



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA**

**Jorge Alejandro Díaz Durán**

Asesorado por los Ings. Telma Maricela Cano Morales y

Mario José Mérida Meré

Coasesorado por el Ing. Andrés Roberto Díaz del Valle

Guatemala, enero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JORGE ALEJANDRO DÍAZ DURÁN**

ASESORADO POR LOS INGS. TELMA MARICELA CANO MORALES Y

MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

COASESORADO POR EL ING. ROBERTO DÍAZ DEL VALLE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno (a. i.)
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Ing. Erwin Ortiz Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 11 de junio de 2015.



**Jorge Alejandro Díaz Durán**



Guatemala, 31 de Agosto de 2015

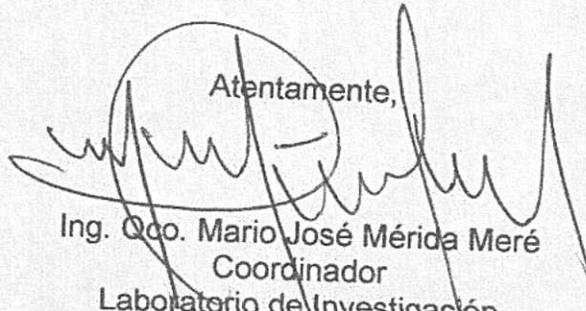
Ingeniero  
Victor Manuel Monzón Valdez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Ingeniero Monzón:

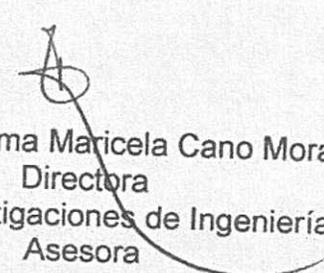
Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación titulado **"REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA"**, del estudiante de Ingeniería Química Jorge Alejandro Díaz Durán quien se identifica con el carné número 2007-14635.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

  
Ing. Qco. Mario José Mérida Meré  
Coordinador  
Laboratorio de Investigación  
de Extractos Vegetales -LIEXVE-  
Asesor



  
Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales  
Directora  
Centro de Investigaciones de Ingeniería / CII  
Asesora



Guatemala, 29 de octubre de 2015.  
Ref. EIQ.TG-IF.076.2015.

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **017-2015** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

### INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Jorge Alejandro Díaz Durán**.  
Identificado con número de carné: **2007-14635**.  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

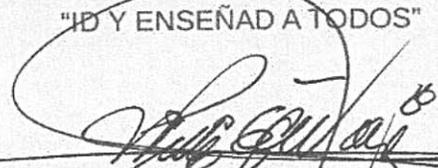
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

### REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales, Mario José Mérida Meré y Andrés Roberto Díaz del Valle**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Williams **Guillermo Alvarez Mejia**  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica  
EIQD-REG-SG-004

Ref.EIQ.TG.003.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **JORGE ALEJANDRO DÍAZ DURÁN** titulado: **"REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Carlos Salvador Wong Dav  
Director  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, enero 2016

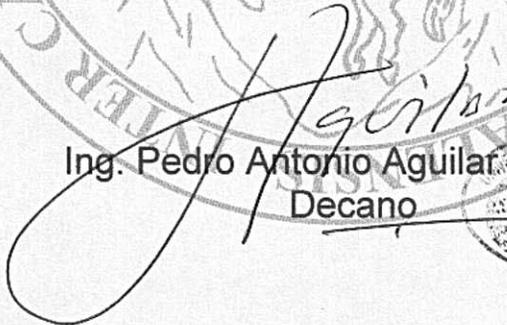
Cc: Archivo  
CSWD/de





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LIMPIEZA**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Alejandro Díaz Durán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, enero 2016

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi guía y fortaleza, por brindarme su amor y permitirme estar aquí este día, y porque sin Él no habría podido obtener este logro.
<b>Mis padres</b>	Por creer en mí y brindarme su confianza, por el amor que me dan día con día y por todas las lecciones de vida que me dan solamente con su ejemplo de vida.
<b>Mis hermanos</b>	Por la inspiración que me dan y por su apoyo incondicional.
<b>Mis abuelos (q. e. p. d.)</b>	(q. e. p. d.). Por haber sido los grandes pilares de mi familia y por los valores inculcados en ella.
<b>Mi familia</b>	Por apoyarme y creer en mí.
<b>Mis amigos</b>	Por su amistad y apoyo, porque cada uno de ustedes ha aportado en mi caminar y me han demostrado su cariño.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida, por no abandonarme nunca en mi caminar, por ser mi fortaleza y mi razón de ser.
<b>Mis padres</b>	Por su amor y su apoyo incondicional y por ser mis maestros de vida.
<b>Mis hermanos</b>	Por confiar en mí y darme su cariño y su apoyo.
<b>Mis abuelos</b>	Por darme a los mejores padres que alguien podría pedir.
<b>Mi familia</b>	Por su apoyo.
<b>Mis amigos</b>	Por todos los buenos momentos, todas las sonrisas y lágrimas derramadas, los desvelos y las fiestas, a todos ustedes, muchas gracias.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.2. Historia de la empresa.....	1
1.3. Ejemplos de distribución.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Ingeniería química del diseño de plantas .....	3
2.1.1. La organización de un proyecto de ingeniería química .....	3
2.1.2. La anatomía de un proceso de fabricación química .....	4
2.1.3. Procesos por lotes .....	5
2.2. <i>Plant layout</i> (diseño de planta) .....	6
2.3. Principios básicos de la distribución de plantas.....	7
2.4. Principales tipos de distribución en planta.....	8
2.5. Distribución por procesos .....	8
2.6. Distribución celular .....	10

2.7.	Diferencias entre fabricación por producto y fabricación por procesos.....	12
2.8.	Características de una adecuada distribución de planta.....	13
2.9.	Parámetros para la elección de una adecuada distribución de planta .....	14
2.10.	Diagrama de procesos .....	15
2.11.	Diagrama de distribución de áreas.....	15
2.12.	Diagrama de recorrido.....	16
2.13.	Diagramas de flujo .....	16
2.14.	Modelos 3D .....	16
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	17
3.1.	Variables dependientes e independientes.....	17
3.2.	Procedimiento del diseño .....	18
3.3.	Bases de diseño.....	19
3.4.	Delimitación del campo de estudio.....	20
3.5.	Recursos humanos disponibles .....	20
3.6.	Recursos materiales a utilizar .....	21
3.7.	Técnica de elaboración .....	23
3.8.	Diagramas a utilizar.....	23
3.9.	Análisis de costos.....	24
3.10.	Diseño en 3D de la planta .....	24
3.11.	Características que cumple el diseño final .....	24
4.	RESULTADOS.....	27
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	59
	CONCLUSIONES.....	65

RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
APÉNDICES .....	71
ANEXOS.....	99



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Anatomía de un proceso de fabricación química .....	5
2.	Diagrama de bloques del proceso usado .....	27
3.	Diagrama de flujo de la línea de producción .....	28
4.	Diagrama actual de áreas de la empresa.....	29
5.	Diagrama de áreas, distribución actual .....	30
6.	Diagrama actual de recorrido de la empresa .....	31
7.	Diagrama de procesos actual, de producción .....	32
8.	Diagrama de áreas propuesto.....	34
9.	Diagrama de recorrido propuesto.....	35
10.	Diagrama de procesos propuesto .....	36
11.	Gráfico unidades/turno <i>versus</i> iteración.....	48
12.	Gráfico del comportamiento de los costos a medida que aumenta el número de operarios .....	48
13.	Diagrama 3D del diseño propuesto.....	53
14.	Diagrama 3D, sistema de distribución de agua al proceso .....	54
15.	Producción de desinfectante, cloro y detergente en polvo .....	54
16.	Diagrama 3D del diseño propuesto, almacenamiento de envases y reactivos.....	55
17.	Diagrama 3D, producto terminado .....	55
18.	Diagrama 3D, área de sanitarios y <i>lockers</i> de los operarios .....	56
19.	Diagrama 3D, área de inspección .....	56
20.	Diagrama 3D, área de pesado de materia prima. ....	57
21.	Diagrama 3D, sistema de etiquetado. ....	57

22.	Diagrama 3D, área del proceso de producción.....	58
23.	Diagrama 3D, área del proceso de lavado.....	58

## TABLAS

I.	Cuadro de ventajas y desventajas de la distribución por proceso .....	10
II.	Cuadro de ventajas y desventajas de la distribución celular.....	11
III.	Diferencias entre fabricación por producto y por procesos .....	13
IV.	Variables independientes y dependientes .....	17
V.	Recursos humanos disponibles .....	21
VI.	Recursos materiales a utilizar .....	21
VII.	Listado de equipo presente en la empresa .....	22
VIII.	Algoritmo del proceso actual de producción de detergente .....	38
IX.	Velocidades promedio registradas de producción .....	40
X.	Balance de líneas del proceso actual .....	41
XI.	Resultados obtenidos del balance de líneas actual .....	41
XII.	Valores definidos determinantes para la obtención del balance de líneas por iteraciones.....	42
XIII.	Balance de líneas adecuado a una línea de producción continúa para una distribución por procesos, iteraciones de 1 a 3.....	43
XIV.	Balance de líneas adecuado a una línea de producción continúa para una distribución por procesos, iteraciones de 4 a 6.....	44
XV.	Balance de líneas adecuado a una línea de producción continúa para una distribución por procesos, iteraciones de 7 a 10.....	45
XVI.	Balance de líneas adecuado a una línea de producción continúa para una distribución por procesos, iteraciones de 11 a 14.....	46
XVII.	Resultados obtenidos del balance de líneas para producción continua .....	47
XVIII.	Propuestas presentadas .....	49

XIX.	Propuesta 1, contratación de personal.....	49
XX.	Propuesta 2, adquisición de equipo semimanual .....	50
XXI.	Propuesta 3, industrialización de la línea .....	51
XXII.	Análisis de valor presente neto de la propuesta 1 .....	52
XXIII.	Análisis de valor presente neto de la propuesta 2.....	52
XXIV.	Análisis de valor presente neto de la propuesta 3.....	53



## LISTA DE SIMBOLOS

<b>Simbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Absolutamente necesaria
<b>cc</b>	Centímetros cúbicos
<b>\$</b>	Dólares
<b>E</b>	Especialmente necesaria
<b>gal</b>	Galones
<b>gal/h</b>	Galones por hora
<b>gal/min</b>	Galones por minuto
<b>gal/s</b>	Galones por segundo
<b>h</b>	Horas
<b>HP</b>	<i>Horse power</i> (caballos de fuerza)
<b>O</b>	Importancia ordinaria, normal
<b>I</b>	Importante
<b>X</b>	Indeseable
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>L</b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>min</b>	Minutos
<b>U</b>	No importa
<b>OP</b>	Operarios
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>Q</b>	Quetzales
<b>s</b>	Segundos
<b>3D</b>	Tridimensional



## GLOSARIO

<b>Análisis beneficio/costo, B/C</b>	Técnica a utilizarse para evaluar, o ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto o propuesta, que en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos, si el resultado de esta relación es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos y el proyecto o propuesta es aceptable.
<b>Análisis de riesgo</b>	Uso sistemático de la información disponible para determinar la frecuencia con la que determinados eventos se pueden producir y la magnitud de sus consecuencias.
<b>Balance de líneas</b>	Una de las herramientas más importantes para el control de la producción. El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.
<b>Diagrama</b>	Representación gráfica de las variaciones de un fenómeno o de las relaciones que tienen los elementos o las partes de un conjunto.

**Diseño de plantas,  
*Plant layout***

Incluye todos los aspectos de la ingeniería involucrados en el desarrollo de una nueva, modificada o ampliada planta industrial. En este desarrollo, el ingeniero químico va a hacer evaluaciones económicas de los nuevos procesos, el diseño de piezas individuales del equipo para la nueva propuesta, o un diseño de planta en vías de desarrollo para la coordinación de la operación global.

**Distribución por  
células**

Aplica en proyectos en los que el producto elaborado es demasiado frágil, voluminoso o pesado para moverse. En este tipo de distribución, todas las piezas llegan al mismo punto y forman el producto terminado

**Distribución por  
producto**

Agrupar máquinas similares en departamentos o centros de trabajo, según el proceso o la función que desempeñan. Busca arreglar los departamentos que tengan procesos semejantes de manera tal que optimicen su colocación relativa.

**Mezanines**

Pequeño piso intermedio entre la planta baja y el segundo piso de un edificio.

**TIR**

En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad.

**Valor presente neto**

También conocido como valor actualizado neto o valor presente neto (en inglés *net present value*), cuyo acrónimo es VAN o VPN (en inglés, NPV), es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

**Variable**

Característica que es medida en diferentes individuos, y que es susceptible de adoptar diferentes valores.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación pretende satisfacer la necesidad de la empresa Disquinsa de mejorar sus instalaciones industriales a partir de una nueva distribución de su planta, con el fin de lograr un crecimiento en las operaciones.

Para ello se presenta una estructura de antecedentes generales, una evaluación de la distribución actual de la planta que ha permitido proponer un rediseño de planta para llevarla a cabo.

Como antecedentes generales se presenta una breve historia de la empresa, además se incluye la justificación que definen la razón de ser de este trabajo, el diseño de un proyecto para la redistribución de la planta de la empresa, incluyendo, la reubicación de la maquinaria y áreas de trabajo que permita una mejora en la eficiencia y productividad.

También se presenta los objetivos del trabajo, la metodología que se utilizó en el proyecto, el plan de elaboración, las técnicas que se utilizaron para alcanzar los objetivos.



# OBJETIVOS

## General

Rediseñar una planta que elabora productos químicos de limpieza.

## Específicos

1. Realizar los diagramas de áreas, recorrido y procesos del diseño existente.
2. Realizar los diagramas de áreas, recorrido y procesos del diseño propuesto, que demuestre una mejora en distribución, utilizando los principios básicos de diseño de plantas.
3. Realizar el balance de línea del diseño propuesto de las líneas de producción de detergentes y jabones líquidos, utilizando conceptos de ingeniería de la producción.
4. Realizar análisis de costos de tres propuestas de líneas de producción para elaboración de detergentes y jabones líquidos, utilizando conceptos de ingeniería de la producción.
5. Realizar el diseño en 3D de la propuesta que demuestre una reducción en riesgos de contaminación entre producto terminado y materia prima, para la planta.



## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la redistribución de la planta en la empresa es implementar un ordenamiento de las áreas y el equipo de trabajo ya existentes dentro de la planta, e introducir nuevos elementos; de manera que resulte una producción más económica, más eficiente, cómoda y segura para los empleados y para la empresa, con el fin de incrementar la producción.

Un buen diseño de planta presenta el buen ordenamiento y aprovechamiento de espacio para realizar todos los procesos que impliquen movimiento de materiales, maquinaria y equipo, almacenamiento y todos los servicios del personal, al igual que sus actividades.

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo de graduación, es importante cumplir con los principios básicos de la distribución de planta, elegir el tipo de distribución que más se adecúa para el sistema que maneja la planta y para su espacio físico.

Además, es crucial para la empresa pensar a futuro, la posible implementación de nuevas líneas de producción y la adición de más maquinaria implica que la redistribución también tiene que cumplir con esto y debe ser tomado en cuenta para la expansión de la planta.



# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Disquinsa es una empresa que se dedica a la producción de productos químicos de limpieza. Cuenta con una amplia gama de productos, materias primas y auxiliares para textil, cosmética, limpieza, higiene, desinfección y sanitización.

## **1.2. Historia de la empresa**

La empresa Disquinsa nació en 1990 bajo el eslogan "Su profesional en químicos", fundada por el ingeniero Andrés Roberto Díaz Del Valle, como alternativa a la creciente demanda de productos para el tratamiento de la lona en lavandería. Diez años después, adquiere la planta de producción ubicada en el kilómetro 16,8 calzada Roosevelt, zona 1 de Mixco, Guatemala. La planta era utilizada anteriormente para producción de bebidas.

## **1.3. Ejemplos de distribución**

En el tema de distribución de plantas, el trabajo de graduación titulado *Estudio técnico para la elaboración de jabón a partir del sebo generado en la planta de cárnicos de Zamorano*, elaborado en 2004, en la Universidad de Zamorano, Honduras por Fernando Cruz Lázaro, presenta una sección en donde describe la proposición del diseño de una planta de tecnología apropiada para producir jabón, detallando la estructura apropiada de la planta, las

paredes, techo, piso, tamaño de la planta, tamaño de las áreas de producción y su correcta distribución.

El trabajo de graduación titulado *Rediseño de la distribución en planta de una industria panificadora*, elaborado por Jennifer Carolina Barrientos Hernández, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en 2011, presenta los principios necesarios para realizar una distribución de planta, además de una variedad de diagramas de procesos, operaciones y recorrido, así como propuestas de distribución de maquinaria para la elaboración del producto.

El trabajo de graduación titulado *Diseño e implementación de una planta piloto para fabricación de pruebas de café soluble, para la industria de café, S. A.* elaborado por Denis Hamilton Flores López, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presenta el proceso de análisis de costos que propone dos alternativas para la adquisición de maquinaria a partir del diseño de planta final obtenido.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Ingeniería química del diseño de plantas**

El término general de diseño de planta involucra muchos aspectos de ingeniería en el desarrollo de una modificación o una expansión o un nuevo diseño de planta industrial. El ingeniero químico está encargado de realizar una evaluación económica de nuevos procesos, diseñar equipo y piezas individuales que los faciliten, y de desarrollar un diseño de planta (*plant layout*) que favorezca la operación en general de la empresa.

#### **2.1.1. La organización de un proyecto de ingeniería química**

El trabajo de diseño requerido en la ingeniería de un proceso de fabricación de productos químicos se puede dividir en dos grandes fases.

La primera fase trata el diseño del proceso, que abarca los pasos de la selección inicial del proceso que se utilizará, a través de la realización de los diagramas de flujo que incluyen la selección, especificación y diseño de equipos de ingeniería química. La segunda fase del proceso de fabricación consta en realizar un diseño de la planta, además, incluye el diseño mecánico detallado de los equipos; el diseño estructural, civil y eléctrico; y la especificación y diseño de los servicios auxiliares.

Es importante que antes de empezar con el diseño de la planta se estimen detalladamente los factores que deben establecerse acerca del diseño de proceso que se implementará en la planta:

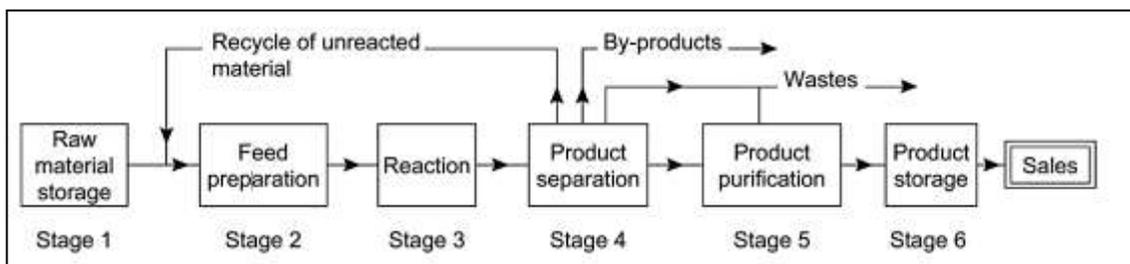
- Procesos de manufactura
- Balances de energía y materia
- Rangos de temperatura y presión
- Especificaciones de la materia prima y los productos
- Reacciones, mezclas y ciclos
- Materiales de construcción
- Requisitos de los servicios públicos
- Localización de la planta

Esta información le permitirá al ingeniero químico realizar un análisis estimado del capital necesario a invertir, costos de manufactura y ganancia potencial.

### **2.1.2. La anatomía de un proceso de fabricación química**

Los componentes básicos de un proceso químico típico se muestran en la figura 1, en la que cada bloque representa una etapa en el proceso global para la producción de un producto desde la materia prima. La figura 1 representa un proceso generalizado; no todas las etapas son necesarias para cualquier proceso particular, y la complejidad de cada etapa dependerá de la naturaleza del proceso. El diseño de ingeniería química se refiere a la selección y disposición de las etapas, y la selección, especificación y diseño de los equipos necesarios para realizar la función de cada etapa.

Figura 1. **Anatomía de un proceso de fabricación química**



Fuente: TOWLER, Gavin; SINNOTT, Ray. *Chemical engineering design*. p. 8.

### 2.1.3. **Procesos por lotes**

Están diseñados para funcionar de forma intermitente, ya que algunas o todas las unidades de proceso son apagadas y encendidas con frecuencia. Es bastante común que las plantas que trabajan por lotes utilicen una combinación de operación por lotes y continua. Los procesos continuos por lo general serán más económicos para la producción a gran escala. Los procesos por lotes se utilizan cuando una cierta flexibilidad es buscada en la tasa de producción o en las especificaciones del producto.

Las ventajas de procesamiento por lotes son:

- La producción por lotes permite la producción de varios productos en el mismo equipo.
- En una planta de proceso por lotes, la integridad de un lote se conserva cuando se maneja de operación en operación. Esto puede ser muy útil para fines de control de calidad.
- La tasa de producción de las plantas por lotes es muy flexible.

- Las plantas que trabajan con lotes son más fáciles de limpiar y de mantener una operación estéril.
- Los procesos por lotes son más fáciles de realizar a partir de formulaciones químicas.
- Las plantas que trabajan con lotes utilizan menor capital para la producción de volúmenes pequeños. El mismo equipo a menudo se puede utilizar para varias operaciones unitarias.

Los inconvenientes de procesamiento por lotes son:

- La escala de producción es limitada.
- Es difícil de lograr economías de escala por ir a altas velocidades de producción.
- La calidad entre distintos lotes puede variar, lo que lleva a la alta producción de productos de desecho o fuera de las especificaciones del producto.
- El reciclaje y la recuperación de calor son más difíciles, por lo que las plantas que trabajan con proceso por lotes dan menos eficiencia de la energía y más probabilidades de producir subproductos de desecho.
- Los costos fijos de producción son mucho más altos para las plantas de proceso por lotes.

## **2.2. *Plant layout* (diseño de planta)**

El concepto puede traducirse como “disposición” o “plan de planta” y tiene un uso extendido en el ámbito del diseño de plantas.

La noción de *layout* suele utilizarse para nombrar al esquema de distribución de los elementos dentro de un diseño.

