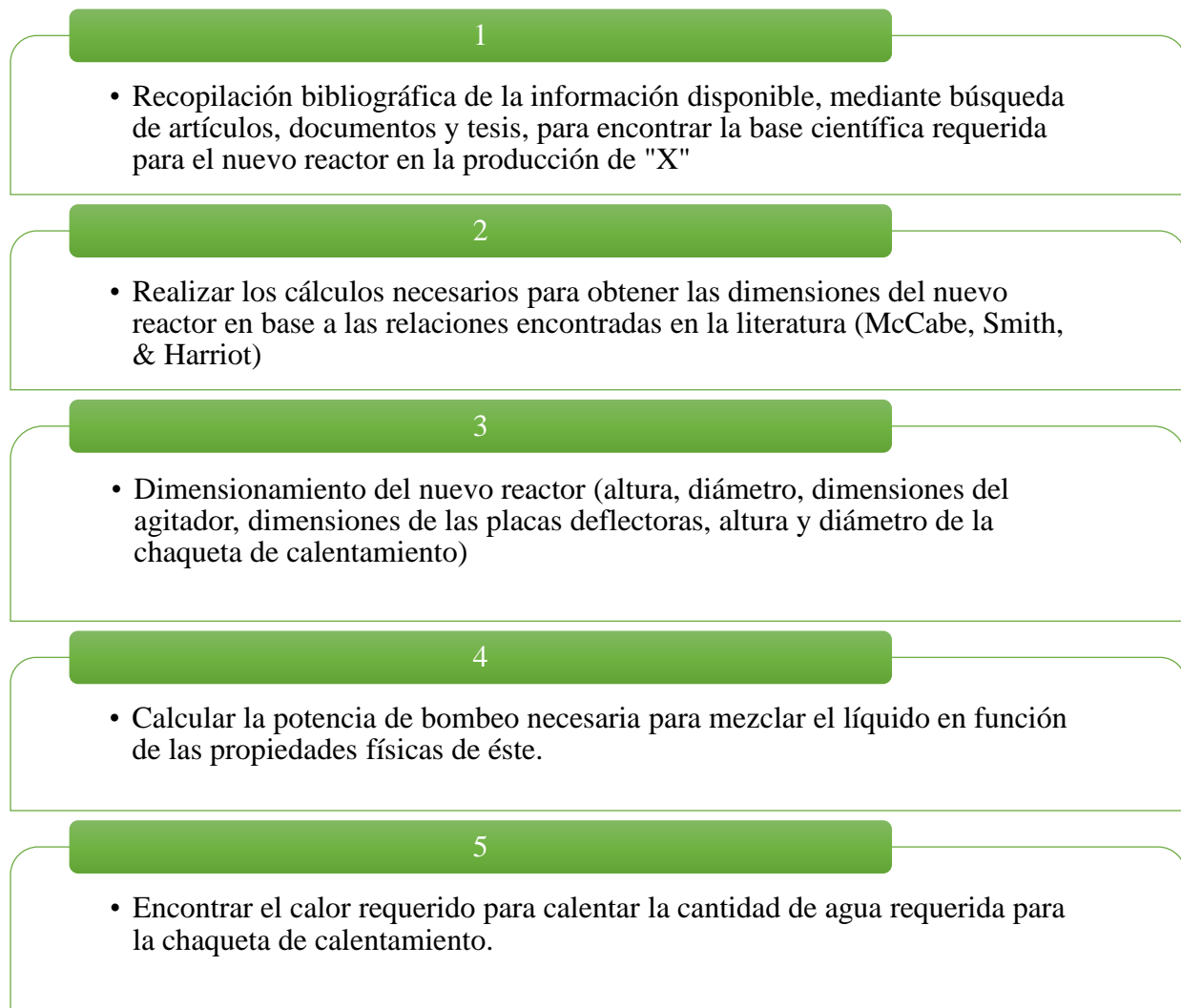
Lineamientos para lograr el primer objetivo



- Para el cumplimiento del segundo objetivo específico, se requieren los siguientes pautas a realizar:

