



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORAS PARA LOS PROCESOS  
PRODUCTIVOS DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE BEBIDAS  
NO CARBONATADAS EN VENEZUELA**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

REALIZADO POR

Br. Carlos E. Delgado G.

TUTOR

Ing. Rafael Díaz

FECHA

Junio de 2017

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORAS PARA LOS PROCESOS  
PRODUCTIVOS DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE BEBIDAS  
NO CARBONATADAS EN VENEZUELA**

Autor: Carlos E. Delgado G

Tutor: Ing. Rafael Díaz

Fecha: Junio de 2017

**Sinopsis**

El siguiente Trabajo Especial de Grado (TEG) se desarrolló en una empresa productora de bebidas, “Empresas Polar, C.A” ubicada en Zona Industrial Tierra Ardiente, Caucagua Edo Miranda, cuyo principal objetivo es el proceso de producción de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. Empresas Polar se ve en la necesidad de mejorar sus sistemas productivos, específicamente mejorar sus tiempos de preparación y demoras. Por tal motivo, se realizó el presente Trabajo Especial de Grado que tuvo como objetivo principal “Diseñar una propuesta de mejora para los procesos productivos de una empresa productora de bebidas no carbonatadas, en Venezuela” mediante un modelo de simulación realizado con el software Arena que permite analizar distintos escenarios y adecuaciones a los procesos de interés de la empresa, generando posibles soluciones a los problemas encontrados.

Palabras claves: tiempo de preparación, demoras, simulación., escenarios, adecuaciones.

## INDICE DE CONTENIDO

1. El problema .....	3
1.1 Descripción de la empresa .....	3
1.1.1 Reseña histórica .....	3
1.1.2 Estructura organizacional.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Objetivos de estudio .....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Alcance .....	7
1.5 Limitaciones: .....	8
2. Marco teórico.....	9
2.1. Antecedentes .....	9
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Herramientas y conceptos de Ingeniería Industrial. ....	10
2.2.2 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	13
2.2.3 Herramientas estadísticas.....	14
2.2.4 Técnicas de simulación.....	15
3. Marco metodológico .....	16
3.1 Tipo de investigación.....	16
3.2 Nivel de la investigación.....	16
3.3 Enfoque de la investigación.....	17
3.4 Recolección de datos.....	17
3.4.1 Revisión documental.....	17
3.4.2 Observación Directa .....	18
3.5 Análisis de Datos. ....	18
3.6. Definiciones de la empresa. ....	18
3.7 Estructura desagregada del TEG. ....	19
4 .Caracterización el proceso productivo.....	20
4.1 Descripción del problema .....	20

4.2 Equipos sala 23.....	22
4.3 Distribuciones probabilísticas. ....	27
4.4 Modelo de simulación de situación actual.....	29
4.5 Descripción del modelo de simulación .....	30
4.6 Validación del Modelo.....	40
4.7 Identificar los problemas (factores) que afectan el proceso productivo.....	44
4.8 Explicación de las causas de los problemas asociados al proceso productivo.....	46
5.1 Escenarios .....	47
5.2 Establecer recursos para una posible implementación de las soluciones. ....	49
Recomendaciones .....	51

## INDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1 .Organigrama General de Empresas Polar .....	4
Ilustración 2.Organigrama Departamento de Procesos de Manufactura.....	5
Ilustración 3. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME .....	11
Ilustración 4. Estructura Desagregada del TEG .....	19
Ilustración 5.Diagrama de flujo de materia prima en sala 23 .....	21
Ilustración 6. Distribución de espacios y equipos de la sala 23 .....	23
Ilustración 7.Diagrama de proceso para elaboración de jarabe simple .....	24
Ilustración 8. Diagrama de proceso para elaboración de jarabe simple .....	25
Ilustración 9. Diagrama de proceso para elaboración de jarabe simple .....	26
Ilustración 10. Modelo de simulación en ARENA 14.....	29
Ilustración 11. Módulo de procesamiento de paletas de azúcar por montacargas. ....	30
Ilustración 12. Módulo de vaciado de sacos de azúcar en tolva.....	31
Ilustración 13. Módulo de dilución de azúcar.....	32
Ilustración 14. Módulo de prueba de calidad 1. ....	33
Ilustración 15. Módulo de decisión tras prueba de calidad.....	34
Ilustración 16. Módulo de trasegado a tanque saboreador. ....	35
Ilustración 17. Módulo de agregado de esencias. ....	36
Ilustración 18. Módulo de decisión tras la segunda prueba de calidad.....	37
Ilustración 19. Módulo de trasegado a tanque de jarabe terminado.....	38
Ilustración 20. Módulo de vaciado de tanque de jarabe terminado. ....	39
Ilustración 21. Normalidad de datos simulados.....	41
Ilustración 22. Normalidad de datos medidos .....	42
Ilustración 23. Validación del modelo mediante el contraste de una prueba t de dos muestras	43
Ilustración 24. Diagrama de Ishikawa .....	45

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tesis consultadas.....	9
Tabla 2. Equipos que conforman la sala 23.....	22
Tabla 3. Distribuciones probabilísticas de cada operación realizada en la sala.....	27

## INTRODUCCIÓN

Empresas Polar, C.A es una empresa cuyas actividades productivas abarcan los sectores de alimentos, bebidas alcohólicas, gaseosas, bebidas no carbonatadas y productos de consumo masivo que en su asociación con PepsiCo produce y distribuye una gama de bebidas bajo el nombre empresarial de Pepsi-Cola Venezuela, en plantas que se encuentran distribuidas a lo largo del territorio nacional. En dichas plantas se cuenta con un modelo de negocios caracterizado por procesos modernos y versátiles que se adaptan a las condiciones actuales para intentar satisfacer la demanda. En la actualidad la gerencia exige que el tiempo de preparación de las bebidas no carbonatadas tenga una duración máxima de tres (3) horas, lo cual no es logrado de manera consistente en la sala 23 de elaboración.