El *layout* o distribución de planta es el análisis y determinación de la ubicación de las máquinas, personas, materiales y equipos, así como los procesos que se realizan dentro de la planta.

### **2.3. Principios básicos de la distribución de plantas**

Los principios de la distribución de planta le permiten al usuario tener una guía útil de cómo debe estar estructurada una planta, son los objetivos a cumplir en el diseño. Los principios son:

- Principio de la satisfacción y de la seguridad

A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.

- Principio de la integración de conjunto

La mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

- Principio de la mínima distancia recorrida

A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

- Principio de la circulación o flujo de materiales

En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales. Hay que evitar los cruces y las interrupciones.

- Principio del espacio cúbico

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.

- Principio de la flexibilidad

A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

## **2.4. Principales tipos de distribución en planta**

Existen cuatro tipos principales de distribución: por proceso o funcional, por productos, celular y de posición fija.

En este trabajo de graduación se descartaron la distribución por producto y la distribución de posición fija.

## **2.5. Distribución por procesos**

También llamada taller de empleos o distribución funcional. Agrupa máquinas similares en departamentos o centros de trabajo según el proceso o la función que desempeñan. Por ejemplo, la organización de los grandes almacenes responde a este esquema.

El enfoque más común para desarrollar una distribución por procesos es el de arreglar los departamentos que tengan procesos semejantes de manera tal que optimicen su colocación relativa.

Este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto.

- Criterios de la distribución de procesos
  - Disminución de distancia recorridas
  - Disminución del costo de manejo de materiales
  - Disminución de recorrido de clientes
  
- Restricciones
  - Seguridad e higiene
  - Límites de carga de trabajo
  - Localización fija
  
- ¿Cuáles son los factores que se deben considerar cuando se determina la localización de áreas de proceso o departamentos?
  - Dado:
    - El flujo
    - El costo del flujo
    - La existencia de un diseño previo

- Determinar:
  - La mejor posición para cada área o departamento que mejore el flujo y por ende el costo.

Tabla I. **Cuadro de ventajas y desventajas de la distribución por proceso**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Mayor calificación de la mano de obra.	Dificultad a la hora de fijar las rutas y los programas.
El personal y las máquinas se agrupan según la función que realizan.	Más manipulación de materiales y costes más elevados.
Cada producto a fabricar realiza un recorrido distinto por la planta según las operaciones que requiera, recorridos distintos.	Dificultad de coordinación de los flujos de materiales y ausencia de un control visual.
Trabajadores altamente calificados.	Requiere una mayor superficie.
Menor inversión en maquinaria: menor duplicidad.	Pequeños lotes, escasamente estandarizados, maquinaria genérica poco especializada.
Mejora del proceso de control.	El inventario en curso es mayor.
Las averías en la maquinaria no interrumpen todo el proceso.	El tiempo total de fabricación.

Fuente: VAUGHN, Richard. *Introducción a la ingeniería industrial*. p. 108.

## 2.6. Distribución celular

Consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando con las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia.

- Características de este tipo de distribución
  - Mejores relaciones humanas.
  - Conocimiento mejorado de la habilidad del operario.
  - Menor inventario en proceso y manejo de materiales.
  - Producción más rápida.
  - Agrupar partes en familias que siguen una secuencia común de pasos.
  - Identificar los patrones de flujo dominante o familias de partes como una base para la localización o relocalización de procesos.
  - Agrupar las máquinas y procesos dentro de celdas.

Tabla II. **Cuadro de ventajas y desventajas de la distribución celular**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Simplificar la determinación de la ruta de cada parte a lo largo del proceso.	Duplicidad de equipamientos.
Reducir el número de componentes a diseñar.	Dificultad para establecer células de fabricación en determinados tipos de procesos.
Agrupar las partes con características similares en familias, lo que facilita procesos estándares más eficientes.	Mayor inversión en maquinaria, equipamiento y superficie. Necesidad de trabajadores polivalentes.
Asignar cada familia de piezas a distintas células de fabricación .	
Simplificación de los tiempos de cambio de la maquinaria.	
Reducción del tiempo de formación.	

Continuación de la tabla II.

Reducción de los costes asociados al flujo de materiales.	
Reducción de los tiempos de fabricación.	
Reducción del nivel de inventario.	

Fuente: SUÑE TORRENTS, Albert; GIL VILDA, Francisco; ARCUSA POSTILS, Ignasi. *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. p. 145.

## **2.7. Diferencias entre fabricación por producto y fabricación por procesos**

Ningún diseño en la realidad es puramente lineal o por proceso. La mayoría de las empresas usan una distribución mixta entre la fabricación por producto y la fabricación por procesos.

Es posible que este proyecto no sea la excepción, por lo que es importante tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada tipo de distribución existente, de manera que el resultado final sea un modelo de distribución eficiente que aproveche las ventajas de todos los sistemas de distribución.

Tabla III. **Diferencias entre fabricación por producto y por procesos**

Fabricación por producto	Fabricación por proceso
Alta eficiencia (90 % o más)	Baja eficiencia (80 % o menos)
Maquinaria especializada (costosa)	Maquinaria universal
Poco flexible	Flexible
Menor movimiento de materiales (menos costo)	Alto costo de manipulación de materiales
Menos <i>stock</i> en proceso	Mucho <i>stock</i> en proceso (costoso)
Alto costo de preparación	Menor costo de preparación
Menor programación	Programación compleja
Debe cumplir con los requerimientos	Más flexibilidad con los requerimientos
Mucho <i>stock</i> total	Bajo <i>stock</i> total
Mantenimiento preventivo y predictivo	Mantenimiento curativo
Operarios simples	Operarios especializados
Capataces simples (controlan a 40)	Capataces especializados (controlan a 15)
Deja de andar una máquina y para todo	Si se rompe se puede usar otra máquina
Alto coste por detención de la producción entera	El costo involucra a la máquina que se rompió

Fuente: *Distribucion en planta*. <http://es.scribd.com/doc/3457535/Distribucion-en-planta#scribd>.

Consulta: 22 de septiembre de 2015.

## 2.8. Características de una adecuada distribución de planta

- Minimizar los costes de manipulación de materiales.
- Utilizar el espacio eficientemente.
- Utilizar la mano de obra eficientemente.
- Eliminar los cuellos de botella.

- Facilitar la comunicación y la interacción entre los propios trabajadores, con los supervisores y con los clientes.
- Reducir la duración del ciclo de fabricación o del tiempo de servicio al cliente.
- Eliminar los movimientos inútiles o redundantes.
- Facilitar la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas.
- Incorporar medidas de seguridad.
- Promover las actividades de mantenimiento necesarias.
- Proporcionar un control visual de las operaciones o actividades.
- Proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes.

## **2.9. Parámetros para la elección de una adecuada distribución de planta**

El tipo de distribución elegida vendrá determinado por:

- La elección del proceso
- La cantidad y variedad de bienes o servicios a elaborar
- El grado de interacción con el consumidor
- La cantidad y tipo de maquinaria
- El nivel de automatización
- El papel de los trabajadores
- La disponibilidad de espacio
- La estabilidad del sistema y los objetivos que este persigue

Las decisiones de distribución en planta pueden afectar significativamente la eficiencia con que los operarios desempeñan sus tareas, la velocidad a la

que se pueden elaborar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos, en la gama de productos elaborada o en el volumen de la demanda.

### **2.10. Diagrama de procesos**

Es la representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza. Incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Con fines analíticos, se utilizará este diagrama como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias y mejorar la productividad de la planta. Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cuatro clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones y retrasos o demoras.

### **2.11. Diagrama de distribución de áreas**

Es la representación gráfica del área de trabajo que presenta la planta y es preliminar al diagrama de recorrido. Permite el análisis de la distribución de la planta y es muy importante para considerar el espacio físico que posee cada área existente y la capacidad que se tiene para llevar a cabo las actividades que le corresponden a cada área.

## **2.12. Diagrama de recorrido**

Es un esquema de distribución de planta en un plano bidimensional a escala, que muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el diagrama de procesos.

La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y numerada de acuerdo con el diagrama de procesos.

Cuando se desea mostrar el movimiento de más de un material o de una persona que interviene en el proceso en análisis sobre el mismo diagrama, cada uno puede ser identificado por líneas de diferentes colores o de diferentes trazos.

## **2.13. Diagramas de flujo**

Es un modelo esquemático del proceso, el diagrama de flujo es el documento clave en el proceso de diseño. Se muestra la disposición del equipo seleccionado para llevar a cabo el proceso, las conexiones de corriente, las tasas de flujo corriente y composiciones, y las condiciones de funcionamiento.

## **2.14. Modelos 3D**

Es la representación en tres dimensiones de un modelo o diseño estructural, puede ser por medio de una maqueta o utilizando software especial. Se ha elegido utilizar el software SketchUp 8 de Google para representar el diseño final.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables dependientes e independientes

Para analizar la distribución de la planta fue necesario conocer las variables que se presentaron en el diseño. El efecto que causó la manipulación de estas variables permitió analizar mejor las opciones que se plantearon en el transcurso de la elaboración del presente trabajo de graduación. También permitió un análisis de las necesidades futuras de la empresa que se presenten, con la utilización de BPM y HACCP.

A continuación se presenta una tabla de las variables independientes y dependientes.

Tabla IV. **Variables independientes y dependientes**

Núm.	Variable independiente	Variable dependiente	Especificaciones
1	Ubicación del equipo	Costo total de transporte	Un equipo estratégicamente ubicado, consigue ahorrar en transporte.
		Tiempo	Un equipo estratégicamente ubicado, consigue disminuir el tiempo de producción.
		Mano de obra	Una mala ubicación del equipo puede exigir el uso de más operarios.
		Orden	Una ordenada distribución de planta, busca eliminar cuellos de botella entre la maquinaria.

Continuación de la tabla IV.

		Limpieza	Una correcta distribución de planta busca mantener una planta limpia que evite depósitos de suciedad causados por una mala distribución de equipos.
2	Ubicación de áreas	Costo total de transporte	La correcta distribución de las áreas permite disminuir costos de transporte innecesario entre áreas.
		Tiempo	La correcta distribución de las áreas permite disminuir el tiempo que lleva el proceso.
		Orden, limpieza y fluidez	La mala distribución de áreas genera desorden, suciedad y caos.
3	Ubicación de tomas de agua, electricidad y gas	Demanda	Si no existe, no se trabaja.
		Capacidad de producción	La correcta distribución de estos servicios permite una buena producción.
		Seguridad	El desorden de tuberías presenta riesgos de accidentes.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Procedimiento del diseño

A continuación se presenta el procedimiento con el que se cumplió para la realización del trabajo de graduación:

- Macro y microanálisis
- Búsqueda de alternativas
- Selección preliminar
- Evaluación de costos
- Elaboración de diseño en 3D

- Elaboración de informe final

Para cumplir con el procedimiento, se procedió a utilizar la siguiente metodología:

- Recolección de datos.
- Análisis de variables.
- Análisis y selección del tipo de distribución a utilizar en el diseño.
- Elaboración de una propuesta de distribución en la planta.
- Realización de diagramas de operaciones, diagrama de procesos y diagrama de recorridos del diseño propuesto.
- Realización de balances de líneas del diseño propuesto.
- Realización de balances de materia del diseño propuesto, si el proceso lo permite.
- Análisis de los aspectos de control globales de la planta.
- Análisis de las medidas de protección ambiental.
- Desarrollo del diseño de los equipos o áreas (de ser necesario).
- Desarrollo de la evaluación económica.
- Elaboración de un modelo en 3D de la distribución final.
- Recomendaciones y consideraciones para una futura expansión.
- Elaboración del reporte final.

### **3.3. Bases de diseño**

- Información general
- Capacidad de la planta
- Instalaciones existentes, baños, oficinas, entre otros
- Caracterización de la alimentación

- Especificaciones y de los productos a elaborar
- Requerimiento del proceso
- Disponibilidad de servicios industriales
- Manejo de efluentes
- Requerimiento de instalaciones para almacenamiento
- Regulaciones ambientales y de seguridad

#### **3.4. Delimitación del campo de estudio**

- Área: municipio de Mixco, departamento de Guatemala.
- Proceso: procesos químicos industriales de las líneas de producción en la planta de la empresa Disquinsa, especialmente las líneas de producción de detergentes, jabones líquidos y colorantes.
- Ubicación: planta de producción de Disquinsa.

#### **3.5. Recursos humanos disponibles**

Se denomina al trabajo que aporta el conjunto de los empleados o colaboradores de una organización.

Tabla V. **Recursos humanos disponibles**

	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
	Investigador	1
	Asesores	3
<b>Empresa Disquinsa</b>	Profesional encargado	2
	Encargado de bodega	1
	Bodegueros	3
	Secretaria	1
	<b>Total</b>	<b>10</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Recursos materiales a utilizar

Son los bienes tangibles que la organización puede utilizar para el logro de sus objetivos.

Tabla VI. **Recursos materiales a utilizar**

<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>
1	Materia prima
2	Planos
3	Impresora
4	Computadora
5	Software
6	Cuaderno de apuntes
7	Botiquín para emergencias
8	Cámara de fotos
9	Casco de seguridad

Continuación de la tabla VI.

10	Lentes de seguridad
11	Guantes de seguridad
12	<i>Maskintape</i>
13	CD
14	Marcadores permanentes
15	Tijeras
16	Cinta métrica
17	Cronómetro

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Listado de equipo presente en la empresa**

<b>Núm.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Capacidad</b>
1	Marmitas mezcladoras	3	300 kg
2	Marmitas sin mezcladora	3	200 kg
3	Mezcladora de polvos	1	50 kg
4	Bomba centrífuga	1	650 cc
5	Bombas de engranes	3	125 cc
6	Motores de mezclado adaptables	3	1 HP
7	Hornillas	2	100 kg
8	Contenedores plásticos de almacenamiento	4	500 gal
9	Toneles	20	55 gal
10	Bombas plásticas manuales	6	-----

Fuente: elaboración propia.

### **3.7. Técnica de elaboración**

Se realizaron todos los diagramas de flujos por medio del software Visio, de Microsoft Office. También los planos de la planta, los cuales serán impresos en *plotter*.

Para representar la planta en 3D, se trabajó específicamente con el programa SketchUp 8, en su versión profesional, para la elaboración de las áreas de trabajo y la distribución del equipo, controlar los espacios disponibles para trabajar, así como la ubicación de la maquinaria.

### **3.8. Diagramas a utilizar**

Los diagramas son herramientas muy útiles que se utilizaron para visualizar, comprender y analizar los procesos empleados en la planta, por medio de estos se presentará una propuesta del diseño final de la planta.

Los diagramas que se utilizaron son:

- Diagrama de hilos
- Diagrama de procesos
- Diagrama de distribución de áreas
- Diagrama de recorrido
- Diagrama preliminar
- Diseño en 3D

### **3.9. Análisis de costos**

Previo a la realización del modelo en 3D, se realizó un estudio económico con el fin de evaluar cuantitativamente los costos del diseño propuesto, para analizar la rentabilidad de cada diseño propuesto y elegir el que mejor se adapte a las necesidades de la empresa, para cumplir con el objetivo de aumentar la producción.

### **3.10. Diseño en 3D de la planta**

Luego de elegir el tipo de distribución a utilizar en el trabajo de graduación y de tener los diagramas de flujo, procesos y recorrido, se procedió a elaborar un modelo de la planta en 3D, exponiendo la propuesta de la distribución final.

### **3.11. Características que cumple el diseño final**

Estas son las características del diseño final:

- Utiliza el espacio eficientemente.
- Permite que se utilice la mano de obra eficientemente.
- Minimiza la manipulación de materiales.
- Eliminación de los cuellos de botella.
- Facilita la comunicación y la interacción entre operarios y supervisores de turno.
- Proporciona un control visual de las operaciones o actividades.
- Reduce la duración del ciclo de fabricación.
- Elimina los movimientos inútiles o redundantes.
- Facilita las actividades de mantenimiento previstas.

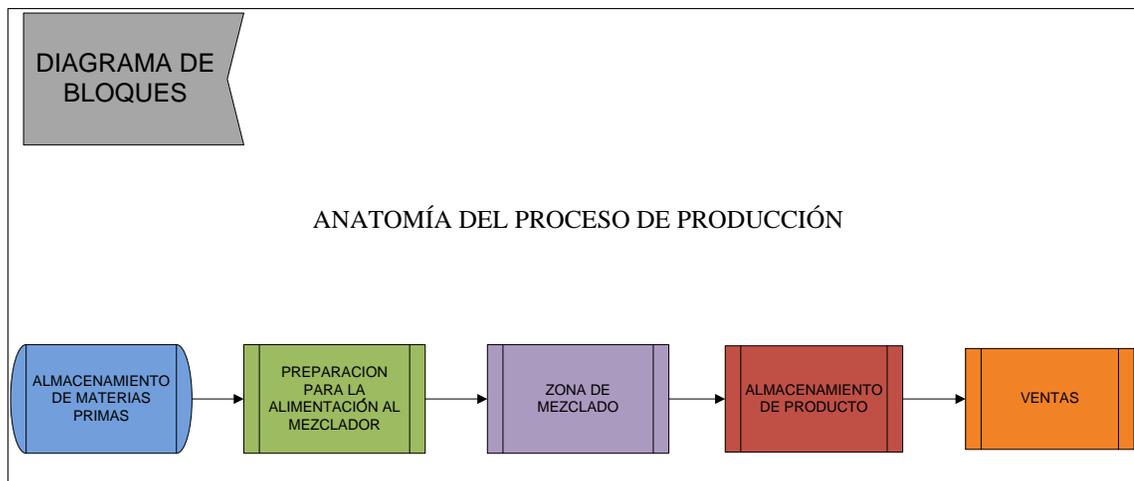
- Facilita la entrada, salida y ubicación de los materiales, productos o personas.
- Incorpora y asegura medidas de seguridad.
- Proporciona la flexibilidad necesaria para adaptarse a condiciones cambiantes.



## 4. RESULTADOS

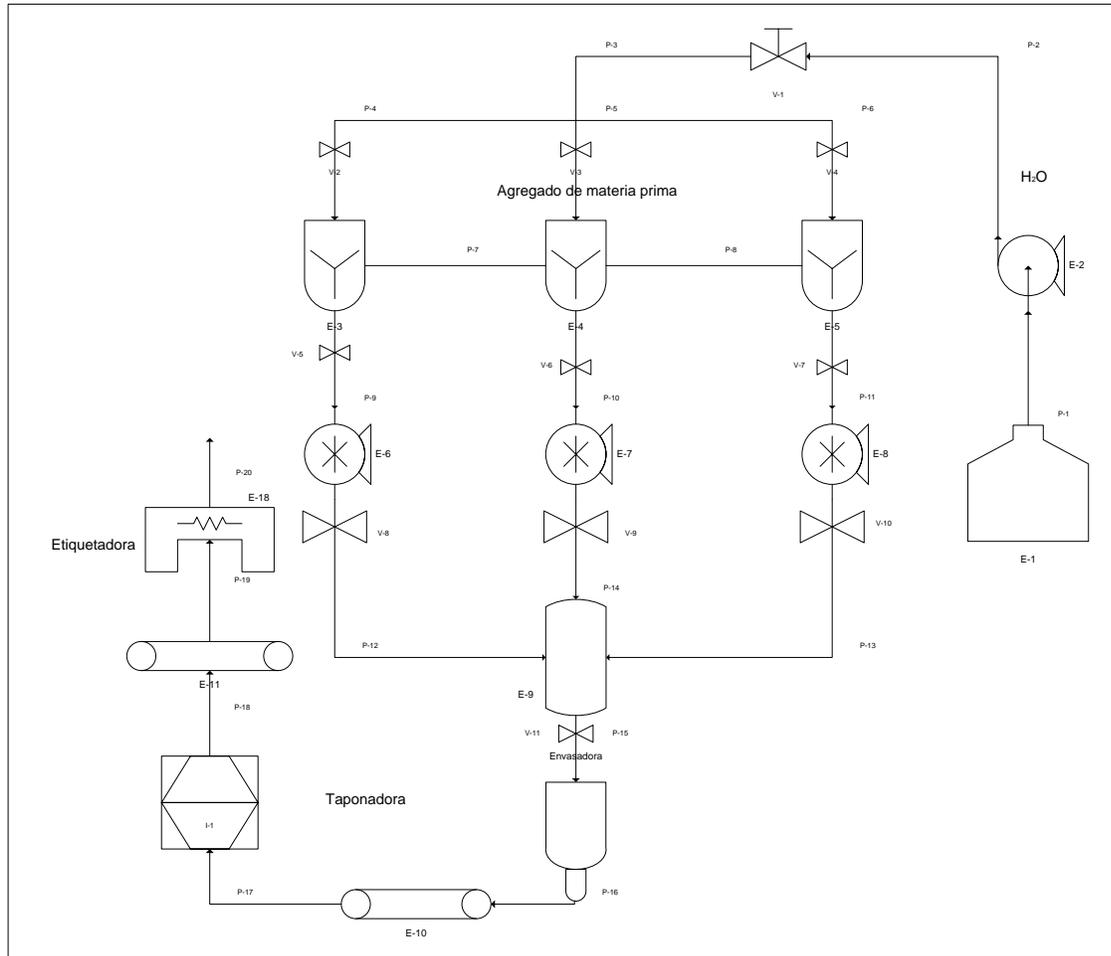
Para empezar a realizar un buen diseño de planta de producción, es necesario iniciar desde la anatomía que la empresa emplea como proceso para la elaboración de sus productos químicos de limpieza.