**Figura 12.**

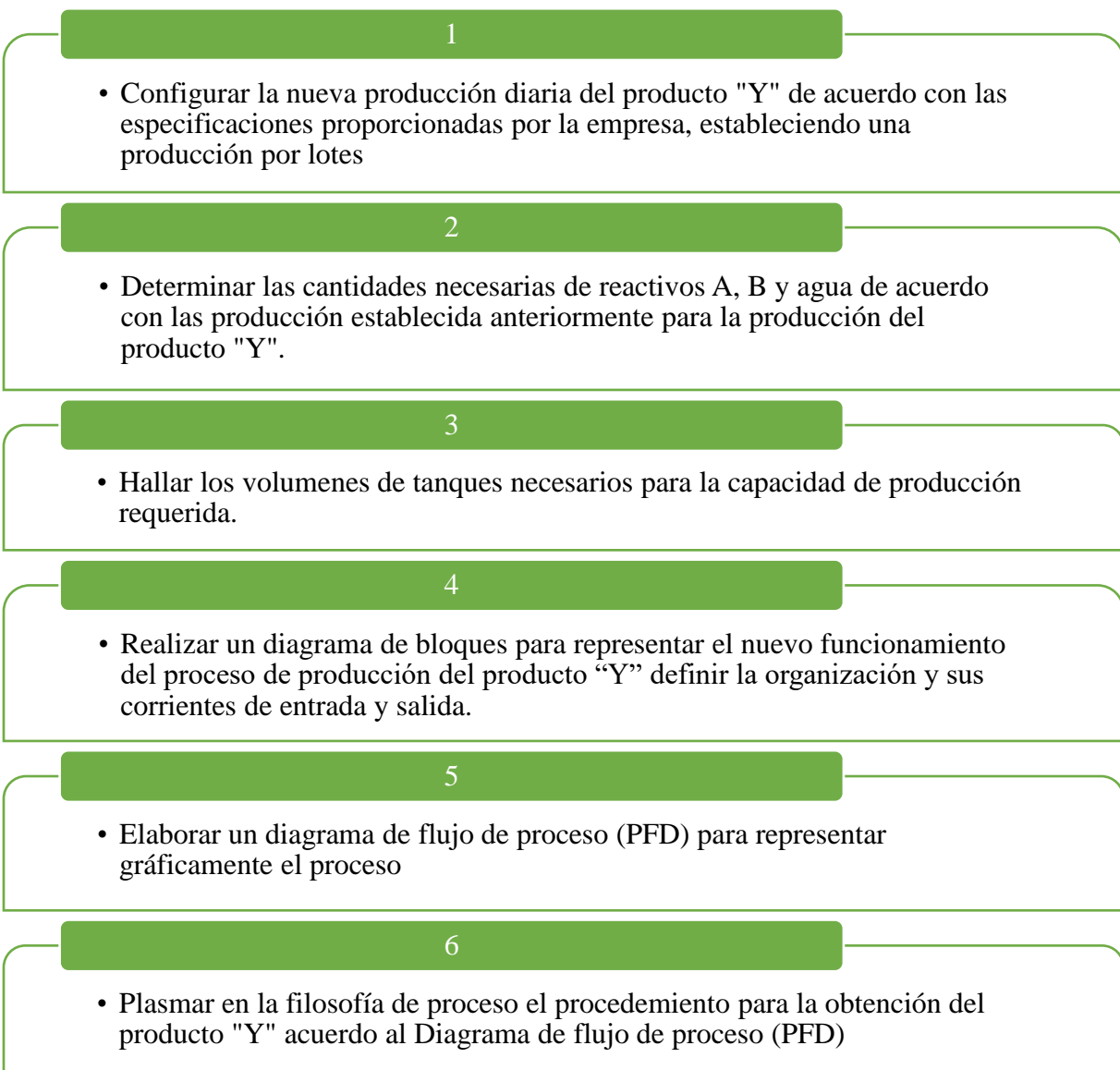
Lineamientos para lograr el segundo objetivo



- De acuerdo con el cumplimiento del tercer y cuarto objetivo, estos van encaminados con el mismo propósito de establecer una nueva planta para la producción del producto “Y”, por lo tanto, requiere la siguiente metodología:

**Figura 13.**

*Lineamientos para lograr el tercer objetivo*



## 5. Resultados

### 5.1 Compilación de Información

La empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S ubicada en el municipio de Girón, tuvo la visita pertinente durante 3 ocasiones en las cuales se realizó una inspección y reconocimiento de los equipos para la producción de los productos “X” y “Y” encontrándose principalmente 2 reactores en funcionamiento (Figura 11), los cuales operan incrustados en una pared metálica y un sistema de bombeo compuesto por bombas, válvulas y tubería en acero al carbono.

#### Figura 14.

*Reactores batch de producción*



## 5.2 Filosofía del Producto “X”

### 5.2.1 Modo de Operación Actual

El sistema para la obtención del producto “X” consta de 2 reactores tipo batch de capacidades 20L y 50L, los cuales están soportados en lámina metálica y cuenta con líneas de proceso, válvulas de bloqueo e instrumentación.

El proceso de producción establece como primer paso la limpieza y desinfección del reactor a ser utilizado, para ello se inyecta agua a 120°C con el fin de eliminar cualquier microorganismo que afecte al proceso. Seguidamente, el agua al interior del tanque es drenada dejando condiciones aptas para la apertura de la tapa superior. Con el reactor abierto, se procede a ingresar los componentes requeridos para la producción de “X”. Al estar la carga completa en el tanque, se procede a cerrarlo herméticamente y se inicia el debido proceso de agitación por un tiempo equivalente a 12 horas.

En la tabla 1 se consolidan las variables de mayor impacto para el proceso y la figura 12 se representa el diagrama de flujo del proceso

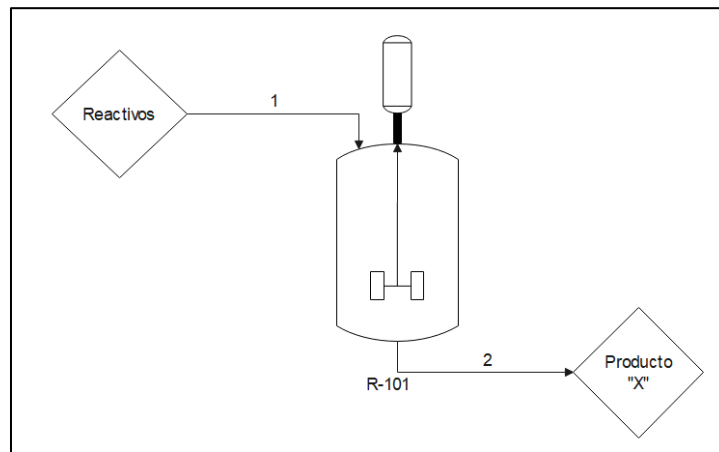
**Tabla 1.**

*Principales variables para la elaboración del producto “X”*

<b>Principales variables del proceso del producto “x”</b>	
Temperatura [°C]	40
Agitación [RPM]	200
Tiempo de residencia [h]	12
Aireación	Sí

**Figura 15.**

*Diagrama de flujo de proceso para la obtención del producto “X”*

**Tabla 2.**

*Tabla de corrientes del diagrama de flujo de proceso del producto “X”.*

<b>Tabla de corrientes</b>		
	Corriente 1	Corriente 2
Temperatura [°C]	25	40°C
Presión	Atmosférica	Atmosférica
Flujo [m <sup>3</sup> /h]	0,05	0,05

### **5.2.2 Rediseño del reactor para la producción de “X”**

Para el producto en cuestión, según estipulación de la empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S la medida del nuevo reactor batch debe ser de 200L con el fin de aumentar 130L la producción. Las fórmulas y heurísticas empleadas para los cálculos se pueden encontrar en el Apéndice A

- Radio, Diámetro, altura del cilindro del reactor:

$$V = 2\pi r^3 X$$

Reemplazando

$$0,2 \text{ m}^3 = 2 * \pi * r^3 * 1,6$$

$$r = 0,27 \text{ m}$$

$$D = 0,54 \text{ m}$$

$$h = 1.6 D \quad \rightarrow \quad h \approx 0,87 \text{ m}$$

Para efectos de seguridad se aumenta hasta una altura de 90 cm.

