



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE  
INTERCAMBIO TÉRMICO DEL  
TANQUE REACTOR PARA LA  
ELABORACIÓN DE DETERGENTE  
LÍQUIDO EN LA EMPRESA FG  
SERVICIOS 2000 C.A.**

**Autores:** Félix González  
C.I. 20.497.818  
Juan Jaramillo  
C.I. 20.955.383

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INTERCAMBIO TÉRMICO DEL  
TANQUE REACTOR PARA LA ELABORACIÓN DE DETERGENTE  
LÍQUIDO EN LA EMPRESA FG SERVICIOS 2000 C.A.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autores:** Félix González  
C.I 20.479.818  
Juan Jaramillo  
C.I 20.955.383  
**Tutor:** Ing. José Álvarez

San Diego, Octubre del 2019





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

#### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Profesor. José Álvarez, portador de la cédula de identidad N° 6.224.270, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por los ciudadanos: Félix González, portador de la cédula de identidad N° 20.497.818 y Juan Jaramillo, portador de la cedula de identidad N° 20.955.383 titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INTERCAMBIO TÉRMICO DEL TANQUE REACTOR PARA LA ELBARABORACIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO EN LA EMPRESA FG SERVICIOS 2000 C.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 20 días del mes de Septiembre del año dos mil diecinueve.

  
Firma  
Ing. José Álvarez  
C.I.: 6.224.270



FI-I -027-2019-2CR (TG)

Valencia, 18 de Julio de 2019

Ciudadanos:  
Félix González  
C.I:20.479.818  
Juan Jaramillo  
C.I:20.955.383  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 18-07-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INTERCAMBIO TÉRMICO DEL TANQUE REACTOR PARA LA ELABORACIÓN DE DETERGENTE LIQUIDO EN LA EMPRESA FG SERVICIOS 2000 C.A.** Presentado por usted como requisitos para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación del Ing. José Álvarez C.I:6.224.270 y la Ing. Alicia De Pizzela C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos y Metodológicos que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Prof. Luis Lira**  
Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/le

## **DEDICATORIA**

*En Honor a Dios, Mis Padres y Hermanos*

*Félix González*

## **DEDICATORIA**

*En honor a Dios, mis Padres y a mi Hermano*

*Juan Jaramillo*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Alba Chirivella, a mi familia por apoyarme, guiarme y estar en todo momento durante todos los días de mi vida.

A la Universidad José Antonio Páez por haber sido mi Alma Mater durante toda la carrera. A todos mis compañeros de clases, en especial por todo su apoyo incondicional a mi compañeros Juan Jaramillo, Yosleny Herrera, Patricia Chang, Sugey Chacón y Andrés Matos.

A nuestro tutor el Ing. José Álvarez, por su dedicación y contribución en este proyecto, por motivarnos en la elaboración de este trabajo especial de grado.

*Félix González*

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo le doy gracias a Dios por haberme permitido cumplir satisfactoriamente esta meta. Gracias por permitirme recibir esta alegría y poder compartirla con mi familia que siempre me apoyaron, en especial a Mi Madre Mercedes González y Mi Padre Juan Jaramillo, Mi hermano Jonathan Jaramillo y a una persona muy especial Astrid Galeano.

A la Universidad José Antonio Páez por haber sido mi Alma Mater durante parte de la carrera. A todos mis compañeros de clases, en especial por todo su apoyo incondicional a mi compañeros Félix González y Patricia Chang. A todos mis amigos de la vida, en especial a Pedro Ríos, Gabriel Figuera, Juan Sánchez y Yorbin Fernández.

A nuestro tutor el Ing. José Álvarez, por su dedicación y contribución en este proyecto, por motivarnos en la elaboración de este trabajo especial de grado.

***Juan Jaramillo***

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>		<b>Pp.</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....		xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....		xi
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....		xii
<b>ÍNDICE DE TABLA</b> .....		xii
<b>RESUMEN</b> .....		xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....		1
<b>CAPÍTULO</b>		
<b>I</b>	<b>EL PROBLEMA</b>	
	1.1 Planteamiento del problema.....	3
	1.2 Formulación del problema .....	6
	1.3 Objetivos .....	6
	1.3.1 Objetivo General .....	6
	1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
	1.4 Justificación .....	6
	1.5 Alcance.....	7
<b>II</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
	2.1 Antecedentes .....	8
	2.2 Bases Teóricas.....	12
	2.2.1 Leyes de la Termodinámica .....	12
	2.2.1.1 Primera Ley de la Termodinámica .....	12
	2.2.1.2 Segunda Ley de la Termodinámica .....	12
	2.2.2 Tanque Reactor de Agitado Continuo .....	13
	2.2.2.1 Clasificación de los Reactores Químicos .....	14
	2.2.3 Reacción Endotérmica .....	16
	2.2.3.1 Características de una Reacción Endotérmica.....	17
	2.2.3.2 Enfrían sus alrededores.....	19
	2.2.4 Diagrama de Ishikawa .....	20
	2.2.5 Diagrama de Pareto .....	21
	2.2.6 Técnica de los 5 Por Qué.....	22

2.2.6 Técnica de Grupo Nominal .....	22
2.2.8 Poka-Yoke .....	25
2.2.9 Sistema Andon.....	27
2.2.10 Kaizen.....	29
2.3 Bases Legales.....	31
2.4 Definición de Términos Básicos.....	32
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo de investigación .....	34
3.2 Diseño de la investigación .....	35
3.3 Nivel de la investigación .....	35
3.4 Población y muestra .....	37
3.4.1 Población.....	37
3.4.2 Muestra.....	37
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6 Técnicas de Análisis de Información .....	39
3.6.1 Fases de la investigación.....	39
<b>IV RESULTADOS</b>	
4.1 <b>Fase I:</b> Diagnóstico del sistema de operaciones actual .....	41
4.2 <b>Fase II:</b> Análisis de las variables Físico-Químico .....	49
4.3 <b>Fase III:</b> Elaboración del Sistema de Intercambio .....	58
4.4 <b>Fase IV:</b> Evaluación de la relación Costo-Beneficio .....	67
<b>CONCLUSIONES</b> .....	71
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	74
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	75

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>Pp.</b>
1	Lista de Cotejo .....	47
1	Resultados de la Entrevista No Estructurada. ....	48
1	Aplicación de la Técnica 5 ¿Por Qué? .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>Pp.</b>
1	Diagrama de reacción endotérmica para A y B. ....	18
2	Diagrama de Procesos. ....	42
3	Tanque Reactor. ....	45
4	Área de Almacén Producto Terminado.....	46
5	Diagrama Causa-Efecto. ....	52
6	Controlador de Nivel de Tanque y Temperatura.....	60
7	Pantalla de Respuesta.....	61
8	Lámpara de Luces. ....	62
9	Diseño Modelo Del Sistema de Intercambio Térmico.....	66

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO</b>		<b>Pp.</b>
1	Producción Planificada Vs Producción Real .....	5
2	Diagrama de Pareto .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>		<b>Pp.</b>
1	Lista de Materiales Directos .....	42
2	Lista de Materiales Indirectos .....	43
3	Especificaciones Técnicas del Producto Terminado.....	44
4	Resumen Técnica de Grupo Nominal .....	55
5	Causas Raíces de la Empresa .....	56
6	Costos de Inversión.....	67
7	Costos de Inversión Análisis de Reformulación .....	68
8	Costos de Inversión Evaluación del Sistema Térmico.....	68
9	Costos Totales .....	69

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INTERCAMBIO TÉRMICO DEL  
TANQUE REACTOR PARA LA ELABORACIÓN DE DETERGENTE  
LÍQUIDO EN LA EMPRESA FG SERVICIOS 2000 C.A.**

**Autores:** Félix González, Juan Jaramillo

**Tutor Académico:** Ing. José Álvarez

**Fecha:** Octubre 2019

**RESUMEN**

Los tanques reactores son equipo de uso industrial, en cuyo interior ocurren reacciones químicas, siendo su función principal mezclar los componentes de forma homogénea. En este mismo orden de ideas, se encuentra la empresa FG Servicios 2000 C.A., de capital propio y dedicada a la fabricación, venta y distribución de productos de limpieza de la marca Super Prilim. Las materias primas involucradas en este proceso son ácido sulfónico lineal al 97% de concentración y soda cáustica líquida al 50% de concentración. Al mezclar, ambos con la cantidad de agua requerida se produce una reacción de tipo endotérmica que imposibilita la continuidad del proceso de fabricación, por lo que se debe esperar el enfriamiento natural de la mezcla por un lapso prudencial entre dos a tres días en el tanque de almacenamiento, lo que representa 3 días de atraso en la producción. Ante la presente problemática se definió la investigación de tipo factible respaldado, un diseño de campo y un nivel descriptivo, documental y experimental. Para alcanzar los objetivos propuestos, las técnicas e instrumentos de recolección de datos se basó en la observación directa a través de la ficha de observación, junto con las herramientas de análisis de datos, la revisión documental y los instrumentos necesarios para alcanzar los fines establecidos.

**Descriptor:** Reactor, producción, concentraciones

## INTRODUCCIÓN

F.G. Servicio 2000 C.A, se mantiene en el mercado nacional ofreciendo los siguientes productos, detergente líquido, suavizante (Aromasutel), crema parafinada, aromatizante floral y kerosene. Sin embargo, para lograr su posicionamiento constante a través de las actualizaciones en sus métodos de trabajo, procedimientos y mejora continua debe incurrir en inversiones designadas a nuevos procesos y equipos, sin detener el proceso actual, permitiendo realizar sus operaciones en condiciones óptimas en materia de calidad vista en sus productos, salud y seguridad de sus trabajadores.

Siendo así, la presente investigación se pretende desarrollar un estudio de oportunidades de mejoras en el proceso productivo en la fabricación de detergente líquido al ingresar los químicos en el tanque reactor, mediante la aplicación de diferentes técnicas de resolución de problema de ingeniería.

A partir de esto, se efectúa un estudio sobre la situación actual del área productiva en cuestión, identificando posibles causas de la problemática referentes a la variación de temperaturas según ciertos parámetros a considerar relacionado a la operación, y así diseñar propuestas sujetas a ofrecer condiciones estables que constituyan una adecuada ejecución de las actividades.

Considerando las formalidades establecida por la institución para la presentación del proyecto, éste se encuentra estructurado por cuatro capítulos en los que cada uno dispone del siguiente contenido.

En el **Capítulo I: El Problema**, se muestra el planeamiento del problema con las consecuencias que este acarrea, los objetivos que definen el estudio como generales y específico, adicionalmente la justificación de la investigación. Hasta mostrar el alcance y las limitaciones encontradas.

En el **Capítulo II: Marco Teórico**, en este capítulo se muestran los antecedentes que sustentan la investigación a través de estudios previos que guardan relación con el tema, las bases teóricas que fortalecen la investigación y por último se definen los términos básicos y complejos de los temas.

En el **Capítulo III: Marco Metodológico**, En los cuales se muestra el tipo y diseño de la investigación, así como las técnicas y herramientas para la recolección de datos necesario para el desarrollo de las cuatro fases planteadas en la investigación descritas, tomando en cuenta como referencia de los objetivos específicos de la investigación.

En el **Capítulo IV: Resultados**, corresponde a los resultados de la investigación donde se describen los costos asociados a las propuestas planteadas, así como los beneficios económicos de la misma a través de los flujos monetarios mostrando la rentabilidad de la propuesta.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

A lo largo de la historia, el primer reactor construido en el mundo fue operado en 1942, en dependencias de la Universidad de Chicago (USA), bajo la atenta dirección del famoso investigador Enrico Fermi. De ahí el nombre de “Pila de Fermi”, como posteriormente se denominó a este reactor. Un reactor es un motor de reacción donde el movimiento se origina por medio de la expulsión de una corriente de gases producidos por él mismo y que salen en dirección contraria a la marcha.

Un tanque reactor es un equipo de uso industrial, en cuyo interior ocurren reacciones químicas, por lo que están involucrados diversos factores que transforman la materia que ingresan a éste. Entre sus funciones se destacan el asegurar el modo que fluyen los reactantes en su interior para conseguir así la mezcla deseada, proporcionar el tiempo suficiente de contacto entre las sustancias con el agente catalizador y permitir las condiciones de presión, temperatura y composición para lograr la velocidad y el grado deseado.

Específicamente, en Venezuela con el auge de la industrialización, las empresas del sector manufacturero que requieran en sus operaciones de un equipo como un tanque reactor, lo utilizan bajo el tipo de Reactor Batch, donde no existe un flujo de entrada ni de salida, su basamento se simplifica en un agitador geométrico que homogeniza la mezcla que ingresa a él; en otras palabras es un tanque donde ocurre una reacción química. Dentro de sus múltiples usos de empleo están aquellas empresas destinadas a la fabricación de alimentos, productos de limpieza y elaboración de productos químicos tales como refrigerantes, líquidos para limpia parabrisas entre otros.

Por tal motivo, todas aquellas empresas en la actualidad que requieran de un equipo especial que pueda permitirles a sus procesos cumplir eficientemente con la fabricación de sus productos, cuenta con un reactor que proporcione los beneficios necesarios para cumplir con la producción y así satisfacer las demandas del mercado actual.

Dentro de estas empresas se encuentran las manufactureras encargadas de la elaboración de productos de limpiezas como lavaplatos, cloros, desinfectante, detergentes líquidos, jabones entre otros, que requieren de equipos especializados para mezclar los componentes entre sí junto a los agentes catalizadores de acuerdo a las especificaciones y necesidades de cada uno.

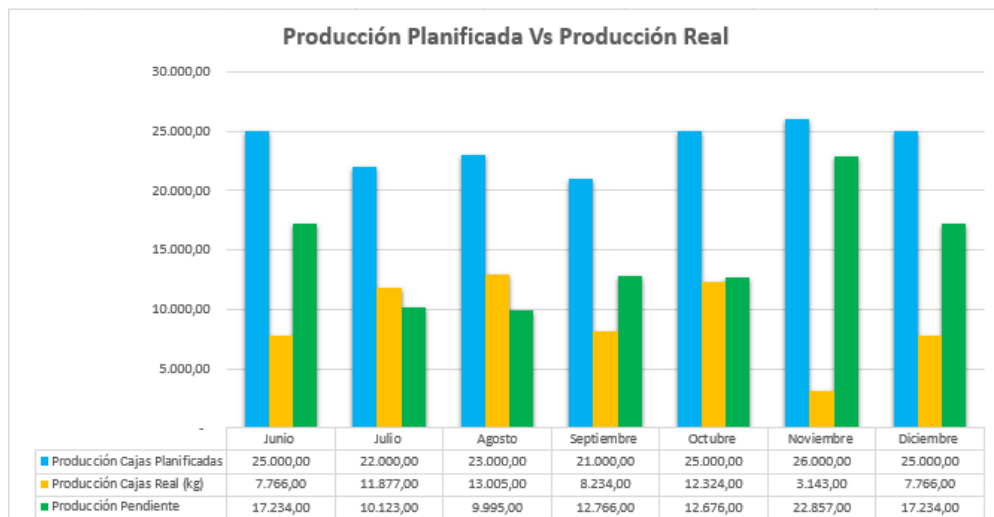
Asimismo, se encuentra la empresa FG Servicios 2000 C.A., de capital propio y dedicada a la fabricación, venta y distribución de productos de limpieza de la marca Super Prilim, es una fábrica de mediana data nacional, con la aceptación positiva en el mercado de cada uno de sus productos y servicios en el rubro de la limpieza doméstica e industrial.

Motivado a la demanda de todos sus productos y sub productos, y en especial del detergente líquido de uso doméstico en presentación concentrada en envase plástico de un (1) litro, requiere cierta rigurosidad en el tiempo de fabricación, motivado a las reacciones endotérmicas previas de sus componentes químicos y sus concentraciones que retrasan este proceso y la satisfacción oportuna en los tiempos de despacho de los mismos. Cuenta con un tanque reactor con capacidad de producción de 8.000 litros de producto terminado, es el protagonista de esta fabricación por cada Batch de detergente líquido.

Las materias primas involucradas en este proceso son ácido sulfónico lineal al 97% de concentración y soda cáustica líquida al 50% de concentración. Al mezclar ambos con la cantidad de agua requerida se produce una reacción de tipo endotérmica que imposibilita la continuidad del proceso de fabricación, debiéndose esperar el enfriamiento natural de la mezcla por un lapso prudencial entre dos a tres días para poder continuar con el proceso de adición de espesantes que permitan obtener la densidad requerida, según los estándares de fabricación y dosificación de otras materias primas involucradas en este proceso de fabricación.

De lo expuesto se tiene que, motivado a la espera para alcanzar la temperatura deseada, se imposibilita cubrir las metas de fabricación y ventas adecuadas exigidas por la administración de la empresa. Considerando que la máquina de envasado de producto

terminado, en condiciones normales de operación, es capaz de llenar 12 litros de producto cada 22 segundos, alcanzándose una tasa promedio de 1.963 litros por hora, envasándose 8.000 litros de producto terminado en un aproximado de 4 horas, quedando luego por un lapso de tres días más inoperativa por la falta de producto terminado, dejando entonces el mercado desabastecido e incumpliendo las metas de producción y ventas mensuales. Se muestra a continuación la data de la producción planificada vs la producción real de siete (7) meses a partir de Junio 2018 hasta Diciembre 2018, como se muestra en el gráfico 1 (Ver gráfico 1).