Por lo antes expuesto en el siguiente Trabajo Especial de Grado se evalúan propuestas para reducir los tiempos de procesamiento y así poder cumplir con la planificación establecida.

Como resultado de la aplicación de estas propuestas, se persigue una mejora en el sistema de producción, reduciendo el tiempo de procesamiento y un mejor aprovechamiento de los recursos.

El siguiente Trabajo Especial de Grado posee seis (6) capítulos. A continuación una breve descripción de cada uno:

**Capítulo 1 “Estudio del problema”:** contiene información de la empresa, descripción de su producto, y los principales problemas detectados. También incluye los objetivos principales, específicos, limitaciones y alcance del trabajo.

**Capítulo 2 “Marco teórico”:** contiene los antecedentes de la investigación y las bases teóricas que sustentaron el estudio.

**Capítulo 3 “Marco metodológico”:** comprende los aspectos necesarios para establecer el “como” se realizó el estudio. Contempla el tipo de investigación, el enfoque y el diseño de la misma.

**Capítulo 4 “Situación actual”:** caracterización e identificación de los problemas que afectan el proceso productivo y análisis de las causas de los problemas que afectan el proceso productivo.

**Capítulo 5 “Propuestas de mejoras”:** determinación de las posibles soluciones y la valoración del impacto técnico y económico de las propuestas.

**Capítulo 6 “Conclusiones y recomendaciones”:** las conclusiones finales del estudio y las recomendaciones.

## **Capítulo I. Estudio del problema**

### **1. El problema**

#### **1.1 Descripción de la empresa**

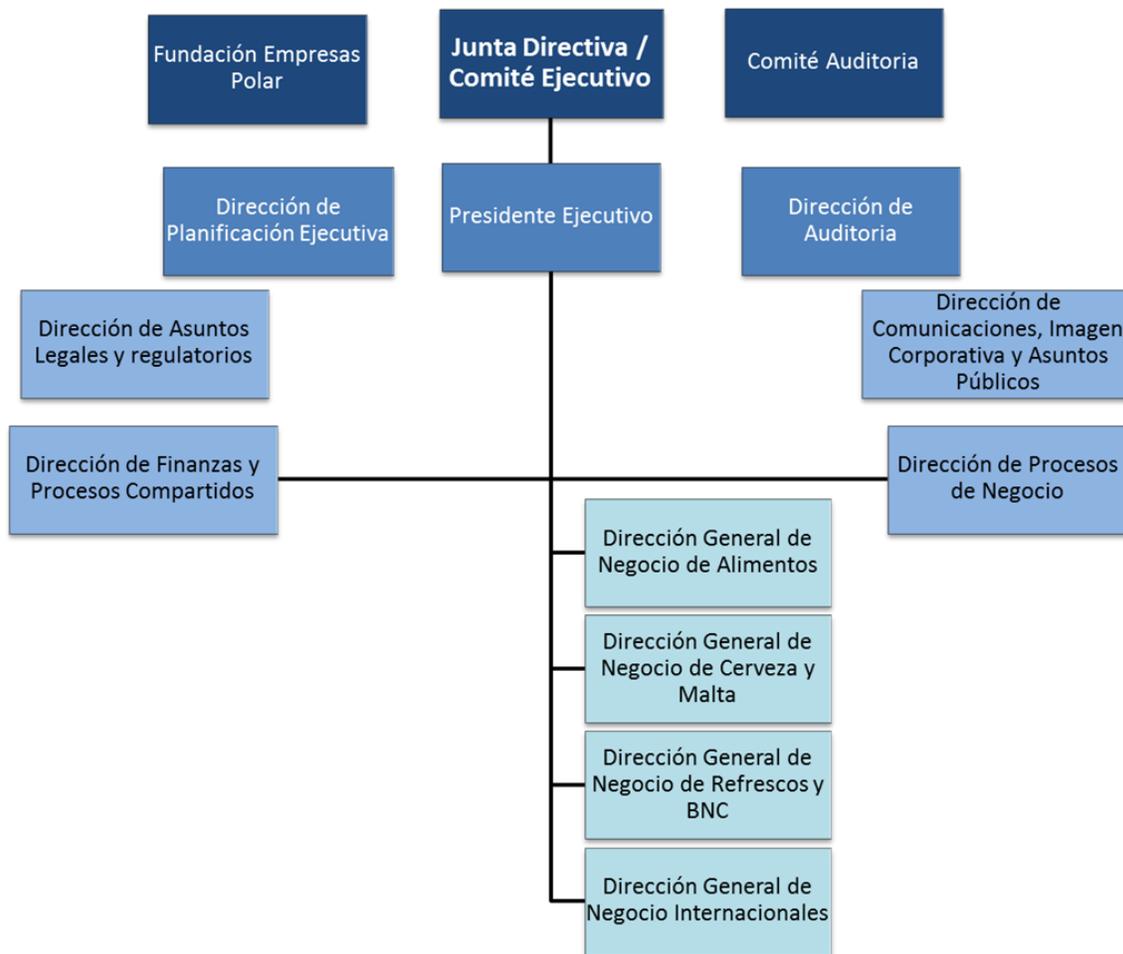
##### **1.1.1 Reseña histórica**

Empresas Polar es una organización privada de origen venezolano que nace de la empresa familiar "Mendoza y Compañía", que inicialmente fabricaba velas y jabones, para luego transformarse en una empresa denominada "Cervecería Polar" el 14 de marzo de 1941 en la pequeña planta de Antímano, al oeste de Caracas.