- Volumen efectivo

$$V_{\text{Efectivo}} = 0,8 * V_{\text{Real}}$$

$$V_{\text{Efectivo}} = 0,8 * 0,2 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Efectivo}} = 0,16 \text{ m}^3$$

Volumen del líquido = 160 Litros

- Altura del líquido:

$$V = 0,16 \text{ m}^3$$

$$V = \pi r^2 h$$

$$0,16 \text{ m}^3 = \pi * (0,27\text{m})^2 * h$$

$$h = 0,70 \text{ m}$$

- Agitador:

Diámetro de la Hélice

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{Da}{54 \text{ cm}} = \frac{1}{3}$$

$$Da = 18 \text{ cm}$$

Dimensiones de las aspas

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$W = 2,1 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$L = 2,625 \text{ cm}$$

Altura del impulsor

$$\frac{E}{Da} = 1$$

$$\frac{E}{0,18 \text{ Cm}} = 1$$

$$E = 0,18 \text{ m}$$

Placas deflectoras

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$J = 2,625 \text{ cm}$$

Número de Reynolds: Los datos para el cálculo del número de Reynolds fueron provisionados por la empresa

$$Da = 18 \text{ cm} \quad N = 200 \text{ rpm} \quad \rho = 1000 \text{ Kg/m}^3 \quad \mu = 0,00285 \text{ Kg/m s}$$

$$N_{Re} = \frac{Da^2 * N * \rho}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{(0,18)^2 * (3,33) * (1000)}{0,00285}$$

$$N_{Re} = 37894$$

Número de potencia

$$Np = \frac{P}{\rho * N^3 * Da^5}$$

$$Np = 8; \text{ dato provisto}$$

$$8 = \frac{P}{1000 * (3,33)^3 * (0,18)^5}$$

$$P = 52,0680 \text{ W}$$

Se tiene en cuenta un factor de diseño de 40% considerando las posibles pérdidas mecánicas que se puedan presentar.

$$P = 52,0680 * 1,4 = 72,8953 \text{ W}$$

$$P = 0,0977 \text{ Hp}$$

Se escoge una potencia de 0,5 Hp por ser la más cercana a la comercial.

Chaqueta Calefactora

### Tabla 3.

*Parámetros de diseño de la chaqueta de calentamiento*

<b>Diámetro de la chaqueta</b>	<b>57,6 Cm</b>	<b>0,576 m</b>
Radio de la chaqueta	28,8 Cm	0,288 m
Altura	86 Cm	0,86 m

Volumen de la chaqueta-Volumen del reactor= Volumen del líquido

$$0,2241 \text{ m}^3 - 0,2061 \text{ m}^3 = 0,0180 \text{ m}^3 = \text{Volumen del líquido}$$

$$\text{Masa} = \text{Densidad} * \text{Volumen}$$

$$\text{Masa} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,0180 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa} = 17,9757 \text{ Kg}$$

Para conocer el calor cedido por la chaqueta de calentamiento se toma que la temperatura de entrada es 28 °C y de salida es 40 °C

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

$$Q = 17,9757 \text{ Kg} * 4179 \frac{\text{J} * \text{Kg}}{^{\circ}\text{K}} * (313 \text{ K} - 301 \text{ K})$$

$$Q = 901444,93 \text{ J} = 901,45 \text{ KJ}$$

### **5.3 Filosofía del Producto “Y”**

#### ***5.3.1 Modo de Operación Actual***

En la figura 13 se muestra el tanque de 55 galones que utilizan para la preparación del producto “Y”, en el cual inicialmente se disuelve el reactivo A en agua con ayuda de un agitador industrial que se muestra en la misma figura; una vez disuelto este sólido en agua, se procede a verter en el mismo recipiente el reactivo B, se procede con la continua agitación hasta que se encuentre totalmente homogeneizado, este proceso de preparación del producto “Y” se realiza por separado en cada tanque de disposición final, la planta cuenta con 1 agitador Industrial con potencia de 1 Hp.

**Figura 16.**

*Tanque plástico de 55 gal (izquierda) y agitador Industrial de (derecha)*



En la tabla 3 se consolidan las variables de mayor impacto para el proceso y la figura 14 se representa el diagrama de flujo del proceso

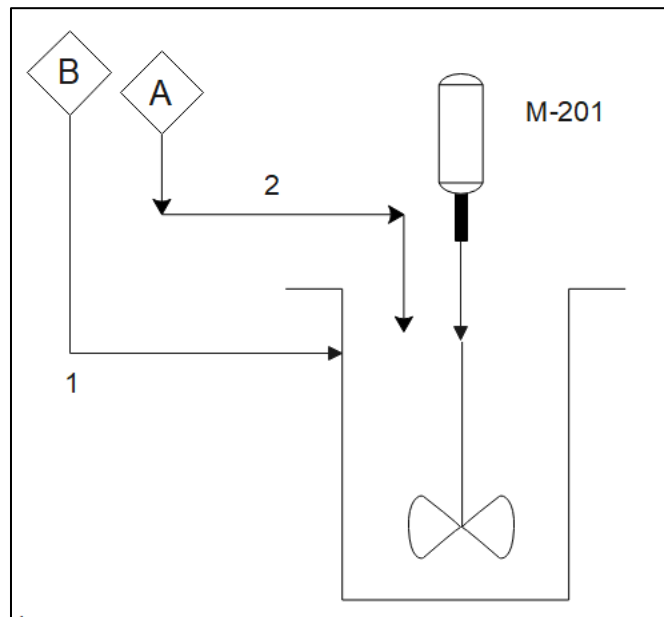
**Tabla 4.**

*Principales variables para la elaboración del producto “Y”*

<b>PRINCIPALES VARIABLES</b>	
Temperatura [°C]	25
Agitación [RPM]	120
Tiempo de residencia [h]	0,75
Presión [atm]	1

**Figura 17.**

*Diagrama de flujo de proceso para la obtención del producto “Y”*



### ***5.3.2 Rediseño de la planta de producción de “Y”***

La empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S requiere una producción de 80 BPD del producto “Y” por lo que para efectos de diseño es más sencillo realizarlo por lotes con el fin de un montaje en planta más sencillo, por lo tanto, se realizarán en lotes de 8 BPH.