**Gráfico 1.** Producción Planificada Vs Producción Real  
**Elaborado por:** F, González; J, Jaramillo (2019)  
**Fuente:** Empresas FG servicios 2000 C.A

Con el gráfico mostrado anteriormente se evidencia la variación existente de la producción planificada vs la producción real al mes, quedando producción pendiente por replanificar para cumplir con la demanda mensual de detergente líquido, siendo el mercado meta mensual de la empresa FG servicios 2000 C.A sesenta mil (60.000) cajas. Durante la evaluación del comportamiento de la producción de Junio 2018-Diciembre 2018, se obtuvo un promedio del 60,96 % de la producción pendiente total por producir lo que significa que se cumple solamente con el 39,04 % de la producción planificada al mes.

Es por ello que con el presente trabajo los autores desean proponer un sistema de

intercambio térmico en el tanque principal de fabricación del detergente líquido con la finalidad de reducir al máximo el tiempo de enfriamiento de la mezcla al forzar la disminución de esta temperatura haciendo uso de los conocimientos técnicos y de ingeniería propios de la dinámica de los fluidos, la termodinámica y los controles asociados a los equipos y componentes que se requieran para tal fin.

### **1.3 Formulación del Problema**

De acuerdo con la problemática antes descrita, surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede reducir eficientemente la temperatura del reactor para incrementar el índice de producción de detergente líquido como producto terminado en la empresa FG servicios 2000 C.A?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer un sistema de intercambio térmico del tanque reactor para la elaboración de detergente líquido en la empresa FG servicios 2000 C.A, con el fin de mejorar los tiempos de producción.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el sistema de operaciones actual para la fabricación de detergente líquido en la empresa FG Servicios 2000 C.A.
- Analizar las variables físico-químico que inciden en el calentamiento del tanque reactor en la empresa FG Servicios 2000 C.A.
- Diseñar el sistema de intercambio térmico que satisfaga las necesidades de producción de detergente líquido para la empresa FG Servicios 2000 C.A.
- Evaluar la relación costo-beneficio de la aplicación de la propuesta.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

Con el desarrollo de esta investigación en la cual se pretende elaborar una propuesta de un sistema de intercambio térmico, en un reactor donde tiene lugar el proceso de fabricación de detergente líquido, la empresa FG Servicios 2000 C.A. se podrá beneficiar por las mejoras que serán planteadas a partir de un adecuado desarrollo estructural de

los aspectos importantes que conllevan a la fabricación de detergente líquido de manera efectiva en cuanto a la reducción de los tiempos de producción sobre la base de los cálculos e investigaciones requeridas para tal fin. Del mismo modo, es de beneficio propio, el cumplimiento de las planificaciones mensuales de producción, aumentando su producción de igual manera, los tiempos de producción serían más eficientes, y se evitaría una replanificación, siendo un valor agregado el aumento de las ventas. Aunado a esto, los beneficios económicos se expresan en términos intangibles, ya que al cumplir con la producción y la demanda de los clientes a lo largo del país, incrementa la confiabilidad, posicionamiento en el mercado, lo que sería en consecuente ingresos netos por ventas a la empresa FG Servicios 2000 C.A. Asimismo, el valor agregado sería el logro del cumplimiento de la producción junto a un incremento de la productividad mensual.

Es importante mencionar también, que al realizar dicha propuesta el tanque reactor tendría tiempos continuos de producción sin largos días de esperas y el sistema de intercambio térmico, la dinámica de los fluidos, los controles eléctricos e instrumentación requerida para el manejo de las variables involucradas serían mejorados, harán de este trabajo una guía importante de estudio para los conocedores y emprendedores en materia de fabricación de detergentes líquidos a mediana y gran escala del país.

### **1.5 Alcance**

La presente investigación tiene la finalidad de desarrollar una Propuesta de un sistema térmico de un tanque reactor para elaborar detergente líquido en la empresa FG servicios 2000 C.A y cubrir las necesidades presentes en el área y así alcanzar el cumplimiento de la producción mensual planificada llegando al estándar de la empresa haciendo uso de las herramientas necesarias, recursos y normas que permitirá la ejecución. Es importante destacar, que queda como decisión de la empresa la implementación de dicha propuesta.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Según Tamayo, M (2012), señala:

“El marco teórico es integrar el tema de la investigación con las teorías, enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general que se refieren al problema de investigación. En tal sentido el marco teórico según Tamayo amplía la descripción del problema. Integra la teoría con la investigación y sus relaciones mutuas”. (p. 148)

En este mismo orden, en este capítulo se desarrollaran todas las bases teóricas que sustentaran la investigación siendo imprescindible que todos los conceptos que se manejan dentro de un área de la ciencia se comuniquen a las personas interesadas con el fin de unificar criterios y evitar interpretaciones equivocadas. Asimismo, se contemplaran las definiciones de términos básicos y los antecedentes que brindar un aporte investigativo ya que son precedentes y permite al investigador obtener un enfoque más dinámico de las posibles soluciones de la problemática.

#### **2.1 Antecedentes**

Los antecedentes que se presentan a continuación son una recopilación de trabajos de investigaciones anteriores que guardan una estrecha relación con la problemática descrita anteriormente, entre estos se tienen:

A nivel internacional, Cabanzón, J. (2018), en su trabajo de grado titulado **“Diseño y Calculo de un Intercambiador de Calor”**, para obtener el título de Ingeniero en Tecnologías Industriales, en la Universidad de Cantabria en Cantabria, España, plantea la aplicación de un intercambiador de calor que consiste en satisfacer las necesidades del motor de un barco carguero. Dicho barco utiliza un circuito cerrado de agua para refrigerar y mejorar el rendimiento de una de las piezas de su motor que opera a una temperatura muy elevada, que al usarse, este agua se va calentando y si en algún momento sobrepasase los 100°C dejaría de poder usarse como refrigerante de

dicha pieza debido a su evaporación. La misión del citado intercambiador será la de enfriar el caudal del agua que sale del motor (850 L/min) antes de volver a utilizarla con la citada pieza, utilizando para ello agua obtenida del mar de tal forma que el calor transmitido entre ambos fluidos sea de 500 KW, consiguiendo así que la temperatura del agua usada con el motor no exceda nunca los 100°C y no se evapore. Sin embargo, el cubículo en el que debe ubicarse el intercambiador es muy estrecho (tiene una sección de  $0.3 \times 0.25 \text{ m}^2$ ), por lo que el intercambiador deberá ser lo más corto posible teniendo en cuenta dichas limitaciones. Con la intención de poner unos límites al diseño, el autor decidió que su utilidad sea apoyar la refrigeración en el motor de un barco y que su tamaño se adapte al del espacio que hay disponible en el barco para él. Todo esto hace que su eficiencia se resienta un poco, pero finalmente se comprobó que el intercambiador diseñado cumple con el objetivo requerido.

La relación que presenta dicha investigación realizada por Cabanzón con la presente, se ve reflejada en el correcto funcionamiento de un intercambiador de calor que dependerá de la calidad del diseño y la correcta selección de los materiales. Cabanzón utilizó el manual de HEDH (Manual para métodos de intercambiadores de calor) para realizar manualmente los procesos que determinan los parámetros que deben seguir para el diseño, así implementación de la descripción de la norma ASME por siglas en inglés *American Society of Mechanical Engineers* (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos). Lo que significa que si se adecua el tanque reactor utilizando un sistema de enfriamiento, la mezcla final de detergente se podrá utilizar en menos tiempo del tiempo actual y así el cumplimiento de planes de producción.

En un segundo orden, Bautista, J y Huacho, J (2017), en su trabajo de grado titulado **“Evaluación del Aislamiento Térmico de un Tanque Refrigerado mediante Coeficiente global de Transferencia de Calor”** para optar por el título de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional del Centro de Perú en Huancayo, Perú, plantean en su trabajo como objetivo general evaluar la variación del coeficiente global

de transferencia de calor del aislamiento térmico de un tanque refrigerado con la temperatura del fluido almacenado en el tanque, para ello se acondicionaron el equipo de refrigeración, luego se llenó el tanque refrigerado con la mezcla agua – propilenglicol con un volumen de 40 L, instalando nueve sensores de temperatura dentro del tanque, y un sensor fuera para el registro de la temperatura ambiente. Del mismo modo, los autores realizaron el balance de energía del sistema (tanque refrigerado) donde los datos obtenidos del registrador fueron reducidos a un intervalo de hora a hora, para obtener la óptima evaluación del comportamiento del coeficiente global de transferencia de calor del aislamiento térmico con respecto a la temperatura promedio del fluido dentro del tanque refrigerado. Esto se realizó para las tres pruebas experimentales. Asimismo, para el análisis de la varianza y prueba de hipótesis, se extrajo datos de la temperatura promedio dentro del tanque de las tres pruebas. En el análisis estadístico ANOVA se aceptó la hipótesis nula  $H_0$ ; “El coeficiente global de transferencia de calor del aislamiento térmico  $\delta$  varía con respecto a la temperatura promedio dentro del tanque refrigerante de la mezcla agua – Propilenglicol”.

Como conclusión de la existencia del efecto que ejerce la temperatura promedio de la mezcla agua – propilenglicol en el interior del tanque refrigerado, sobre el coeficiente global de transferencia de calor del aislamiento térmico; se pudo determinar que es un proceso no estacionario por que la temperatura varía con respecto al tiempo; teniendo un comportamiento ascendente; lo cual hace que el coeficiente Global de transferencia de calor del aislamiento térmico sea variable.

Partiendo del planteamiento que realizaron los autores en su trabajo de grado, tiene una relación con la presente investigación mediante el enfoque analítico que emplearon para la solución de la problemática utilizando principios de la termodinámica así como análisis estadísticos no paramétricos que le permitieron plantear las posibles hipótesis de la causa raíz del problema y en función de los datos obtenidos, plantear una posible solución. Es importante resaltar que utilizaron como base metodológica un tipo de investigación experimental contando con recursos que le permitieran llevar a cabo el proceso investigativo y alcanzar los objetivos establecido

por Bautista y Huacho.

Asimismo, Sánchez, A (2017) en su trabajo de Maestría titulada **“Evaluación del Proceso de Transferencia de Calor en el Sistema de Enfriadores de Ácido Sulfhídrico”** optar por el título de master en Electromecánica en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de MOA Dr. Antonio Núñez Jiménez en Holguín, Cuba plantea que la operación de los enfriadores de Ácido Sulfhídrico fuera de los parámetros de diseño afecta el proceso productivo, debido a un incremento de la temperatura del gas a la salida entre 11,85 y 49,65 K y a una menor efectividad de separación del Azufre arrastrado desde la torre del reactor, que causa obstrucciones en las tuberías y daño a los compresores instalados corriente-abajo.

Sánchez estableció el procedimiento para la evaluación térmica de intercambiadores de calor de tubos y coraza enchaquetados, con el objetivo de realizar la valoración integral del objeto de estudio y proponer mejoras a la instalación existente. Además del análisis convencional el trabajo incluyó la técnica experimental y la modelación matemática, criterios que no fueron considerados de forma integrada en investigaciones precedentes. Mediante el método de experimentación pasiva se determinaron los coeficientes de transferencia de calor y grado de incrustaciones basado en su resistencia térmica. El modelo permitió identificar un sistema de enfriamiento que satisface los requerimientos tecnológicos actuales, compuesto por dos bancos de cuatro intercambiadores de calor mejorados, donde cada conjunto opera con un flujo máximo de Ácido Sulfhídrico de 0,565 kg/s y 7,5 kg/s de agua suministrados a cada equipo, logrando enfriar el gas por debajo de 313 K .

Con lo anteriormente descrito, la relación existente del trabajo realizado por el Ing. Sánchez con la presente viene dada por la metodología que implemento, basándose en el análisis de los métodos básicos de evaluación y diseño a utilizar para cumplir con los objetivos y dar solución a la problemática, como lo era el enfriado de la solución de ácido sulfhídrico por medio de un intercambiador de calor utilizado de acuerdo a las condiciones requeridas. Del mismo modo, la operación de los enfriadores de Ácido Sulfhídrico fuera de los parámetros de diseño afecta el proceso productivo, debido a un

incremento de la temperatura del gas a la salida entre 11,85 y 49,65 K y a una menor efectividad de separación del Azufre. Lo que significa, que al igual que la presente problemática, el ácido sulfhídrico también afecta la productividad, por lo que es necesario realizar un cambio en el diseño del tanque reactor para la fabricación de detergente líquido y poder así garantizar el cumplimiento de los planes de producción.

## **2.2 Bases teóricas**

A continuación, se presentan las bases teóricas y conceptos básicos con la finalidad de sustentar la investigación y permitir la comprensión de los términos técnicos empleados a lo largo de la misma.

### **2.2.1 Leyes de la Termodinámica**

#### **2.2.1.1 Primera Ley de la Termodinámica**

Según Cengel (2009), La Primera Ley de la termodinámica, conocida también como principio de conservación de la energía, expresa que: “La energía no se puede crear ni destruir durante un proceso, sólo puede cambiar de forma”. La primera ley explica que si hay un aumento de energía en algunas de las formas también debería de haber una disminución de energía y por ello se debe considerar hasta la mínima cantidad de energía para un análisis.

El balance de energía para todo sistema se puede expresar como: la energía total de un sistema que es igual a la sustracción de la energía de ingreso total y la energía de salida total del proceso. ***Eentrada***

la segunda ley de la termodinámica. La primera ley no restringe la dirección de un proceso, pero satisfacerla no asegura que el proceso ocurrirá realmente. Cuando los procesos no se pueden dar, esto se puede detectar con la ayuda de una propiedad llamada entropía. Un proceso no sucede a menos que satisfaga la primera y la segunda ley de la Termodinámica.

El empleo de la segunda ley de la termodinámica no se limita a identificar la dirección de los procesos. La segunda ley también afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad. La primera ley tiene que ver con la cantidad y la transformación de la energía de una forma a otra sin importar su calidad. Preservar la calidad de la energía es un interés principal de los ingenieros, y la segunda ley brinda los medios necesarios para determinar la calidad, así como el nivel de degradación de la energía durante un proceso. La naturaleza establece que el total de energía asociada con una fuente térmica nunca puede ser transformada íntegra y completamente en trabajo útil. De aquí que todo el trabajo se puede convertir en calor pero no todo el calor puede convertirse en trabajo.

- **Definición de Kelvin-Planck**

“Es imposible construir un aparato que opere cíclicamente, cuyo único efecto sea absorber calor de una fuente de temperatura y convertirlo en una cantidad equivalente de trabajo”.

- **Definición de Clausius**

“Es imposible construir un aparato que opere en un ciclo cuyo único efecto sea transferir calor desde una fuente de baja temperatura a otra de temperatura mayor”.

### **2.2.2 Tanque Reactor de Agitado Continuo**

Según Benites (2011), Un tanque reactor de agitado continuo es aquel que consta de un tanque con una agitación casi perfecta, en el que hay un flujo continuo de mate reaccionante y desde el cual sale continuamente el material que ha reaccionado

(material producido). La condición de agitación no es tan difícil de alcanzar siempre y cuando la fase líquida no sea demasiada viscosa.

El propósito de lograr una buena agitación es lograr que en el interior del tanque se produzca una buena mezcla de los materiales, con el fin de asegurar que todo el volumen del recipiente se utilice para llevar cabo la reacción, y que no existan o queden espacios muertos. Se puede considerar que la mezcla es buena o casi perfecta, si el tiempo de circulación de un elemento reactante dentro del tanque es alrededor de una centésima del tiempo promedio que le toma al mismo elemento para entrar y salir del reactor.

En el reactor continuamente agitado, ocurre la reacción exotérmica  $A \rightarrow B$ . Para remover el calor de la reacción, el reactor es rodeado por una cámara (camisa de refrigeración) a través del cual fluye un líquido refrigerante. Para efectos de estudio, se han hecho las siguientes suposiciones: Las pérdidas de calor circundantes son despreciables Las propiedades termodinámicas, densidades, y las capacidades caloríficas de los reactantes y los productos son ambos iguales y constantes a la mezcla (agitación) perfecta en el reactor, por tanto la concentración, presión y temperatura son iguales en cualquier punto del tanque Temperaturas Uniformes en ambas cámaras (camisa de enfriamiento y/o calentamiento) Volúmenes Constantes  $V_r$ ,  $V_c$  Por lo general, los reactores continuos de tanque agitado (CSTR) se operan cerca de ó en puntos de equilibrio inestables, que corresponden a una producción óptima del proceso.

Aun cuando el punto de equilibrio sea estable a lazo abierto, este puede ser muy sensible a cambios de carga (Cambios en las condiciones de alimentación). Debido a que los CSTR son comúnmente la parte central de un proceso químico completo, el control de la operación del CSTR ha sido uno de los problemas más importantes en la industria química. La regulación de temperatura es la operación de control más sencilla de los CSTR. La mayoría de controladores de temperatura en la industria química son controladores PI clásicos.

Un controlador industrial PI tiene muchas ventajas adicionales que lo hacen práctico para la operación de un CSTR. Por ejemplo, cuenta con interrupción

automática y manual, seguimiento del punto de referencia (Set point) y modos manuales de emergencia. Básicamente, el controlador PI para regulación de temperatura se diseña en base a una linealización alrededor del punto de equilibrio de operación.

### **2.2.2.1 Clasificación de los Reactores Químicos**

Según la UNIDEG (2013), La clasificación más elemental de los reactores es aquella que tiene en cuenta el posible intercambio de materia entre el sistema y el exterior. Se distinguen así tres tipos de reactores:

- Discontinuo (Por lotes)
- Continuo
- Semicontinuo

Durante la operación del reactor discontinuo no existe intercambio de materia con el exterior. Se alimentan los reactantes de una vez, y cuando la reacción se ha efectuado se retira todo el contenido del reactor. En este sistema la temperatura, presión y composición pueden variar a lo largo del tiempo de operación.