##### **1.1.2 Estructura organizacional**

Empresas Polar posee una estructura organizativa que se encarga de la gerencia y administración de los tres negocios, Cervecería, Alimentos y Pepsi-Cola, independiente a la organización propia de cada uno de los tres negocios.

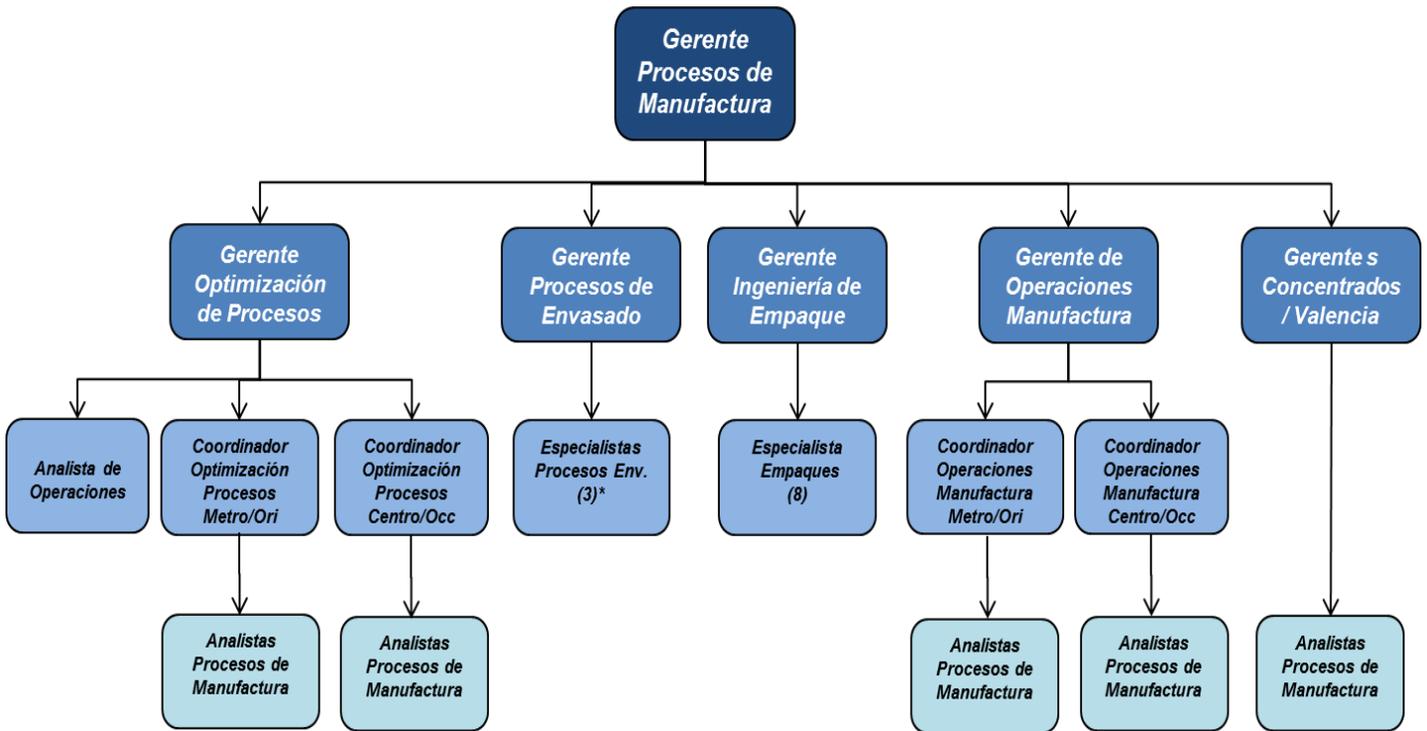
La estructura organizativa de Empresas Polar C.A., se encarga de la gerencia y administración de los tres negocios mencionados en el punto anterior, independientemente de la organización interna de cada uno. En el grafico 1 se presenta el organigrama de Empresas Polar.



**Ilustración 1 .Organigrama General de Empresas Polar**

Fuente: Intranet Empresas Polar 217

En el grafico 2, se observa la estructura de la Gerencia de Procesos de Manufactura, Este trabajo fue realizado específicamente para la gerencia de optimización de procesos.



**Ilustración 2. Organigrama Departamento de Procesos de Manufactura**

Fuente: Intranet Empresas Polar 2017

## **1.2 Planteamiento del problema**

El trabajo realizado se llevó a cabo en Empresas Polar, específicamente en la sala de jarabe terminado de la planta de Cauagua.

Las actividades realizadas en la sala de jarabe terminado son fundamentales en el proceso productivo de bebidas, ya que allí se prepara el jarabe a ser embotellado para poder cumplir con los requerimientos que solicita el departamento de planificación.