Inicialmente se buscó el volumen del tanque de almacenamiento que cumpliera la producción por hora esperado y se escogió un tanque de 2000 Litros el cual no se puede trabajar con su máxima capacidad conllevando a trabajar con un 80%, es decir, 1600 Litros efectivos.

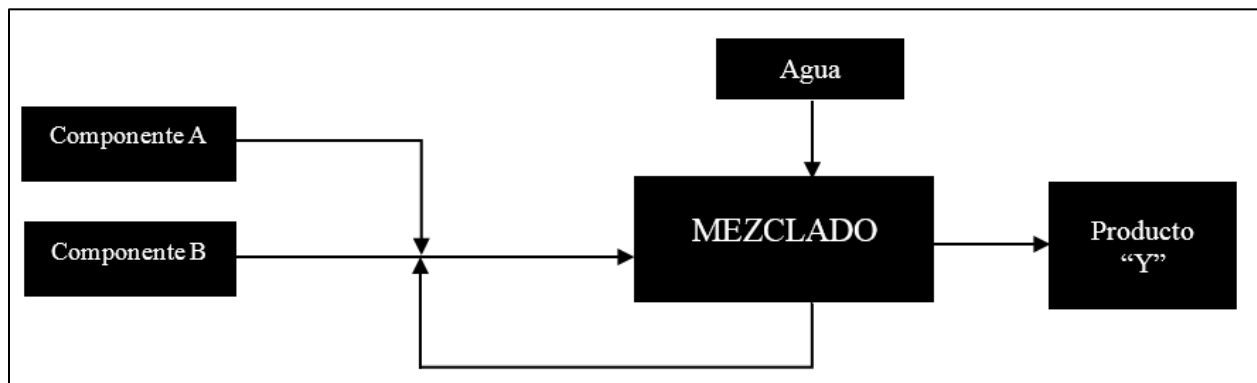
El componente A se adquiere en barriles de 200 Litros (para realizar el proceso más sencillo y económico), por otro lado, se dispone de una tubería que conecta directamente del barril del producto, ahorrando tiempo y energía en llevarlo a un tanque de almacenamiento.

En cuanto al componente B, requiere de una disolución en agua, acompañado de un sistema de agitación. Este reactivo se lleva al tanque de almacenamiento en 2 lotes de 400 L donde por seguridad se requiere un tanque de mayor capacidad por ello se aplica un factor de seguridad de 1.25, obteniendo un volumen de 500 L.

Una vez definidos los nuevos volúmenes y flujos se puede obtener un diagrama de bloques (Figura 15) para describir el proceso de obtención de “Y”

### Figura 18.

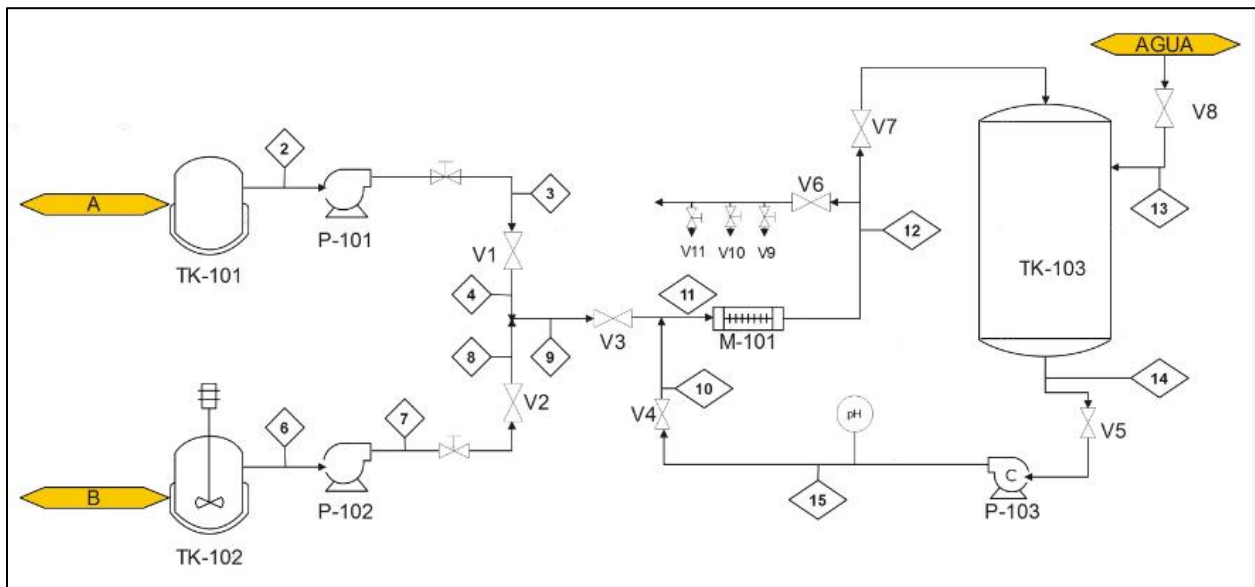
*Diagrama de bloques para la elaboración del producto “Y”*



Ahora bien, conociendo el proceso y los volúmenes de los tanques y la producción se pueden generar un diagrama de proceso preliminar (Figura 16).