En el reactor continuo la alimentación de los reactantes y la salida de los productos se hacen en forma ininterrumpida. Las variables del sistema (cuando el reactor alcanza el estado estacionario) son independientes del tiempo. Si el reactor es de forma tubular, la variable independiente es la longitud del mismo a lo largo de la cual pueden existir variaciones de temperatura, presión y composición.

En el reactor semicontinuo, alguno de los reactantes o productos se alimenta o extrae continuamente mientras que el resto permanece en el reactor. Así, por ejemplo, cuando la reacción entre dos líquidos es muy exotérmica, se prefiere cargar con uno de ellos el reactor y, enseguida, adicionar lentamente el segundo reactivo.

Esto ocurre en la reacción de amoníaco con formaldehído para producir hexametilentetramina, donde se añade lenta y continuamente hidróxido amónico al reactor cargado previamente con formaldehído.

En otro ejemplo, los reactantes están inicialmente en el reactor y uno de los

productos se extrae continuamente, éste es el caso de las reacciones de esterificación, donde el agua o el éster se extraen por ebullición a medida que se va formando. Otro caso de reactor semicontinuo se tiene en la cloración de benceno líquido mediante cloro gaseoso para obtener monoclorobenceno, la corriente de cloro se adiciona continuamente al reactor cargado previamente con benceno, de manera que la concentración de dicho gas en el medio de reacción sea pequeña, con objeto de evitar la formación de productos policlorados.

Estos reactores suelen operar en estado no estacionaria y diseño ser relativamente complicado. En general, los reactores discontinuos se utilizan en la producción de pequeñas cantidades donde presentan las ventajas de una gran flexibilidad de operación y un bajo costo de instalación.

Los reactores continuos, por su parte, se suelen emplear en producciones grandes, donde comparados con los reactores discontinuos, generalmente presentan las siguientes ventajas:

- Disminuyen los costos de operación al eliminar la carga y descarga de los reactores y facilitar el control automático.
- Mejoran el mantenimiento de la calidad del producto al ser las condiciones de operación más reproducibles.

La elección entre un reactor continuo y discontinuo estará, por tanto, íntimamente relacionada con la capacidad, los costos de instalación y los costos de operación (donde la mano de obra será muy importante).

La clasificación de reactores según su forma geométrica es también importante. Los reactores discontinuos o semicontinuos, por lo general se construyen en forma de tanques provistos de agitador. Las tres dimensiones del reactor suelen ser semejantes, con objeto de obtener un buen grado de mezcla y una distribución de temperatura uniforme y un menor consumo de materiales en su construcción.

Por su lado, los reactores continuos pueden tener la forma de tanque (similar al reactor discontinuo) o estar diseñados en forma tubular. En la figura 3.4 se han esquematizado los diversos tipos de reactores hasta ahora considerados.

Otra clasificación podría basarse en el método de operación de estos reactores con respecto a la temperatura:

- Isotermos
- Adiabáticos
- No isotermos

En los reactores isotermos se mantiene la temperatura durante la reacción, de manera que será necesario añadir o eliminar calor al reactor, según la reacción sea endotérmica o exotérmica, respectivamente. Este es el reactor más fácil de calcular, pero su utilización es limitada. La operación en condiciones adiabáticas supone un aislamiento total del reactor con el medio exterior. Las variaciones de la temperatura, dentro del reactor, vienen determinadas por el calor de reacción.

En los reactores no isotermos, una cantidad de calor se añade o elimina del reactor, de manera que la temperatura no permanece constante durante el transcurso de la reacción. Este es el tipo de reactor más utilizado en aplicaciones industriales.

### **2.2.3 Reacción Endotérmica**

Según Bolívar (2016), nos dice que una reacción endotérmica es aquella que para tener lugar debe absorber energía, en forma de calor o radiación, de sus alrededores. Generalmente, aunque no siempre, pueden reconocerse por un descenso de la temperatura en su entorno; o por el contrario, necesitan de una fuente de calor, como la obtenida por una llama ardiente.

Del mismo modo Bolívar, señala la absorción de energía o calor es lo que tienen en común todas las reacciones endotérmicas; la naturaleza de las mismas, así como las transformaciones involucradas, son muy diversas. ¿Cuánto calor deben absorber? La respuesta depende de su termodinámica: la temperatura a la que la reacción ocurre espontáneamente.

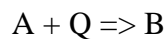
#### **2.2.3.1 Características de una Reacción Endotérmica**

El cambio de estado no es propiamente una reacción química; sin embargo, sucede lo mismo: el producto (el agua líquida) tiene mayor energía que el reactante (hielo). Esta es la principal característica de una reacción o proceso endotérmico: los

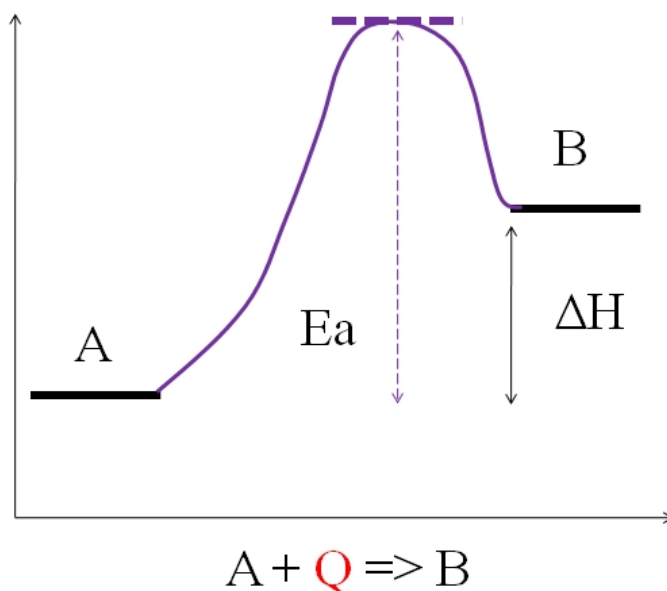
productos son más energéticos que los reactivos.

Aunque esto es verdad, no significa que los productos necesariamente deban ser inestables. En el caso que sí lo sea, la reacción endotérmica deja de ser espontánea bajo toda condición de temperatura o presión.

Considérese la siguiente ecuación química:



Donde Q representa calor, expresado usualmente con las unidades de joule (J) o calorías (cal). Como A absorbe calor Q para transformarse en B, se dice entonces que se trata de una reacción endotérmica. Siendo así, B posee más energía que A, y debe absorber la energía suficiente para lograr su transformación. (Ver figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de reacción endotérmica para A y B.

Fuente: <https://www.lifeder.com/ejemplos-cotidianos-reacciones-endotermicas/>

Como puede verse en el diagrama superior (Ver figura 1), A tiene menor energía que B. La cantidad de calor Q que absorbe A es tal que vence la energía de activación (la energía necesaria para alcanzar la cima morada con techo punteado). La

Todas las reacciones endotérmicas tienen en común el diagrama anterior, ya que los productos son más energéticos que los reactivos. Por lo tanto, la diferencia de  $-H_{\text{Reactivo}} > 0$ ). Al ser esto cierto, debe haber una absorción de calor o energía de los alrededores para surtir esta necesidad energética.

En una reacción química siempre se rompen enlaces para crear otros. Para romperlos, es necesaria la absorción de energía; esto es, se trata de un paso endotérmico. Mientras, la formación de los enlaces implica estabilidad, por lo que es un paso exotérmico.

Cuando los enlaces formados no brindan una estabilidad equiparable a la cantidad de energía requerida para romper los enlaces viejos, se está ante una reacción endotérmica. Es por ello que se necesita energía adicional para promover el rompimiento de los enlaces más estables en los reactivos.

Por otro lado, en las reacciones exotérmicas ocurre lo contrario: se libera calor, son más estables que los reactivos, y el diagrama entre A y B cambia de forma; ahora B se ubica por debajo de A, y la energía de activación es menor.

### **2.2.3.2 Enfrían sus alrededores**

Aunque no aplica para todas las reacciones endotérmicas, varias de ellas ocasionan un descenso de la temperatura de sus alrededores. Esto se debe a que de algún lado proviene el calor absorbido. En consecuencia, si dentro de un recipiente se llevara a cabo la conversión de A y B, este se enfriaría.

Mientras más endotérmica sea la reacción, más frío se tornará el recipiente y sus alrededores. De hecho, algunas reacciones incluso son capaces de formar una delgada cubierta de hielo, como si hubieran salido de un refrigerador.

No obstante, hay reacciones que de este tipo que no enfrían sus alrededores, ya que el calor de los alrededores es insuficiente; es decir, no aporta el Q (J, cal) necesario que se escribe en las ecuaciones químicas. Por lo tanto, es aquí cuando entra el fuego

o la radiación ultravioleta.

Por un lado, el calor de los alrededores basta para que la reacción prosiga espontáneamente, y se observa un enfriamiento; y por el otro, se necesita de más calor y se recurre a un método eficiente de calentamiento. En ambos casos sucede lo mismo: se absorbe energía.

#### 2.2.4 Diagrama de Ishikawa

Según Porporatto, M (2016), El diagrama de Ishikawa es una herramienta de control de calidad utilizada para facilitar el análisis de un problema, concebida por el experto japonés en química Kaoru Ishikawa en 1943. Se trata de una gráfica visualmente atractiva, que ordena causas y efectos separando las causas o ideas principales de las causas o ideas secundarias. Sobre la cabeza del pescado se escribe el síntoma a analizar, y la espina central agrupará y clasificará las causas que producen el síntoma o efecto.

El diagrama de Ishikawa es una técnica gráfica muy sencilla utilizada por la administración, que suele combinarse con la técnica *brainstorming* («lluvia de ideas») y «los cinco porqués de toyota» para el control de gestión y calidad de los procesos. Es realizado por el grupo de trabajo compuesto por todos los agentes implicados en el proceso que se analiza.

El sistema posibilita una estructura jerárquica de las **causas posibles** de un determinado problema, como así también una oportunidad de mejora con sus consecuentes efectos sobre la calidad del producto.

En la estructura del diagrama de Ishikawa los problemas son clasificados según seis clases de causas cumpliendo las 6M:

Materia prima

Método

Mano de obra

Medición

Máquinas

Medio ambiente

### **2.2.5 Diagrama de Pareto**

Más de 80% de la problemática en una organización es común, es decir, se debe a problemas, causas o situaciones que actúan de manera permanente sobre el proceso. Sin embargo, en todo proceso existen unos cuantos problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso o una empresa. Lo anterior es la premisa del diagrama de Pareto Núñez, A. (2010) que es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo y se ataquen todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis de Pareto, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde puedan tener mayor impacto. En este sentido, el diagrama de Pareto encarna mucho de la idea del pensamiento estadístico.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos generan muy poco del efecto total. El nombre del principio es honor del economista italiano Wilfredo Pareto (1834-1923), quien reconoció que pocas personas (20%) poseían gran parte de los bienes (80%), y afirmaba: pocos tienen mucho, y muchos tienen poco. Fue Joseph Juran, uno de los clásicos de la calidad de la primera generación que desempeñó un papel crucial en el movimiento mundial por la calidad, quien reconoció que el principio de Pareto también se aplicaba a la mejora de la calidad; como ejemplo mostraba la clasificación del tipo de defectos de los diferentes productos, donde había unos cuantos que predominaban. A la representación gráfica de la frecuencia de esos defectos le llamó diagrama de Pareto, que siendo justos debería llamarse diagrama de Juran. En los últimos años se ha evidenciado que el diagrama de Pareto puede aplicarse en casi toda actividad.

### **2.2.6 Técnica de los 5 ¿Por Qué?**

Según Carpintier, R (2013), la técnica de los 5 Por Qué según Sakichi Toyoda es una figura fundamental en el desarrollo de la industria japonesa, a menudo referido incluso como el padre de la revolución industrial nipona. Toyoda fue el fundador de Toyota, y el inventor del modelo de los 5 porqués, aplicado en los procesos de producción conocidos como *lean*.

La fabricación *lean* es toda aquella que otorga especial valor a los recursos, de forma que se minimicen (o mejor, se supriman) las acciones superfluas para optimizar los tiempos y los costes de producción. El objetivo es preservar el valor con el mínimo de trabajo imprescindible.

Para lograr esto, Toyoda ideó un método tan sencillo como el de los “5 porqués”, aplicado durante décadas a los procesos de producción de Toyota, y luego exportado a otros fabricantes de coches, además de todo tipo de industrias. Se trata de buscar el origen de un problema simplemente preguntando cinco veces el porqué, retrocediendo así hasta llegar a las raíces de la disfunción y, claro, poner un remedio. Aunque el método fue originalmente concebido para controles de calidad en procesos de fabricación, lo cierto es que esta mecánica puede aplicarse a cualquier obstáculo o problema que surja en la gestión diaria de una empresa. El esquema a seguir es sencillo:

- Identifica el problema.
- Pregúntate por qué sucede. Trata de encontrar el mayor número posible de causas.
- Para cada una de las causas, vuelve a preguntarte el porqué del origen.
- Repite las veces que sean necesarias los pasos 2 y 3. En este punto deberías haber identificado la raíz del problema.
- Trata de aplicar las soluciones.

### **2.2.7 Técnica de Grupo Nominal**

Según Aitec Consultores, (2019) la Técnica de Grupo Nominal fue introducida por Delbecq y Van de Ven y desarrollada posteriormente por los mismos autores. Es una técnica creativa empleada para facilitar la generación de ideas y el análisis de problemas.

Este análisis se lleva a cabo de un modo altamente estructurado, permitiendo que al final de la reunión se alcancen un buen número de conclusiones sobre las cuestiones planteadas.

La Técnica de Grupo Nominal hace posible alcanzar un consenso rápido con relación a cuestiones, problemas, soluciones o proyectos. Permite producir y priorizar un amplio número de elementos. Evita, además, términos de «perdedores» y «ganadores» entre los miembros del grupo.

### **Objetivos de la Técnica**

Son tres los objetivos centrales de esta técnica:

- Asegurar diferentes procesos en la aplicación de cada fase de la técnica.
- Equilibrar la participación entre las personas participantes.
- Incorporar técnicas matemáticas de votación en el proceso de decisión del grupo.

Sobre este último punto cabe hacer una precisión: el propósito de Técnica de Grupo Nominal es establecer una priorización de ideas y temas en la que el uso de la votación numérica puede ser de ayuda. Sin embargo, el resultado numérico alcanzado no puede considerarse de valor estadístico, ya que nos encontramos ante una técnica de investigación básicamente cualitativa.

Estos autores distinguieron entre dos fases de la resolución creativa de problemas: la **fase de determinación de hechos** y la **fase de evaluación**.

### **Ventajas**

- Promueve el consenso.
- Su estructura asegura el establecimiento de conclusiones, alcanzando resultados concretos y permitiendo la proliferación de un buen número de ideas que son formuladas de forma sintética.
- Se consideran las posiciones minoritarias. Todos los componentes del grupo participan, garantizándose que el éxito de las ideas no depende de la brillantez en la exposición o de la posición dominante de los participantes.
- Reduce los conflictos improductivos. La aparición de conflictos improductivos

se minimiza porque todos los componentes del grupo han tenido la oportunidad de aportar sus ideas, de modo igualitario, durante el proceso.

- Finalmente, ayuda a ordenar y clarificar opciones. Esta aproximación estructurada ayuda a priorizar y ordenar las opciones disponibles hasta contar con un número manejable.

### **Utilidades**

- Un problema se comprende bien, pero el conocimiento sobre el mismo está disperso entre varias personas.
- Cuando se requiere un rápido consenso de un equipo, en lugar de un examen más detallado.
- El equipo se ha quedado bloqueado en un problema; por ejemplo, cuando no están de acuerdo sobre algo.
- El grupo prefiere un estilo de trabajo estructurado.
- Se aplica en lugar de la tormenta de ideas cuando se prefiere obtener una lista limitada de opiniones en lugar de amplia relación de ideas, o cuando los miembros del grupo no se sienten lo suficientemente cómodos para comportarse de forma abierta y creativa.

Los grupos que participan en una técnica de grupo nominal son especialmente eficaces en la generación de ideas, ya que cada participante tiene la obligación de reflexionar individualmente sobre el problema y registrar sus pensamientos de forma independiente. Por el contrario, otros formatos de grupo de discusión se ven obstaculizados por las inhibiciones individuales y las evaluaciones prematuras. También por la influencia desproporcionada que pueden ejercer los miembros dominantes; bien por su posición jerárquica, su liderazgo o la brillantez en exponer sus puntos de vista.

De hecho, puede considerarse que la técnica de grupo nominal es un grupo *nominal*, que no real, ya que las interacciones que se dan entre los participantes son limitadas.

## **Técnica de Grupo Nominal: Desarrollo**

A continuación, se presentan las fases de aplicación de la Técnica de Grupo Nominal:

### **1. Definir la tarea**

En forma de pregunta, por escrito de manera visible para el grupo, asegurando que la cuestión sea comprendida por todos.

### **2. Generar ideas**

Trabajando en silencio. Los miembros del equipo escriben sus ideas en tarjetas, a razón de 1 idea por tarjeta, durante un tiempo limitado.

### **3. Registrar ideas**

Finalizada la fase anterior, el facilitador de la técnica recoge las tarjetas y lee cada una de las ideas aportadas. Cada idea se escribe en una pizarra u otro dispositivo

### **4. Clarificar ideas**

Se da oportunidad a los participantes de explicar las ideas aportadas y de solicitar aclaraciones sobre aquellas expresadas por otros miembros del grupo.