Figura 2. **Diagrama de bloques del proceso usado**



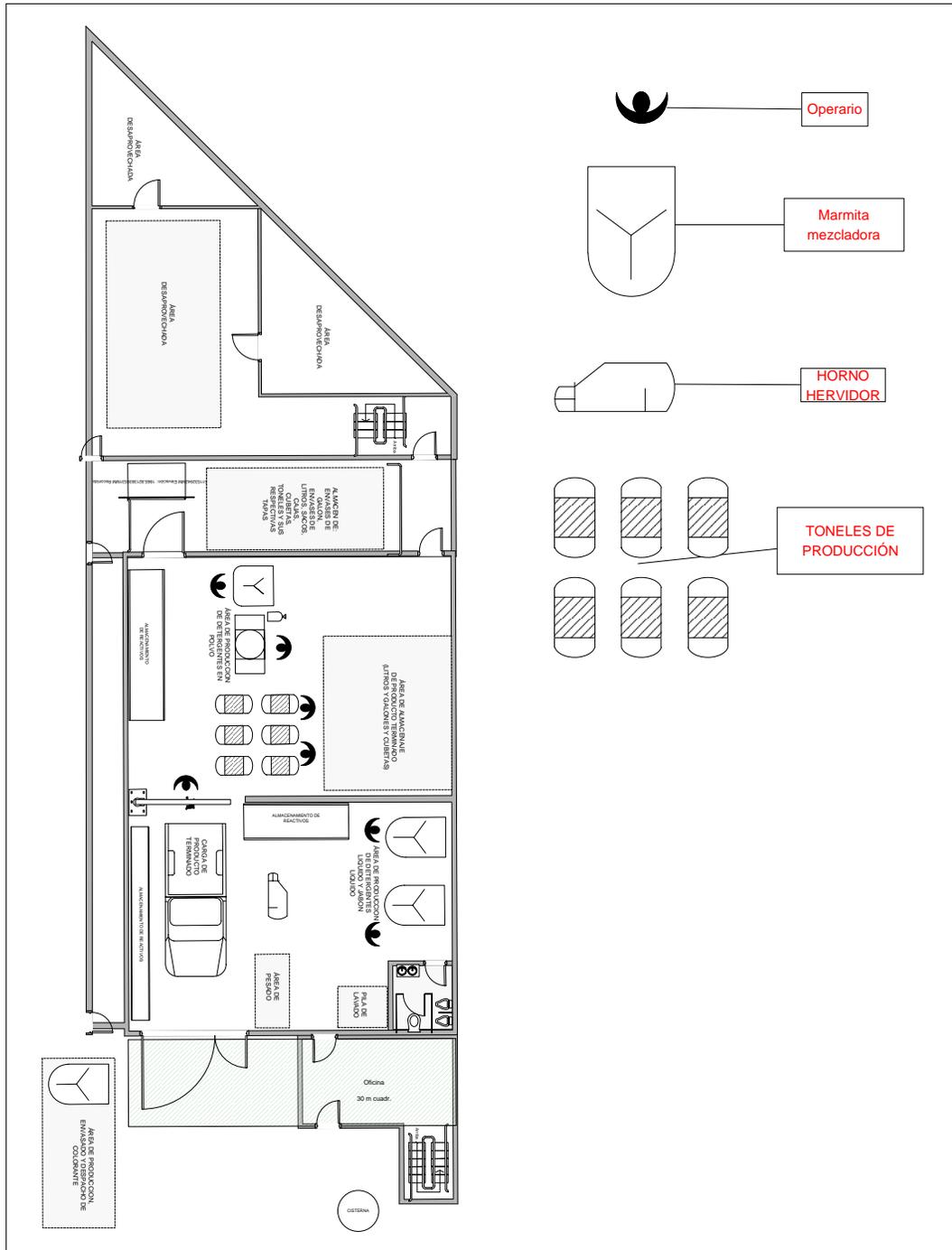
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 3. Diagrama de flujo de la línea de producción



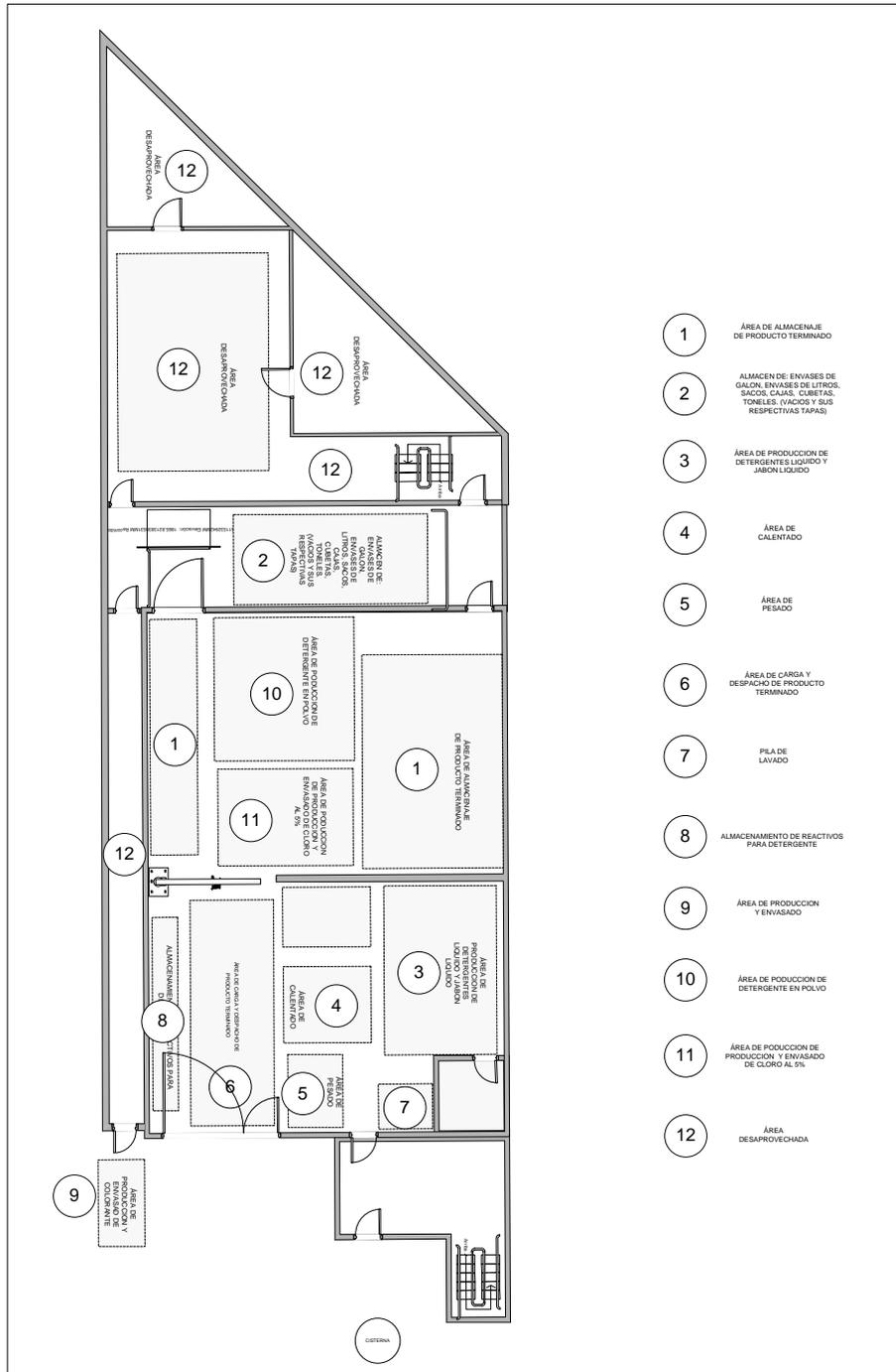
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 4. Diagrama actual de áreas de la empresa



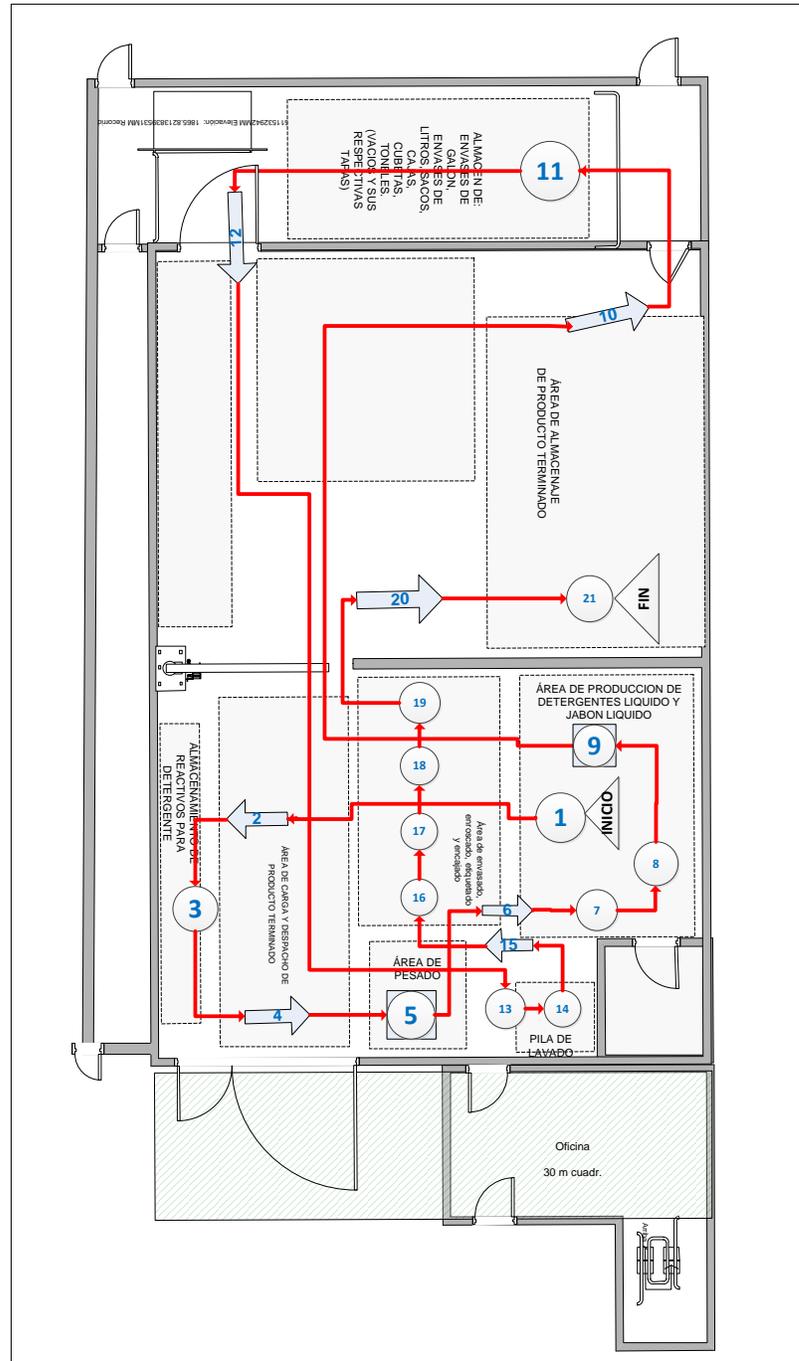
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 5. Diagrama de áreas, distribución actual



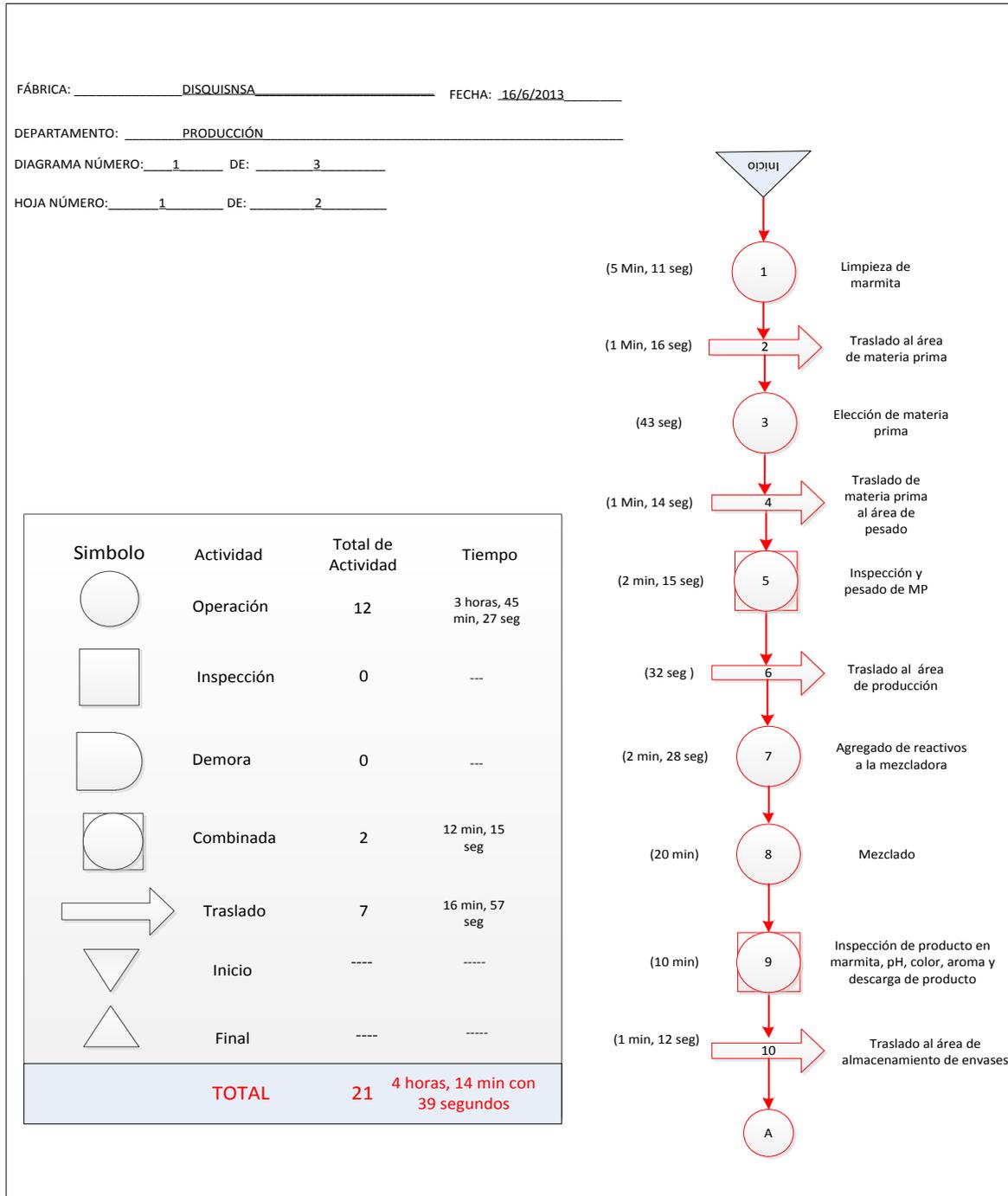
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 6. Diagrama actual de recorrido de la empresa

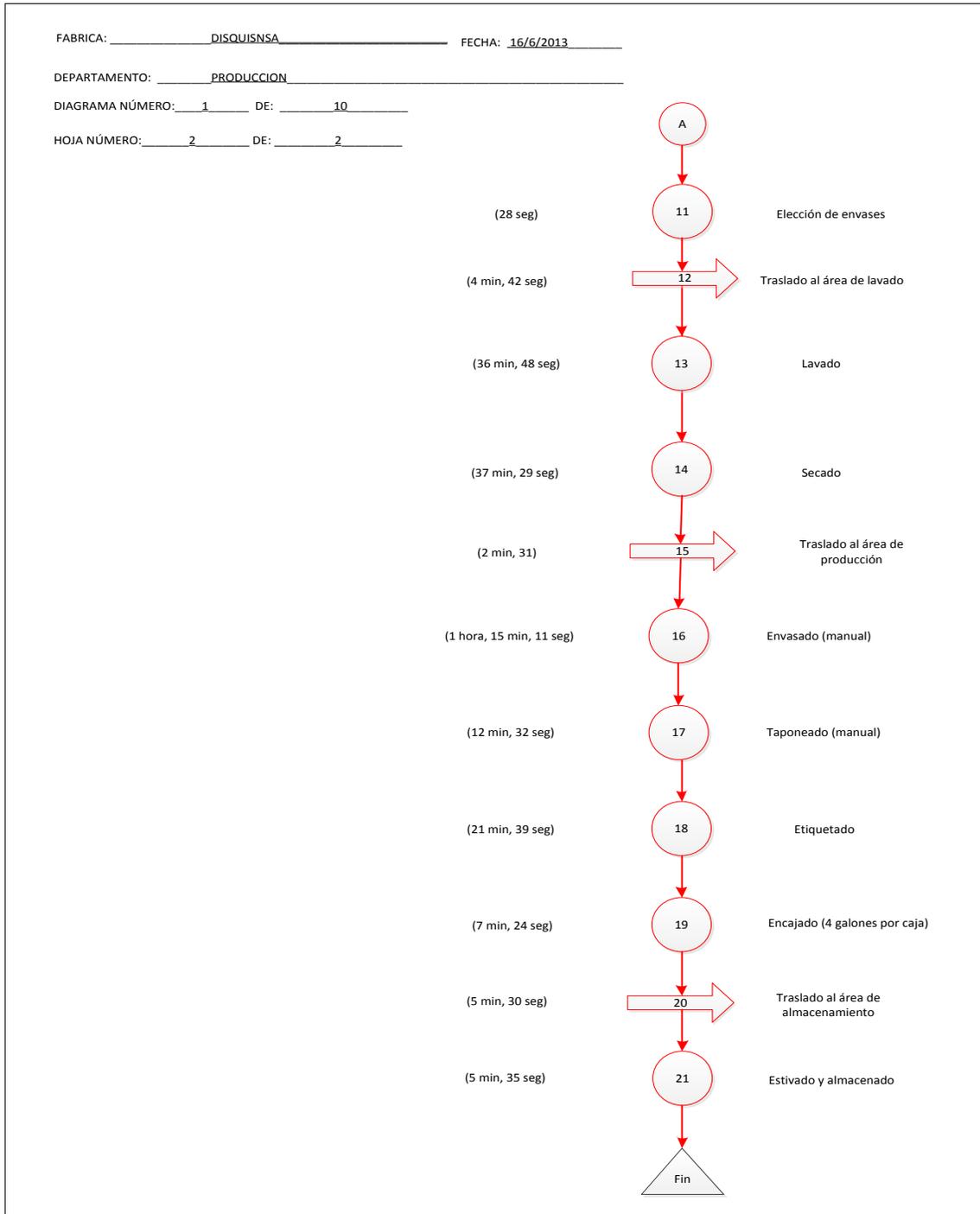


Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 7. Diagrama de procesos actual, de producción

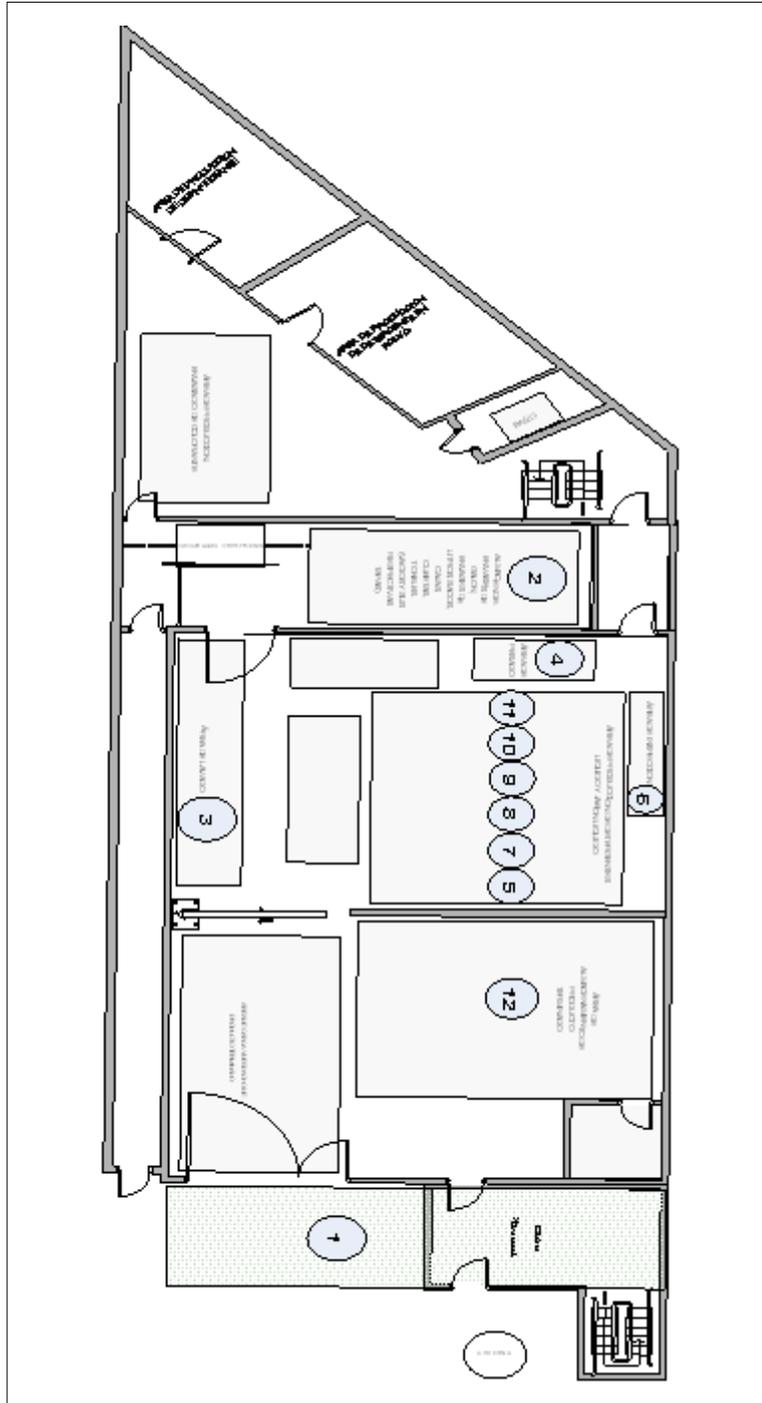


Continuación de la figura 7.