Debido a que la empresa debe adaptarse a la situación de escasez actual en la que se trabaja, necesita mejorar la forma en la que se realizan los procesos en la sala, reduciendo de esta manera los desperdicios de la misma.

El jarabe, este tiene un tiempo de vida relativamente corto antes de ser embotellado (entre 12 y 48 horas dependiendo del producto), por lo que es de vital importancia una correcta planificación antes de realizar el producto, tomando en cuenta todas las posibles variables que pudiesen influir en el tiempo que se tardará en embotellarlo.

Dicha planificación es actualmente desarrollada por el técnico de producción de turno, lo cual da cabida a la influencia de factores negativos que podrán considerarse como:

- La variabilidad en el tiempo de las operaciones que conforman los procesos.
- Fallas e interrupciones en los recursos necesarios para realizar las operaciones.
- Variaciones en la disponibilidad de mano de obra máquinas y equipos.
- Retrabajo para resolver problemas de calidad de los productos.

Las consecuencias son costos adicionales como por ejemplo retrabajo, demoras no planificadas, incumplimiento de plazos establecidos.

Es muy habitual en las empresas asignar tiempos de holgura al programar las operaciones de producción. Estos tiempos de holgura suelen ser estimados por expertos con experiencia en el proceso. Esto ocasiona que no se analicen las causas que originan los problemas, lo cual aumenta los costos y reduce la competitividad del proceso. Para el análisis y la solución de los problemas antes descritos se utilizarán principios de ingeniería industrial en conjunto con técnicas de simulación.

## **1.3 Objetivos de estudio**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Proponer mejoras para el proceso productivo de la sala de jarabes de bebidas no carbonatadas de una empresa productora de bebidas en Caucagua, Venezuela.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- I. Caracterizar el proceso productivo actual de la sala de jarabe.
- II. Identificar los problemas que afectan el proceso productivo de la sala.
- III. Analizar las causas de los problemas identificados en el proceso productivo.
- IV. Desarrollar propuestas de solución para las causas de los problemas identificados.
- V. Establecer los recursos necesarios para la posible implementación de las soluciones.
- VI. Valorar el impacto técnico y económico de las propuestas de solución planteadas.

## **1.4 Alcance**

- I. El trabajo contempla el estudio del sistema productivo actual de la empresa.
- II. Los productos que formaran parte del estudio son jugos (Yukery y Yuky Pack), Bebidas energéticas (Gatorade) y té (Lipton).
- III. Se mostraran los métodos a utilizar para identificar y analizar los problemas que afectan el sistema productivo y en qué etapa del mismo se producen.
- IV. Se utilizará la simulación como herramienta para la creación de un modelo que se utilizará para conocer el impacto de la variabilidad en el proceso productivo.
- V. Se mostrará la comparación de la situación actual con respecto a las propuestas de mejora factibilidad.

### **1.5 Limitaciones:**

- I. La información histórica así como datos de interés serán proporcionados por la empresa.
- II. La información solicitada a la empresa, es limitada por normas de confidencialidad.
- III. Se utilizara “software” disponible en los servidores de la Universidad.
- IV. Para la realización del trabajo la empresa debe contar con los insumos necesarios, para la continuidad de los procesos objeto de estudio.
- V. La ubicación geográfica de la planta en la cual se realiza el trabajo es Caucagua estado Miranda, Venezuela
- VI. El estudio está enfocado en la sala 23 de elaboración
- VII. El estudio no contempla una redistribución física de los procesos involucrados en la producción.

## Capítulo II. Marco teórico

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes

**Tabla 1. Tesis consultadas.**

<b>Título</b>	<b>Áreas de estudio, Autores y Tutor</b>	<b>Institución y Fecha</b>	<b>Aporte</b>
Propuesta de mejoras para los procesos productivos de una empresa productora de gabinetes de uso doméstico, en Venezuela	Área: Ingeniería Industrial Autor: Juan Ungreda Kevin Fung Tutor: Ing. Cesar Pérez	Institución: UCAB-Pregrado Fecha: Octubre 2015	Estructuración del informe Formato del informe Marco metodológico
Propuestas de mejora de los procesos administrativos de atención al paciente de una clínica dispensario del área metropolitana de caracas utilizando la metodología de simulación de procesos	Área: Ingeniería Industrial Autor: María Altuve Carlos Vollmer Tutor: Ing. Henry Gasparin	Institución: UCAB-Pregrado Fecha: Septiembre 2012	Estructuración del informe Formato del informe
Propuestas de mejora de los procesos de un centro de atención de llamadas de una empresa automotriz, Ubicada en caracas, utilizando herramientas de técnicas de simulación.	Área: Ingeniería Industrial Autor: Ramón Correa Tutor: Ing. Ana Corrales	Institución: UCAB-Pregrado Fecha: Marzo de 2013	Estructuración del informe Formato del informe

Fuente: Elaboración propia

## **2.2 Bases teóricas**

Para la elaboración de la presente investigación se requiere la utilización de las siguientes herramientas:

### **2.2.1 Herramientas y conceptos de Ingeniería Industrial.**

#### **- Procesos.**

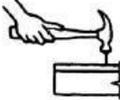
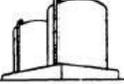
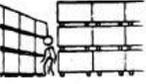
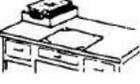
Según el documento de orientación sobre el concepto y uso del enfoque basado en procesos, un proceso se define como:

“Un conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (ISO, 2003)

#### **- Diagrama de flujo de procesos.**

Según Benjamin Freivalds, un diagrama de flujos de procesos “muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios” (Benjamin y Freivalds, 2009, pág. 25). El diagrama de flujo de un proceso es particularmente útil para reflejar los costos no productivos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.