### **5. Hacer la selección**

Una vez que se cuenta con una relación de ideas definitiva, es el momento de llevar a cabo la votación que dará lugar a su jerarquización.

### **6. Determinar la prioridad**

Se procede a la suma de las puntuaciones otorgadas a cada idea. La que posee una puntuación mayor será la considerada como más importante por el grupo. Es la que tiene mayor prioridad.

#### **2.2.8 Poka Yoke**

Según Global Lean, (2013), Poka-yoke es un término japonés que significa: Poka: *“error no intencionado, equivocación...”* y Yoke: *“evitar”*, es decir, *“evitar equivocaciones”*. Shingeo Shingo desencantado ante la imposibilidad de alcanzar “0” defectos al final del proceso, ideó este método basado en la realización de trabajos “a prueba de errores”.

El fin del poka yoke es reducir o anular los defectos, por ello es importante

comprender que:

- Los defectos son generados por errores.
- Las inspecciones destapan los defectos.
- No tiene sentido analizar el producto final cuando el defecto se produce en el trabajo.
- Es en el proceso donde hay que eliminar el error.
- Los errores subsanados no se han de volver a repetir.
- La clave es encontrar los errores antes de que estos se conviertan en defectos.
- La causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores y los defectos son el resultado de continuar con dichos errores.

**Por tanto, los errores al final del proceso se pueden corregir aplicando métodos que:**

- Busquen la imposibilidad o la dificultad de que el operario pueda equivocarse en proceso.
- Que equivocándose sea tan evidente el defecto que tengamos tiempo para reaccionar y poder corregirlo.

#### **Diseño de Poka – Yokes:**

El Poka yoke puede diseñarse como:

- **Función de control:** Se diseña para impedir que el error se consume. Son los realmente efectivos ya que requiere de intervención inmediata. Para la máquina o imposibilitan continuar el proceso.
- **Función de Aviso:** En este caso el error puede llegar a producirse, pero el dispositivo reacciona cuando va a tener lugar para advertir al operario del riesgo. Principalmente son avisos acústicos o luminosos. Son menos efectivos que los de control.

#### **Poka-yoke en el día a día:**

Estamos rodeados de ejemplos de elementos diseñados con poka-yoke. Un ejemplo cotidiano de poka-yoke es el de las tarjetas telefónicas. En este tipo de tarjetas se ha estandarizado una geometría concreta que es aprovechada por los

espacios donde debe ser insertada, de modo que no sea posible colocarla incorrectamente. Otro ejemplo sería la imposibilidad de arrancar un coche, al no ser que el coche este en punto muerto o embragado.

#### **Beneficios del Poka- yoke:**

Los resultados de una buena aplicación de poka yoke son:

- **Calidad alta.** Si ponemos los medios necesarios para evitar errores, nuestra calidad aumentará.
- **Disminución de retrabajos.** Produciendo buena calidad no necesitamos repasar defectos, ahorrando tiempo y rentabilizando el producto que fabricamos.
- **Cliente satisfecho.** Los clientes satisfechos son un cheque en blanco para el crecimiento de la empresa.

#### **2.2.9 Sistema Andon (Control Visual)**

Según Salazar, B (2016), Andon es una expresión de origen japonés que significa "lámpara" y que se relaciona con el control visual. A su vez es considerado como un elemento de la filosofía *Lean Manufacturing*, el cual agrupa un conjunto de medidas prácticas de comunicación utilizadas con el propósito de plasmar, de forma evidente y sencilla, el estado de algún sistema productivo.

La anterior es una definición, por así decirlo, general. En realidad el control visual como técnica de comunicación tiene múltiples aplicaciones, quizá las más importantes se relacionan con la identificación de anomalías y despilfarros; y sus principales propósitos consisten en facilitar tanto la toma de decisiones, como la participación del personal, proporcionando al mismo, información acerca de cómo su desempeño influye en los resultados, logrando así que pueda tener un mayor control sobre sus metas. Puede afirmarse entonces que el control visual empodera y motiva al personal a través de la información.

#### **¿Cuándo debe implementarse Control Visual?**

Como herramienta de comunicación, el control visual se debe focalizar en aquella información que representa valor agregado en un proceso. De tal manera que

es usual que su implementación sea siempre bienvenida, y es un complemento ideal de metodologías como las 5's, la eliminación de desperdicios, SMED y muchos otros. Es aconsejable priorizar aquellos procesos en los cuales identificamos oportunidades de mejora a través de la señalización, como indicador de acciones y toma de decisiones.

Su implementación puede llevarse a cabo, entre muchas otras, en las áreas de:

- Proceso o manufactura.
- Almacenamiento.
- Equipos.
- Aseguramiento de la calidad.
- Mantenimiento.
- Seguridad.
- Gestión organizacional.
- Oficinas.

Vale la pena resaltar que la implementación del control visual debe seguir un proceso sistemático, para lo cual es importante plantearse, entre otras, las siguientes cuestiones:

- ¿El proceso que queremos controlar agrega valor?
- ¿Qué indicadores queremos monitorear?
- Según el cálculo del indicador, ¿Dónde se debe monitorear?
- ¿Cómo se identifican las no conformidades o situaciones anómalas?
- ¿Quién o cómo se registra la información?
- ¿Cómo se pueden revisar los indicadores?
- ¿Qué acción se debe efectuar de acuerdo a la información del indicador?
- ¿Qué decisiones se deben tomar de acuerdo a la información del indicador?
- ¿Qué beneficios trae el control visual?

El principal beneficio del control visual radica en el mejoramiento del flujo de información relevante, y en la estandarización de la comunicación. Además, la implementación de Andon o el control visual puede contribuir a:

- Eliminar desperdicios o Mudras.
- Mejorar la calidad.
- Mejorar el tiempo de respuesta.
- Mejorar la seguridad.
- Estandarizar procedimientos.
- Mejorar la planificación del trabajo.
- Contribuir al orden y a la organización.
- Estimular la participación.
- Motivar al personal.
- Reducir costos.

#### **Tipos de control visual (Andon)**

Tal como se mencionó anteriormente, el control visual tiene múltiples métodos de aplicación, estos se adecuan a diferentes objetivos y pueden clasificarse a grandes rasgos en:

- Control visual de equipos y espacios.
- Control visual de la producción.
- Control visual en el puesto de trabajo.
- Control visual de la calidad.
- Control visual de la seguridad.
- Gestión de indicadores.

#### **2.2.10 Kaizen**

Según Granel, M. (2018), La **filosofía Kaizen** es una metodología que se emplea de forma diaria para el mejoramiento continuo de los individuos y las empresas. La palabra Kaizen proviene de los términos japoneses "Kai": modificaciones y "Zen": para mejorar, por lo que se podría definir como "proceso de mejora continua". Adoptar la filosofía Kaizen supone asumir la cultura del mejoramiento continuo, que se centra en la eliminación de los desperdicios y derroches en los sistemas productivos.

El origen del Kaizen se remonta a Japón, donde al terminar la Segunda Guerra

Mundial, el país se enfrentaba a muchos problemas en su industria, por lo que decidieron crear la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros) e invitar a Dr. William Edwards Deming y a Joseph Juran en varios de sus seminarios, creando en uno de ellos esta nueva metodología para mejorar el sistemas empresarial. Los fundamentos más importantes en la realización de la filosofía Kaizen son "Compromiso" y "Disciplina", a todo el nivel de la organización.

### **¿En qué consiste la filosofía Kaizen?**

El Kaizen sirve para detectar y solucionar los problemas en todas las áreas de la organización y tiene como prioridad revisar y optimizar todos los procesos que se realizan en la misma.

El método Kaizen retoma las técnicas del Control de Calidad, diseñadas por Edgard Deming, pero incorpora la idea de que la forma de vida debe ser mejorada de forma constante. Se debe ser muy riguroso y encontrar la falla o problema y solucionarlo. La complacencia es el principal enemigo del Kaizen. En la idea de mejoramiento continuo se involucra la gestión y el desarrollo de los procesos, enfatizando en reconocer las necesidades de los clientes, reducir los desperdicios y maximizar el tiempo.

El éxito de la filosofía Kaizen en la actividad empresarial proviene de la incitación a mejorar estándares, ya sean niveles de calidad, costes, productividad o tiempos de espera, entre otros. La metodología Kaizen permite establecer estándares más altos y grandes empresas como Toyota, Walt Disney o Sony la han empleado para la mejora continua de sus estándares productivos.

### **Pasos para implementar la filosofía Kaizen**

El **Kaizen** se basa en el Círculo de Deming como herramienta para conseguir la mejora continua: planear, hacer, verificar y actuar. Estos son los **pasos** a seguir para **implementar la filosofía Kaizen** en la empresa:

1. **Selección del tema:** el tema a seleccionar puede ser decidido por la presidencia o la gerencia siempre que éste sea acorde con los objetivos de la empresa. Posibles temas a tratar pueden ser la productividad (mejora de

tiempos), calidad (requerimientos del cliente) o la seguridad (reducción de accidentes).

2. **Creación de equipo de trabajo:** el equipo debe ser siempre que se pueda multidisciplinario, es decir, formado por personas de diferentes áreas, para que todas ellas aporten el conocimiento y la experiencia de su área de trabajo. Es recomendable que cada grupo cuente con un líder, que sea el responsable de coordinar las reuniones e informar sobre el progreso.
3. **Obtención y análisis de datos:** la recolección de datos por parte del equipo tiene como finalidad determinar las causas principales para arreglar el problema.
4. **Gembutsu Gemba:** esta fase consiste en acudir al área donde se produce el problema y verificar los datos obtenidos en la fase anterior junto con las personas que trabajan en dicha área.
5. **Plan de contramedidas:** es necesario tomar contramedidas para aquellos problemas que son críticos para la mejora del proceso de la empresa, que se registrarán en un plan que incluya fechas para implementarlas y responsables de la ejecución de las mismas.
6. **Seguimiento y evaluación de resultados:** el equipo llevará un seguimiento mediante gráficos del problema y si es necesario volverá a realizar los pasos anteriores para su verificación en el área de trabajo.
7. **Estandarización y expansión:** tras varios meses con buenos resultados se define que el problema está en control y se registra para que, posteriormente, puedan ser aprovechados los cambios introducidos.

### 2.3 Bases Legales

La presente investigación estará respaldada por las bases legales que rigen el almacenamiento y fabricación de detergente líquido así como las normativas de seguridad que la empresa debe cumplir con el manejo de químicos. Cada norma establece los requisitos que se deben cumplir siendo de sustento legal para el desarrollo

de la investigación, estas son las siguientes:

- Norma Venezolana Covenin 371:1995 “**Detergentes sintéticos. Determinación de la Biodegradabilidad de los Tensioactivos Aniónicos**”. Caracas, Venezuela. 1era Revisión.
- Norma Venezolana Covenin 3402:1998 “**Materiales Peligrosos. Directrices para la atención de incidentes y emergencias**”. Caracas, Venezuela.

#### **2.4 Definición de Términos Básicos**

**Ácido Sulfónico:** líquido altamente viscoso de color café. Sus constantes físicas y químicas lo hace un producto de comportamiento sobresaliente en todas sus aplicaciones y le proporcionan excelentes resultados, propiedades para ser usado tanto en detergentes líquidos como sólidos. Por su cadena lineal tiene propiedades de biodegradabilidad muy buenas.

**Colorante:** Sustancia soluble en agua, capaz de teñir y dar un nuevo color a un tejido, alimento, etc.; puede ser de origen natural o sintético.

**Concentración:** es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución o de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores. A menor proporción de soluto disuelto en el solvente, menos concentrada está la solución, y a mayor proporción más concentrada está.

**DAQ:** La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido.

**Detergente Líquido:** El detergente es una sustancia que tiene la propiedad químico-física de peptizar, o sea la propiedad de dispersar finamente en el agua u otro líquido, un sólido

**Envase:** Recipiente que facilita la conservación y transporte del producto que contiene, en especial un alimento.

**Formol:** Líquido de olor fuerte y con propiedades desinfectantes, que se emplea en la conservación de cuerpos orgánicos muertos para impedir su descomposición.

**Genapol:** El lauril éter sulfato de sodio o SLES (por su sigla en inglés de sodium lauryl ether sulfate) es un detergente y surfactante encontrado en numerosos productos del cuidado personal (jabón, champú, pasta de dientes). SLES es un económico y muy efectivo agente formador de espuma.

**Hardware:** Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

**Intercambiador:** es un dispositivo cuya función es transferir el calor de un fluido a otro de menor temperatura. La transferencia de calor se produce a través de una placa metálica o tubo que favorezca el intercambio entre fluidos sin que estos se mezclen.

**Mezcla:** es un material formado por dos o más componentes unidos, pero no combinados químicamente. En una mezcla no ocurre una reacción química y cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas.

**Reacción Endotérmica:** Se denomina reacción endotérmica a cualquier reacción química que absorbe energía, normalmente en forma de calor.

**Reacción Química:** también llamada cambio químico o fenómeno químico, es todo proceso termodinámico en el cual dos o más sustancias (llamadas reactantes o reactivos), se transforman, cambiando su estructura molecular y sus enlaces, en otras sustancias llamadas productos.

**Reactor Químico:** es un equipo en cuyo interior tiene lugar una reacción química, diseñado para maximizar la conversión y la selectividad de esa reacción con el menor coste posible. Si la reacción química es catalizada por una enzima purificada o por el organismo que la contiene.

**Soda Cáustica:** El hidróxido de sodio, que se conoce comúnmente como soda cáustica, se produce comercialmente por dos métodos básicos: celdas electrolíticas y proceso químico.

**Software:** Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Según Balestrini, M (2003), explica que el marco metodológico:

“Está referido al momento que elude al conjunto de procedimientos lógicos implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados” (p. 25).

Así mismo Arias, F (2006) señala que el marco metodológico como el Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas. (p.16). De este modo, se presenta en este capítulo todas las acciones que se tomaran en consideración para analizar la situación actual y dar a conocer las posibles soluciones, a través de procedimientos específicos cumpliendo con el marco metodológico definido en esta sección, implementando técnicas de recolección de datos así como los instrumentos y herramientas necesarias para cumplir con los objetivos de la investigación.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La presente investigación está definida por el tipo de proyecto factible, debido a que tiene como objetivo proponer un sistema de intercambiador térmico para el tanque reactor en la elaboración de detergente líquido, brindando aportes y soluciones que sean de beneficio para empresa en cuestión, cumpliendo con los procedimientos necesarios y requeridos. Según Arias, F (2006) señala “Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema practico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización”. (p.134)

Del mismo modo, Hurtado, J (2008), considera que el proyecto factible se ubica

una "Investigación Proyectiva", la cual: "Propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, mas no necesariamente ejecutar la propuesta" (p. 114).

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Para el diseño de la investigación, se define como una investigación de campo y documental, ya que se estará realizando en el lugar donde ocurre la problemática descrita anteriormente, recolectando toda la información por medio de la observación directa, revisión de la documentación y manejo de la data de información que demuestra la existencia de ello. De este modo, los siguientes autores se define como:

Kerlinger (2002), sostiene que:

"Generalmente se llama diseño de investigación al plan y a la estructura de un estudio. Es el plan y estructura de una investigación concebidas para obtener respuestas a las preguntas de un estudio. El diseño de investigación señala la forma de conceptuar un problema de investigación y la manera de colocarlo dentro de una estructura que sea guía para la experimentación (en el caso de los diseños experimentales) y de recopilación y análisis de datos" (p. 83)

En este mismo orden de ideas, Según Palella, S; Martins, F (2010), definen la Investigación de campo:

"Consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta". (p. 88)

Según Arias, F (2012), define la investigación documental como:

"Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos". (pag.27)

### **3.3 Nivel de la Investigación**

Según Arias, F. (2006), “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.23). Con base a esto, el nivel tendrá un enfoque de investigación descriptiva y documental, puesto que en esta se analizará, describirá e interpretará la problemática planteada en el tanque Reactor de la empresa FG servicios 2000 C.A a fin de hallar la información necesaria sobre su situación actual. El autor anteriormente mencionado señala que:

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p.24)

En un segundo orden, según Bavaresco, A (2002), la investigación descriptiva “consiste en describir y analizar sistemáticamente características homogéneas de los fenómenos estudiados según la realidad, esto va más a la búsqueda de aquellos aspectos que desean conocer y de los que se pretenden obtener respuestas.” (p.124)

Así mismo se tiene que la presente investigación también se sustentara mediante la investigación descriptiva, por lo que se necesita de todo el aporte teórico y registros de la empresa para realizar el estudio. Es importante resaltar que la investigación descriptiva le aportara el propósito de evaluar y examinar las variables que están presente y sus manifestaciones,

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Según Tamayo, M (2012). Señala que:

“La población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina la población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a una investigación” (p. 180)

Así como también Balestrini, M (2003), define la población como “el conjunto infinito o finito de personas, casos o elementos, que representan características comunes” (p. 137). Siguiendo la definición de los autores, la población para la presente investigación viene expresa por el conjunto finito de elementos, en este caso la población son los aquellos tanques reactores (Un tanque) que posee la empresa FG servicios 2000 C.A en sus operaciones.