**Figura 19.**

*Diagrama de flujo preliminar para la elaboración del producto "Y"*



A partir de la producción final (1600 Litros) se halla la cantidad de reactivos necesarios para obtener el producto final donde el 77,5% es agua, el 20% es el componente A y el 2,5% es el componente B.

$$F_{AGUA} = 1600 * 0,775 = 1240 \text{ L}$$

$$F_B = 1600 * 0,20 = 320 \text{ L}$$

$$F_C = 1600 * 0,20 = 40 \text{ L}$$

Con la cantidad de reactivos se calculan los flujos volumétricos y los balances para todo el sistema tomando un tiempo de agitación para reactivos de 30 minutos antes de entrar al reactor

$$V_1^A = 10,6 \text{ L/min}$$

$$V_5^B = 26,6 \text{ L/min}$$

$$V_{13} = 14,6 \text{ L/min}$$

- Balance TK-101

$$V_1^A = V_2^A = 10,6 \text{ L/min}$$

- Balance P-101

$$V_2^A = V_3^A = 10,6 \text{ L/min}$$

- Balance V-1

$$V_3^A = V_4^A = 10,6 \text{ L/min}$$

- Balance TK-102

$$V_5^B = V_6^B = 26,6 \text{ L/min}$$

- Balance P-102

$$V_6^B = V_7^B = 26,6 \text{ L/min}$$

- Balance V-2

$$V_7^B = V_8^B = 26,6 \text{ L/min}$$

- Balance Punto de mezcla

$$V_4^A + V_8^B = V_9$$

$$10,6 + 26,6 = V_9$$

$$V_9 = 37,2 \text{ L/min}$$

Como el proceso es por lotes, se interrumpe el flujo de A y B por lo que en el punto de mezcla después de V-3

$$V_{11} = V_{10} = V_9 = 37,2 \text{ L/min}$$

- Balance M-101

$$V_{11} = V_{12} = 37,2 \text{ L/min}$$

- Balance TK-103

$$V_{12} + V_{13} = V_{14}$$

$$37,2 + 14,6 = V_{14}$$

$$V_{14} = 51,8 \text{ L/min}$$

- Balance P-103/V-5

$$V_{14} = V_{15} = 51,8 \text{ L/min}$$

Terminado el proceso la corriente 10 cambia de flujo debido que se va a desalojar el reactor

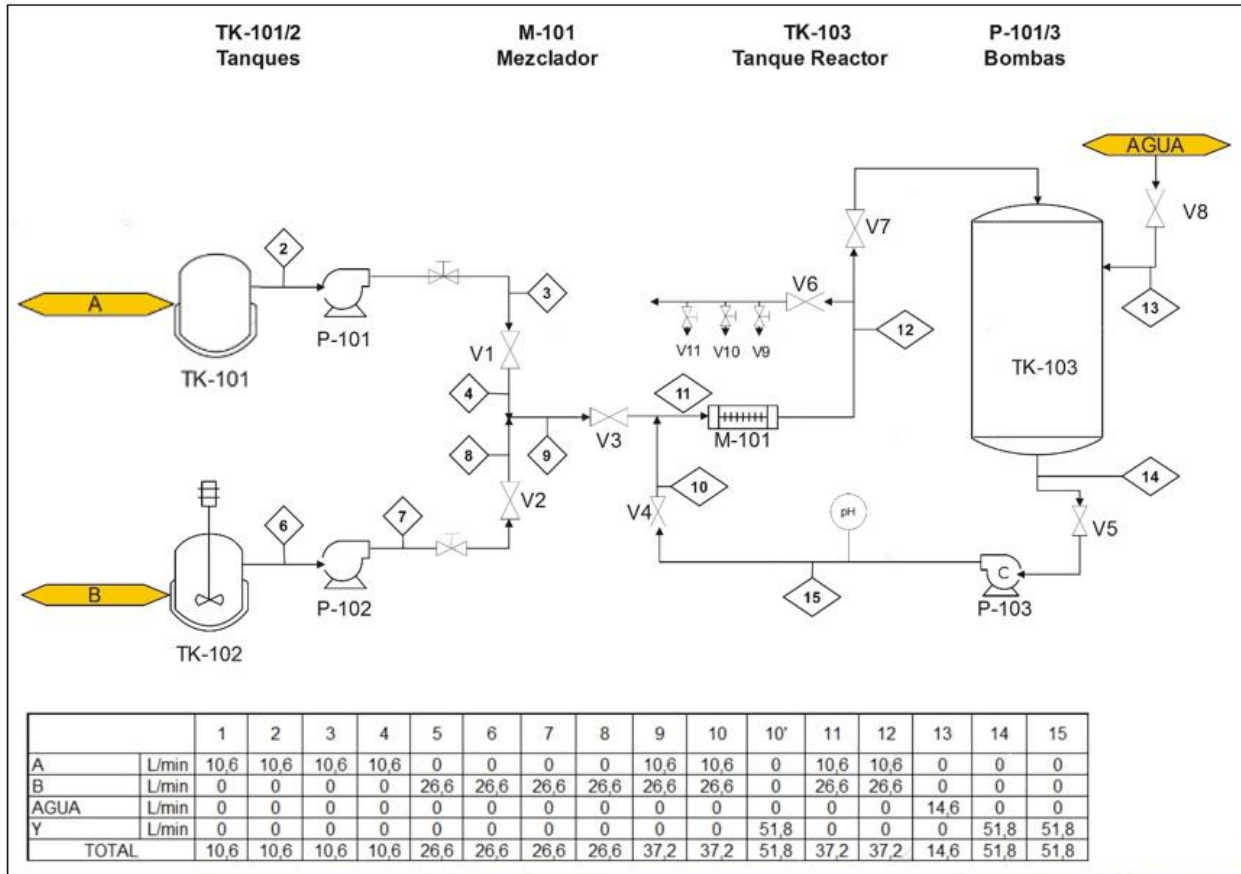
- Balance V-4

$$V_{15} = V_{10} = 51,8 \text{ L/min}$$

Finalmente se puede generar un diagrama PFD completo (Figura 17) para la expansión de la planta de producción del producto “Y”. La descripción paso a paso de operación de la planta de puede ver en el Apéndice B

**Figura 20.**

Diagrama PFD para la elaboración del producto “Y”



## 6. Conclusiones

Cuando se llevó a cabo la inspección inicial, realizada en la visita a la planta de producción de la empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S se encontraron 2 reactores batch de 20L y 50 L para la producción del producto “X”; por otro lado, un agitador mecánico y tanques plásticos de 55 galones para la producción del producto “Y”.