A continuación se muestran los símbolos utilizados en los diagramas:

<p><b>Operación</b></p>  <p>Un círculo grande indica una operación, como</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar orificio</p>
<p><b>Transporte</b></p>  <p>Una flecha indica transporte, como</p>	 <p>Mover material mediante un carro</p>	 <p>Mover material mediante una banda transportadora</p>	 <p>Mover material transportándolo (mediante un mensajero)</p>
<p><b>Almacenamiento</b></p>  <p>Un triángulo representa almacenamiento, como</p>	 <p>Materia prima en algún almacenamiento masivo</p>	 <p>Producto terminado apilado sobre tarimas</p>	 <p>Archiveros para proteger documentación</p>
<p><b>Retrasos</b></p>  <p>Una letra D mayúscula indica un retraso, como</p>	 <p>Esperar un elevador</p>	 <p>Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado</p>	 <p>Documentos en espera a ser archivados</p>
<p><b>Inspección</b></p>  <p>Un cuadrado indica inspección, como</p>	 <p>Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad</p>	 <p>Leer el medidor de vapor en el quemador</p>	 <p>Analizar las formas impresas para obtener información</p>

**Ilustración 3. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME**

Fuente: Niebel, Benjamin, Frielvalds, Andris. “Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño de trabajo”

En dicho gráfico se define cada símbolo como:

**Operación:** Indica las principales fases de un proceso, la modificación o agregación de valor a la pieza, materia o producto.

**Inspección:** Indica que se verifica cantidad, calidad o ambas.

**Transporte:** Indica el movimiento de los trabajadores, materias o equipos.

**Demora, retraso o espera:** Indica parada entre dos operaciones sucesivas.

- **Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama causa-efecto. Según (Niebel B.W., 2004)

Estos diagramas fueron desarrollados por Ishikawa a principios de los años 50. El método consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir, el efecto, como la “cabeza de pescado” y después identificar los factores que contribuyen, en otras palabras, las causas, como el “esqueleto del pescado”. Las causas principales se dividen en cuatro o cinco categorías principales: humanas, máquinas, métodos, materias, o entorno, cada una de las cuales se divide en sub-causas.

- **Desperdicios.**

Por desperdicios se entiende “toda actividad del proceso que agrega costo pero no valor” (Arocha, 1992, pag.66). Los cuales se clasifican en:

**Por sobreproducción:** Se refiere a la producción de materiales, partes o piezas que no son requeridas por el siguiente paso del proceso, o por el cliente.

**Por espera:** Es creado cuando el trabajador está ocioso frente a una máquina, sirviendo solo como observador, o cuando no puede hacer nada porque aquellas están funcionando.

**Por transporte:** Ocurre cuando un material, parte o pieza es movida innecesariamente a una distancia para luego ser almacenada y temporalmente arreglada.

**Por el proceso mismo:** Ocurre cuando el equipo o las operaciones no son costo-efectivas, hay exceso de capacidad o cuando los equipos no son operados eficientemente.

**Por inventario en el proceso:** Se refiere al mantenimiento de inventarios en proceso entre cada operación y al concepto de inventario de seguridad. Ambas formas responden al objetivo de garantizar la continuidad de las operaciones a pesar de la ineficiencia.

**Por movimientos innecesarios:** Ocurre cuando se incluyen movimientos innecesarios que no agregan valor, está vinculado a la ergonomía del puesto de trabajo.

**Por productos defectuosos:** Cuando un producto o parte están fuera de especificación, el desperdicio en materiales y trabajo no incluye solo la manufactura del defectuoso, sino también el retrabajo, el desecho, y otros costos indirectos.

## **2.2.2 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Al referirse a las técnicas e instrumentos de recolección de datos, Balestrini explica que a este nivel del desarrollo del proyecto de investigación, se debe señalar y precisar, de manera clara y desde la perspectiva metodológica, cuales son aquellos métodos instrumentales y técnicas de recolección de información, considerando las particularidades y límites de cada uno de estos, más apropiados, atendiendo a las interrogantes planteadas en la investigación y a las características del hecho estudiado, que en su conjunto nos permitirán obtener y recopilar los datos que estamos buscando (Balestrini, 2006, pag.146)

A continuación se detallan las técnicas de recolección de datos utilizadas en el estudio:

- Observación directa simple

Según (Díaz & Negretti, 2005):

“Es una técnica la cual conecta el problema con el investigador de forma directa. Es un procedimiento que aborda globalmente un problema, ya que los fenómenos se analizan en su totalidad y sin intermediarios, evitando la posibilidad de distorsión por parte del personal conocedor del problema.” (pág. 18).

- Entrevistas no estructuradas

Según (Díaz & Negretti, 2005):

“Consiste en obtener la información de forma verbal de las personas que trabajan y se enfrentan día a día al problema, tomando en cuenta que la persona debe estar calificada para que sus opiniones o percepciones sean válidas.” (pág. 17)

### 2.2.3 Herramientas estadísticas

- Para los análisis estadísticos se utilizaron los siguientes paquetes estadísticos:

Para la prueba de normalidad se utilizó el paquete estadístico MINITAB 2017, específicamente la prueba Anderson-Darling.

Para la diferencia entre las medias de la data histórica y la simulada se utilizó una prueba T de dos muestras.