### **3.4.2 Muestra**

La muestra es un subconjunto representativo de la población. Es indispensable para el investigador(es), ya que es imposible realizar entrevistas a todos los miembros de una población. Al seleccionar una muestra lo que se trata es estudiar una parte del subconjunto. Siguiendo con este lineamiento, según Castro, M (2003), señala que:

“La muestra se clasifica en probabilística y no probabilística. La probabilística, son aquellas donde todos los miembros de la población tienen la misma opción de conformarla a su vez pueden ser: muestra aleatoria simple, muestra de azar sistemático, muestra estratificada o por conglomerado o áreas. La no probabilística, la elección de los miembros para el estudio dependerá de un criterio específico del investigador, lo que significa que no todos los miembros de la población tienen igualdad de oportunidad de conformarla. La forma de obtener este tipo de muestra es: muestra intencional u opinática y muestra accidentada o sin norma”. (p. 88)

Por su parte, Hernández citado en Castro (2003), expresa que "si la población es menor a cincuenta (50) individuos, la población es igual a la muestra" (p.69). De acuerdo a las definiciones según los autores, la muestra es igual a la población finita, es decir, que la muestra de estudio será el tanque reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos**

Para la recolección de información de la presente investigación, se señalan aquellos que se consideran los más idóneos para el logro de los objetivos ya establecidos, y obtener toda la información necesaria de manera organizada y precisa.

Según Hurtado, J (2008), “las técnicas tienen que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos, es decir, el cómo estas pueden ser de revisión documental” (p.153). Las técnicas que se utilizaran son las siguientes:

### **Técnicas**

**3.5.1 Observación Directa:** Según los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006), expresan que: “la observación directa consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta” (p.316). A través de esta técnica el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación a través de la ficha de observación como instrumento.

**3.5.2 Revisión Documental:** Según Hurtado, J (2008), “es una técnica de la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto que en sí mismo constituyen los eventos del estudio”. (p.427). Para la presente investigación, se tomaran los datos propios de la empresa, así como también consultas a las bibliografías necesarias que se relacionen con la temática.

### **Instrumentos**

**3.5.3 Instrumentos:** Según Hurtado, J (2008), “representa la herramienta con la cual se va a recoger, filtrar y codificar la información, es decir, el con qué. Los instrumentos pueden estar ya elaborados e incluso normalizados”. (p.153).

**3.5.3.1 Lista de Cotejo:** Según Universidad Tecnológica de Chile (2007), las listas de cotejo "constituyen un medio para observar y registrar aspectos específicos, ya sea de la conducta de un sujeto o sucesos en una situación dada", registra los resultados en forma dicotómica; si existe o no una característica, si una acción se realizó sí o no.

**3.5.3.2 Entrevista no Estructurada:** según Arias, F (2006), señala que no es:

“Más que un simple interrogatorio es una técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p.73).

## **3.6 Técnicas de Análisis de Información**

### **3.6.1 Fases de la Investigación**

A continuación se presentan las fases de la investigación, donde se describirán el procedimiento a seguir para cumplir con los objetivos específicos planteados en el capítulo I de la presente investigación.

#### **Fase I: Diagnostico del sistema de operaciones actual para la fabricación de detergente líquido en la empresa FG Servicios 2000 C.A.**

Se realizará un estudio con el fin de conocer los procedimientos que siguen en la fabricación de detergente líquido, para determinar si manejan documentación alguna de forma procedimentada. Así mismo se hará por medio de la técnica de recolección de datos una observación directa del momento que se realice el detergente líquido. En dicha observación se pretende determinar:

1. Descripción del proceso actual de fabricación de detergente líquido.
2. Posibles causas de incidencia en el problema.
3. Aplicación del instrumento.
4. Revisión de la documentación y de las normas que aplique, en este caso la **Norma Covenin 371:1995** “Detergentes sintéticos. Determinación de la Biodegradabilidad de los Tensioactivos Aniónicos” y Norma Venezolana Covenin 3402:1998 “**Materiales Peligrosos. Directrices para la atención de incidentes y emergencias**”. Caracas, Venezuela.

#### **Fase II: Análisis las variables Físico-químico que inciden en el calentamiento del tanque reactor en la empresa FG Servicios 2000 C.A**

Una vez concluida la Fase I, se realizará el análisis a las posibles causas determinadas en el diagnóstico, mediante la aplicación de las herramientas de ingeniería, como métodos, manejos de materiales y Termodinámica a fin de determinar las causas que están ocasionando la problemática. Y en función de ellos establecer cuál es la mejor propuesta para mitigar las consecuencias.

#### **Fase III: Elaboración del Sistema de Intercambio Térmico que satisfaga las necesidades de producción de detergente líquido para la empresa FG Servicios 2000 C.A.**

Seguidamente, en esta Fase III se dará a conocer cuál es la propuesta en función de toda la información recolectada en las fases anteriores. Por lo que es indispensable elaborar el sistema de intercambio térmico que se necesita y se adecue a las necesidades, buscando además que sea rentable y le traiga beneficios económicos a la empresa.

**Fase IV: Evaluación de la relación costo-beneficio de la aplicación de la propuesta**

Finalmente, concluida la fase III de la investigación se definirá la relación costo-beneficio, determinando los flujos monetarios que incurren en la aplicación de la propuesta, mostrando los beneficios y valor agregado a la empresa.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En el presente Capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de las fases metodológicas antes mencionadas, mediante la utilización de las técnicas y herramientas de análisis y recolección de datos que permitieron obtener la información necesaria para el desarrollo de la propuesta basada en un sistema de intercambio térmico para el tanque reactor donde se produce detergente líquido marca Super Prilim de la empresa FG Servicios 2000 C.A. cubriendo las necesidades presentes en la misma.

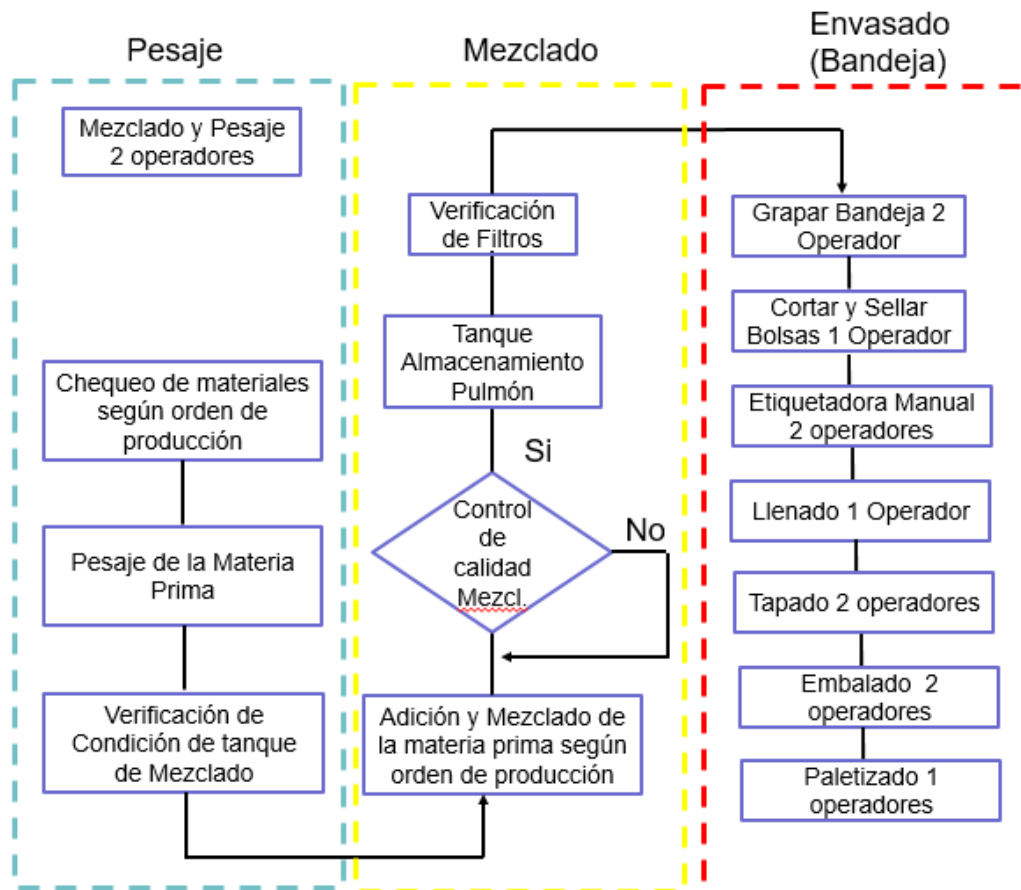
Por consiguiente, cada fase desarrollada, tuvo como propósito cumplir con los objetivos específicos ya establecidos en el capítulo I de la presente investigación. Por lo tanto, las técnicas que se utilizaron fueron la observación directa a través de la ficha de observación, junto con las herramientas de análisis de datos.

#### **4.1 Fase I: Diagnóstico del sistema de operaciones actual para la fabricación de detergente líquido en la empresa FG Servicios 2000 C.A.**

En esta fase I, se tuvo como objetivo realizar el diagnóstico de la situación actual, mediante la revisión documental de la empresa FG Servicios 2000 C.A junto a la observación directa de los autores en el área de elaboración de detergente líquido de uso doméstico marca Super Prilim, donde se evidencio la problemática actual, basado en el largo tiempo de reposo de la mezcla después de ser mezclado los componentes que lo integran en el tanque reactor, el cual se muestra a continuación:

##### **4.1.1 Descripción del proceso actual de fabricación de Detergente Líquido de uso doméstico de la empresa FG Servicios 2000 C.A**

Para la descripción del proceso actual de fabricación de detergente líquido marca Super Prilim de la empresa FG Servicios 2000 C.A fue necesario la revisión documental, junto con un recorrido a la planta observando el proceso de elaboración mostrando a continuación el diagrama de procesos (Ver Figura 2).



**Figura 2.** Diagrama de Procesos  
 Elaborado por: González, F.; Jaramillo, J. (2019)  
 Fuente: FG Servicios 2000 C.A

· **Área de Pesaje**

Como inicio del proceso de elaboración de detergente líquido, dos operadores comienzan con el pesaje de los materiales requeridos, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

**1) Materiales Directos (MD):**

**Tabla 1.** Lista de Materiales Directos (MD)

DETERGENTE LÍQUIDO	8.000,00	CANTIDAD	UNIDAD
ACIDO SULFONICO LINEAL AL 97%	0,14444444	1.156	KG
SODA CAUSTICA	0,03312556	265	KG
GENAPOL	0,00888888	71	KG
GOMAXANTA	0,05	400	KG

AGUA	0,81877778	6.550	LTS
SAL	0,0066	79	KG
COLORANTE AZUL	0,0000275	0,2200	GRAMOS
COLORANTE AMARILLO	0,000055	0,44	GRAMOS
FORMOL	0,001	8	GRAMOS
FRAGANCIA LIMON	0,00025	2	LTS
ETIQUETAS	1	8.000	UNIDADES
TAPAS	1	8.000	UNIDADES
ENVASES	1	8.000	UNIDADES

**Elaborado por:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

## 2) Materiales Indirectos (MID):

**Tabla 2.** Lista de Materiales Indirectos (MID)

DETERGENTE LÍQUIDO	8.000,00	CANTIDAD	UNIDADES
CAJAS	0,08	667	CAJAS
BOLSAS ARMADAS	0,00511111	667	UNIDADES
GRAPAS GRANDES	0,56	4.480	UNIDADES
GRAPAS PEQUEÑAS	0,56	4.480	UNIDADES

**Elaborado por:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

Una vez que la materia prima esta pesada, se verifica la orden de producción para hacer la comparación de los materiales necesarios, estén listos para la preparación de la mezcla. De estar conforme el peso de los materiales con la cantidad indicada, se procede a verificar la condición del tanque de mezclado (Tanque Reactor de Agitado Continuo) (Ver figura 3). Luego de que el tanque se encuentre limpio sin agentes contaminantes para el producto como residuos u otros, se agregan los materiales según sea el orden de adición de la siguiente manera:

- 1- Primeramente, se agrega el agua hasta la primera propela con una fórmula de 45,000 % equivalente en Kilogramos igual a 2.974,00 Kg.
- 2- Seguidamente, se agrega la soda caustica líquida con formula de 3,125 % lo que corresponde a 265 Kg.

- 3- Se agrega el ácido sulfónico con formula de 13,500%, lo que sería 1.156 Kg. Se agita la mezcla durante 5 minutos.
- 4- Se agrega agua nuevamente con formula 30,000%, equivalente a 1.965,00 Kg. Se mide el pH A 7 para verificar su condición, a través de una cinta. Se deja agitar por 5 minutos aproximadamente.
- 5- Se espera tres (3) días, para que llegue a temperatura ambiente para que continúe con el proceso.
- 6- Se agrega el colorante en solución color verde diluido, con formula 0,05000% equivalente a 2,00 Kg.
- 7- Se agrega la fragancia Limón con formula 0,00025 equivalente a 2,00 Kg.
- 8- Posteriormente, se incorpora el Formol con formula 0,100 lo que representa 4,00 Kg agitándolo por 3 minutos.
- 9- Se agrega el genapol diluido al producto, mezclando cuando el agua este a temperatura ambiente, agitando por 5 minutos.
- 10- Se agrega la aguaxanta diluida a la mezcla, agitando por 5 minutos.
- 11- Se le agrega 52 Kg de sal para obtener la viscosidad deseada.
- 12- Por último, se incorpora el resto del agua con formula 7,45000% equivalente a 1.611,00 Kg. Agitando por 5 minutos y tomar muestra para medir parámetros de calidad. De ser aprobado, abrir llave y pasar al tanque de almacenamiento.

Dentro de las especificaciones técnicas de la mezcla requerida luego de la elaboración del producto a través de la agitación continua se tiene las siguientes condiciones en el producto posterior al análisis:

**Tabla 3.** Especificaciones Técnicas del Producto Elaborado

Especificaciones Técnicas	Parámetros de Calidad
<b>Color</b>	Limón
<b>Olor</b>	Limón
<b>Punto de Turbidez (°C)</b>	Menor a 18 °C

<b>Ingrediente Activo</b>	12 a 12,5 %
<b>Viscosidad a 25 °C llenado</b>	1000 cp.
<b>pH Sol. 1%</b>	6.5-7.5

**Elaborado por:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A



**Figura 3.** Tanque Reactor para Detergente Líquido

**Autor(es):** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

#### · **Área de Mezclado**

Luego de que la mezcla esté terminada, control de calidad procede a realizar las pruebas necesarias para dar conformidad a la viscosidad, olor, color, ingredientes activos y punto de turbidez. De estar conforme, la solución pasa al tanque de almacenamiento para ser envasado por la maquina llenadora, si la mezcla no está

conforme, se regresa al paso anterior, donde se revisa la formula y si es necesario se le adiciona los componentes faltantes para balancearla como color, fragancia, espesante (sal). Posteriormente, pasa al tanque de almacenamiento, se verifican los filtros.

- **Área de Envasado**

Cuando el producto está listo para envasar, dos (2) operadores son los encargados manualmente de agarrar el material de empaque de la paleta, grapando la lámina de cartón para formar la caja donde serán depositados los litros de detergente líquido. Luego, un operador corta y sella las bolsas pasando a la etiquetadora manual por dos (2) operadores. Terminada esta fase, las botellas vacías pasan por los picos de llenado de forma semiautomática, lo que quiere decir, que un operador es el encargado de accionar el botón de mando para que se realice la operación. Una vez llenas las botellas, estas pasan al área de tapado. Listas las botellas, se procede al embalado de las botellas con la ayuda de dos (2) operadores, se coloca la caja de cartón previamente engrapada, se depositan los doces (12) litros de detergente líquido embotellados, para pasar a la termoencogible, donde al aplicar calor el plástico se contrae y forma el paquete terminado. Esta operación se repite hasta concluir con la orden de producción. Por último, se paletiza y se almacena el producto terminado (Ver figura 4).



**Figura 4.** Área de Almacén PT  
**Autor(es):** González, F.; Jaramillo, J. (2019)  
**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

#### 4.1.2 Resumen de la Observación Directa realizada al proceso productivo en la Empresa FG Servicios 2000 C.A, en la elaboración de detergente líquido marca Super Prilim

Durante el desarrollo de la fase I de la investigación, se efectuó una observación directa al proceso de fabricación de detergente líquido marca Super Prilim en la empresa FG Servicios 2000 C.A, en donde se tiene las fallas observadas que generan la problemática estudiada. Se resumen en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 1), a través del instrumento denominado Lista de Cotejo.

**Cuadro 1.** Lista de Cotejo

LISTA DE COTEJO				
Numero	Factores	Cumplimiento		Observaciones
		Sí	No	
1	¿Los operadores tienen experiencia en la manipulación del tanque reactor?	X		

2	¿Se realizan limpiezas previas antes de su arranque?		X	La limpieza al tanque reactor no está definida por frecuencia, ya que se lleva a cabo cada cierto tiempo dependiendo de las condiciones y disponibilidad del operador
3	¿Ocurren paradas no planificadas frecuentes en el tanque reactor durante el proceso?		X	La mezcla dura en reposo un tiempo aproximado de 3 días continuos para el enfriamiento de la mezcla
4	¿Existen variaciones en las variables que intervienen en el procedimiento?		X	Las mezcla tarda en enfriarse
5	¿La empresa posee un lugar de almacenamiento del producto ya fabricado?		X	No cuenta con un tanque de almacenamiento después de la fabricación
6	¿La empresa posee instructivos y procedimientos en el área de fabricación?	X		
	Total:	33,33	66,66	

#### 4.1.3 Resultados de la Entrevista No Estructurada efectuada a los operarios

Partiendo de las fallas encontradas en la observación directa, se procedió a presentar los resultados de la entrevista no estructurada, aplicada a tres (3) personas que están involucradas en la fabricación de detergente líquido. Para ello, se tomó como población al personal directo con las operaciones, representado por un (1) supervisor de la producción, un (1) supervisor de calidad y dos (2) operarios. (Ver Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Resultados de la Entrevista No Estructurada

PERSONAL (CARGO)	INFORMACIÓN CLAVE
<b>SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN</b>	El tiempo prolongado de reposo de la mezcla una vez terminada la etapa del proceso de fabricación de detergente líquido, es de tres (3) días aproximadamente, lo que retiene al producto para

	envasar, y con él, la disponibilidad del tanque para elaborar otro tipo de producto, por lo que la producción se ve comprometida y los plazos de despacho son tardíos.
<b>SUPERVISOR DE CALIDAD</b>	Para que el producto este aprobado y certificado para envasar, debe cumplir con las normativas de calidad, así como los análisis durante y después de la fabricación. Por lo que es necesario que la mezcla se enfrié correctamente.
<b>OPERARIOS</b>	Se tiene procedimientos e instrucciones claras a seguir durante todo el proceso, sin embargo, en el área donde están ubicados los tanques, no cuentan con uno de almacenamiento luego de la elaboración de detergente líquido que permita el reposo sin que afecte la disponibilidad del tanque.