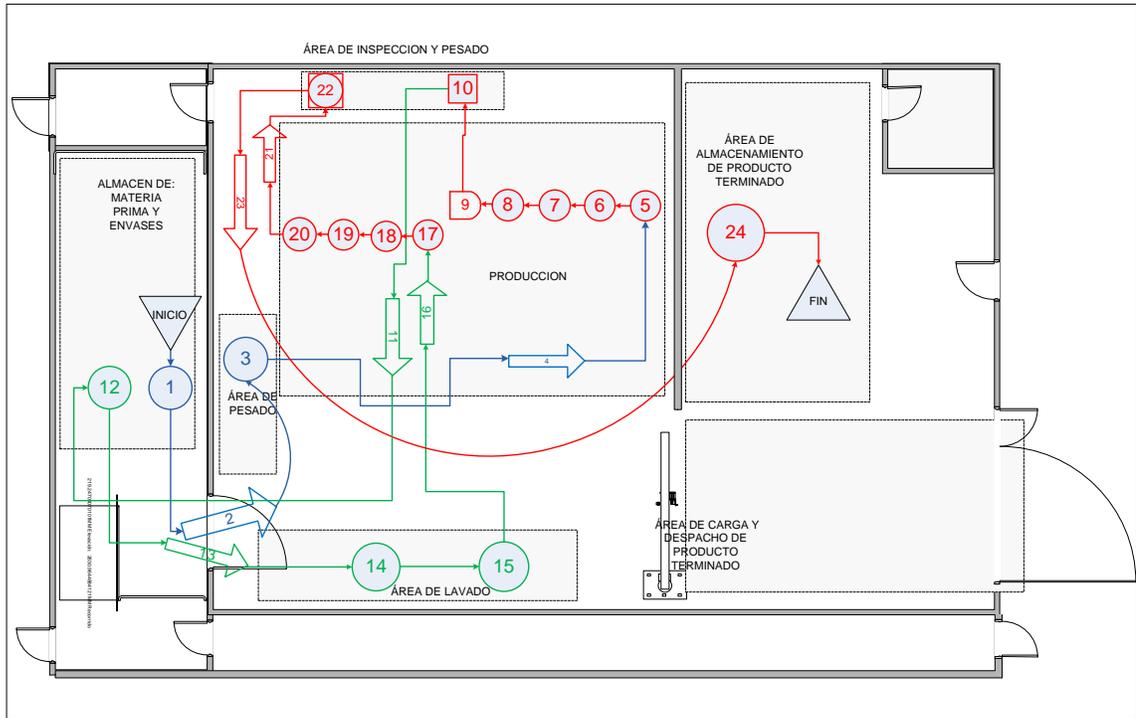
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 8. Diagrama de áreas propuesto



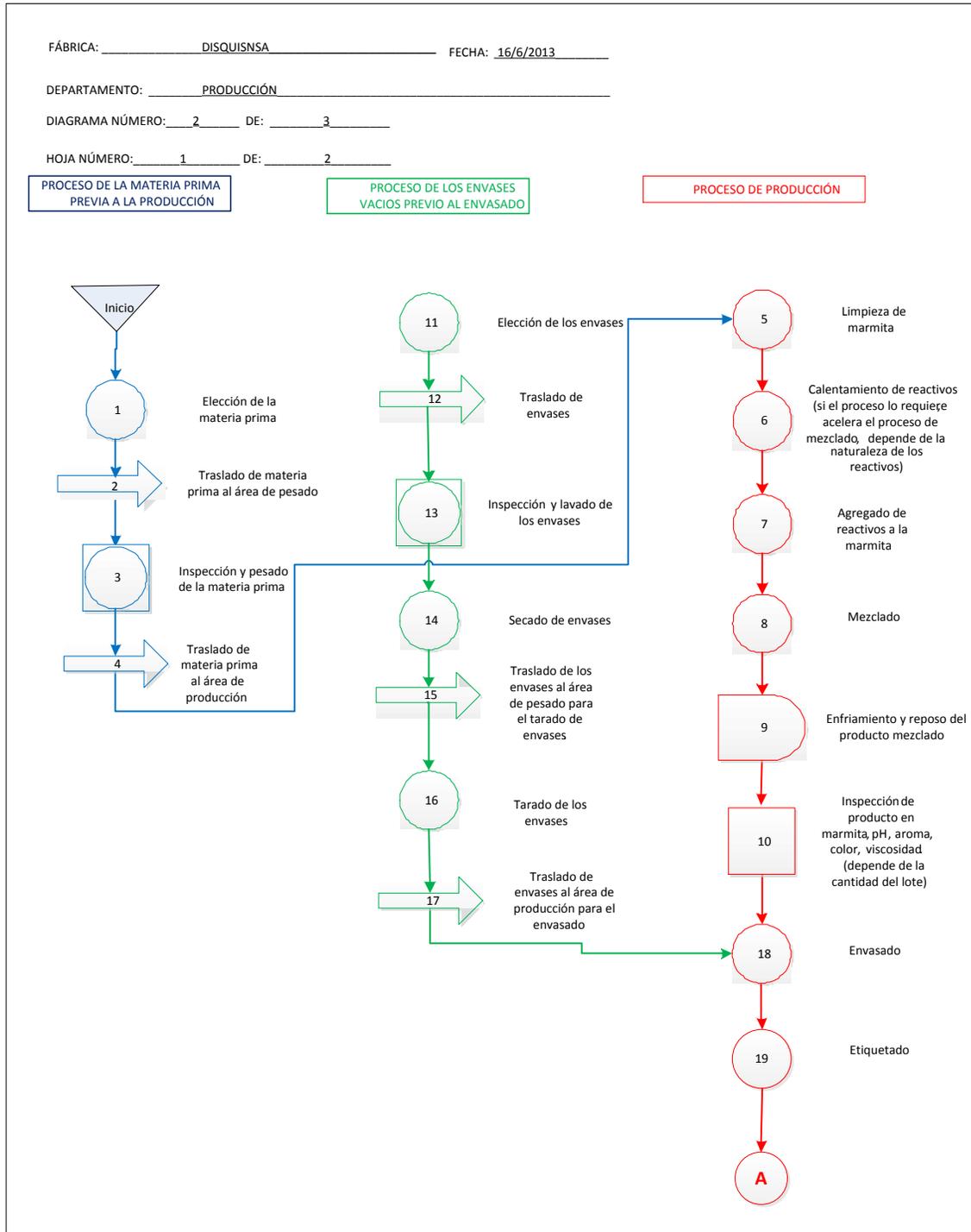
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 9. Diagrama de recorrido propuesto

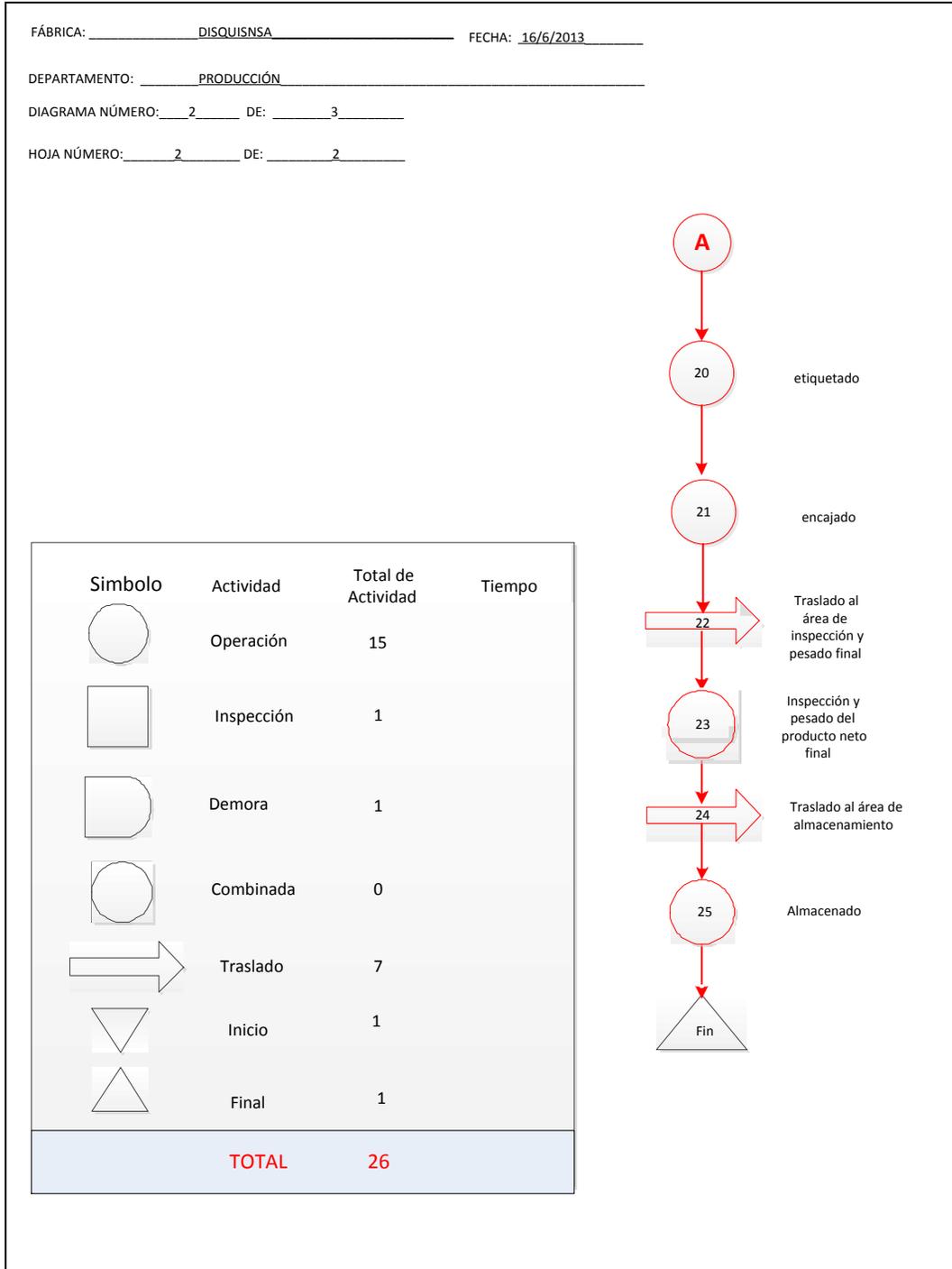


Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 10. Diagrama de procesos propuesto



Continuación de la figura 10.



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Tabla VIII. **Algoritmo del proceso actual de producción de detergente**

Proceso	Tipo de proceso	Tiempo	Distancia (m)	Descripción
1	Limpieza de marmita	0:05:11	0	Limpieza en área de producción de la marmita.
2	Traslado a área de materia prima	0:01:16	6	Traslado para ir a conseguir la materia prima necesaria para producir.
3	Inspección y elección de materia prima	0:00:43	0	Inspección de la materia prima a usar en la producción.
4	Traslado al área de pesado	0:01:14	29	Traslado de la materia prima al área de pesado.
5	Pesado de materia prima	0:02:15	0	Pesado de la materia prima usada en la producción.
6	Traslado al área de producción	0:00:32	2	Traslado de la materia prima a usar al área de producción.
7	Agregado de materia prima	0:02:28	0	Agregado de la materia prima a la marmita para empezar la producción del detergente.
8	Mezclado en marmita	0:20:00	0	Inicia el proceso de mezclado dentro de la marmita.
9	Inspección y descarga de producto	0:10:00	0	Se realiza la inspección del producto terminado dentro de la marmita, pH, color, olor, viscosidad, densidad y se descarga el producto en cubetas.
10	Traslado al área de envases	0:01:12	32	Se realiza un traslado del producto en cubeta al área de envasado y se traslada el operario al área de envases.

Continuación de la tabla VIII.

11	Elección de envases	0:00:28	0	Se selecciona el tipo de envase que se va a utilizar para el producto terminado.
12	Traslado al área de lavado	0:04:42	30	Se trasladan los envases seleccionados al área de lavado.
13	Lavado de envases	0:36:48	0	Se realiza el lavado de todos los envases a usar para el envasado.
14	Secado de envases	0:37:29	0	Se realiza el secado de todos los envases a usar para el envasado.
15	Traslado al área de envasado	0:02:31	3	Se trasladan los envases limpios al área de envasado.
16	Llenado de envases de galón	1:15:11	0	Se llenan los envases con el producto terminado.
17	Enroscado de tapas	0:12:32	0	Se enroscan los envases llenos de producto terminado.
18	Etiquetado	0:21:39	0	Se etiquetan los envases llenos de producto terminado.
19	Encajado	0:07:24	0	Se meten los envases en cajas para su almacenamiento y posterior venta.
20	Traslado al área de almacenamiento.	0:05:30	14	Se realiza el traslado de las cajas llenas de producto para el área de almacenado.
21	Almacenado	0:05:35	0	Se estiva y almacenan las cajas llenas de producto terminado.
SUMA		4:14:39	116	

Fuente: elaboración propia.

Se registró que un proceso tarda 4 horas, con 14 minutos y 39 segundos para completar un lote de producción de 150 galones. Si la jornada de trabajo en producción consta de 8 horas al día, esto indica que se puede producir un lote diario de 150 galones. Se desea una eficiencia de al menos 90 %.

Tabla IX. **Velocidades promedio registradas de producción**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo</b>
Lavado	0:36:48
Secado	0:37:29
Envasado	1:15:11
Etiquetado	0:21:39
Encajado	0:07:24
Enroscado	0:12:32

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Balance de líneas del proceso actual**

Operación	Nombre de la operación	Tiempo (min)	Núm. teórico operarios	Núm. real de operarios	Operador más lento	Minutos estándar asignados
1	lavado de envases	36,8	12,6756	13	2,83	3,13
2	Secado de envases	37,48	12,9098	13	2,88	3,13
3	Envasado	75,18	25,8953	26	2,89	3,13
4	Enroscado	12,53	4,3159	4	3,13	3,13
5	Etiquetado	21,65	7,4572	7	3,09	3,13
6	Encajado	7,4	2,5489	3	2,47	3,13
TOTAL*		191,04	65,8027	66	3,13	3,13

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resultados obtenidos del balance de líneas actual**

Tipo de jornada diurna	8 horas/día
Demanda diaria de la empresa	150 g/día
Tasa de producción (TP)	0,31 galones/minuto
Tiempo total de producción (TE)*	191,04 min
Número total de operarios teóricos	66
Operación más lenta	3,13 min/gal-operario
Operación que más operarios requiere	Envasado
Galones que se pueden producir por día	613 g/día
Eficiencia de la línea balanceada	100 %

Fuente: elaboración propia.

\*Nota: las únicas operaciones tomadas en cuenta en la el balance de línea son las que no pierden el modelo de línea de producción, operaciones continuas que buscan tener tiempos similares de operación.

Tabla XII. **Valores definidos determinantes para la obtención del balance de líneas por iteraciones**

<b>DESEMPEÑO DE LÍNEA</b>	85,00 %
<b>TIEMPO POR TURNO</b>	8:00:00
<b>SALARIO/DÍA</b>	Q 90
<b>TOLERANCIA PERSONAL</b>	5 %
<b>TOLERANCIA MAQUINARIA</b>	0 %
<b>TOTAL DE TIEMPO LABORADO</b>	8:00:00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Balance de líneas adecuado a una línea de producción continúa para una distribución por procesos, iteraciones de 1 a 3**

Núm.	DESCRIPCIÓN	ITERACIÓN 1		ITERACIÓN 2		ITERACIÓN 3	
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1	Lavado de envases	0:36:48	1	0:36:48	1	0:36:48	1
2	Secado de envases	0:37:29	1	0:37:29	1	0:37:29	1
3	Envasado	1:15:11	1	0:37:36	2	0:25:04	3
4	Enroscado	0:12:32	1	0:12:32	1	0:12:32	1
5	Etiquetado	0:21:39	1	0:21:39	1	0:21:39	1
6	Encajado	0:07:24	1	0:07:24	1	0:07:24	1
A	<b>MINUTO TOTAL DEL OPERARIO</b>	3:11:03		3:11:03		3:11:03	
B	<b>CICLO DE CONTROL</b>	1:15:11		0:37:36		0:37:29	
C	<b>NÚM. DE OPERARIOS</b>	6		7		8	
D	<b>TIEMPO DE LINEA</b>	7:31:06		4:23:09		4:59:52	
E	<b>PORCENTAJE BALANCE</b>	42,35 %		72,60 %		63,71 %	
F	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO</b>	1:28:27		0:44:14		0:44:06	
G	<b>UNIDAD/HORA</b>	0,68		1,36		1,36	
H	<b>UNIDAD/TURNO</b>	5		10		10	
I	<b>UNIDADES/OPERARIOS</b>	0,83		1,43		1,25	
J	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	Q 108,00		Q 63.00		Q 72,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Balance de líneas adecuado a una línea de producción continua para una distribución por procesos, iteraciones de 4 a 6**

Núm.	DESCRIPCIÓN	ITERACIÓN 4		ITERACIÓN 5		ITERACIÓN 6	
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1	Lavado de envases	0:36:48	1	0:18:24	2	0:18:24	2
2	Secado de envases	0:18:45	2	0:18:45	2	0:18:45	2
3	Envasado	0:25:04	3	0:25:04	3	0:18:48	4
4	Enroscado	0:12:32	1	0:12:32	1	0:12:32	1
5	Etiquetado	0:21:39	1	0:21:39	1	0:21:39	1
6	Encajado	0:07:24	1	0:07:24	1	0:07:24	1
A	<b>MINUTO TOTAL DEL OPERARIO</b>	3:11:03		3:11:03		3:11:03	
B	<b>CICLO DE CONTROL</b>	0:36:48		0:25:04		0:21:39	
C	<b>NÚM. DE OPERARIOS</b>	9		10		11	
D	<b>TIEMPO DE LINEA</b>	5:31:12		4:10:37		3:58:09	
E	<b>PORCENTAJE BALANCE</b>	57,68 %		76,23 %		80,22 %	
F	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO</b>	0:43:18		0:29:29		0:25:28	
G	<b>UNIDAD/HORA</b>	1,39		2,04		2,36	
H	<b>UNIDAD/TURNO</b>	11		16		18	
I	<b>UNIDADES/OPERARIOS</b>	1,22		1,60		1,64	
J	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	Q 73,64		Q 56,25		Q 55,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Balance de líneas adecuado a una línea de producción continua para una distribución por procesos, iteraciones de 7 a 10**

Núm.	DESCRIPCIÓN	ITERACIÓN 7		ITERACION 8		ITERACIÓN 9		ITERACIÓN 10	
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1	Lavado de envases	0:18:24	2	0:18:24	2	0:18:24	2	0:12:16	3
2	Secado de envases	0:18:45	2	0:18:45	2	0:12:30	3	0:12:30	3
3	Envasado	0:18:48	4	0:15:02	5	0:15:02	5	0:15:02	5
4	Enroscado	0:12:32	1	0:12:32	1	0:12:32	1	0:12:32	1
5	Etiquetado	0:10:49	2	0:10:49	2	0:10:49	2	0:10:49	2
6	Encajado	0:07:24	1	0:07:24	1	0:07:24	1	0:07:24	1
A	<b>MINUTO TOTAL DEL OPERARIO</b>	3:11:03		3:11:03		3:11:03		3:11:03	
B	<b>CICLO DE CONTROL</b>	0:18:48		0:18:45		0:18:24		0:15:02	
C	<b>NÚM. DE OPERARIOS</b>	12		13		14		15	
D	<b>TIEMPO DE LINEA</b>	3:45:33		4:03:39		4:17:36		3:45:33	
E	<b>PORCENTAJE BALANCE</b>	84,70 %		78,41 %		74.17 %		84,70 %	
F	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO</b>	0:22:07		0:22:03		0:21:39		0:17:41	
G	<b>UNIDAD/HORA</b>	2,71		2,72		2,77		3,39	
H	<b>UNIDAD/TURNO</b>	21		21		22		27	
I	<b>UNIDADES/OPERARIOS</b>	1,75		1,62		1,57		1,80	
J	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	Q 51,43		Q 55,71		Q 57,27		Q 50,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Balance de líneas adecuado a una línea de producción continúa para una distribución por procesos, iteraciones de 11 a 14**

Núm.	DESCRIPCIÓN	ITERACIÓN 11		ITERACIÓN 12		ITERACIÓN 13		ITERACIÓN 14	
		TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1	Lavado de envases	0:12:16	3	0:12:16	3	0:12:16	3	0:12:16	3
2	Secado de envases	0:12:30	3	0:12:30	3	0:12:30	3	0:09:22	4
3	Envasado	0:12:32	6	0:12:32	6	0:10:44	7	0:10:44	7
4	Enroscado	0:12:32	1	0:06:16	2	0:06:16	2	0:06:16	2
5	Etiquetado	0:10:49	2	0:10:49	2	0:10:49	2	0:10:49	2
6	Encajado	0:07:24	1	0:07:24	1	0:07:24	1	0:07:24	1
A	<b>MINUTO TOTAL DEL OPERARIO</b>	3:11:03		3:11:03		3:11:03		3:11:03	
B	<b>CICLO DE CONTROL</b>	0:12:32		0:12:32		0:12:30		0:12:16	
C	<b>NÚM. DE OPERARIOS</b>	16		17		18		19	
D	<b>TIEMPO DE LINEA</b>	3:20:32		3:33:01		3:44:54		3:53:04	
E	<b>PORCENTAJE BALANCE</b>	95,27 %		89,69 %		84,95 %		81,97 %	
F	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO</b>	0:14:45		0:14:45		0:14:42		0:14:26	
G	<b>UNIDAD/HORA</b>	4,07		4,07		4,08		4,16	
H	<b>UNIDAD/TURNO</b>	32		32		32		33	
I	<b>UNIDADES/OPERARIOS</b>	2,00		1,88		1,78		1,74	
J	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	Q 45,00		Q 47,81		Q 50,63		Q 51,82	

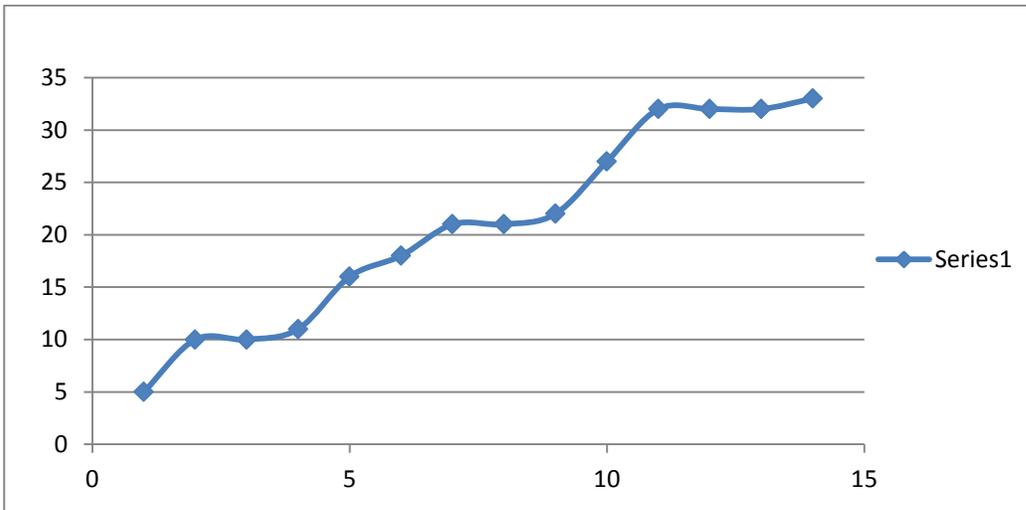
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resultados obtenidos del balance de líneas para producción continua**