Para saber a qué distribución probabilística de ajustan los datos se utilizó el paquete de arena “imput analyzer” que realiza una prueba “Chi cuadrado” tomando un nivel de significación de 5%.

- **Intervalo de confianza para la media.**

“Este método estadístico consiste en la estimación de un intervalo de la forma [L, U], en donde L es el límite inferior y U es el límite superior, con una probabilidad  $100(1-\alpha)$  % que la media se encuentre dentro de los límites [L, U]” (Brunk, 1979, pág. . 105). En donde  $100(1-\alpha)$  % representa la probabilidad de que el intervalo obtenido incluya la media poblacional. La estimación del intervalo se realizará mediante los paquetes estadísticos y de simulación, con un nivel de confianza  $100(1-\alpha)$  % de 95%.

- **Definiciones de pruebas de hipótesis.**

Proceso de decisión a través del cual se desea probar si una hipótesis estadística se acepta como verdadera o no. Este proceso de decisión tiene base en las evidencias proporcionadas por una muestra aleatoria.

En una prueba estadística se pretende contrastar dos posibles hipótesis:

Hipótesis nula: Aquella afirmación que queremos contrastar con miras a probar si la aceptamos como verdadera o no. Se le denota como  $H_0$

Hipótesis alterna: Aquella afirmación que aceptaríamos como verdadera si rechazamos la hipótesis nula. Se le denota como  $H_1$ .

- **P-valor de la prueba**

Si se pretende desarrollar un contraste de hipótesis estadística con ayuda de paquetes estadísticos, se requiere el uso del P-valor de la prueba, el cual, es "...el dato obtenido a partir del valor del estadístico del contraste el cual rechazará la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el P valor es menor o igual al nivel de significación adoptado por el experimentador" (Brunk, 1979, pág. 235). Éste nivel de significación se fijará en 5% para todas las pruebas.

- **Prueba T de Student para una muestra.**

Consiste en determinar si la media de una población difiere significativamente de un valor dado. En donde se realizan las siguientes suposiciones:

Varianza desconocida.

La muestra proviene de una distribución Normal.

## **2.2.4 Técnicas de simulación.**

Según McKeown & Davis, "La simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado" (McKeown & Davis, 1986, pág 1).

**Modelo:** Representación de un sistema para su estudio.

**Entidad:** son los elementos dinámicos del sistema, se mueven a través del modelo durante la simulación para finalmente abandonarlo. Éstas cambian de estado, afectan y son afectadas por otras entidades y por el estado del sistema, afectando las medidas de eficiencia de éste.

**Evento:** Es una ocurrencia instantánea que cambia el estado del sistema.

## **Capítulo 3. Marco metodológico**

### **3. Marco metodológico**

En el siguiente capítulo se expondrán los aspectos metodológicos utilizados en este Trabajo Especial de Grado. Se especificará el método y técnicas utilizadas para la recolección de la información así como conceptos y elementos necesarios para resolver el problema de estudio.

#### **3.1 Tipo de investigación**

La presente investigación se puede catalogar como un proyecto factible, puesto que englobará un proceso de investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta con el objetivo de mejorar los procesos productivos de una empresa productora de bebidas.

Un proyecto factible se puede definir como:

“Un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de los objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener una institución o grupo social en un momento determinado. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema previamente detectado” (Moya, 2002).

#### **3.2 Nivel de la investigación**

“El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio.” (Arias, 2012. p. 23)

Para el presente trabajo el nivel de investigación es de tipo descriptivo definido según Fidas G. Arias (2012) como:

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

Este trabajo también puede catalogarse como documental, puesto que para el desarrollo del mismo, serán requeridas diferentes bibliografías que ayuden al desarrollo de la metodología.

### **3.3 Enfoque de la investigación.**

El trabajo tendrá un enfoque mixto, es decir, cualitativo, porque será requerida la observación directa de la situación actual, así como entrevistas con el objetivo de entender la problemática. Y cuantitativo porque se utilizará la recolección de datos y el análisis de los mismos con el objetivo de resolver el problema.

La investigación cualitativa según Taylor y Bogdan “es aquella que ‘produce datos descriptivos, entre los que se encuentran: las propias palabras de las personas, habladas o escritas y las conductas observables’”. (Taylor y Bogdan, 1986, pág. 77).

La investigación cuantitativa según Hernández Sampieri “abarca la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación confiando en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población” (Hernández Sampieri, 1991)

### **3.4 Recolección de datos.**

#### **3.4.1 Revisión documental**

Hernández Sampieri (2006) nos plantea que la revisión documental es el arqueo heurístico de todo el material impreso sobre el tema a investigar o a desarrollar. Para la realización del presente trabajo se revisaron documentos tales como: data histórica proporcionada por la empresa.

### **3.4.2 Observación Directa**

Con el fin de desarrollar la metodología para diseñar una propuesta de mejoras para los procesos productivos de una empresa productora bebidas no carbonatadas, se realizará en una primera instancia, una observación directa en la planta, con la finalidad de verificar los datos históricos suministrados por la empresa. Ésta confirmación se hizo durante el periodo de un mes.

### **3.5 Análisis de Datos.**

Con respecto a los datos cualitativos, que tienen el objetivo de ayudar a la comprensión de la situación actual de la empresa, así como el diagnóstico de la problemática, se usarán, el diagrama causa-efecto, y el mapa de procesos, con el fin de mostrar de forma esquemática las necesidades a solventar.