**Elaborado por:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

#### **4.2 Fase II: Análisis de las variables Físico-químico que inciden en el calentamiento del tanque reactor en la empresa FG Servicios 2000 C.A**

Se analizaran los resultados del diagnóstico, recopilando toda la información disponible a través de la aplicación de la observación directa, la entrevista no estructurada y la revisión documental para poder identificar las fallas del proceso de fabricación de detergente líquido marca Super Prilim, así como también sus posibles causas y poder determinar las debilidades que inciden en la problemática planteada. De igual forma, unas de las principales herramientas empleadas para la creación de la propuesta es el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 ¿Por qué?

Como resultado de la fase I, se tiene que las debilidades encontradas en el diagnóstico luego de la aplicación de la lista de cotejo con un 66,66 % del total de los ítems son los siguientes:

- El tanque reactor no tiene un plan de limpieza definido, antes ni después del arranque de la operación.
- El tanque sufre una parada con un tiempo de 3 días aproximadamente para que la mezcla se enfríe completamente.
- La mezcla cambia a la temperatura deseada en un tiempo prolongado.
- No se cuenta con un tanque de almacenamiento como repositorio una vez se elabore la mezcla.

Dicho esto, se procedió a constatar con mayor detalle las causas o debilidades encontradas en el proceso, para ello se aplicaron las herramientas de ingeniería para la resolución de problemas.

#### **4.2.1 Clasificación de las causas encontradas en el proceso de fabricación de detergente Líquido en la empresa FG Servicios 2000 C.A, mediante el diagrama Causa-Efecto**

La elaboración de dicho diagrama Causa-Efecto, se obtuvo a través de la aplicación de la observación directa y la entrevista no estructurada junto a la revisión documental de la empresa donde se logró establecer diferentes teorías acerca de las causas probables que afectan la producción de detergente líquido por el tiempo prolongado en el cual la mezcla deba enfriarse. Para ello, como se estableció en la fase II, las variables físico-químico que afectan directamente en el calentamiento de la mezcla se clasificaran en tres (3):

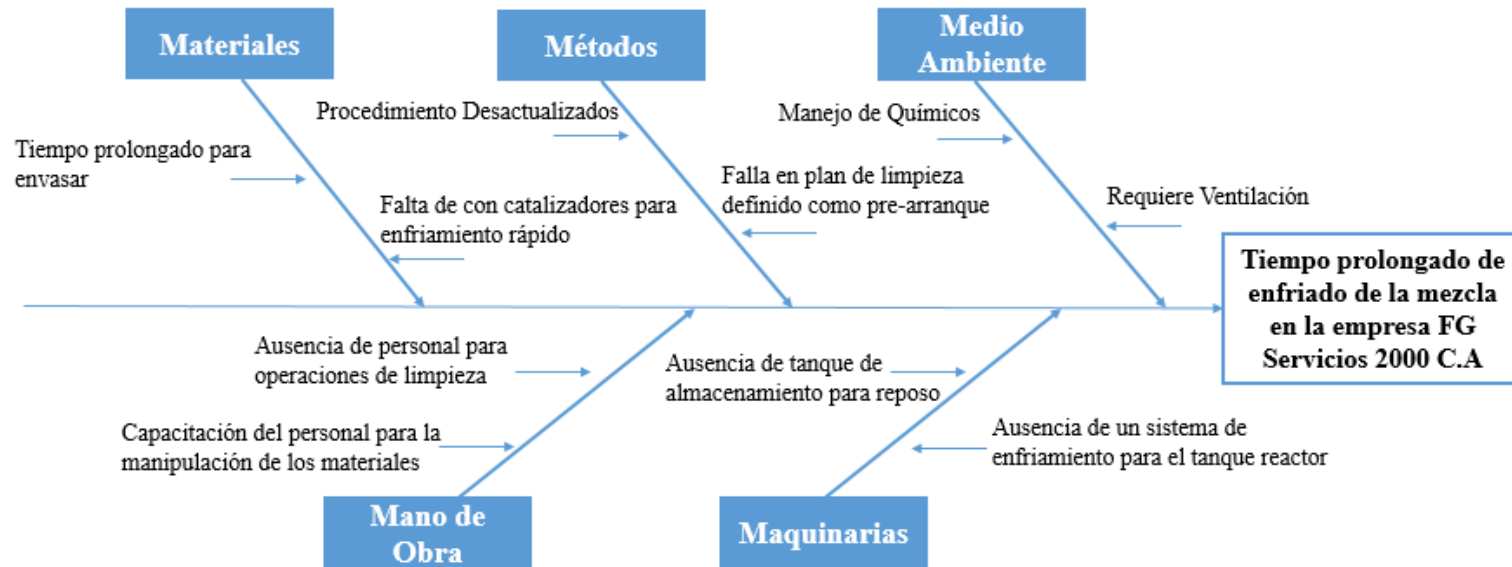
- **Materiales:** Esta variable está constituida por los materiales directos que se utilizan para la elaboración del producto.
- **Proceso:** En esta variable interviene los procedimientos.
- **Maquinarias:** Se define por el tanque reactor.

Una vez establecida las variables que se quieren clasificar de acuerdo a las debilidades y posibles causas, se aplicó el Diagrama Causa-Efecto a través de las cinco (5) M: Métodos, Materia Prima, Maquinaria, Mano de Obra y Medio Ambiente. (Ver figura 5), de la siguiente manera:

- **MÉTODOS:** Para esta M, es importante mencionar que los métodos de trabajos se encuentran desactualizados, ya que son antiguos, así como también existen fallas en los planes de limpieza, en cuanto al pre-arranque de la operación.
- **MATERIALES:** Se puede mencionar que para los materiales, la mezcla contenida en el tanque reactor una vez se realiza la agitación continua durante el tiempo determinado en el procedimientos y tomando en cuenta los procedimientos de calidad, tardan tres (3) días aproximadamente para llegar a la temperatura deseada para continuar con el proceso de envasado.
- **MANO DE OBRA:** Una de las posibles causas seria la falta de personal para realizar las operaciones de limpieza. Del mismo modo, la capacitación que se le proporciona al personal para el manejo de los materiales y químicos de forma segura, así como las cantidades que debe ser incorporada a la mezcla no se han realizado durante un tiempo.
- **MAQUINARIA:** Dentro de las maquinarias se tiene que actualmente la empresa FG Servicios 2000 C.A no cuenta con un tanque de almacenamiento de reposo lo que permitiría liberar el tanque reactor y poder continuar con la producción, junto a que el mismo no cuenta con un sistema de enfriamiento.
- **MEDIO AMBIENTE:** La falta de ventilación genera fatiga en los operadores involucrados en el proceso, debido a las altas temperaturas que se ocasionan durante el proceso, ya que están expuestos a químicos altamente peligrosos, los cuales deben tener un espacio apropiado y cumplir con las normativas de seguridad e higiene en el área de producción.

Una vez determinadas las “M” con las que se trabajara el Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto y la clasificación de las posibles causas determinadas en la observación

directa, la revisión del proceso y la información obtenida por parte del personal a través de la entrevista no estructurada, se procedió a elaborar el diagrama con las cinco (5) M antes mencionadas.



**Figura 5.** Diagrama Causa-Efecto  
**Autor(es):** González, F.; Jaramillo, J. (2019)  
**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

Luego de haber elaborado el Diagrama Causa-Efecto o Ishikawa, se pudo observar las posibles causas que ocasionan la diferencia entre la producción real vs la producción planificada en el producto detergente líquido, como por ejemplo: El tanque presenta fallas en el plan de limpieza, ausencia de un sistema de enfriamiento para la disminución de la temperatura de la mezcla una vez concluido el proceso de fabricación, Ausencia de un tanque de almacenamiento de reposo, la mezcla tarda tres (3) días aproximadamente en enfriarse, entre otros.

#### 4.2.2 Análisis de las debilidades encontradas a través de la aplicación de la Técnica 5 ¿Por Qué?

Los cinco Por Qué es una herramienta de ayuda al personal experimentado en su uso, para encontrar la verdadera causa raíz de los problemas. Dicho esto, una vez concluida la fase I y obtener las posibles causas a través del Diagrama Causa-Efecto, se procedió a aplicar la técnica de los 5 ¿por qué?, así como el análisis a través de esta herramienta, evaluando todas las posibles causas permitiendo obtener las de mayor incidencia que generan la problemática en la empresa FG Servicios 2000, C.A

**Cuadro 3.** Aplicación de la Técnica 5 ¿Por Qué?

Causa	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	Causa-Raíz
<b>Falla en plan de limpieza definido como pre-arranque</b>	No es un actividad prioritaria	No afectan las propiedades de los materiales				No afectan las propiedades de los materiales
<b>Procedimientos desactualizados</b>	No hay personal que realice la evaluación de los procedimientos					
<b>Falta de catalizadores que permitan un enfriamiento rápido</b>	La fórmula actual con la que se trabaja no ha sido evaluada	No cuenta con personal calificado para realizar el análisis				No cuenta con personal calificado para realizar el análisis

González, F.; Jaramillo, J. (2019)

Aplicación de la Técnica 5 ¿Por Qué?

Causa	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	Causa-Raíz
<b>La mezcla tarda 3 días en llegar a la temperatura deseada para envasar</b>	Debe reposar un tiempo para envasar el producto	Por las altas temperaturas	Por el proceso de agitado continuo			Por el proceso de agitado continuo
<b>Ausencia de un tanque de almacenamiento de reposo</b>	No se había analizado la posibilidad					No se había analizado la posibilidad
<b>Ausencia de un sistema de enfriamiento para el tanque reactor</b>	Es un tanque viejo					Es un tanque viejo
Aplicación de la Técnica 5 ¿Por Qué?						
<b>realizar las operaciones de limpieza</b>	y la disponibilidad es fuera de la jornada laboral	muy larga para realizar en una jornada	residuos de mezclas viejas			Presenta muchos residuos de mezclas viejas
<b>Capacitación del personal para la manipulación de los materiales</b>	Lo hacen como una actividad de rutina	No hay refrescamiento de procedimientos				No hay refrescamiento de procedimientos
Causa	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	¿Por Qué?	Causa-Raíz
<b>Requiere Ventilación</b>	Por las altas temperaturas	Por el resultado de la mezcla de ácido sulfónico con la soda caustica				Por el resultado de la mezcla de ácido sulfónico con la soda caustica
<b>Manejo de Químicos</b>	Se deben manejar correctamente	Son peligrosos y altamente inflamables				Son peligrosos y altamente inflamables

Elaborado por: González, F.; Jaramillo, J. (2019)

Fuente: FG Servicios 2000 C.A

### 4.2.3 Análisis de las causas encontradas en el proceso de fabricación de detergente líquido marca Super Prilim de la empresa FG Servicios 2000 C.A, utilizando la Técnica de Grupo Nominal

Dadas las causas, determinadas anteriormente a través de la técnica de los 5 Por Qué, se procedió al análisis de las causas con la aplicación de la Técnica de Grupo Nominal, donde como proceso para la toma de decisiones los participantes fueron claves para llegar a la causa raíz. Para ello se tomaron a todo el personal involucrado dentro de la empresa FG Servicios 2000 C.A asegurando una participación equitativa en la toma de decisión del grupo. Después de que cada integrante anota sus ideas y la presenta, el grupo entero analiza todas las ideas y luego votan por la mejor y llegar así a una conclusión e ir descartando las debilidades.

#### 4.2.3.1 Resumen Técnica del Grupo Nominal

**Tabla 4.** Aplicación de la Técnica de Grupo Nominal

CAUSAS RAIZ	Félix	Yamilet	Liliana	Juan	Nelson	Frecuencia
Falla en plan de limpieza definido como pre-arranque	1	4	2		4	11
Procedimientos desactualizados	2	5	6	1		14
Falta de catalizadores que permitan un enfriamiento rápido	4	1	3	3	7	18
La mezcla tarda 3 días en llegar a la temperatura deseada para envasar	3	2	5	4	6	20
Ausencia de un tanque de almacenamiento o de reposo	8	9	8	8	8	41

<b>Ausencia de un sistema de enfriamiento para el tanque reactor</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>44</b>
<b>Falta de personal para realizar las operaciones de limpieza</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>2</b>	<b>19</b>
<b>Capacitación del personal para la manipulación de los materiales</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
<b>Requiere Ventilación</b>	<b>7</b>		<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>26</b>
<b>Manejo de Químicos</b>		<b>7</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>17</b>
<b>Total</b>						<b>226</b>

**Elaborado por:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)  
**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

· **Elección de la Puntuación**

A la tabla anterior (Ver tabla 4) se le dio una puntuación a elegir del 1 al 9 donde cada participante tendría que tomar las elecciones de su preferencia sin repetir algún numero para así dejar una (1) de las diez (10) causas raíces libres de puntuación y generar un resultado final.

**Tabla 5.** Causas raíces de la empresa FG Servicios 2000 C.A

<b>CAUSAS RAIZ</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>Fr. Acumulada</b>
<b>Ausencia de un sistema de enfriamiento para el tanque reactor</b>	<b>44</b>	19,47%	19,47%

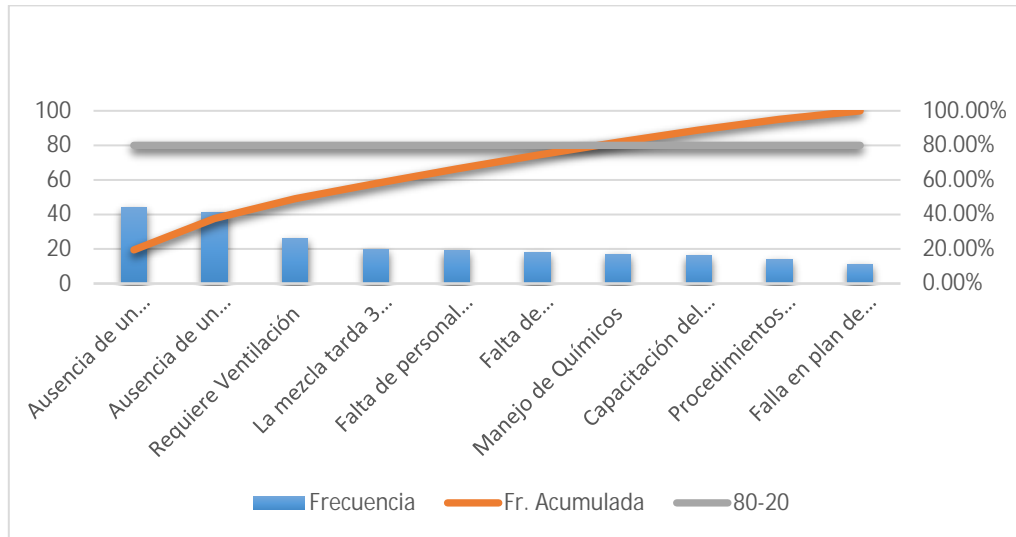
<b>Ausencia de un tanque de almacenamiento de reposo de reposo</b>	<b>41</b>	18,14 %	37,61%
<b>Requiere Ventilación</b>	<b>26</b>	11,50 %	49,11%
<b>La mezcla tarda 3 días en llegar a la temperatura deseada para envasar</b>	<b>20</b>	8,85%	57,96%
<b>Falta de personal para realizar las operaciones de limpieza</b>	<b>19</b>	8,40%	66,36%
<b>Falta de catalizadores que permitan un enfriamiento rápido</b>	<b>18</b>	7,96%	74,32%
<b>Manejo de Químicos</b>	<b>17</b>	7,52%	81,84%
<b>Capacitación del personal para la manipulación de los materiales</b>	<b>16</b>	7,07%	88,91%
<b>Procedimientos desactualizados</b>	<b>14</b>	6,19%	95,10%
<b>Falla en plan de limpieza definido como pre-arranque</b>	<b>11</b>	4,87%	99,97%
<b>Total</b>			

Elaborado por: González, F.; Jaramillo, J. (2019)

Fuente: FG Servicios 2000 C.A

Una vez aplicada la Técnica de Grupo Nominal, se presenta el grafico de Pareto con el resultado de las causas raíz que inciden en el atraso del cumplimiento de la producción planificada en la empresa FG Servicios 2000 C.A del proceso de fabricación de detergente líquido marca Super Prilim (Ver Gráfico 2).