Núm.	DESCRIPCIÓN	ITERACIÓN 11	
		TIEMPO	OP
6	Lavado de envases	0:12:16	3
7	Secado de envases	0:12:30	3
8	Envasado	0:12:32	6
9	Enroscado	0:12:32	1
10	Etiquetado	0:10:49	2
11	Encajado	0:07:24	1
A	MINUTO TOTAL DEL OPERARIO	3:11:03	
B	CICLO DE CONTROL	0:12:32	
C	NÚM. DE OPERARIOS	16	
D	TIEMPO DE LINEA	3:20:32	
E	PORCENTAJE BALANCE	95,27 %	
F	CICLO DE TRABAJO AJUSTADO	0:14:45	
G	UNIDAD/HORA	4,07	
H	UNIDAD/TURNO	32	
I	UNIDADES/OPERARIOS	2,00	
J	COSTO POR UNIDAD	Q.45.00	

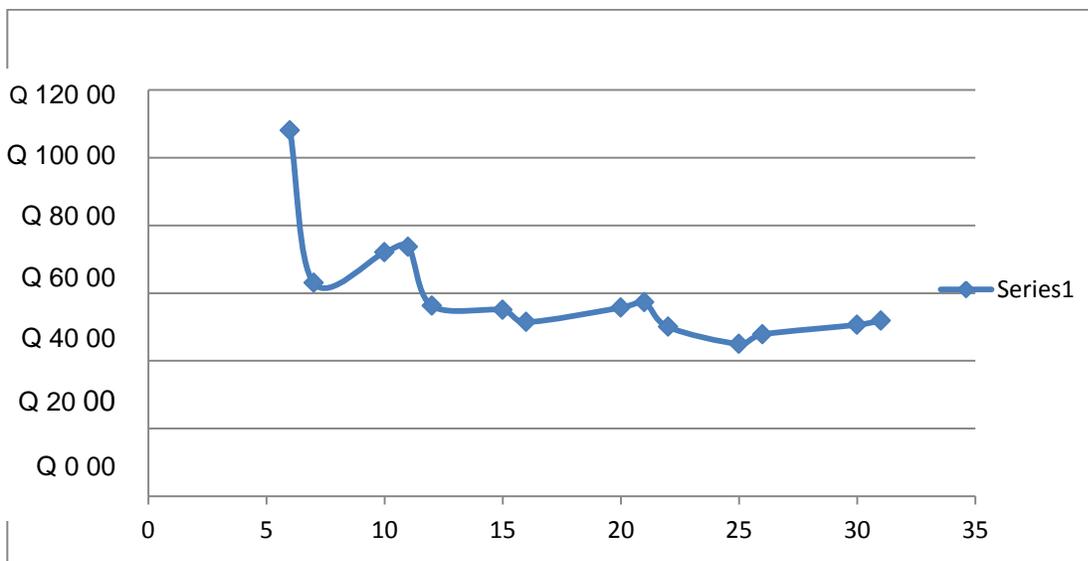
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Gráfico unidades/turno versus iteración**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Gráfico del comportamiento de los costos a medida que aumenta el número de operarios**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Propuestas presentadas**

<b>Operación</b>	<b>Contratación de personal</b>	<b>Semimanual</b>	<b>Automática</b>
Costos inicial	Q 6 000,00	Q 88 520,00	Q 456 640,00
Costo anual de cada propuesta	Q 4 032 600,00	Q 3 768 000,00	Q 3 654 600,00
Salvamento	600	Q 8 852,00	Q 45 664,00
Años	5	5	5
Capacidad total de galones producidos	432,000	518 400	864 000
Capacidad máxima de ventas	Q 25 920 000,00	Q 31 104 000,00	Q 51 840 000,00
Demanda de galones estimada anualmente	6 000	6 000	6 000
Gastos fijos anuales aproximados, asumiendo la misma demanda	Q 3 390 000,00	Q 3 390 000,00	Q 3 390 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Propuesta 1, contratación de personal**

<b>Propuesta 1</b>	<b>Contratación de personal</b>		
<b>Operaciones a realizar</b>	<b>Operarios disponibles</b>	<b>Cantidad de producción al año</b>	<b>Sueldos al año (Q)</b>
Lavado	3	432 000 gal	Q 113 400,00
Secado	3	432 000 gal	Q 113 400,00
Llenado	6	432 000 gal	Q 226 800,00
Taponado	1	432 000 gal	Q 37 800,00
Etiquetado	2	432 000 gal	Q 75 600,00
Encajado	1	432 000 gal	Q 37 800,00
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>432 000 gal/año</b>	<b>Q 604 800,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Propuesta 2, adquisición de equipo semimanual**

Adquisición de una llenadora semimanual a gravedad, una tapadora y una etiquetadora semimanual						
Operaciones a realizar	Operarios disponibles	Maquinaria	Cantidad de producción al mes	Cantidad de producción al año	Sueldo al año (Q)	Costo máquina (Q)
Lavado	3	0	43 200 gal	518 400 gal	Q 113 400,00	Q 0,00
Secado	3	0	43 201 gal	518 400 gal	Q 113 400,00	Q 0,00
Llenado	1	1	43 202 gal	518 400 gal	Q 37 800,00	Q 81 000,00
Tapado	1	1	43 203 gal	518 400 gal	Q 37 800,00	Q 1 920,00
Etiquetado	1	1	43 204 gal	518 400 gal	Q 37 800,00	Q 5 600,00
Encajado	1	0	43 205 gal	518 400 gal	Q 37 800,00	Q 0,00
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>43 206 gal</b>	<b>518 400 gal</b>	<b>Q 378 000,00</b>	<b>Q 88 520,00</b>
						<b>Q 466 520,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Propuesta 3, industrialización de la línea**

Propuesta 3		Industrialización de la línea con equipo automatizado				
Operaciones a realizar	Operarios disponibles	Maquinaria	Cantidad de producción al año	Sueldo al año (Q)	Máquina (\$)	Máquina (Q)
Lavado	3	0	864 000 gal	Q 113 400,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Secado	3	0	864 000 gal	Q 113 400,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Llenado	0	1	864 000 gal	Q 0,00	\$ 42 000,00	Q 336 000,00
Taponado	0	1	864 000 gal	Q 0,00	\$ 2 090,00	Q 16 720,00
Etiquetado	0	1	864 000 gal	Q 0,00	\$ 12 990,00	Q 103 920,00
Encajado	1	0	864 000 gal	Q 37 800,00	\$ 0,00	Q 0,00
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>86 400 gal/año</b>	<b>Q264,600,00</b>	<b>\$ 57 080,00</b>	<b>Q 456 640,00</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>Q 721 240,00</b>		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXII. Análisis de valor presente neto de la propuesta 1**

VPN propuesta 1				Valor en 0 del valor neto con el tipo de interés			
Año	Ingresos	Gastos	Valor neto	5 %	10 %	25 %	20 %
0	Q 0,00	Q 610 800	-Q 610 800	-Q 610 800	-Q 610 800	-Q 610 800	-Q 610 800
1	432 000	Q 3 994 800	Q 325 200	Q 309 720	Q 295 639	Q 260 160	Q 270 989
2	4 320 000	Q 3 994 800	Q 325 200	Q 294 956	Q 268 745	Q 208 128	Q 225 819
3	4 320 000	Q 3 994 800	Q 325 200	Q 280 908	Q 244 323	Q 166 502	Q 188 193
4	4 320 000	Q 3 994 800	Q 325 200	Q 267 542	Q 222 112	Q 133 202	Q 156 844
5	4 320 000	Q 3 994 800	Q 325 200	Q 254 794	Q 201 917	Q 106 568	Q 130 698
VPN total				Q 797 121	Q 621 936	Q 263 760	Q 361 743
VPN de interés 20 %		Q 362 343					
TIR:		45 %					
B/C=		1,08					

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXIII. Análisis de valor presente neto de la propuesta 2**

VPN propuesta 2				Valor en 0 del valor neto con el tipo de interés		
Año	Ingresos	Gastos Q	Valor neto	5 %	10 %	20 %
0	0	Q 466 520,00	-Q 466 520,00	-Q 466 520	-Q 466 520	-Q 466 520
1	Q 4 320 000	Q 3 768 000	Q 552 000	Q 525 725	Q 501 823	Q 459 981,60
2	Q 4 320 000	Q 3 768 000	Q 552 000	Q 500 664	Q 456 173	Q 383 308,80
3	Q 4 320 000	Q 3 768 000	Q 552 000	Q 476 818	Q 414 718	Q 319 442,40
4	Q 4 320 000	Q 3 768 000	Q 552 000	Q 454 130	Q 377 016	Q 266 229,60
5	Q 4 320 000	Q 3 768 000	Q 552 000	Q 432 492	Q 342 737	Q 221 848,80
VPN total				Q 1 923 309	Q 1 625 946	Q 1 184 291,20
Valor de rescate:		Q 8 852,00				
VPN de interés 20 %		Q 1 193 143,20				
TIR2:		116 %				
B/C=		1,14				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Análisis de valor presente neto de la propuesta 3**

VPN propuesta 3				Valor en 0 del valor neto con el tipo de interés		
Año	Ingresos	Gastos	Valor neto	5 %	10 %	20 %
0	Q 0,00	Q 721 240,00	-Q 721 240,00	-Q 721 240,00	-Q 721 240,00	-Q 721 240,00
1	Q 4 320 000	Q 3 654 600	Q 665 400,00	Q 633 726,96	Q 604 915,14	Q 554 477,82
2	Q 4 320 000	Q 3 654 600	Q 665 400,00	Q 603 517,80	Q 549 886,56	Q 462 053,76
3	Q 4 320 000	Q 3 654 600	Q 665 400,00	Q 574 772,52	Q 499 915,02	Q 385 066,98
4	Q 4 320 000	Q 3 654 600	Q 665 400,00	Q 547 424,58	Q 454 468,20	Q 320 922,42
5	Q 4 320 000	Q 3 654 600	Q 665 400,00	Q 521 340,90	Q 413 146,86	Q 267 424,26
VPN total				Q 2 159 542,76	Q 1 801 091,78	Q 1 268 705,24
Valor de rescate		Q45,664.00				
VPN de interés 20 %1		Q 1 314 369,24				
TIR3:		79 %				
B/C=		1,18				

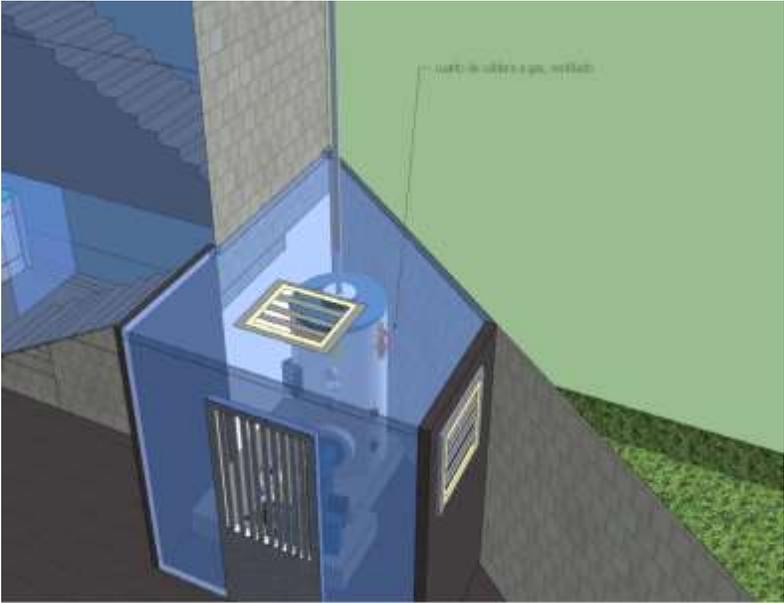
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Diagrama 3D del diseño propuesto**



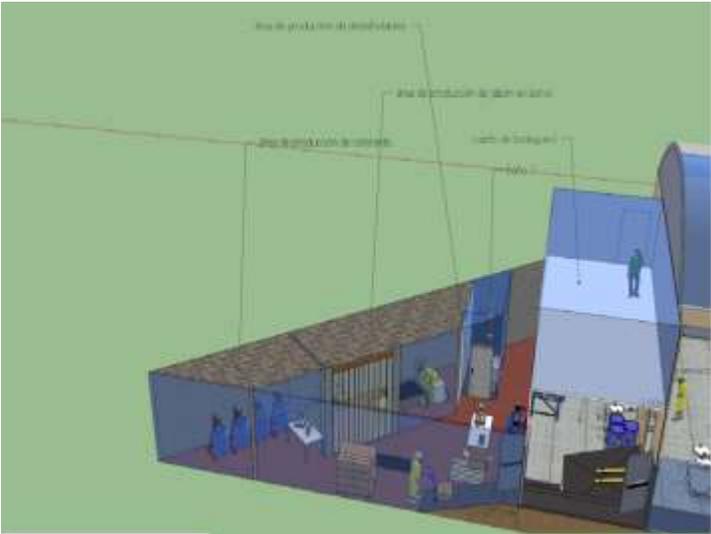
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 14. **Diagrama 3D, sistema de distribución de agua al proceso**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 15. **Producción de desinfectante, cloro y detergente en polvo**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 16. **Diagrama 3D del diseño propuesto, almacenamiento de envases y reactivos**



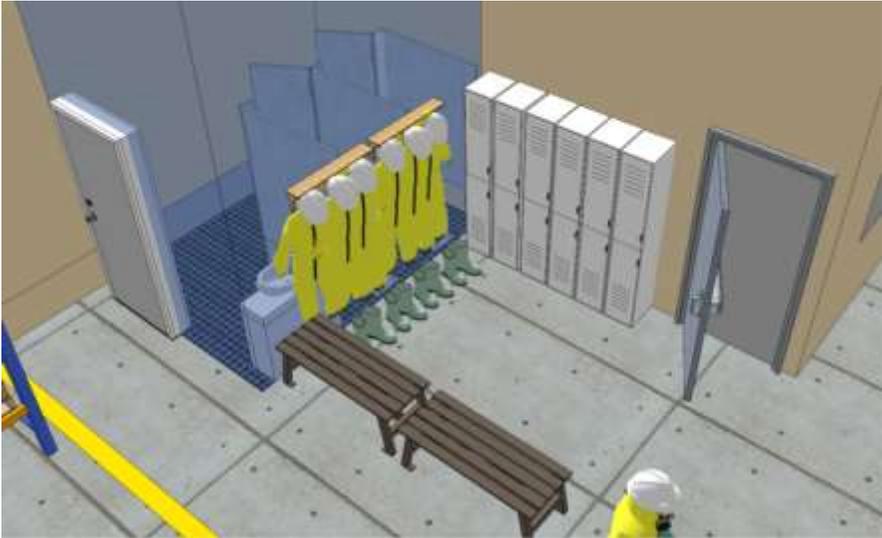
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 17. **Diagrama 3D, producto terminado**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 18. Diagrama 3D, área de sanitarios y lockers de los operarios



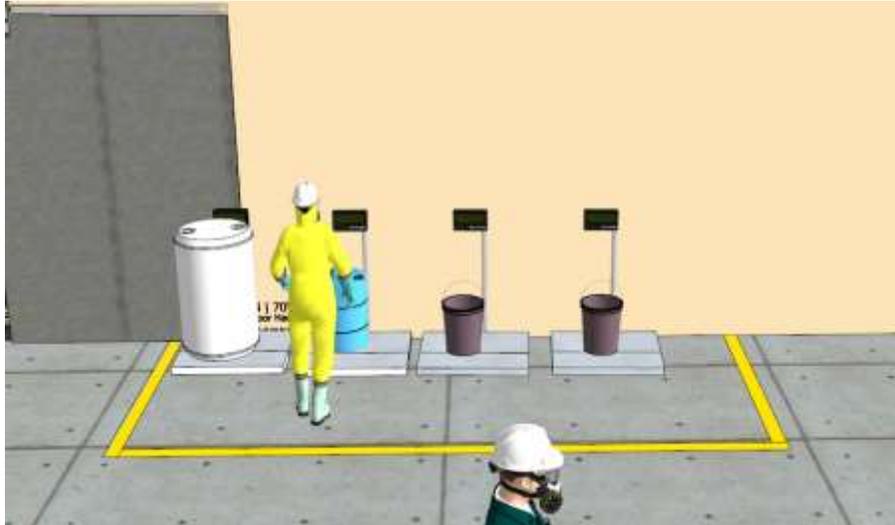
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 19. Diagrama 3D, área de inspección



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 20. **Diagrama 3D, área de pesado de materia prima**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 21. **Diagrama 3D, Sistema de etiquetado**



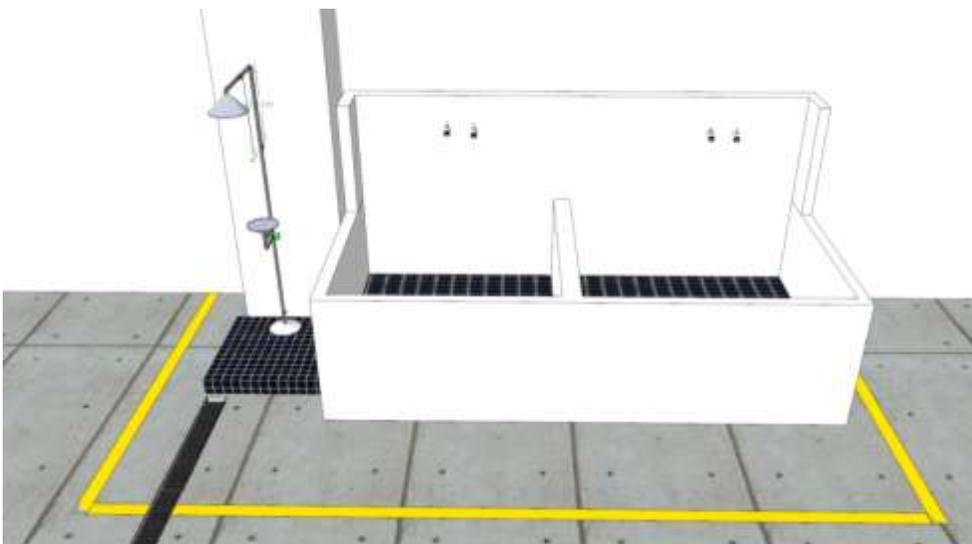
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 22. **Diagrama 3D, área del proceso de producción**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 23. **Diagrama 3D, área del proceso de lavado**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Según los datos obtenidos durante el tiempo observado y tomado en cuenta los diagramas elaborados para la empresa Disquinsa, se puede analizar cada uno de estos para interpretar el estado actual de la planta y así formular un buen plan de diseño.

La figura 2 presenta la anatomía del proceso utilizado por la empresa, en donde se observa que no existen reacciones en sus procesos, sino que sus productos son elaborados a base de mezclas. La figura 3 presenta el diagrama de flujo empleado en la línea de producción, la cantidad y el equipo empleado.

Las figuras 4 y 5 muestran la situación actual de la distribución de áreas de la empresa Disquinsa, se observa cómo están repartidos los procesos que se llevan a cabo en la elaboración de los productos químicos de limpieza. La empresa consta de un área total de 609,07 metros cuadrados que se dividen en oficinas, área de producción de detergentes, área de producción de desinfectantes y jabón en polvo, área de producción de colorantes, área de almacenamiento de envases y un área de almacenamiento de producto terminado.

La figura 6 muestra el recorrido actual de los operarios, se puede observar, por medio de flechas, la dirección que toman las operaciones y los empleados. La figura 7 enseña el diagrama de procesos actual que se lleva a cabo en el proceso de producción de detergente líquido de la empresa.

La figura 8, por su parte, demuestra la propuesta final de un diagrama de áreas adecuado para la redistribución de la planta. Presenta un diseño donde se respetan los principios básicos de la distribución de planta, en donde se integran las áreas de una manera lógica enfocada en el orden de los procesos a seguir en la elaboración de los productos químicos de limpieza, aprovechando al máximo los espacios y generando una circulación de materiales adecuada, minimizando distancias, demoras y cuellos de botella, para así provocar en el personal una sensación de seguridad y satisfacción. Para esto se empleó el sistema de diagrama de hilos y el SLP o *systematic layout planning*, que permite valorar los procesos (ver apéndice 14) según una relación de proximidad, de esta forma se encontró la distribución de planta más adecuada.

En la figura 9 se observa la propuesta para el diagrama de recorrido que deberán de realizar los empleados involucrados en esta línea de producción. Presenta un modelo de disminución de distancias, minimiza los cuellos de botella, se identifican mejor las áreas del proceso de producción y permite un mejor aprovechamiento del espacio.

Para presentar un diagrama de recorrido adecuado, se tomó en cuenta el análisis de riesgo (ver apéndices 1 al 9), elaborado con el fin de identificar posibles riesgos de accidentes u otros siniestros que puedan afectar a la empresa.

En la figura 10 se presenta el diagrama de procesos propuesto. Al compararlo con el de la figura 7, se observa que el resultado obtenido es un diagrama más completo, ordenado y detallado de cada paso que lleva el algoritmo del proceso. El proceso se divide en 3, siendo dos de ellos los procesos de elección de materia prima y envases, complementarios al proceso de producción.

Con el objetivo de disminuir los tiempos de trabajo en el proceso de producción, se realizaron dos balances de líneas. Para lograr esto, primero se tomaron los tiempos y las distancias recorridas que tarda el proceso actual en realizar un lote de producto, (ver tabla VIII). Luego, se procedió a establecer qué procesos eran los que definían la línea de producción y se les tomó su tiempo. Estos fueron 6, lavado de envases, secado de envases, envasado, taponado, etiquetado y encajado, siendo el proceso de envasado el cuello de botella del proceso (ver tabla IX).

En las tablas X y XI se presentan los resultados obtenidos del balance de línea con los tiempos tomados en el proceso actual, este balance indica que para cumplir con la demanda requerida y obtener una eficiencia de 90 %, son necesarios emplear 66 operarios en estos 6 procesos.