Dentro del proceso de producción de los productos “X” y “Y” el equipo más crítico es el reactor donde ocurren reacciones microbianas. Este equipo requiere de características especiales como chaqueta de calentamiento y agitación por lo que estos dos parámetros se tuvieron muy en cuenta en el análisis del aumento de producción.

Al realizarse el recálculo del reactor batch del producto “X” se obtuvo, para un aumento de capacidad a 200 L, un diámetro de 0.54m, altura de 0.9m y un volumen efectivo de 0.16 m<sup>3</sup>. También se realizaron cálculos del tamaño del agitador, las placas deflectoras, el número de Reynolds de 37894, potencia del motor de 52 W y un calor cedido por la chaqueta de calentamiento de 901.45 KJ.

La expansión en la elaboración del producto “Y” requiere en gran medida de 2 tanques( 1 de ellos con agitación) para la adecuación de reactivos y un tanque de 2000 L con el fin de obtener 1600 L efectivos de producto.

Por medio de un PFD compuesto de 3 tanques, válvulas, 1 mezclador estático y 3 bombas se estableció la planta de producción de “Y” con el fin de cubrir la creciente demanda de este producto.

## **7. Recomendaciones**

Realizar un análisis de seguridad de procesos para el cambio de la nueva planta de producción del producto “Y”.

Desarrollar un estudio de prefactibilidad de la ampliación de las plantas de producción de “X” y “Y”.

Realizar un análisis financiero para evaluar la viabilidad de la propuesta del nuevo proceso a incluir en la empresa SERVIFRAN BIOINGETECH S.A.S.

Establecer un estudio de los recursos necesarios para realizar una ampliación de las otras plantas dentro de la empresa y enmarcarlos en una metodología de gestión de proyectos.

### Referencias Bibliográficas

- Castillo, V. (Octubre de 2013). *Diseño y Cálculo de un agitador de fluidos*. Chile: Universidad del Bío-Bío. Obtenido de <https://cutt.ly/iCjytgS>
- Coronel, J. C. (2014). *Diseño y construcción de un reactor tipo batch para el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK*. Ecuador: Universidad Internacional SEK. <https://cutt.ly/XCjys4D>
- Covaleda, M. N., & Hoyos, C. A. (2014). *Diseño y construcción de un prototipo de reactor tipo Batch a escala de laboratorio para la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales*. Montería, Córdoba, Colombia: Universidad de Córdoba. O <https://cutt.ly/8CjyhPA>
- Lombeida, N. (Enero de 2015). *Diseño de un reactor tipo Batch para la obtención de Biodiesel a partir de aceite de ricino (Ricinus communis)*. Quito, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9102>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1998). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Madrid: McGraw-Hill. <https://cutt.ly/uCjyz5G>
- Ricaurte, L. E. (2016). *Diseño y simulación de un Tanque Mezclador de 10,000 gal para la elaboración de aceites lubricantes*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/36620>
- Turton, Wallace, & Shaeiwitiz. (2012). *Análisis, Síntesis y Diseño de Procesos Químicos*. Michigan: Prentice Hall.

## Apéndices

### Apéndice A. Cálculos requeridos para la obtención del reactor de 200L

Para realizar el segundo objetivo, inicialmente se basó en literatura científica con ayuda del libro Operaciones Unitarias de McCabe, investigaciones científicas y tesis de grado. Inicialmente se define el volumen del reactor, el cual, por indicaciones dadas por la empresa, se establece en 200 Litros, a partir de ese volumen y con una relación altura-diámetro (h/d), se obtienen las medidas de radio, diámetro y altura del cuerpo cilíndrico del reactor, así:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde  $h = 1.6 D$ , la altura es 1.6 veces el diámetro, de acuerdo con las proporciones tomadas del libro Manual del Ingeniero Químico de Perry

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$\frac{h}{D} = X$$

$$h = X * D$$

$$D = 2 * r$$

$$V = \pi * r^2 * X * D$$

$$V = \pi * r^2 * X * 2 * r$$

$$V = 2 * \pi * r^3 * X$$

Reemplazando los datos en la ecuación 6, obtenemos el radio, diámetro y altura del recipiente cilíndrico.

En seguida, se halla el volumen efectivo de trabajo, según la norma API 2350 “Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities, se debe trabajar a un volumen menor al volumen máximo del recipiente por ejemplo al 80% de su capacidad.

$$V_{Efectivo} = 0,8 * V_{Real}$$

Según (McCabe, Smith, & Harriot, 1998) existen semejanzas geométricas, las cuales nos sirven para determinar las dimensiones del reactor