Los datos cuantitativos se analizarán mediante los diagramas de procesos, los métodos de inferencia estadística, con ayuda del paquete estadístico MINITAB 2017 y técnicas de simulación de eventos discretos, mediante ARENA v14.

### **3.6. Definiciones de la empresa.**

Jarabe Simple: Mezcla de azúcar y agua en la concentración deseada.

Jarabe Terminado: Bebida lista para ser embotellada.

### 3.7 Estructura desagregada del TEG.

En la figura a continuación se muestra la estructura desagregada en la cual se basará el TEG



**Ilustración 4. Estructura Desagregada del TEG**

Fuente: elaboración propia

## **Capítulo 4. Situación actual**

### **4 .Caracterización el proceso productivo**

#### **4.1 Descripción del problema.**

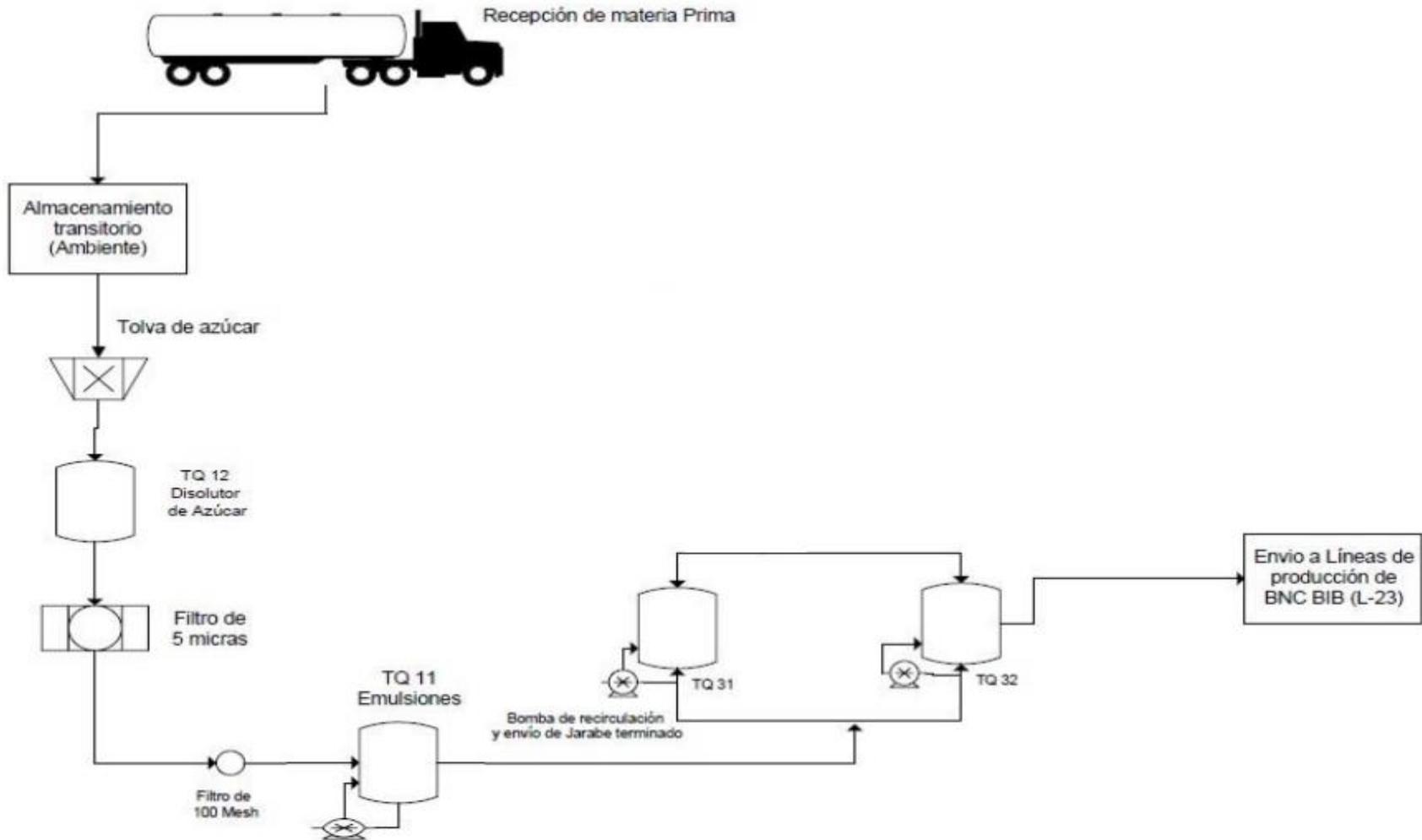
La planta en estudio produce bebidas no carbonatadas. La producción de las bebidas de realiza en las salas 10, 20, 23 y 30. La realización de este trabajo se enfoca en la sala 23, por solicitud de la empresa.

Las operaciones dentro de la sala son de tipo mixta, lo que implica una parte manual en la cual los especialistas de producción vacían tanto las paletas de azúcar en la tolva como las esencias en el tanque saboreador. Y una automatizada en la cual los sistemas de tuberías trasiegan el jarabe, los tanques diluyen la mezcla, y la tolva pasa el azúcar al tanque disolutor; el comienzo de la operación se da con la revisión de la situación actual por parte del supervisor del área quien valida en su turno, primero las condiciones del personal y segundo el estado de seguridad de las instalaciones y plan producción a fin de garantizar su cumplimiento.