**Grafico 2.** Diagrama de Pareto



**Elaborado por:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

**Fuente:** FG Servicios 2000 C.A

A través del diagrama de Pareto se puede manifestar los problemas que tienen más notabilidad mediante la aplicación del principio de Pareto, que dice que hay muchos problemas sin importancia frente algunos graves. Por lo general, el 80 % de los resultados totales se originan en el 20 % de los elementos. Asimismo, en el gráfico mostrado anteriormente se hallaron las causas raíz que están relacionadas con la problemática en estudio, las cuales son las siguientes:

1. Ausencia de un diseño de enfriamiento para el tanque reactor
2. Ausencia de un dispositivo indicador de temperatura en el tanque
3. Requiere Ventilación
4. La mezcla tarda 3 días en llegar a la temperatura deseada para llegar a la viscosidad necesaria
5. Falta de personal para realizar las operaciones de limpieza
6. Falta de catalizadores que permitan un enfriamiento rápido

Dicho esto, para luego solucionar las causas restantes que corresponden al 20 %, se plantearán soluciones factibles a la problemática, buscando solventar las que ocasionan el no cumplimiento en los planes de producción de detergente líquido, disminuyendo el tiempo de enfriamiento entre otras.

### **4.3 Fase III: Elaboración del Sistema de Intercambio Térmico que satisfaga las necesidades de producción de detergente líquido para la empresa FG Servicios 2000 C.A.**

Para la elaboración de las propuestas, una vez identificadas y analizadas las fallas que afectan la producción de detergente líquido marca Super Prilim en la empresa FG Servicios 2000 C.A que se mostraron anteriormente, se proponen las siguientes mejoras que cubran las necesidades principales.

#### **4.3.1 Propuesta Nro. 1: Aplicación del Sistema Andon como Control Visual para el Tanque Reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A**

Como parte de las propuestas que se plantean, en función de las causas de fallas encontradas en la fase II, se plantea la aplicación de un sistema Andon como parte del control visual en el tanque reactor que permita mostrar el estado de temperatura en el que se encuentra la mezcla una vez se integren los materiales como Soda Caustica y Acido Sulfónico, quienes poseen altas concentraciones provocando una reacción endotérmica que imposibilita la continuidad del proceso, por lo que debe esperar.

Aunque la aplicación de este sistema Andon al tanque reactor no solucione directamente la causa con más frecuencia, el mismo permitirá mostrar la cantidad de temperatura de la mezcla. Si se observa el tanque reactor actual, se puede apreciar que carece de algún dispositivo de este tipo señalice la condición actual (Ver Figura 3)



**Figura 3.** Tanque Reactor para Detergente Líquido

**Autor(es):** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

Aplicar un dispositivo indicador en el tanque mostrado anteriormente, puede mejorar la seguridad, la planificación de trabajo y el proceso de fabricación de detergente líquido. Para ello, el tipo de sistema Andon que se propone, es un tablero de información que muestre la información en tiempo real de la temperatura a través de un sensor que reciba las señales, sea llevado a un dispositivo DAQ (Adquisición de Datos) y pueda medir la cantidad de temperatura mediante una PC como se muestra en la figura (Ver figura 6)

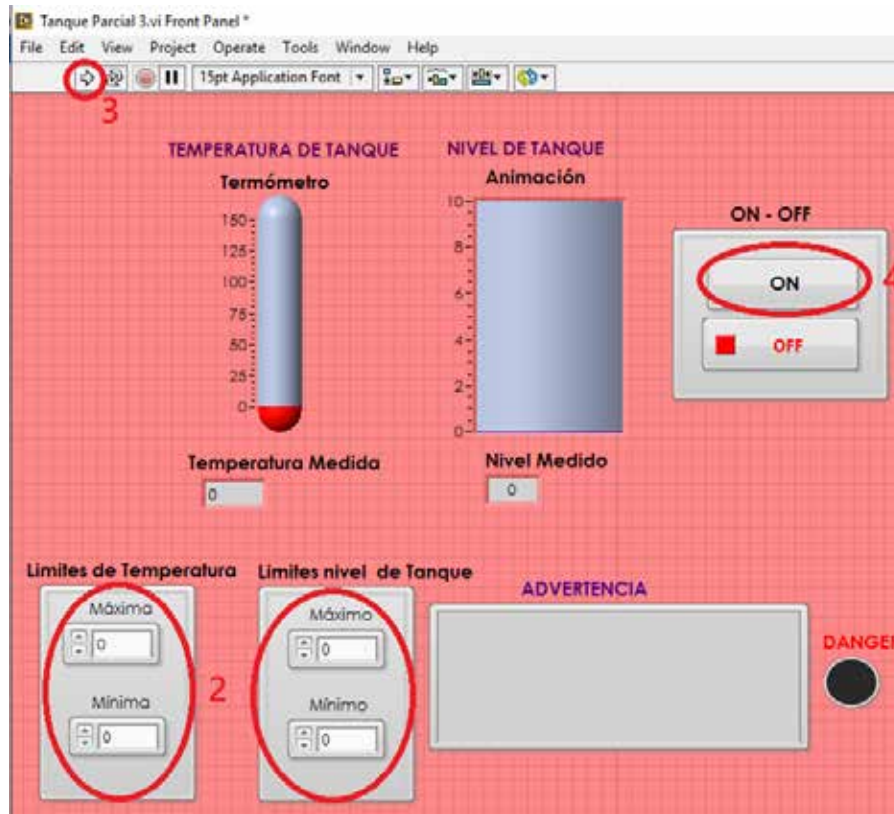


**Figura 6.** Controlador de Nivel del Tanque y Temperatura

**Autor:** National Instruments [En Línea]. Disponible en: [https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/#targetText=La%20adquisici%C3%B3n%20de%20datos%20\(DAQ,una%20PC%20con%20software%20programable.](https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/#targetText=La%20adquisici%C3%B3n%20de%20datos%20(DAQ,una%20PC%20con%20software%20programable.)

Este controlador permitirá no solo medir la temperatura del tanque, sino además el nivel del tanque, lo que es un aspecto positivo y favorecedor para el supervisor de la producción, ya que le permitirá tener mayor información del tanque y la mezcla. Dicho controlador funciona como transductor convirtiendo un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede medir, conectado a un DAQ (Adquisición de datos), es decir un hardware de medidas DAQ y con un software programable para PC.

Una vez que se fabrique la mezcla, dicho sensor emitirá una señal de forma eléctrica al DAQ y este mediante el software instalado en la PC podrá dar una respuesta en pantalla de la temperatura y nivel del tanque de la siguiente manera (Ver Figura 7).



**Figura 7.** Pantalla de Respuesta

**Autor:** Tirado, R (2016) Controlador De Nivel de Tanque y Temperatura [En línea].  
 Disponible en: <https://chiotirado.wordpress.com/2016/07/05/controlador-de-nivel-de-tanque-y-temperatura-2/>

Además del sistema Andon a través de los tableros de información mediante un controlador, esta aplicación tiene como soporte el tipo de control visual con el uso de las lámparas de colores o torretas (Ver Figura 8), que irá ubicado en la parte exterior del tanque con el propósito de comunicar el estado actual de temperatura del tanque reactor. Empleando este tipo de sistema Andon, la información visual que se recibiría sería la siguiente:

- **Verde:** La mezcla de detergente líquido se encuentra en estado de reposo a una temperatura ambiente, ideal para continuar con el proceso de fabricación.
- **Amarillo:** La mezcla se encuentra en temperatura media.
- **Rojo:** La mezcla de detergente líquido se encuentra en altas temperaturas. Lo

que indica que la mezcla entrara en estado de reposo.

Dicho alarma se activará, cuando el proceso de agitado continuo haya concluido, y el controlador de información haya enviado la información, obteniendo la cantidad de nivel de la mezcla en el tanque así como la cantidad de temperatura inicial. El sensor conectado al tanque reactor también estará conectado a la lámpara de colores y una vez concluida esa etapa del proceso se accionara de tal manera que se muestre el color de acuerdo al estado del mismo. Para ello, se propone la siguiente lámpara de colores



**Figura 8.** Lámpara de Luces

**Fuente:** Salazar, B. (2016) [En Línea]. Disponible en:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/>

#### **4.3.2 Propuesta Nro. 2: Reformulación de la mezcla con la incorporación de un Catalizador que minimice el tiempo de enfriamiento de la mezcla**

Para continuar con la elaboración de propuestas que mitiguen las fallas en la fabricación de detergente líquido marca Super Prilim en la empresa FG Servicios 2000 C.A, esta propuesta se basa en la reformulación de la mezcla con la incorporación de un catalizador que disminuya el tiempo de enfriamiento de la mezcla, cubriendo con dos (2) de las causas que inciden en el calentamiento mostrado anteriormente en la fase II de la investigación.

Puesto que la formula actual, es una formula anticuada que se realizó, evaluó y aprobó en los inicios de la empresa FG Servicios 2000 C.A, la misma no ha sido

actualizada a través del tiempo. Del mismo modo, los avances que se llevan a cabo en la actualidad con los materiales químicos permitiría que la formula sea evaluada nuevamente, con la incorporación de un catalizador que permita disminuir a un 2,7% del tiempo de enfriamiento actual, por lo que ahora el proceso debe tener una parada programada de 2 horas y posterior ha el, continuar con del proceso de fabricación del producto.

Asimismo, se debe tener en consideración la saponificación, ya que durante la fabricación de detergente líquido ocurre un proceso químico donde un cuerpo graso se une a una base y agua. También, la evaluación de todos los materiales directos involucrados en cuanto a su concentración y la cantidad exacta que requiera en gramos, los mismos son:

1. Ácido Sulfónico
2. Soda Caustica
3. Genapol
4. Gomaxanta
5. Sal
6. Agua
7. Colorante Azul
8. Colorante Amarillo
9. Formol
10. Fragancia limón

### **4.3.3 Propuesta Nro. 3: Diseño de un Sistema de Intercambio Térmico para el Tanque Reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A**

Para cumplir con una de las causas principales que afectan la producción de detergente líquido, determinadas en el análisis a través de la aplicación de las herramientas de ingeniería, como lo fueron, la ausencia de un sistema de enfriamiento en el tanque reactor, y el tiempo prolongado en alcanzar la temperatura deseada de la mezcla para envasar, se diseñó un modelo de sistema de intercambio térmico que pueda permitirle a la mezcla llegar a la temperatura deseada en menos tiempo, ya que el

tiempo actual equivale a 72 horas, lo que representan 3 días continuos donde la mezcla está en reposo y el tanque permanece parado hasta la mezcla no este fría. Para ello se debe recurrir con personal *outsourcing* altamente capacitado, que realice las siguientes actividades:

- 1.- Evaluación del diseño propuesto por los autores. De ser necesario realizar los ajustes pertinentes para el ajuste en el tanque reactor original.
- 2.- Evaluación del intercambio térmico para la comprobación del buen funcionamiento de los enfriadores.
- 3.- Evaluación de la eficiencia térmica para conocer la efectividad total del intercambiador.
- 4.- Calculo del coeficiente de transferencia de calor para conocer el comportamiento del coeficiente global.
- 5.- Modelación matemática del diseño.
- 6.- Distribución axial de temperatura sobre el fluido que circula por la coraza.
- 7.- Prueba del nuevo sistema de intercambio término.

Luego de que se realicen las pruebas y cálculos pertinentes, así como la aprobación del personal directivo junto al gerente de producción y supervisor del área, se podrá realizar el ensamble de las piezas fabricadas para posteriormente ser acopladas en el tanque reactor y hacer las pruebas pilotos. Para este diseño se propone el siguiente (Ver figura 9)

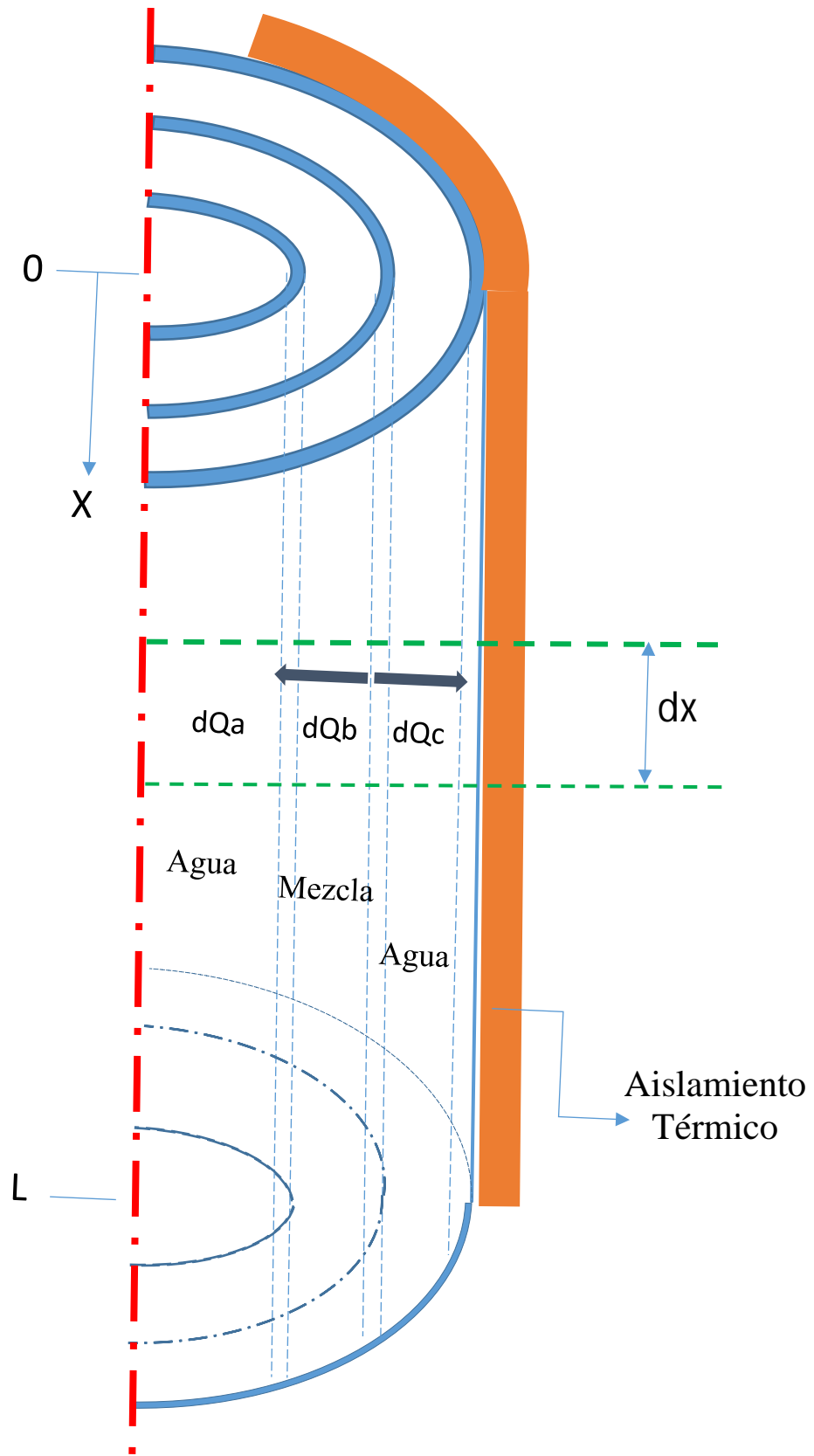
### **Beneficios de la Aplicación de un Sistema de Intercambio Térmico**

Dentro de los beneficios que se obtendrían con la aplicación del Sistema de Intercambio Térmico planteado, se tiene lo siguiente:

1. Reducir el tiempo de reposo de la mezcla a un 2,72 % del tiempo actual, ya que se aplica el catalizador y el tiempo actual de reposo de la mezcla es de setenta y dos (72) horas aproximadamente. Por lo que la mezcla se podrá reducir a dos (2) horas.
2. Elevar la producción de detergente líquido, lo que genera mayor cubrimiento de la demanda del mercado, cumplimiento de los planes de

producción planificados versus los reales. O fuese el caso, de que se desee fabricar otro tipo de producto, ya sea, suavizante o Jabón Líquido que también requieren de la disponibilidad del tanque, se pueda llevar a cabo al obtener la temperatura ideal (Temperatura ambiente), continua su proceso de envasado, y de forma simultanea elaborar otro producto.

3. Mantener la calidad del producto en excelentes condiciones físicas y químicas, ya que por la alta concentración de la mezcla, principalmente de soda caustica y ácido sulfónico, esta debe reposar un tiempo determinado para que llegue a la temperatura de envasado y no pierda las propiedades ni altere las características homogéneas de la mezcla.
4. Incrementar el rendimiento térmico del tanque del diseño actual.
5. Garantizar las propiedades y temperatura adecuada de la mezcla.



**Figura 9.** Diseño Modelo del Sistema de Intercambio Térmico

**Autor(es):** González, F., Jaramillo, J. (2019)

#### 4.4 Fase IV: Evaluación de la relación costo-beneficio de la aplicación de la propuesta

Para esta fase, se determinó el costo económico de la solución propuesta, con el fin de obtener elementos de juicios necesarios para la toma de decisiones de ejecutar o no las propuestas planteadas por los investigadores, así como los beneficios tangibles e intangibles, que se obtendrán de llegar a implementar las propuestas. En este mismo orden de ideas, el principio de factibilidad se relaciona con la posibilidad de realizarlas, y la misma debe cubrir los siguientes aspectos, con el fin de establecer la viabilidad del mismo y con ello verificar si es factible o rentable para la empresa FG Servicios 2000 C.A.