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{H}{D_t} = 1$$

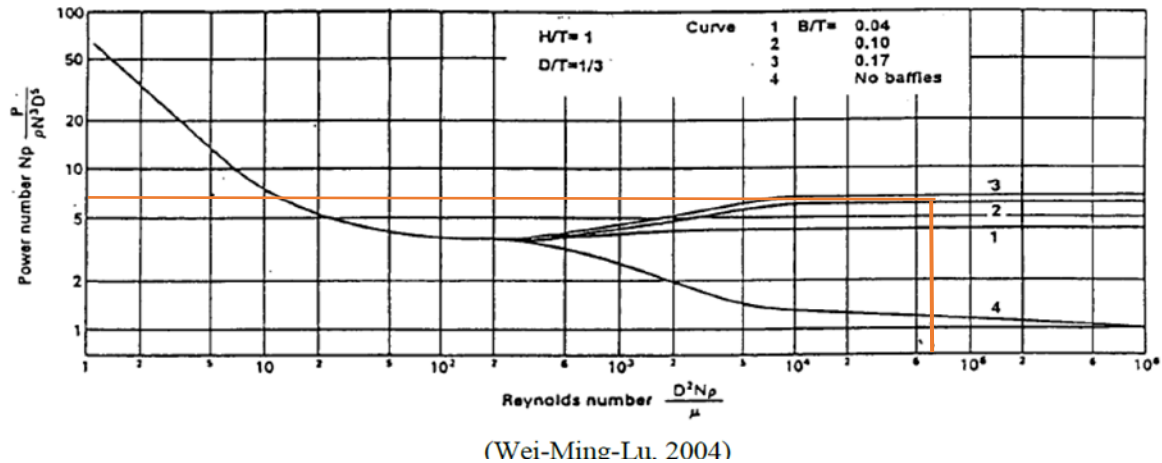
$$\frac{E}{D_a} = 1$$

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Según (Castillo, 2013) , para el cálculo de la potencia consumida se calcula en primera instancia el número de Reynolds con base en datos de densidad, viscosidad y diámetro de hélice.



### Número de Potencia Vs Número de Reynolds

Utilizando el gráfico se determina el número de potencia ( $N_p$ ) mediante la interpolación con el número de Reynolds calculado, para un impulsor con cuatro placas deflectoras. Luego se puede calcular la potencia despejando  $P$  con los valores obtenidos:  $P = N_p * N^3 * d^5$

Por último, se encuentra la energía calorífica el dato de la resistencia de la chaqueta calefactora, así: se determina el volumen de agua contenido en la chaqueta, con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de la chaqueta} - \text{Volumen del reactor} = \text{Volumen del líquido}$$

Así se hallará el volumen de agua necesaria para el sistema de calentamiento del reactor, el cual mantendrá una temperatura determinada. Con ayuda de la fórmula:

$$\text{Masa} = \rho * V$$

Donde

$$\rho = \text{Densidad del Agua} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$V = \text{Volumen}$

Se determina la masa en kilogramos realizando el producto de la ecuación, para así determinar el gasto calórico necesario que requiere la resistencia.

El último es hallar la energía calorífica, que es el producto de la masa, la capacidad calorífica y el delta de temperatura, para pasar el agua de temperatura ambiente a la temperatura requerida en el proceso, reemplazando los datos en la siguiente fórmula:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Se encuentra en la literatura el valor de la capacidad calorífica del agua (cP) 4179 J/Kg

°K

## **Apéndice B. Proceso estándar para la fabricación del producto "Y" según diagrama de flujo de procesos (PFD)**

El proceso de producción de “Y” procede de la siguiente manera:

1. Se abre la válvula N° 8 y se llenan 440 Litros de agua al tanque N°3, enseguida se abren las válvulas 4 y 5 y se enciende la bomba N°3, con el fin de comenzar el proceso de recirculación; simultáneamente con los reactivos listos, se abren las válvulas 1, 2,3 y 7, enseguida se accionan las bombas 1 y 2 permitiendo que los reactivos se almacenen en el tanque N°3.

2. Una vez ingresado totalmente los volúmenes de los reactivos A y B al tanque N°3, se cierran las válvulas 1,2 y 3. Enseguida se apagan las bombas 1 y 2, permaneciendo en funcionamiento la bomba 3 la cual realiza el proceso de recirculación.

3. Simultáneamente al proceso de recirculación se realiza la medición del pH en línea permitiendo una lectura continua de esta variable, una vez llegado al valor deseado la solución final está lista para ser llevada a los tanques de almacenamiento final, para ello se cierra la válvula N°7, enseguida se accionan las válvulas 6, 9, 10, 11 de esta manera se llenan 3 tanques paralelamente.

4. Terminado el proceso de llenado, se apaga la bomba 3 y se cierran las válvulas 4, 5, 6, 9, 10 y 11; dando por terminado el proceso.

**Apéndice C. Hojas de datos de equipos encontrados en la inspección inicial de la planta**

Hoja de datos del reactor 1 (20 Litros) encontrado en la empresa, para la obtención del producto “X”.

<b>REACTOR BATCH 20 L</b>			
Identificación:			
Fabricante: N/A		Numeración: R-101	
Equipo: Reactor			
<b>Función:</b> Controlar las condiciones que permitan el desarrollo de organismos vivos mediante un agitador que homogeniza la mezcla.			
<b>Operación:</b> Batch			
<b>Área:</b> Planta de producción			
<b>Capacidad (m<sup>3</sup>):</b>	0,02		
<b>Dimensiones (m):</b>	Diámetro(D) 0,23	Altura (h)	0,50
<b>Revoluciones del agitador (rpm):</b>	200		

Hoja de datos del reactor 2 de 50 Litros, encontrado en la empresa, para la obtención del producto “X”.