Para cumplir con el objetivo de reducir los tiempos de proceso y así mejorar la línea de producción, se realizó un segundo balance de línea, en donde, por un método de iteraciones, se logró reducir los tiempos de las 6 estaciones de trabajo que forman la línea de producción. En la tabla XII se presentan los requerimientos necesarios para elaborar este balance, y en las tablas XIII y XIV se presentan las iteraciones realizadas a partir de los requerimientos de la tabla XII.

Los resultados del balance de líneas se presentan en la tabla XV y en esta se puede observar que en la iteración 11 los tiempos se lograron igualar a un promedio de 12 minutos con 32 segundos, necesitando solamente 16 empleados a un costo de Q 45,00 por lote de producción de 150 galones, obteniendo un porcentaje de balance alto de 95,27. Esto indica que toda la línea de producción redujo sus tiempos y solamente necesitaría 16 operarios, un

número muy diferente al obtenido en el primer balance, el cual era de 66 empleados.

En las figuras 11 y 12 se muestran las representaciones gráficas de la tendencia que se tiene al lograr balancear la línea de producción, esto demuestra cómo se pueden reducir los tiempos de trabajo, agregando operarios al proceso y cómo esto hace que aumente la producción y la eficiencia de la línea.

En la tabla XVI se exhiben las 3 propuestas presentadas como posibles opciones para implementar en el diseño de la planta. La primera sugiere la contratación de 16 operarios, tal como se establecía en balance de líneas; la segunda propone la adquisición de equipo semimanual para aumentar la capacidad de producción y así no contratar 16 operarios; solamente emplearía 10 operarios, y la tercera propuesta indica la adquisición de equipo automatizado, en donde solamente se contratarían 7 operarios para manejar la línea.

La tabla XVII demuestra la propuesta 1, contratación de personal; la tabla XVIII expone la propuesta 2, adquisición de equipo semimanual; y la tabla XIX enseña la propuesta 3, industrialización de la línea con equipo automatizado.

Nota: los valores de los equipos fueron obtenidos de cotizaciones para la empresa. Para analizar las propuestas, se planteó realizar un análisis de costos de cada una, utilizando conceptos como valor presente neto, tasa interna de retorno y la relación beneficio/ costo, que permiten evaluar los proyectos en forma de inversiones para decidir si son rentables o no.

Empleando una tasa de inversión de préstamo del 20 %, para 5 años, la tabla XX presenta los resultados del análisis de la propuesta 1, con un VPN de Q 362 343, una TIR de 45 % y una relación B/C de 1,08.

La tabla XXI muestra los resultados del análisis de la propuesta 2, con un VPN de Q 1 193 143,20, una TIR de 116 % y una relación B/C de 1,14.

Por último, la tabla XXII enseña los resultados del análisis de la propuesta 3, con un VPN de Q 1 314 369,24, una TIR de 79 % y una relación B/C de 1,18. Se demuestra así que las 3 propuestas presentan rentabilidad y ganancias positivas.

Por último, se presentan las figuras del diseño propuesto en 3-D para la redistribución de planta, elaborados en el programa SketchUp 2008. Se utilizó la propuesta 2, adquisición de equipo semimanual, para elaborar este diseño.



## CONCLUSIONES

1. El diseño actual de distribución de planta de la empresa no está correctamente elaborado, ya que carece de una configuración ordenada de las áreas de trabajo y del equipo, además, no ofrece la distribución más segura y satisfactoria para los empleados.
2. El diseño actual presenta varias áreas desaprovechadas y mal posicionadas, afectando de manera directa el flujo del proceso y generando cuellos de botella que amenazan con contaminación del producto final e incluso accidentes (ver figura 5).
3. Al analizar el diagrama de recorrido, es posible observar que existen recorridos muy largos, como el que se da entre el área de envases y el área de producción, esto generan demora, posibles cuellos de botella y tráfico (ver figura 6).
4. Con el modelo de distribución (figura 9) se eliminan largos recorridos, por ende se reducen los tiempos de producción y gastos físicos. También se eliminan demoras innecesarias y posibles cuellos de botella. Por último permite la implementación de un sistema de producción en línea.
5. La figura 10 presenta un modelo de proceso propuesto más adecuado que cumple con los principios básicos de una buena distribución de planta.

6. Los balances de líneas demuestran que es posible reducir los tiempos de producción con la contratación de más operarios, pero esto permitirá una mayor eficiencia de producción a un menor costo.
7. La iteración 11 de la tabla XIV presenta el mejor modelo de línea de producción adecuado a la planta.
8. La propuesta que más se ajusta a las necesidades de la empresa es la propuesta 2, adquisición de equipo semimanual, puesto que presenta una TIR elevada con una inversión no alta, esta es la propuesta aceptada para este trabajo de graduación.
9. El diseño 3-D presenta un diseño elegante y ordenado de cómo debe ser la distribución de la planta

## RECOMENDACIONES

1. Implementar la propuesta del diseño representada en las figuras 8, 9 y 10.
2. La posición del área de almacenamiento de producto final y el área de producción se encuentra mal posicionada. La primera está situada lejos del área de carga y despacho y la segunda presenta tráfico con el área de producción de desinfectante y jabón en polvo, por lo que presenta un riesgo a contaminarse con producto en polvo o a mojarse con desinfectante, provocando contaminación cruzada, de tipo producto final y producto aún en producción (ver figura 5). Se recomienda cambiar el área de almacenamiento con el de producción de detergente líquidos, de esta forma se le concederá mayor espacio, necesario para la implementación de una línea de producción continua, respetando el diseño de planta de distribución por procesos. De esta forma, todo producto terminado queda a solo unos pasos del área de despacho en donde se estacionan los camiones para ser cargados.
3. Se debe implementar un área aparte para la producción de colorante, ya que esta se encuentra afuera del establecimiento, al aire libre, por motivos de ventilación. Debido a que la materia prima es un polvo fino, causa que todo lo que la rodea quede impregnado de color rojo, esto significa contaminación, no solo al medio ambiente, sino también al producto, pues este es bombardeado por los humos de camioneta que circulan en la carretera y también contaminado por insectos, especialmente mosquitos y abejas (ver figura 5).

4. Ampliar o agregar un área de lavado, puesto que solamente existe un área de lavado habilitada y es muy pequeña, consta de una pila y se encuentra en la entrada de las oficinas, muy lejos del área de almacenamiento de envases, esto genera demora y mucho tránsito por esta área, lo cual se desea evitar (ver figura 5).
5. Las áreas desaprovechadas deberán ser restauradas y capacitadas, es decir, libres para uso industrial y con líneas de corriente y agua para poder utilizarlas en los procesos de producción de colorante, desinfectantes y jabón en polvo.
6. Construir mezanines para colocar en alto las tres marmitas de producción, con la altura necesaria para descargar hacia toneles y para enviarlas a la máquina de llenado o *filler*.
7. Implementar la propuesta 2, adquisición de equipo semimanual.
8. Balancear la línea después de implementar la propuesta 2 para verificar que se cumpla que los tiempos de ciclos sean lo más similar posible.
9. Es necesario realizar algunas construcciones para implementar la propuesta elegida.

## BIBLIOGRAFÍA

1. APPLE, James M. *Plant layout and materials handling*. 2a.ed. EUA: The Ronald Press, 1976. 188 p.
2. *Distribución en planta*. [en línea]. <[http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf)>. [Consulta: 4 de abril de 2015].
3. *Informe de sistematización*. [en línea]. <<http://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/organizacioninterna/dps/higiene-y-seguridad/173-reglamento-de-higiene-y-seguridad.html>>. [Consulta: 4 de abril de 2015].
4. MCKETTA, John J.; DEKKER, Marcel. *Encyclopedia of chemical processing and design*. USA: Piping Design Handbook, 1995. 1 185 p.
5. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo. Condiciones generales de los locales y ambientes de trabajo*. Guatemala: Diario de Centro América. 23 p.
6. MUÑOZ CABANILLAS, Martín. *Diseño de distribución en planta de una empresa textil*. [en línea]. <[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/data/tesis/ingenie/munoz\\_cm/cap4.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/data/tesis/ingenie/munoz_cm/cap4.pdf)>. [Consulta: 4 de abril de 2015].

7. Organización Internacional de Normalización. *Norma ISO 9001: 2008*. España: ISO, 2014. 208 p.
8. PERRY, Robert H. *Manual del ingeniero químico*. 6ta ed. México: McGraw-Hill, 1994. 2 577 p.
9. WILEY, John & Sons. *Encyclopedia of chemical technologyinc*. USA: Kirk-Othmer, 2001. 1 084 p.
10. \_\_\_\_\_. *Ullmann`s; Encyclopedia of industrial chemistry*. USA: Kirk-Othmer, 2008. 1 150 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Hoja de trabajo de análisis de riesgos, limpieza de marmitas

<b>Hoja de trabajo de análisis de riesgos del proceso de producción de detergente líquido</b>		
<b>Trabajo:</b> Limpieza de marmita y producción en marmita		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Secuencia de eventos</b>	<b>Riesgos o accidentes potenciales</b>	<b>Medidas preventivas</b>
Se cierra la llave de bola  Se abre la llave de bola	a) La llave este cubierta de algún reactivo. b) La llave este oxidada y por ende este atascada o necesite bastante fuerza para abrirla.	a) Se utilizarán guantes de polipropileno o de cuero para abrir la llave. b) Se establecerá una fecha para aceitar la llave de paso de la marmita.
Se levanta la tapa de la marmita  Se cierra la tapa de la marmita	a) La tapadera de la marmita le caiga sobre la mano o peor aún sobre la cabeza.	a) Se utilizará casco y guantes de protección personal al manejar la marmita.
Lavado con manguera a presión  Enjuagado con agua de la manguera a presión Llenado de agua como materia prima	a) Mojar el motor de agitación, cortocircuito. b) Exposición a un resbalón. c) Que se dé un salpicado a los ojos o a la piel de los restos de productos o reactivos dentro de la marmita.	a) El motor seca cubierto con un plástico o una lona en todo momento, evitando así que sea alcanzado por el agua. b) Cualquier derrame será limpiado inmediatamente para evitar accidentes. c) Se utilizará equipo de protección personal, lentes, guantes, overol y botas en todo momento que se trabaje en el área de producción.
Restregado con esponja dentro y fuera de la marmita	a) Corte con las orillas de la marmita. b) La tapadera caiga sobre la cabeza. c) Contacto con algún químico.	a) Se recomienda cambiar el uso de la esponja azul para la limpieza por el uso de un bolillo y un jalador con mango. b) Utilizar siempre el equipo de protección personal.

Continuación del apéndice 1.

<p>Encendido del motor del agitador</p> <p>Apagado del motor del agitador</p>	<p>a) El operario podría electrocutarse con el <i>switch</i> de encendido.</p> <p>b) Podría darse un cortocircuito.</p> <p>c) Los cables del motor podrían causar un accidente, caída o cortocircuito</p>	<p>a) Utilizar equipo de protección personal en todo momento, especialmente guantes y botas de polipropileno.</p> <p>b) Se evaluará mensualmente el estado de los motores de la marmita para evitar algún accidente.</p> <p>c) Todos los cables de motor o cualquier otro equipo serán instalados de manera que no estorben en ningún momento al operario, de ser necesario se moverá la marmita.</p>
<p>Agregado de la materia prima</p> <p>Agregado de los aditivos finales</p>	<p>a) Lesión en la espalda debido al esfuerzo al llevar la cubeta de producto desde el área de pesado hasta la marmita.</p> <p>b) Caídas, resbalones.</p> <p>c) Cansancio físico por el esfuerzo.</p> <p>d) Pérdida de producto, derrames.</p> <p>e) Contacto físico con los reactivos.</p>	<p>a) Utilice sus piernas para levantar y párese lo más cerca posible.</p> <p>b) Utilizar botas antideslizantes.</p> <p>c) Colocar el área de pesado lo más cercano al área de producción para disminuir la distancia a recorrer al llevar reactivos al área de producción.</p> <p>d) Modificar el método de agregado de reactivos por uno que utilice bombas peristálticas o de diafragma.</p> <p>e) Tapar la cubeta en donde lleva el reactivo a usar y utilizar el equipo de protección personal.</p>
<p>Inspección del producto terminado</p>	<p>a) Contacto con el producto terminado</p>	<p>a) Utilizar equipo de protección personal</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Hoja de trabajo de análisis de riesgos, proceso de pesado**

<b>Hoja de trabajo de análisis de riesgos del proceso de producción de detergente líquido</b>		
<b>Trabajo:</b> Proceso de pesado de materia prima		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Secuencia de eventos</b>	<b>Riesgos o accidentes potenciales</b>	<b>Medidas preventivas</b>
Tarado de la cubeta vacía	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Resbalones, caídas.</li> <li>b) Cortaduras con la cubeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Colocar señalizaciones preventivas.</li> <li>b) Utilizar equipo de protección personal.</li> </ul>
Trasegado de la materia prima del envase de reactivos con cubeta y pesaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Esfuerzo sobre la espalda al trasegar, posible lesión muscular.</li> <li>b) Derrames de producto, contacto con la materia prima.</li> <li>c) Posibles caídas o resbalones.</li> <li>d) Cansancio por repetir el proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Utilice sus piernas para levantar y párese lo más cerca posible, utilizar soporte de espalda de cuero.</li> <li>b) Utilizar el equipo de protección personal en todo momento.</li> <li>c) Elaborar un programa de limpieza constante en el área de producción o calentado que permita que el área de producción y de pesado estén constantemente limpias.</li> <li>d) Modificar el proceso para que el proceso no sea repetitivo.</li> </ul>
La cubeta con reactivo se quita de la pesa y se agrega a la marmita Se repiten los pasos hasta completar	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lesión muscular por cargar la cubeta y repetir el proceso cuando se necesite más de 5 galones de reactivo en la fórmula.</li> <li>b) Cansancio físico del operario</li> <li>c) Posibilidad de caída, resbalón, cortadas.</li> <li>d) Contacto físico con los reactivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rediseñar la distribución de planta para que el área de pesado esté cercana al área de producción y de calentado.</li> <li>b) Modificar el sistema de llenado de materia prima usado en el proceso de producción.</li> <li>c) Utilizar el equipo de protección personal en todo momento, botas y guantes.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Hoja de trabajo de análisis de riesgos, proceso de calentado de materia prima**

<b>Hoja de trabajo de análisis de riesgos del proceso de producción de detergente líquido</b>		
<b>Trabajo:</b> Proceso de calentado de reactivos		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Secuencia de eventos</b>	<b>Riesgos o accidentes potenciales</b>	<b>Medidas preventivas</b>
Colocación de la olla sobre la hornilla	a) Cortaduras con la olla	a) Utilizar equipo de protección personal.
Se agrega agua a la olla	a) Resbalones, caídas	a) Utilizar botas antideslizantes.
Se abre la llave de gas Se enciende la hornilla Se cierra la llave de gas Se apaga la hornilla	a) Fugas de gas b) Incendios c) Quemaduras d) Accidentes fatales	a) Colocar señalizaciones preventivas sobre el uso adecuado de la hornilla de gas. b) Instalación de extinguidores en el área de calentado. c) Instalación de ducha de emergencia cercana al área de calentado. d) Utilizar equipo de protección personal.
Se agrega el reactivo a calentar  Se agita manualmente con una paleta	a) Salpicaduras al operario b) Quemaduras c) Derrames	a) Utilizar equipo de protección personal, guantes, lentes de seguridad, overol.
Remoción y agregado del reactivo caliente a la marmita	a) Quemaduras b) Caídas c) Derrames	a) Utilizar equipo de protección personal, guantes, lentes de seguridad, overol. b) Este proceso debe de realizarse con supervisión y entre dos o más personas. c) Mantener al área limpia.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Hoja de trabajo de análisis de riesgos, proceso de lavado de envases**

<b>Hoja de trabajo de análisis de riesgos del proceso de producción de detergente líquido</b>		
<b>Trabajo:</b> Proceso de lavado de envases		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Secuencia de eventos</b>	<b>Riesgos o accidentes potenciales</b>	<b>Medidas preventivas</b>
Se colocan los envases Utilización de la manguera de agua a presión  Restregado con esponja Enjuague con agua a presión Secado de envases con toallas	a) Lesión muscular. b) Cortadas por los envases. c) Riesgo a resbalarse piso mojado.	a) Utilizar soporte de espalda. b) Utilizar botas antideslizantes, guantes de polipropileno y casco. c) Colocar señalizaciones de precaución.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Hoja de trabajo de análisis de riesgos proceso de envasado**

<b>Hoja de trabajo de análisis de riesgos del proceso de producción de detergente líquido</b>		
<b>Trabajo:</b> Procesos de envasado, tapado, etiquetado, encajado y almacenado		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Secuencia de eventos</b>	<b>Riesgos o accidentes potenciales</b>	<b>Medidas preventivas</b>
Descarga de producto terminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Caídas, causadas por derrames.</li> <li>b) Lesiones musculares debido al constante abrir y cerrar de la llave de paso de la marmita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mantener limpia el área de producción en todo momento.</li> <li>b) Modificar el sistema de descarga de producto, una opción es utilizar bombas peristálticas, o bien, elevar la altura de descarga de las marmitas para aprovechar la fuerza de gravedad y poder descargar fácilmente.</li> </ul>
<p>Se cierra la llave de bola.</p> <p>Se abre la llave de bola</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) La llave está cubierta de algún reactivo.</li> <li>b) La llave está oxidada y por ende este atascada o necesita bastante fuerza para abrirla .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Se utilizarán guantes de poliuretano o de cuero para abrir la llave.</li> <li>b) Se establecerá una fecha para aceitar la llave de paso de la marmita.</li> </ul>
<p>Se vacía la cubeta en un tonel de boca ancha abierta.</p> <p>Se procede a trasegar el producto del tonel a los envases finales, utilizando embudos y pichelos de 2 litros, y filtrando con coladores para evitar posible contaminación residual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lesiones musculares debido a la repetición de la acción de llenar con una cubeta el tonel.</li> <li>b) Derrames de producto.</li> <li>c) Caídas.</li> <li>d) Contacto con el producto terminado, ensuciamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificar el proceso de envasado</li> <li>b) Eliminar el contacto humano/pichel con el producto terminado</li> <li>c) Utilizar botas antideslizantes</li> <li>d) Utilizar guantes de polipropileno limpios</li> </ul>
Se colocan los envases llenos de productos sobre <i>pallets</i> de plástico	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lesiones musculares causadas por agacharse constantemente al nivel de los <i>pallets</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificar el proceso de llenado.</li> <li>b) Eliminar la utilización del <i>pallet</i>, adquirir mesas de trabajo.</li> </ul>

Continuación del apéndice 5.

<p>Se les coloca sobrepuestos los tapones.</p> <p>Enroscado de los tapones.</p>	<p>a) Lesiones musculares causadas por agacharse constantemente al nivel de los <i>pallets</i>.</p>	<p>a) Modificar el proceso de tapado, trabajar a una altura ideal para el operario, adquirir mesas de trabajo.</p>
<p>Los envases colocados en los <i>pallets</i> son trasladados a las mesas de trabajo.</p> <p>Se toma una etiqueta de la bobina de etiquetas y pega sobre el envase uno por uno.</p> <p>Se examina el envase final y se mueve sobre la mesa de trabajo para el posterior encajado.</p>	<p>a) Lesiones musculares causadas por agacharse constantemente al nivel de los <i>pallets</i>.</p> <p>b) Cortaduras por papel de etiqueta.</p>	<p>a) Modificar el proceso de tapado, trabajar a una altura ideal para el operario, este proceso se evita con la adquisición de más mesas de trabajo no solamente para el proceso de etiquetado.</p> <p>b) Mantener un botiquín de emergencias en las oficinas.</p>
<p>Se toma el envase etiquetado y se coloca dentro de la caja</p> <p>Al terminar de completar la caja, se sella con <i>tape</i>.</p>	<p>a) Lesiones musculares por el proceso repetitivo de encajar.</p> <p>b) Cortadas con la máquina selladora de <i>tape</i>.</p>	<p>a) Utilizar soporte de espalda de cuero.</p> <p>b) Utilizar guantes protectores de poliuretano.</p>
<p>Se toman las caja que contiene los productos terminado y se trasladan usando un troquet hacia el área de almacenado.</p>	<p>a) Lesiones musculares por cargar las cajas llenas de producto terminado.</p> <p>b) El operario se puede golpear con el troquet.</p> <p>c) El troquet puede pasarle encima al pie del operario.</p>	<p>a) Utilizar soporte de espalda de cuero.</p> <p>b) Capacitar al operario sobre cómo se debe utilizar el troquet y de cómo no se debe de usar.</p> <p>c) Utilizar botas de punta firme o de acero.</p>
<p>Estibado de las cajas</p>	<p>a) Lesiones musculares por cargar las cajas llenas de producto terminado.</p> <p>b) La caja de producto le puede caer en los pies al operario.</p>	<p>a) Utilizar soporte de espalda de cuero.</p> <p>b) Utilizar botas de punta firme o de acero.</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Hoja de trabajo de análisis de riesgos, proceso de traslados**

<b>Hoja de trabajo de análisis de riesgos del proceso de producción de detergente líquido</b>		
<b>Trabajo: Traslados</b>		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Secuencia de eventos</b>	<b>Riesgos o accidentes potenciales</b>	<b>Medidas preventivas</b>
Traslado en troquet (materia prima, toneles, cajas de producto terminado).  Traslado manual de bolsas.	a) Caídas, causadas por derrames. b) Accidentes, el mal uso del troquet puede causar accidentes, dejar caer toneles.	a) Mantener limpio el área en donde se realizan los traslado. b) Mantener identificado con pintura el piso para delimitar las áreas y producción, calentado, entre otros de las de traslado .