##### 4.4.1 Costos Asociados a las propuestas planteadas

A continuación se presentan los costos asociados a las propuestas planteadas anteriormente, donde se muestran el valor inicial para implementar, de la siguiente manera:

- **Propuesta Nro. 1: Aplicación del Sistema Andon**

**Tabla 6.** Costos de Inversión

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Dispositivo DAQ</b>	Pieza	1 pieza de 8 entradas	159,00 \$	159,00 \$
<b>Sensor</b>	Pieza	1	139,99 \$	139,99 \$
<b>PC</b>	4 piezas	1 de cada pieza	259,00 \$	259,00 \$
<b>Lámpara de Colores</b>	Pieza	1	150,00 \$	150,00 \$
<b>Software Requerido</b>	Modulo	1	2.000,00 \$	2.000,00 \$
<b>Servicios de Instalación</b>	Persona	2	1.500,00 \$	1.500,00 \$
<b>Total</b>	Piezas	6 piezas	4.207,99 \$	4.207,99 \$

Fuente: Gonzales, F.; Jaramillo, J. (2019)

· **Propuesta Nro. 2: Reformulación de la Mezcla**

**Tabla 7.** Costos de Inversión Análisis de la Reformulación

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo	Costo Total
			Unitario (\$)	(\$)
<b>Contratación de Ing. Químico</b>	Persona	1	250,00 \$	250,00 \$
<b>Honorarios Profesionales</b>	Persona	1	500,00\$	500,00\$
<b>Total</b>	Persona	2	750,00 \$	750,00 \$

Fuente: González, F.; Jaramillo, J. (2019)

· **Propuesta Nro. 3: Aplicación de Sistema Térmico. (Evaluación del Diseño)**

**Tabla 8.** Costos de Inversión Evaluación del Sistema Térmico

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo	Costo Total (\$)
			Unitario (\$)	
<b>Contratación de Personal Capacitado</b>	Persona	2	200,00 \$	400,00 \$
<b>Honorarios Profesionales</b>	Persona	1	10,00\$ x hora	400,00 \$ 1 semana/8horas.Lab.
<b>Total</b>	Persona	3	210,00 \$	800,00\$

Fuente: González, F.; Jaramillo, J. (2019)

Para esta propuesta, es necesario la contratación de dos (2) personas capacitadas para realizar el análisis y evaluación del diseño propuesto. Los costos asociados constan de su contratación de servicio, lo que equivale a una semana de ellos para ambas profesionales, mientras que los honorarios profesionales vienen dados por hora en una semana en ocho (8) horas laborales con un total de costos de 1.600,00 \$. Es

importante resaltar que el valor de los horarios profesionales fue calculado en función del tabulador de sueldos y salarios mínimos para profesionales según el Colegio de Ingenieros de Venezuela del año en curso, efectivo a partir del 1ero de agosto de 2019.

· **Costo Total de la Propuesta**

**Tabla 9.** Costos Totales

<b>Materiales</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Propuesta nro. 1: Sistema Andon para Control Visual</b>	4.207,99 \$
<b>Propuesta nro. 2: Reformulación de la Mezcla</b>	750,00 \$
<b>Propuesta nro. 3: Sistema de Intercambio Térmico</b>	800,00 \$
<b>Total</b>	5.757,99 \$

**Fuente:** González, F.; Jaramillo, J. (2019)

Como aspecto importante para resaltar, los costos fueron expresados en Dólares Americanos, ya que los investigadores consideraron que era más fácil de trabajar debido a los constantes cambio de precios en la moneda nacional, lo que no permite establecer un valor total fijo. Al momento que se realizó la evaluación de los costos, la tasa del día al cambio era de 21.000 Bs por Dólar Americano, por lo que sería el equivalente del costo total la implementación de las propuestas igual a 120.917.790 Bs.

**4.4.2 Relación Costo-Beneficio**

Establecidos los costos totales que incurren en la implementación de las propuestas, adicionalmente para evaluar la rentabilidad de la misma se consideran los datos obtenidos según información suministrada por el Departamento de Producción en el periodo de estudio (Enero 2019-Junio 2019), por lo que está dejando de producir 102.900 cajas durante los primeros meses del año, lo que representa 970.200 unidades de detergente líquido marca Super Prilim de la empresa FG Servicios 2000 C.A, por lo que deja de vender un total de 1.543.500\$. Con dichos datos se determinó lo siguiente:

$$\text{Beneficio Mensual} = 1.543.500 \$ / 6 \text{ meses} = 257.250,00 \$$$

Para Concluir esta investigación, finalmente se presentó el resumen económico para llevar a cabo la propuesta, para ello se tomó en consideración que el estudio fue realizado en un periodo de 6 meses, en tal sentido, se analizó mediante la relación Beneficio-Costo, tomando lo siguiente:

**R (B/C)=Beneficio/Costo**

- Si  $R (B/C) > 1$  la propuesta es viable
- Si  $R (B/C) = 1$  es indiferente
- Si  $R (B/C) < 1$  es inviable la propuesta
  
- 102.900 cajas durante los primeros meses del año
- 970.200 unidades de detergente líquido marca Super Prilim
- Por lo que deja de vender un total de 1.543.500\$
- **Beneficio Mensual**= 1.543.500 \$/ 6 meses= 257.250,00 \$
- Utilidad= 257.250,00 \$ x 30% = 59.365,38 \$

**Beneficio/Costo**= 59.365,38 \$/ 5.757,99= 10,31

Con un valor de 10,31 se tiene que las propuestas planteadas son viables para la empresa. Con relación al estudio de Factibilidad Económica se tiene que:  $B/C > 1$ , se acepta el proyecto que tuvo como objetivo proponer un sistema de intercambio térmico para el tanque reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A.

· **Calculo de TIR**

Considerando que se tiene un valor de utilidad de 59.365,38 \$ / mes, que estima un impacto de mejora de un ochenta (80%) y el monto de inversión de las propuestas será 5.757,99\$.

**Tiempo de retorno de inversión** =  $\frac{\text{inversion}(\$)}{\text{Utilidad } \$/\text{mes}}$

$$\text{Tiempo de retorno de inversión} = \frac{5.757,99}{59.365,38} = 0,0969 \text{ meses} \quad 9,69 \text{ meses}$$

Con un valor de 9,69 la tasa de retorno es viable para la empresa, ya que tuvo una tasa de rentabilidad libre de riesgo y cumple con el objetivo de proponer un sistema de intercambio térmico para el tanque reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A.

## CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como fin el proponer un sistema de intercambio térmico para el tanque reactor de la Empresa FG Servicios 2000 C.A, utilizando herramientas de Ingeniería, con la finalidad de disminuir la cantidad de producción pendiente de detergente líquido marca Super Prilim. En efecto, en dicha empresa actualmente existen pérdidas económicas (Por no cumplir con la demanda de producción), así como de tiempo productivo debido al prolongado tiempo de espera en el tanque reactor por aproximadamente tres (3) días de reposo de la mezcla.

En este mismo orden de ideas, durante el periodo comprendido de Enero 2019 hasta Junio 2019 se ha dejado de producir un total de 102.900 cajas, lo que representa 970.200 unidades de producto, representado por un incumplimiento en los planes de producción promedio de 60,96%, lo que ocasiona pérdidas económicas de alto impacto para la empresa. Tomando como base el estudio del sistema actual, siendo la finalidad de la investigación buscar soluciones que fueran viables, resolviendo la problemática, determinando primeramente las fallas y debilidades que tengan, se pueda presentar las mismas. Dentro de esta perspectiva, a través de las fases metodológicas de la investigación se concluyó lo siguiente:

Para la Fase I de la investigación, se diagnosticó el sistema actual de operaciones para la fabricación de detergente líquido, a través de las técnicas de recolección de información, como la observación directa mediante el instrumento de la lista de cotejo, la entrevista no estructurada y la revisión documental identificando las actividades y posibles fallas. En este sentido, con lo antes mencionado se constataron las siguientes debilidades: El tanque reactor no tiene un plan de limpieza definido, antes ni después del arranque de la operación, sufre una parada con un tiempo de 3 días aproximadamente para que la mezcla se enfrié completamente, la mezcla cambia a la temperatura deseada en un tiempo prolongado y no se cuenta con un tanque de almacenamiento como repositorio una vez se elabore la mezcla. Además se evidencio

que el tanque reactor no solo se emplea para fabricar este tipo de producto, sino otros también, por lo tanto, se debe esperar para comenzar una nueva producción, generando atrasos en otros planes de producción.

En la fase II, se analizaron las variables físicas y químicas que inciden en el calentamiento del tanque reactor, clasificándolo en variables de Materiales, Procesos y Maquinarias. Se aplicaron las herramientas como la técnica de los 5 ¿Por Qué?, el Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto para la clasificación de las causas que afectan el proceso, donde se tomaron las 5 M, según la calidad total como: Métodos, Materia Prima, Maquinaria, Mano de Obra y Medio Ambiente. Una vez establecidas las causas fue necesario determinar cuál era la causa-raíz o las causas, para eso se recurrió a la aplicación de la Técnica de Grupo Nominal que permitió ponderar a través de los entrevistados las causas y posteriormente elaborar el Diagrama de Pareto, donde gráficamente se muestra el 80%, por lo que se concluye que la problemática se debía mayormente a:

1. Ausencia de un sistema de enfriamiento para el tanque reactor
2. Ausencia de un tanque de almacenamiento de reposo
3. Requiere Ventilación
4. La mezcla tarda 3 días en llegar a la temperatura deseada para envasar
5. Falta de personal para realizar las operaciones de limpieza
6. Falta de catalizadores que permitan un enfriamiento rápido

En función de ello, para la fase III se desarrollaron una serie de propuestas que permitan cumplir con los planes de producción y disminuir el tiempo de espera para envasar el producto, las cuales se basaron en: Aplicación del Sistema Andon como control visual, ya que el tanque no cuenta con uno permitiendo mostrar el nivel del tanque y la temperatura inicial, por lo que se describió como sería el funcionamiento del mismo y cuáles son los dispositivos que se tendrían que implementar; como segunda propuesta se tuvo la reformulación de la mezcla actual, la actual por ser vieja no cuenta con catalizadores que permitan disminuir el tiempo en un 2,72 % del tiempo actual; y por último se diseñó un sistema de intercambio térmico para el tanque que no

es más que un encamisado que recubre el tanque reactor donde circula agua, enfriando la mezcla paulatinamente, mostrando los beneficios de la aplicación a través de la disminución del tiempo de reposo de la mezcla, lo que ocasiona el cumplimiento de los planes de producción.

Se tiene que en la fase IV dentro de esta perspectiva se determinó la viabilidad económica, por lo que se estableció una inversión inicial de 5.757,99 \$. Posteriormente, se analizó mediante la relación Beneficio-Costo, tomando en consideración la utilidad de 59.365,38 \$, lo que representa las unidades restantes sin fabricar de Enero 2019 hasta Junio 2019 de detergente líquido marca Super Prilim. Por lo tanto, se obtuvo que la rentabilidad de la propuesta es viable a un valor de  $10,31 > 1$ .

Por último, se obtuvo un valor de 9,69 la tasa de retorno es viable para la empresa, ya que tuvo una tasa de rentabilidad libre de riesgo y cumple con el objetivo de proponer un sistema de intercambio térmico para el tanque reactor de la empresa FG Servicios 2000 C.A.

Como conclusiones generales, se puede decir que la ejecución de las propuestas son efectivas, al presentar un sistema de mejoras productivas con mejoras económicas, que determinaran soluciones grandes en poco tiempo dentro de la Empresa FG Servicios 2000 C.A, quedando de parte de la directiva la evaluación de dichas propuestas.

## RECOMENDACIONES

A continuación se muestran las recomendaciones de parte de los investigadores a la empresa FG Servicios 2000 C.A, las mismas se basaran en aquellos aspectos que no estaban contemplados dentro del marco de los objetivos, así como aquellas causas que no impactan directamente en el problema de estudio. Dentro de las cuales se tienen:

- Realizar un plan de mantenimiento y limpieza para el tanque reactor a profundidad que se efectuó en la frecuencia definida, para mejorar las características físicas del mismo, y eliminar los residuos de material.
- Impartir capacitaciones de manejo de químicos seguros al personal que labora dentro del área de producción que está en contacto directo con la materia prima y el proceso.
- Es necesario crear un ámbito de mejoramiento continuo, entre el gerente, supervisor de producción y operadores, con la finalidad de brindar conocimientos y aportes sobre las nuevas implementaciones que se puedan realizar, para garantizar la comunicación entre los mismos, así como alineaciones de información, que permitan estar preparados y aportar opiniones a las soluciones.
- Crear un espacio con mantenimiento autónomo donde se integren todos los operadores a realizar las actividades de limpieza, inspecciones y mantenimiento de los equipos.
- Creación de indicadores de gestión para mediar la limpieza del área de producción, junto a indicadores para la eficiencia de la productividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Fuentes Bibliográficas

- Arias, F. (2006). **Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica**. Caracas: Espíteme. 5ta Edición
- Arias, F (2012). **El proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica**. Editorial: Episteme. 6ta Edición
- Balestrini, M (2003). **Como se elabora el proyecto de investigación**. Caracas. BL Consultores. 6ta Edición
- Bautista, J y Huacho, J (2017), **“Evaluación del Aislamiento Térmico de un Tanque Refrigerado mediante Coeficiente global de Transferencia de Calor”** para optar por el título de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional del Centro de Perú en Huancayo, Perú
- Bavaresco de Prieto, A (2002). **Proceso metodológico en la investigación (Cómo hacer un diseño de investigación)**. Ediluz. Maracaibo, Venezuela.
- Benites, A (2011). **Desempeño de un reactor biológico secuencial (RBS) en el tratamiento de aguas residuales domésticas**. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XIV, núm. 2, diciembre, 2012, pp. 111-120 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia
- Cabanzón, J. (2018). **“Diseño y Calculo de un Intercambiador de Calor”** para optar por el título de Ingeniero en Tecnologías Industriales en la Universidad de Cantabria, Cantabria España
- Castro, M. (2003). **El proyecto de investigación y su esquema de elaboración**. (2<sup>a</sup>.ed.). Caracas: Uyapal.
- Cengel, Y. (2007). **Transferencia de calor y masa (Tercera Edición ed.)**. (P. E. Vázquez, Ed.) México, México: McGraw-Hill.
- Delbecq, A.; Andrew, V: A, (1971). Group Process Model For Problem Identification and Program Planning. The Journal of Applied Behavioral Science
- Hernandez, R; Fernández, C; Baptista, P. (2006). **“Metodología de la Investigación”**. Editorial Mc Graw Hill. 4ta Edición.

- Hurtado de Barrera, J. (2008). **El proyecto de investigación**. Caracas: Quirón. 6ta Edición
- Kerlinger, F. (2002). **Enfoque conceptual de la Investigación del comportamiento**. México Editorial McGraw-Hill
- Norma Venezolana Covenin 371:1995 **“Detergentes sintéticos. Determinación de la Biodegradabilidad de los Tensioactivos Aniónicos”**. Caracas, Venezuela. 1era Revisión.
- Parella, S; Martins F (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa**. 2da Edición. Caracas, Venezuela: FEDUPEL, 2006
- Sánchez, A (2017). **“Evaluación del Proceso de Transferencia de Calor en el Sistema de Enfriadores de Ácido Sulhídrico”** trabajo de maestría Instituto Superior Minero Metalúrgico de MOA Dr. Antonio Núñez Jiménez en Holguín, Cuba
- Tamayo, M. (2012) **El Proceso de la Investigación Científica**. México. Editorial Limusa

· **Fuentes Electrónicas**

- Aitec Consultores, (2019). “Técnica de Grupo Nominal” [En línea]. Disponible en: <https://www.aiteco.com/tecnica-de-grupo-nominal/>
- Benites, S (2011). **“Tanque Reactor de Agitado Continuo”** [En Línea]. Disponible en: [https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/Enero\\_2011/BENITES\\_SARAVIA\\_FIEE/INFORME.PDF](https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Enero_2011/BENITES_SARAVIA_FIEE/INFORME.PDF)
- Bolívar, (2016). “Reacciones Endotérmicas” [En línea]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/ejemplos-cotidianos-reacciones-endotermicas/>
- Carpintier, R (2013). **Técnica de los 5 Por Qué** [En Línea]. Disponible en: <https://www.baquia.com/emprendedores/2013-09-10-coaching-5-porques-5-whys-eficiencia-startup-modelo-negocio-la-teoria-de-los-5-porques>

- Global Lean, (2013). Poka-Yoke [En línea]. Disponible en: <http://www.globallean.net/lean-y-su-top-25-poka-yoke-sistemas-a-prueba-de-errores/#targetText=Poka%2Dyoke%20es%20un%20t%C3%A9rmino,%E2%80%9Ca%20prueba%20de%20errores%E2%80%9D>.
- González, R; Bernal, J. (2012). “Check List” [En línea]. Disponible en: <https://www.pdcahome.com/check-list/>.
- Nuñez, A (2010). “Diagrama de Pareto”. [En Línea]. Disponible en: <http://www.eumed.net/librosgratis/2011a/896/Diagramas%20de%20Pareto.htm>
- Porporatto, M (2016). “Diagrama de Ishikawa”. [En Línea]. Disponibles en: <https://quesignificado.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Salazar, B. (2016). Sistema Andon Control Visual [En línea]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/>
- UNET (2005). “**Segunda Ley de Termodinamica**” [En línea]. Disponible en: <http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/index.html>
- UNIDEG (2013). “**Reactores químicos**” [En línea]. Disponible en: <https://www.galeon.com/hamd/pdf/reactorquimico.pdf>
- Universidad Tecnológica de Chile, (2007). **Lista de Cotejo** [En Línea]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos106/instrumentos-evaluacion-competencias-listas-cotejo/instrumentos-evaluacion-competencias-listas-cotejo.shtml>