<b>REACTOR BATCH 50 L</b>			
Identificación:			
Fabricante: N/A		Numeración: R-102	
Equipo: Reactor			
<b>Función:</b> Controlar las condiciones que permitan el desarrollo de organismos vivos mediante un agitador que homogeniza la mezcla.			
<b>Operación:</b> Batch			
<b>Área:</b> Planta de producción			
<b>Capacidad (m<sup>3</sup>):</b>	0,05		
<b>Dimensiones (m):</b>	Diámetro(D) 0,315	Altura (h)	0,665
<b>Revoluciones del agitador (rpm):</b>	200		

Hoja de datos del tanque para la obtención del producto “Y”

<b>TANQUE PLÁSTICO DE 55 GALONES</b>			
<b>Identificación:</b>			
Material: Polietileno		Numeración: T-201	
Equipo: Tanque de almacenamiento y disposición Final			
<b>Función:</b> Tanque de 55 galones. Son tanques de polietileno para almacenar gran variedad de sustancias químicas, muy resistentes a la intemperie, no se oxidan ni se corroen.			
<b>Capacidad (m3):</b>	0,2		
<b>Dimensiones (m):</b>	Diámetro(D)	0,56	Altura (h) 0,94
<b>Adicional:</b>	Con tapa		

Hoja de datos del agitador mecánico para la obtención del producto “Y”

<b>AGITADOR MECÁNICO</b>	
<b>Máquina-Equipo:</b> Agitador mecánico	<b>Numeración:</b> M-201
<b>Material:</b> Acero Inoxidable	
<b>Función:</b> Máquina rotativa que se utiliza para mezclar y homogeneizar dos o más productos de igual o distinta fase en el interior de un tanque, creando un fluido entre los líquidos.	
<b>Potencia:</b> 1 Hp	


**Apéndice D. Especificaciones técnicas del reactor propuesto de 200 L.**

<b>REACTOR BATCH 200 L</b>		
<b>Identificación:</b> Equipo: Reactor Batch 200 L		
<b>Función:</b> Controlar las condiciones que permitan el desarrollo de organismos vivos mediante un agitador que homogeniza la mezcla.		
<b>Operación:</b> Batch		
<b>Área:</b> Planta de producción		
<b>Capacidad (m<sup>3</sup>):</b>	0,20	
<b>Dimensiones (m):</b>	Diámetro(D)	0,54
	Altura (h)	0,90
<b>Agitador tipo hélice de 3 aspas:</b>	Distancia desde el fondo del tanque de 0,18 m	
<b>Potencia del agitador:</b>	0,5 Hp	
<b>Revoluciones del agitador (rpm):</b>	200	
<b>Número de placas deflectoras:</b>	4	
<b>Dimensiones de la chaqueta de Calentamiento (m):</b>	Diámetro	0,576
	Altura	0,86
<b>Resistencia (Watts):</b>	1000	

## Apéndice E. Fichas técnicas de los equipos para el proceso “y”

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA		1	
Tanque de almacenamiento para el componente A			
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>	Tanque de almacenamiento	<b>UBICACIÓN</b>	Planta de producción
<b>FABRICANTE</b>	Plastigama	<b>NUMERACIÓN</b>	TK-101
<b>MATERIAL</b>	Polietileno	<b>CAPACIDAD</b>	55 galones
		<b>CANTIDAD</b>	1
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
<b>DIÁMETRO</b>	560 mm	<b>FOTO DEL EQUIPO</b> 	
<b>ALTURA</b>	940 mm		
<b>FUNCIÓN:</b> Tanque de 55 galones. Son tanques de polietileno para almacenar gran variedad de sustancias químicas, muy resistentes a la intemperie, no se oxidan ni se corroen. Se emplea para almacenar el componente A			
<b>FECHA DE MANTENIMIENTO:</b> Nuevo			

<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		2	
Tanque de almacenamiento de acero inoxidable con agitador para 500 L			
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>	Tanque de almacenamiento	<b>UBICACIÓN</b>	Planta de producción
<b>FABRICANTE</b>	Imarvil	<b>NUMERACIÓN</b>	TK-102
<b>MATERIAL</b>	Acero Inoxidable	<b>CAPACIDAD</b>	500 L
		<b>CANTIDAD</b>	1
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>			
<b>ALTURA TOTAL</b>	1,60 m	<b>FOTO DEL EQUIPO</b> 	
<b>ALTURA DEL CUERPO</b>	1,1 m		
<b>DIÁMETRO</b>	0,8 m		
<p><b>FUNCIÓN:</b> Tanque de almacenamiento de acero inoxidable con soporte y ruedas.</p> <p>Con motor, varilla y hélice (agitador).</p> <p>Capacidad: 500 L.</p>			
<b>FECHA DE MANTENIMIENTO:</b> Nuevo			

<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>		3	
Tanque de almacenamiento de acero inoxidable			
<b>MÁQUINA-EQUIPO</b>	Tanque de almacenamiento	<b>UBICACIÓN</b>	Planta de producción
<b>FABRICANTE</b>	Imarvil	<b>NUMERACIÓN</b>	TK-103
<b>MATERIAL</b>	Acero Inoxidable	<b>CAPACIDAD</b>	2000 L
		<b>CANTIDAD</b>	1
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>			
<b>ALTURA TOTAL</b>	1,71 m	<b>FOTO DEL EQUIPO</b>	
<b>DIÁMETRO</b>	1,22 m		
<b>FUNCIÓN:</b> Tanque de almacenamiento de los componentes A y B			
<b>FECHA DE MANTENIMIENTO:</b>			

<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>			4
<b>CLASIFICACIÓN</b>	Bomba	<b>UBICACIÓN</b>	Planta de producción
<b>TIPO DE BOMBA</b>	MULTIETA PAS	<b>NUMERACIÓN</b>	P-101 a 103
<b>MARCA</b>	EVANS	<b>CANTIDAD</b>	3
<b>MODELO</b>	SSXH15ME100	<b>MATERIAL CUERPO</b>	Acero Inoxidable
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>			
<b>ALTURA ÓPTIMA (m)</b>	31	<b>DIÁMETRO DE SUCCIÓN</b>	1"
<b>NÚMERO DE ETAPAS</b>	4	<b>DIÁMETRO DE DESCARGA</b>	1"
<b>PESO(Kg)</b>	10,5	<b>MATERIAL DEL IMPULSOR</b>	Acero inoxidable
<b>CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR</b>		<b>FOTO DEL EQUIPO</b> 	
<b>TIPO</b>	ELÉCTRICO		
<b>VELOCIDAD</b>	3.45 RPM		
<b>POTENCIA (HP)</b>	1		
<b>VOLTAJE</b>	110/220 V		
<b>FASES</b>	Monofásico		
<b>FECHA DE MANTENIMIENTO:</b> Nuevo			