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Procesos con exposición potencial a materiales peligrosos o agentes físicos**

<b>Tareas con exposición potencial a materiales peligrosos o agentes físicos</b>		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Tarea</b>	<b>Nombre del material o agente físico</b>	<b>Ubicación</b>
Traslados	Troquet	Almacenaje y pesado
Producción	Marmita y agitadores	Área de producción
Producción	Ácidos, álcalis	Área de producción
Abrir cajas selladas	Navajas	Almacenamiento de materia prima y encajado

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 8. Inventario de químicos peligroso en el trabajo

Inventario de químicos peligrosos en el trabajo		
<b>Análisis hecho por:</b> Jorge Díaz	<b>Revisado por:</b> Ing. Roberto Díaz	<b>Aprobado por:</b> Inga. Telma Cano
<b>Fecha:</b> 11-06-2014	<b>Fecha:</b> 25-06-2014	<b>Fecha:</b> 31/08/2015
<b>Naturaleza del químico</b>	<b>Almacenamiento</b>	
Ácidos	Lugares ventilados, frescos, secos y señalizados. Almacenar bien cerrado en bolsa o contenedores de polietileno. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Inspeccionar periódicamente las áreas de almacenamiento para detectar daños y fugas en los contenedores. Almacenar los contenedores por debajo del nivel de los ojos en caso de ser posible.	
Alcalinos	Almacenar en lugares bien ventilados y secos. Mantener envases cerrados. Almacenar en un área que disponga de un suelo de hormigón, resistente a la corrosión.	
Reactivos volátiles y tóxicos	Lugares ventilados, frescos, secos y señalizados. Temperatura adecuada 15-25 °C. No almacenar por debajo de 12 °C. Almacenar bien cerrado en bolsa o contenedores de polietileno, bien ventilado; alejado de fuentes de ignición y calor. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Inspeccionar periódicamente las áreas de almacenamiento para detectar daños y fugas en los contenedores. Almacenar los contenedores por debajo del nivel de los ojos en caso de ser posible.	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 9. Análisis de riesgos

Con el objetivo de analizar profundamente la seguridad que existe en cada proceso de producción de productos químicos de la empresa, y para poder realizar una correcta redistribución de planta, se realizó un análisis de riesgos.

Se empezó realizando encuestas a todos los empleados encargados del proceso de producción, desde el gerente de producción hasta los operarios y bodeguero.

Para realizar un buen análisis de riesgo, se realizó una observación general al procedimiento de trabajo, se tomó nota de las labores diarias que un operario realiza, dividiéndose por el área de trabajo en que se encuentra.

En la observación realizada a los trabajadores, se tomó nota de los pasos necesarios para realizar cada proceso, con el fin de identificar los posibles riesgos o accidentes potenciales en el trabajo para así tomar medidas preventivas.

El análisis completo se dividió en 10 trabajos para lograr así un análisis exhaustivo de todo el proceso.

Los trabajos se analizarán en las diferentes áreas del proceso en donde se realizan y serán divididas de la siguiente manera:

- Proceso de producción en la marmita
- Proceso de pesado
- Proceso de calentado
- Proceso de lavado de envases
- Proceso de envasado
- Proceso de tapado
- Proceso de etiquetado
- Proceso de encajado
- Proceso de almacenado
- Traslados

A continuación se presenta el desglose de cada proceso para su análisis.

- Proceso de producción en marmita (se divide en dos partes)
  - Limpieza de marmita: la limpieza se hace manualmente
    - Se cierra la llave de bola.
    - Se levanta la tapa de la marmita.
    - Con una manguera de agua a presión se eliminan los restos grandes de producto residual.
    - Con una esponja azul (no ralla el acero inoxidable) se restriega y se enjabona toda la marmita.
    - Con la misma manguera de agua a presión se desagua el jabón.
    - Se abre la llave de bola para vaciar la marmita.
    - Con la manguera de agua a presión se vuelve a desagua para evitar que quede cualquier traza de producto en la marmita.
  - Agregado de materia prima a marmita
    - Se levanta la tapa de la marmita.
    - Se agrega agua por medio de una manguera.
    - Se enciende el mezclador.
    - Se agrega la demás materia prima, se hace por medio de cubetas previamente pesadas, la cubeta con reactivos se levanta entre dos personas y se vacía lentamente para evitar que los reactivos más densos se asienten en el fondo.

- Se agregan los demás aditivos.
  - Se cierra la tapa de la marmita y se deja mezclar.
  - Después del tiempo de mezclado, se detiene por completo el motor.
  - Se realiza la inspección del producto, pH, viscosidad, aroma y color
  - Se descarga el producto, abriendo la llave de bola en la parte inferior de la marmita.
  
- Proceso de pesado
  - Se tara una cubeta vacía.
  - Se trasiega la materia prima del contenedor a la cubeta y se repite hasta obtener el peso requerido.
  - Se remueve la cubeta con reactivo de la pesa.
  - De ser necesario se repite el proceso de los pasos 1 a 3 hasta utilizar la cantidad necesaria de reactivo.
  
- Proceso de calentado: algunos reactivos se mezclan más fácilmente si se calientan previamente debido a su naturaleza física
  - Se coloca una olla limpia en el área de calentado sobre una hornilla a gas.
  - Se agrega agua a la olla.
  - Se abre la llave de gas.
  - Se enciende la hornilla.
  - Se agrega el reactivo a calentar.
  - Se agita manualmente con una paleta.
  - Se apaga la hornilla.

- Se cierra la llave de gas.
- Por medio de dos operarios y utilizando guantes, se remueve la olla de la hornilla y se le agrega el reactivo a la marmita.
- Proceso de lavado de envases (el tipo de envase a lavar varía en forma y capacidad de almacenamiento, desde 36 onzas, galón, cubeta, envase de 25 galones y toneles).
  - Se colocan los envases dentro de la pila de lavado (la cantidad depende del tipo de envase).
  - Con una manguera de agua a presión remojan los envases.
  - Con una esponja verde se restriega cada envase con jabón.
  - Con la misma manguera de agua a presión se enjuagan los envases
  - Se seca cada envase con toallas.
- Proceso de envasado
  - Se coloca la cubeta donde se descargara directamente desde la marmita.
  - Se abre la llave de bola y se llena la cubeta.
  - Se vacía la cubeta en un tonel de boca ancha abierta.
  - Se repiten los pasos 1 a 3 hasta vaciar la marmita.
  - Se procede a trasegar el producto del tonel a los envases finales, utilizando embudos y picheles de 2 litros, y filtrando con coladores para evitar posible contaminación residual.
  - Se colocan los envases llenos de productos sobre pallets de plástico.

- Proceso de tapado (para galones y botellas de 36 onzas)
  - Se les coloca sobrepuestos los tapones en rosca a cada uno de los envases llenos de producto que se encuentran colocados sobre los *pallets* de plástico.
  - Luego de colocados los tapones, se procede a enroscarse cada uno de los envases.
  
- Proceso de etiquetado
  - Los envases colocados en los *pallets* son trasladados a las mesas de trabajo.
  - Se coloca el envase en posición para etiquetar.
  - Se toma una etiqueta de la bobina de etiquetas y pega sobre el envase.
  - Se examina el envase final y se mueve sobre la mesa de trabajo para el posterior encajado.
  
- Proceso de encajado
  - Se toma el envase etiquetado y se coloca dentro de la caja.
  - Al terminar de completar la caja, esta se sella con *tape*.
  
- Proceso de almacenado
  - Se toman las caja que contienen los productos terminados y se trasladan usando un troquet hacia el área de almacenado.
  - Estibado de las cajas de forma ordenada.

- Procesos de traslados
  - Los traslados de materia prima se realizan con troquet.
  - Los traslados de envases pequeños se hacen manualmente dentro de las bolsas que los contienen.
  - Los traslados de las cubetas llenas de reactivos o de producto, se hacen manualmente y con guantes.
  - El traslado de las cajas se hacen en troquet.
  - Los traslados de toneles llenos se hacen en troquet.

Con el fin de determinar los riesgos o accidentes potenciales, se realizó una serie de preguntas a los trabajadores observados para facilitar el análisis, las preguntas fueron las siguientes.

- ¿Alguna parte de la marmita podría quedarse prensada en o entre objetos?
- ¿Presentan las herramientas, máquinas o equipos algún riesgo?
- ¿Puede un trabajador hacer un contacto nocivo con los objetos?
- ¿Puede el trabajador resbalar, tropezar o caer?
- ¿Puede el trabajador sufrir de un estirón al levantar, empujar o jalar?
- ¿Está el trabajador expuesto a calor o frío extremo?
- ¿El ruido excesivo o vibración son un problema?
- ¿Existe algún peligro de que caigan objetos?
- ¿Es la iluminación un problema?
- ¿Pueden las condiciones del tiempo afectar la seguridad?
- ¿La radiación nociva es una posibilidad?
- ¿Se puede hacer contacto con sustancias cáusticas, tóxicas o calientes?
- ¿Hay gases, polvos, rocíos o vapores en el aire?

Para determinar las medidas preventivas de la secuencia de trabajos realizados en el proceso se tomaron en cuenta las formas para eliminar o controlar los riesgos identificados. Las medidas que se tomaron, en orden de preferencia, son:

- Eliminar el riesgo por completo: esta es la medida más aceptada y efectiva , las formas de realizar una eliminación pueden ser: seleccionar un proceso diferente, modificar el proceso, sustituir las sustancias peligrosas, mejorar el ambiente de trabajo o cambiar el equipo o las herramientas.
- Contener el riesgo: si no es posible lograr la eliminación del riesgo, la siguiente opción es la de prevenir el contacto, disminuir o cerrar el contacto con el riesgo o dispositivo que cause el riesgo.
- Revisar los procedimientos de trabajo: la siguiente opción es la de modificar los pasos del trabajo que presenten riesgos, también es posible agregar pasos adicionales.
- Reducir la exposición: la última opción, y también la menos efectiva, es la de reducir la cantidad de veces que se encuentra el riesgo. Por ejemplo, la modificación de una máquina para reducir su mantenimiento, adquirir protección personal, reducir la gravedad de un accidente, adquirir facilidades de emergencia, como estaciones para lavado de ojos y duchas de emergencia.

De esta forma, es posible realizar el análisis de riesgos del procedimiento de elaboración de detergente, jabones, desinfectantes y colorantes.

En el apéndice 1 se observan los riesgos encontrados en el proceso de producción de detergente, caben destacar las siguientes observaciones para

este trabajo. El uso del equipo de protección personal es imperativo que en todo momento del proceso de producción, especialmente los guantes y los lentes. También es de resaltar el riesgo que presenta el motor en cada marmita, riesgos a electrocutarse y a lesiones físicas, por lo que las medidas respectivas aconsejan el uso de EPP en todo momento, estos incluyen: overol, casco, lentes, guantes de polietileno o polipropileno, botas de hule antideslizantes y lentes de seguridad. Además, se aconseja el uso de cinturón de soporte lumbar y se presenta la propuesta de instalación de duchas de emergencia y lavados de ojos.

El apéndice 2 se presenta los riesgos encontrados en el proceso de pesado de reactivos, indica como medidas de prevención el uso de señalización y capacitación especialmente para evitar lesiones musculares, limpieza del área transitada y el uso de EPP.

El apéndice 3 presenta los riesgos que existen en el proceso de calentado de reactivos, cabe destacar que la recomendación inmediata de este trabajo es eliminar por completo el proceso de calentado. Una posible solución es enchaquetar todas las marmitas e instalar un sistema de calentado de vapor o de agua caliente que permita eliminar la manipulación de ollas calientes e incluso eliminaría el área de calentado de la planta. Las medidas de protección presentadas como resultado, recalcan el uso de EPP la instalación de extinguidores y duchas de emergencia.

El apéndice 4 muestra los riesgos encontrados en el proceso de lavado de envases, presenta como riesgo más notorio el de resbalarse por piso mojado, por lo que se recomienda la limpieza, secar el piso constantemente y usar botas antideslizantes, otra opción puede ser la de instalar alfombras para secado de botas.

El apéndice 5 muestra los riesgos encontrados en los procesos de envasado, tapado, etiquetado, encajado y almacenado, presenta mucho las lesiones musculares en los operarios. Esto demuestra que el sistema utilizado para los procesos requiere esfuerzos físicos que pueden provocar problemas físicos en los operarios. La medida preventiva más inmediata, es la de utilizar soportes de espalda en todo momento. Cabe destacar que se desea modificar el sistema utilizado de envasado, enroscado y etiquetado de producto, por uno que disminuya la necesidad de esfuerzos físicos innecesarios por los operarios, el adquirir maquinaria de envasado disminuye el contacto operario-envase.

Una solución inmediata es la de adquirir mesas de trabajo a un nivel adecuado que evite que el operarios se agache constantemente para levantar objetos, de esta forma los operarios rinden más en estos procesos.

El apéndice 6 presenta los riesgos encontrados en los traslados realizados dentro de la empresa, destacan las caídas y los posibles derrames. Cabe destacar que el piso no presenta ninguna delimitación de áreas, por lo que es imperativo implementar un sistema de identificación de áreas, especialmente una que limite las áreas de traslados, de tránsito de producto y materia prima, que respete los espacios cúbicos dentro de la empresa para evitar accidentes o cuellos de botella.

El apéndice 7 presenta los procesos que presentan exposición potencial a materiales peligrosos o agentes físicos. Los químicos resaltan en esta tabla, ácidos y alcalinos peligrosos en estados sólidos y líquidos, las marmitas presentan riesgos con la electricidad y lesiones físicas como cortes y golpes.

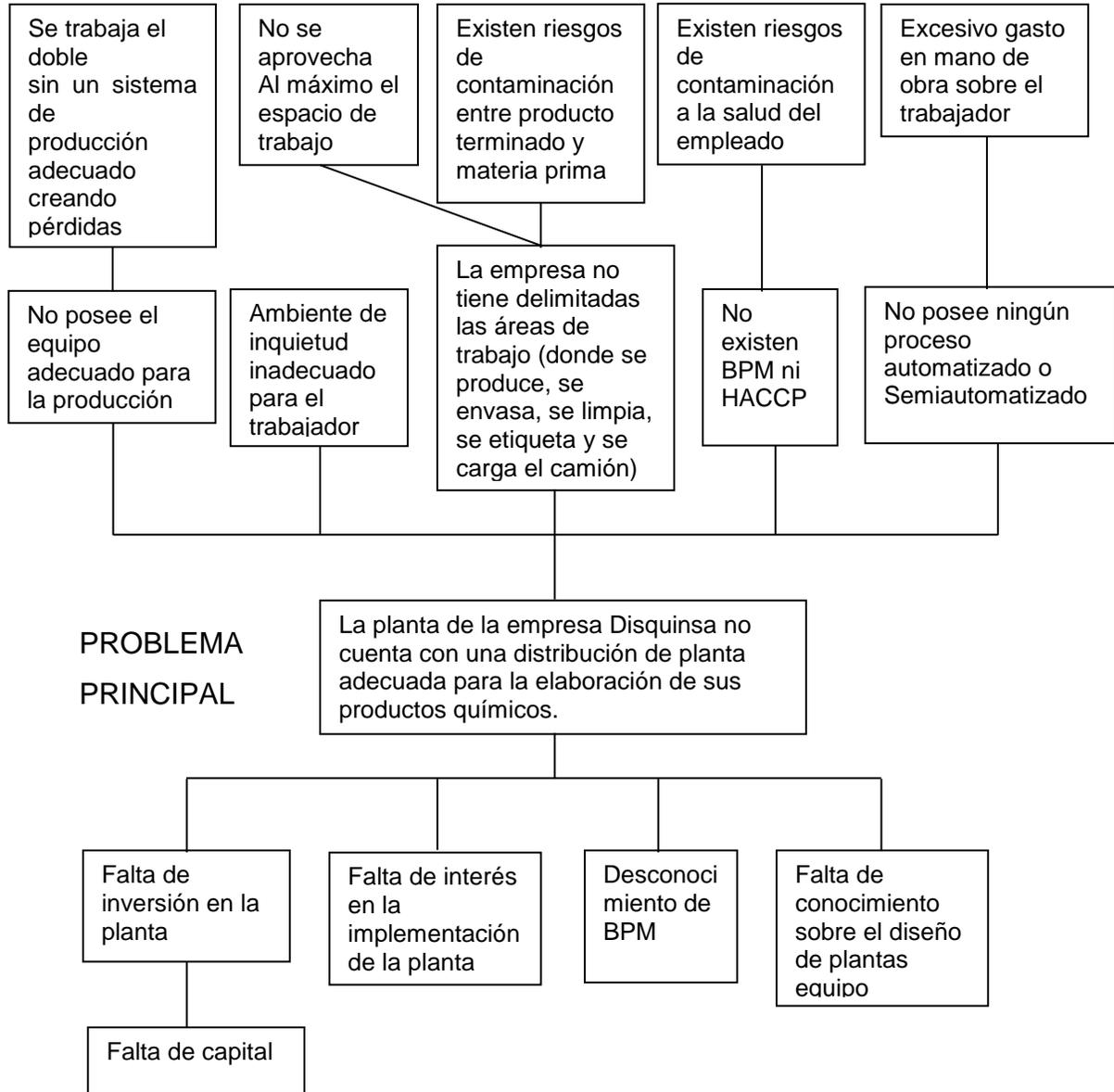
El apéndice 8 presenta un pequeño inventario de químicos peligrosos que se manejan y cómo y dónde deben de ser almacenados, dependiendo de su naturaleza física.

#### Apéndice 10. **Requisitos académicos**

<b>Área</b>	<b>Cursos</b>
Química	Química 3
	Química 4
	Química orgánica 1
	Química orgánica 2
	Química Ambiental
	Diseño de equipo
	Diseño de plantas
Fisicoquímica	Fisicoquímica 1
	Ecología
Operaciones Unitarias	Balance de masa y energía (IQ-1)
	Flujo de fluidos (IQ-2)
	Transferencia de calor (IQ-3)
	Transferencia de masa (IQ-4)
Ciencias Básicas y Complementarias	Matemática básica 1
	Matemática básica 2
	Matemática intermedia 1
	Ingeniería económica 1
	Ingeniería económica 3
	Ingeniería de la producción

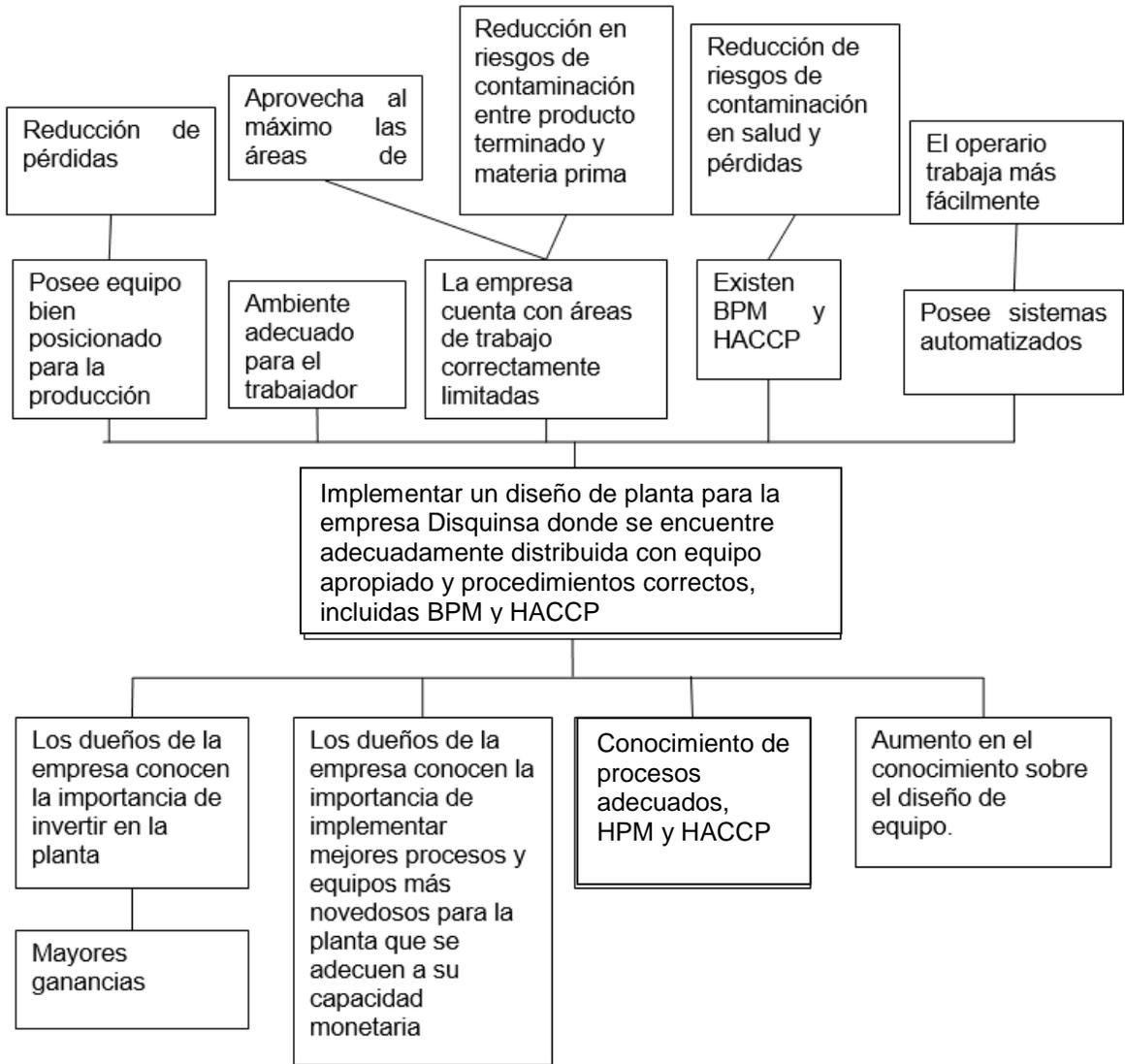
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Árbol de problemas**



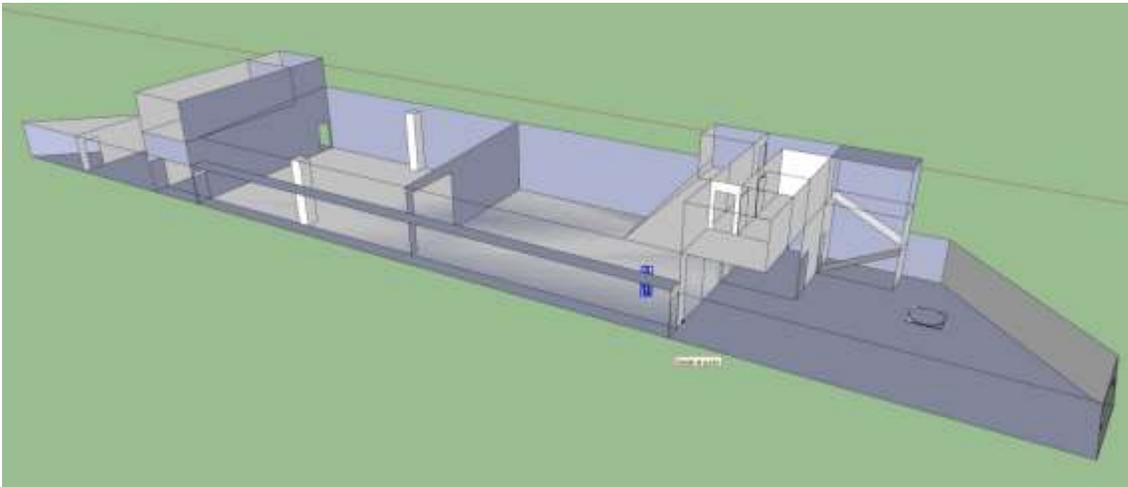
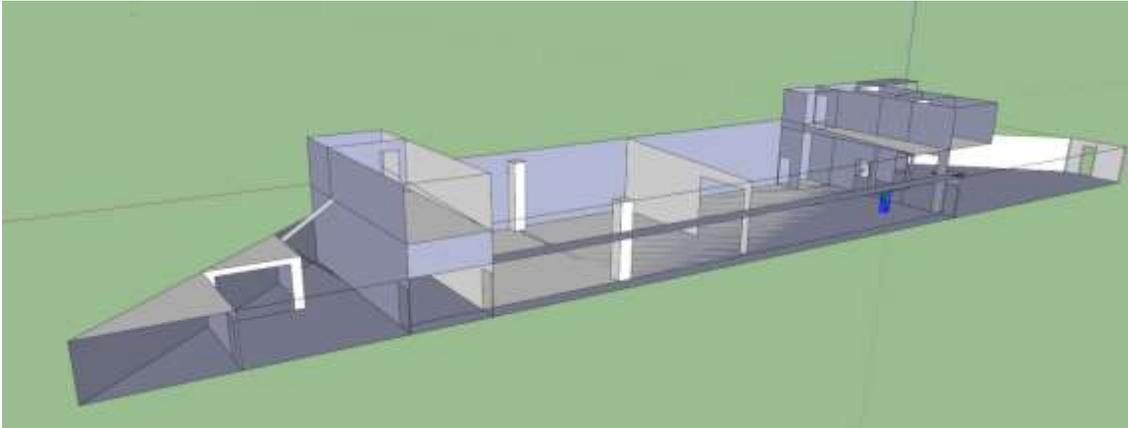
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Árbol de objetivos**



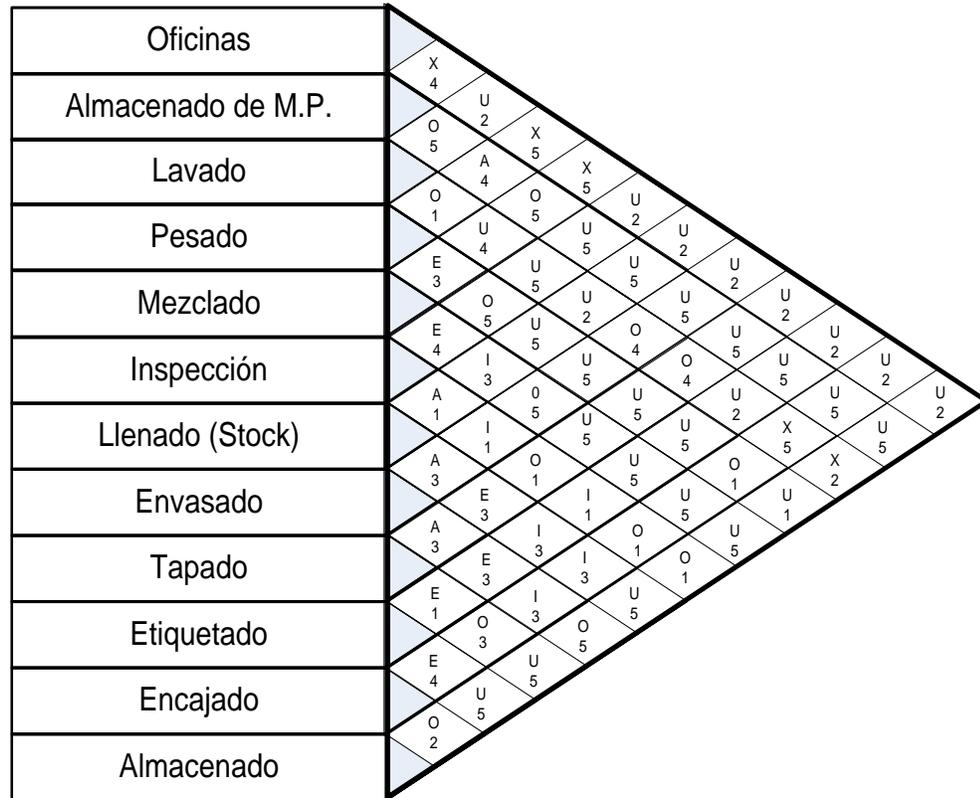
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Modelo de la planta en 3D**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Apéndice 14. Diagrama



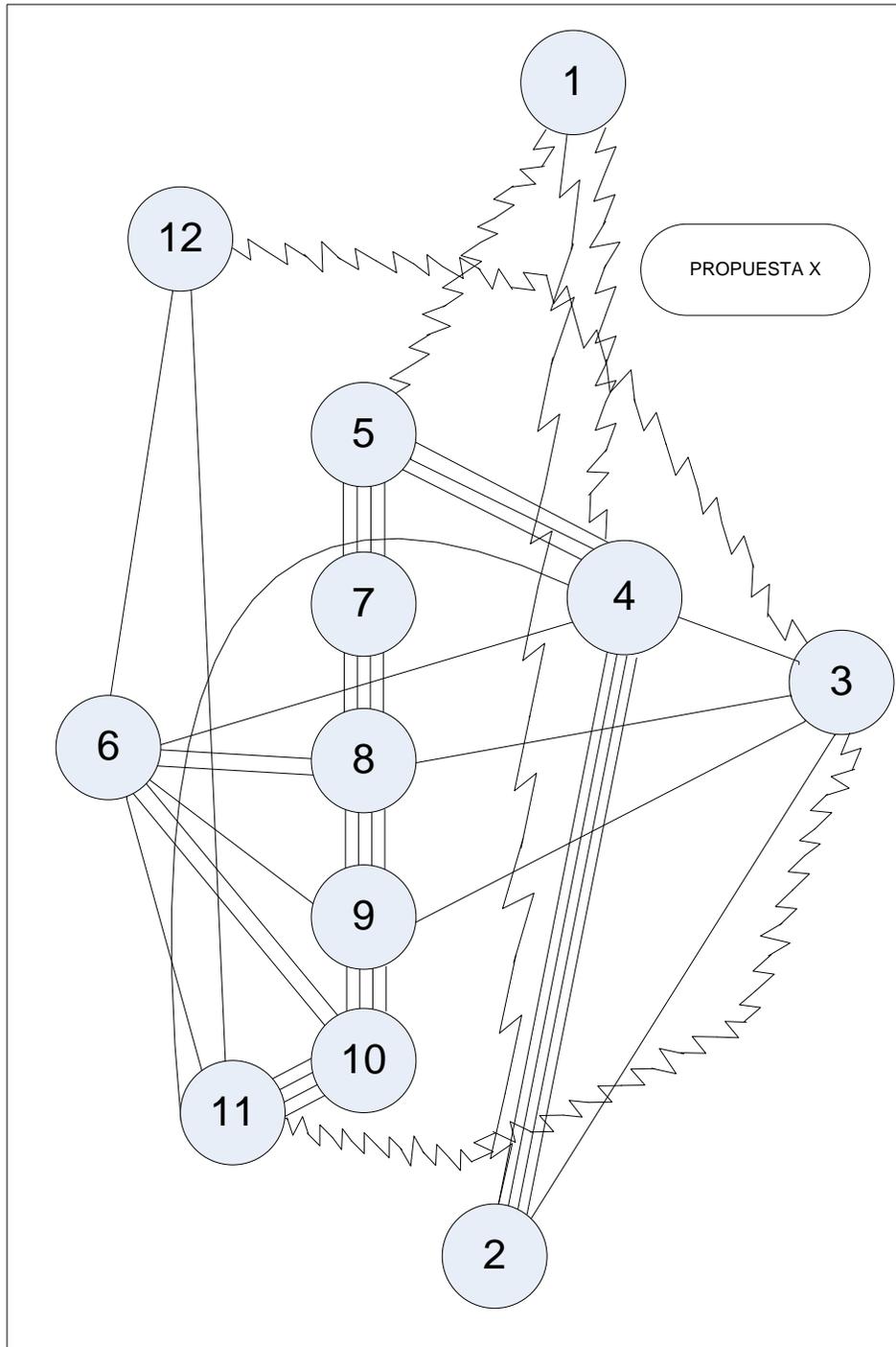
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. Código de relación de proximidad

CODIGO	RELACIÓN DE PROXIMIDAD	LÍNEAS
A	Absolutamente necesaria	////
E	Especialmente necesaria	///
I	Importante	//
O	Importancia Ordinaria, normal	/
U	No importa	
X	Indeseable	zzzzz

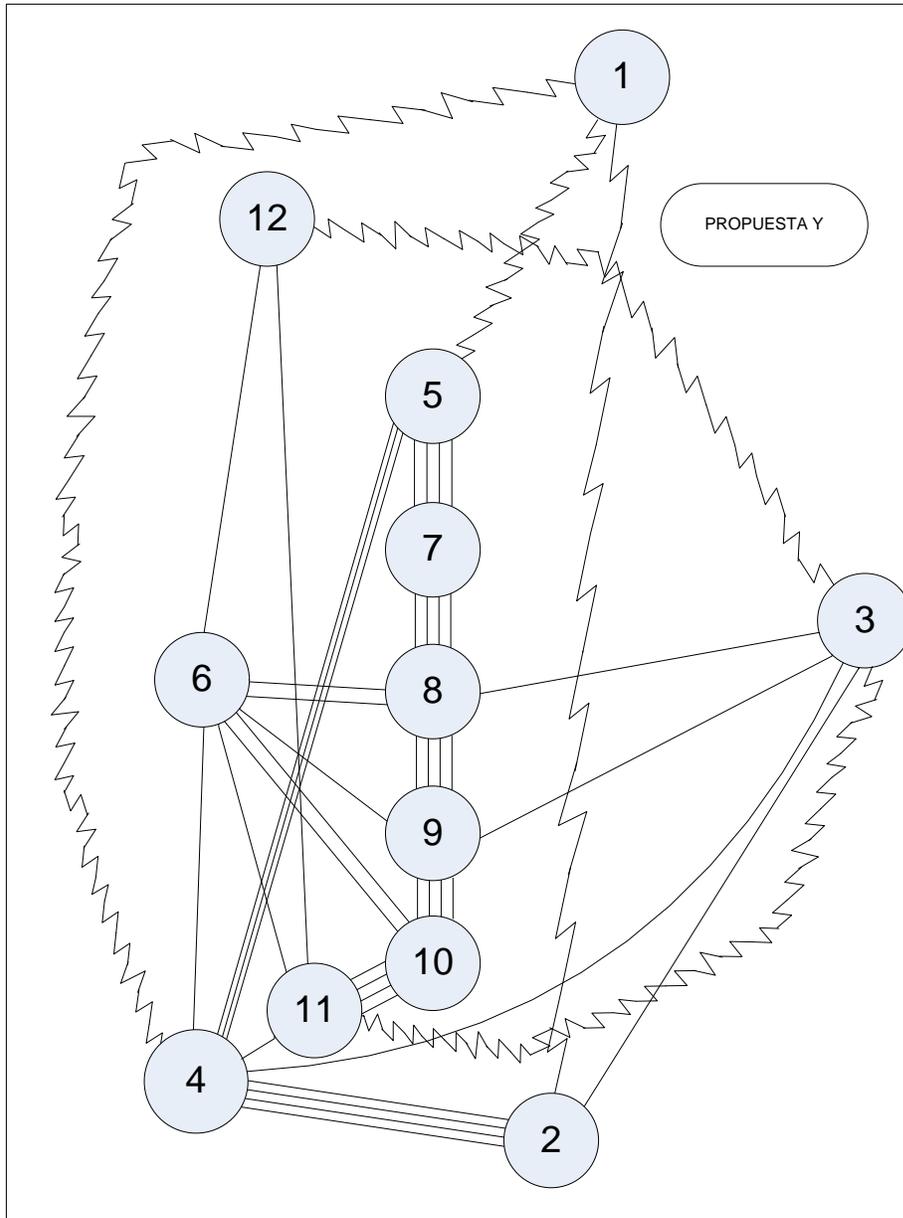
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. Diagrama de hilos, propuesta X



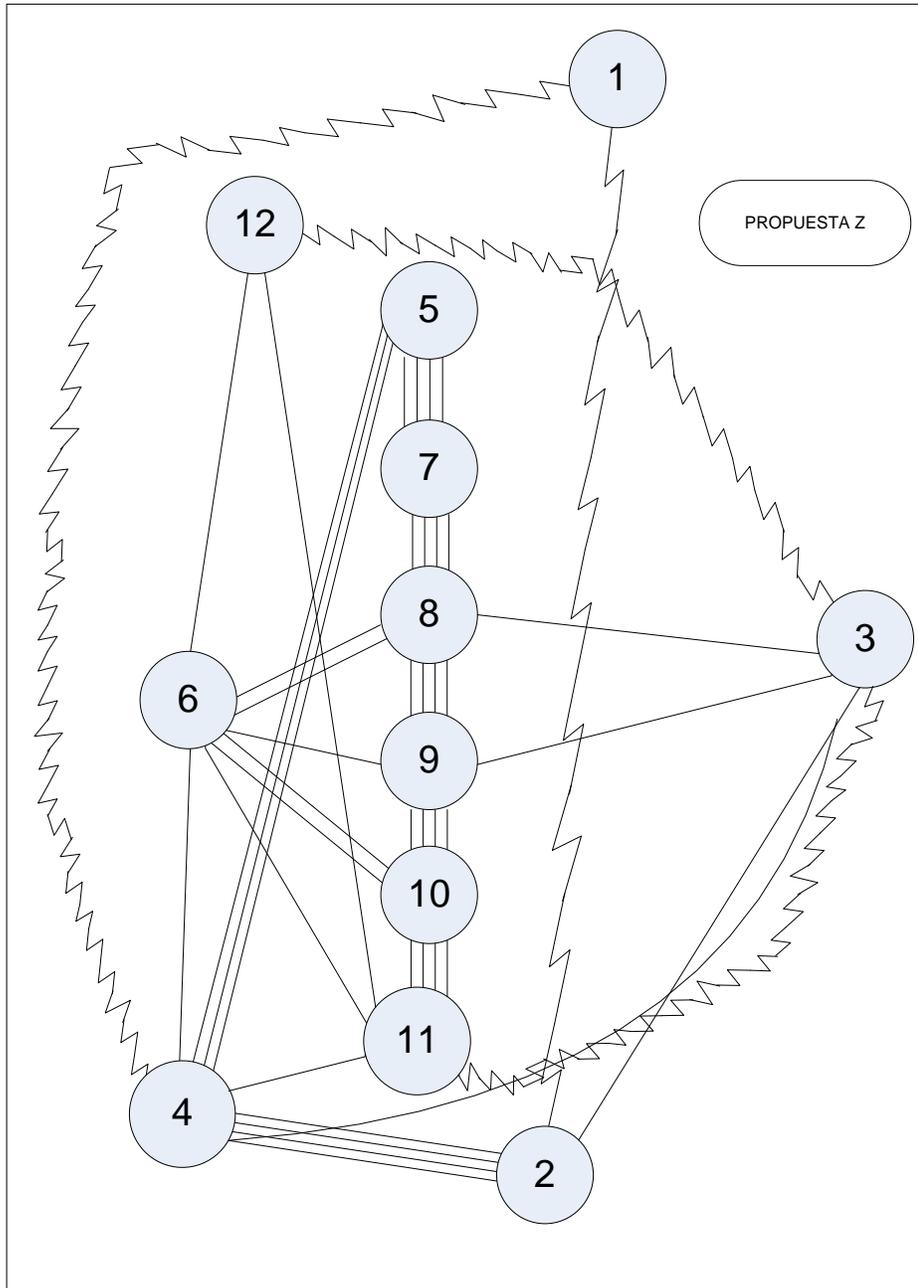
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Apéndice 17. Diagrama de hilos propuesta Y



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Apéndice 18. Diagrama de hilos escogido, propuesta z



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Apéndice 19. **Tabla final de toma de tiempos**

Proceso	Tipo de proceso	Primera toma tiempo (h:m:s)	Segunda toma de tiempo (h:m:s)	Tercera toma de tiempo (h:m:s)	Tiempo promedio a usar (h:m:s)	distancia m
1	Limpieza de marmita	0:05:15	0:05:25	0:04:53	0:05:11	0
2	Traslado a área de materia prima	0:01:20	0:01:45	0:00:44	0:01:16	6
3	Inspección y elección de materia prima	0:00:46	0:00:51	0:00:31	0:00:43	0
4	Traslado al área de pesado	0:01:12	0:01:20	0:01:09	0:01:14	29
5	Pesado de materia prima	0:02:06	0:02:14	0:02:26	0:02:15	0
6	Traslado al área de producción	0:00:35	0:00:33	0:00:28	0:00:32	2
7	Agregado de materia prima	0:02:28	0:02:22	0:02:33	0:02:28	0
8	Mezclado en marmita	0:20:00	0:20:00	0:20:00	0:20:00	0
10	Inspección y descarga de producto	0:09:56	0:10:02	0:10:03	0:10:00	0
11	Traslado al área de envases	0:01:18	0:01:10	0:01:07	0:01:12	32
12	Elección de envases	0:00:29	0:00:23	0:00:31	0:00:28	0
13	Traslado al área de lavado	0:04:39	0:04:31	0:04:56	0:04:42	30

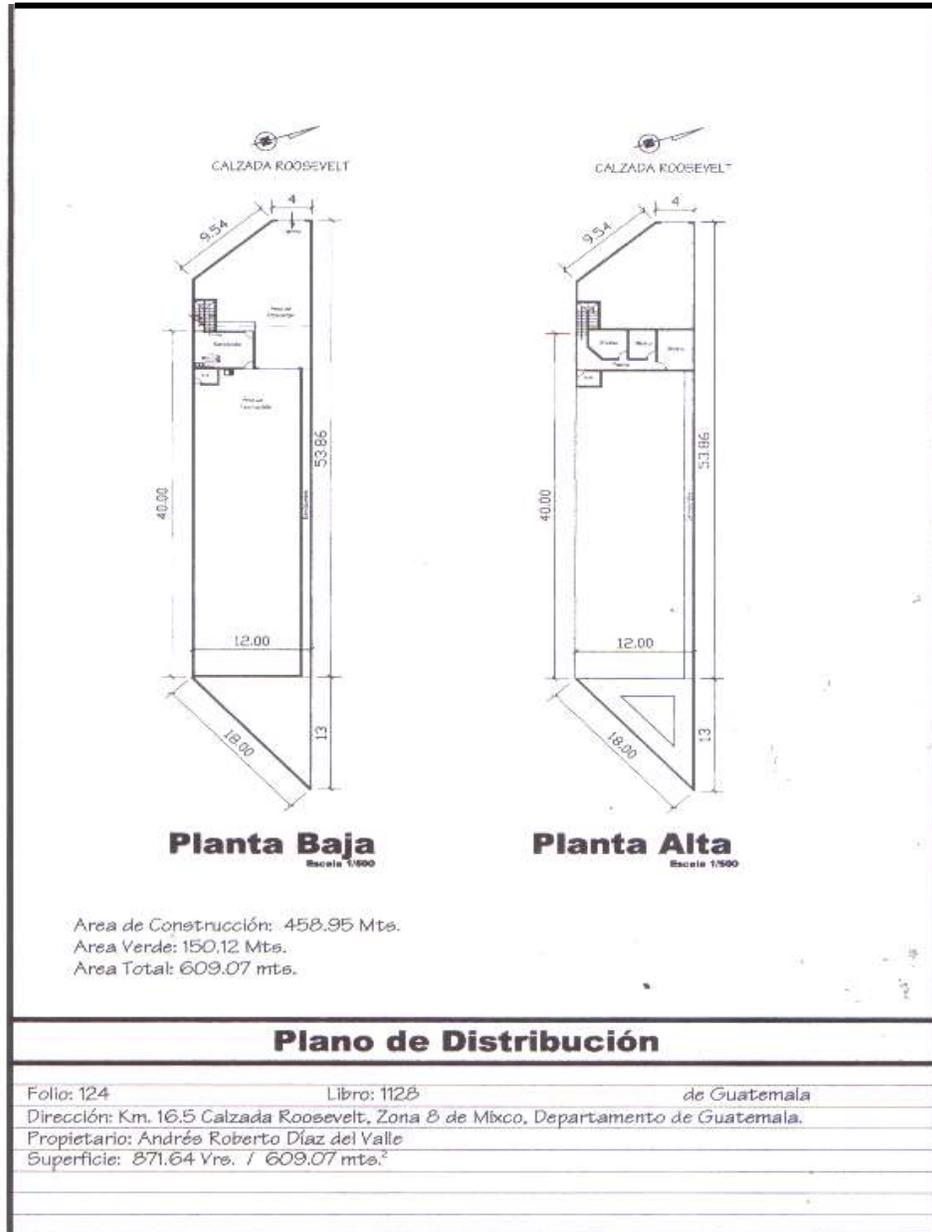
Continuación del apéndice 19.

14	Lavado de envases	0:36:58	0:37:30	0:35:57	0:36:48	0
15	Secado de envases	0:38:01	0:37:04	0:37:21	0:37:29	0
16	Traslado al área de producción	0:02:30	0:02:41	0:02:21	0:02:31	3
17	Envasado	1:14:53	1:15:26	1:15:14	1:15:11	0
18	Enroscado de tapas	0:12:39	0:12:30	0:12:27	0:12:32	0
19	Etiquetado	0:21:18	0:21:45	0:21:55	0:21:39	0
20	Encajado	0:07:04	0:07:31	0:07:36	0:07:24	0
21	Traslado al área de almacenamiento	0:05:37	0:05:40	0:05:14	0:05:30	14
22	Almacenado	0:05:12	0:05:51	0:05:42	0:05:35	0
	Total	4:14:16	4:16:34	4:13:08	4:14:39	116

Fuente: elaboración propia.

# ANEXOS

## Anexo 1. Plano actual



Fuente: Disquinsa.