Cada uno de los involucrados en el proceso actúa en conjunto para garantizar el único fin común, cumplir el plan de producción, una vez diseñada la estrategia por el supervisor del turno, cada uno de los operadores especialistas de preparación ejecuta las tareas definidas, dos (2) operadores especialistas de preparación ejecutan las labores de preparación de las bebidas necesarias para el plan de envasado.

El flujo de la materia prima (azúcar y esencias) en la planta es el siguiente. Se recibe la misma en camiones tras lo cual montacargas la depositan en el cuarto de almacenamiento a donde la buscan posteriormente al ser solicitada por la sala. Los sacos de azúcar son vaciados en la tolva por dos (2) operarios, y esta pasa al tanque disolutor hasta alcanzar la concentración requerida.

El contenido del tanque disolutor es trasegado al tanque de saboreo en donde son agregadas las esencias. Una vez finalizada la preparación, el contenido es trasegado a los tanques de jarabe terminado desde donde se bombea a la línea de embotellado. Dicho proceso se aprecia en el siguiente diagrama de flujo.



**Ilustración 5. Diagrama de flujo de materia prima en sala 23**

Fuente: Elaboración propia

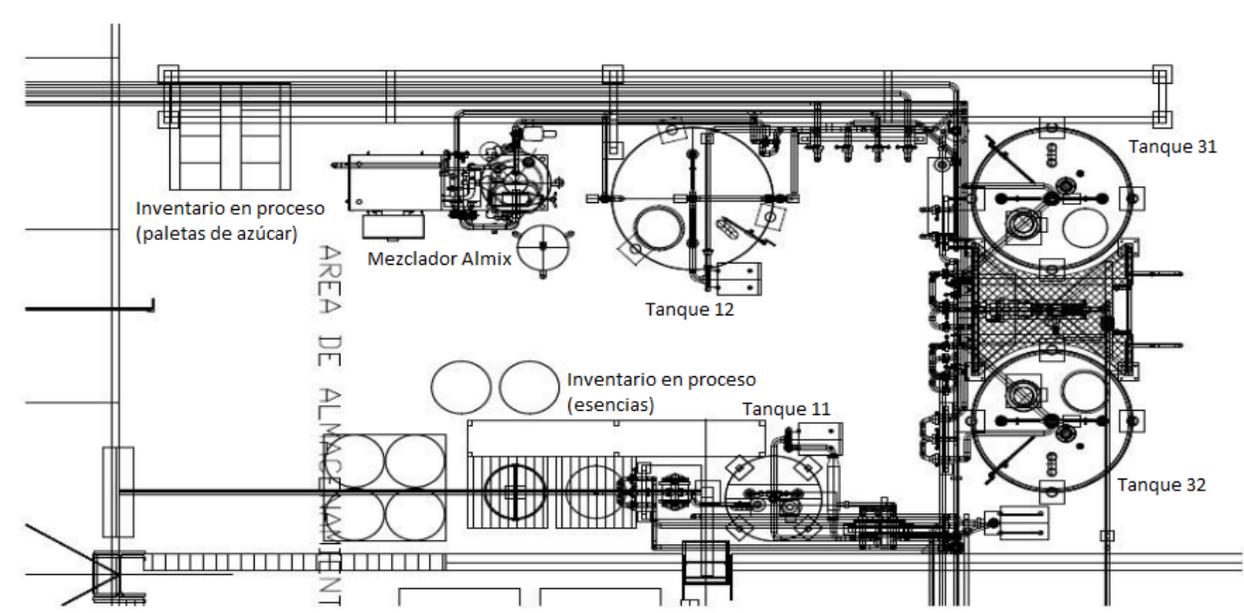
## 4.2 Equipos sala 23

**Tabla 2. Equipos que conforman la sala 23.**

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Características</b>	<b>Función</b>
Mezclador	Tetra Almix Spark 10V	Incluye depósito de mezcla, unidad mezcladora, bomba de vacío simple	Succión de ingredientes sólidos y líquidos con mezclado de las partes y envío a los tanques de bebida terminada
Tanque 11	Diseño propio de la planta	Tanque de 4500 Lts , bomba Alfa Laval LKH10	Disolución de azúcar para la preparación de jarabe simple
Tanque 12	Diseño propio de la planta	Tanque de 4500 Lts , bomba Alfa Laval LKH10	Disolución de azúcar para la preparación de jarabe simple
Tanque 31	Genérico	Tanque de 7000 Lts, motor agitador y bomba Alfa Laval LKH25	Recirculación y envío de bebida terminada
Tanque 32	Genérico	Tanque de 7000 Lts, motor agitador y bomba Alfa Laval LKH25	Recirculación y envío de bebida terminada

Fuente: Elaboración propia

La distribución de estos equipos se puede apreciar en la distribución de espacios y equipos de la sala 23.



**Ilustración 6. Distribución de espacios y equipos de la sala 23**

Fuente: Manual de operaciones de sala 23

En la actualidad solo se dispone de un montacargas en la sala 23, aunque en inventario se dispone de montacargas adicionales.

En la actualidad los operarios especialistas de producción (tanto los encargados de vaciar los sacos de azúcar en la tolva como los encargados de vaciar las esencias) no comparten responsabilidades.

Aunque a gran escala los procesos varían poco dependiendo de la bebida a realizar, cada una debe ajustarse a ciertos parámetros los cuales se especifican en los diagramas de procesos mostrados a continuación.

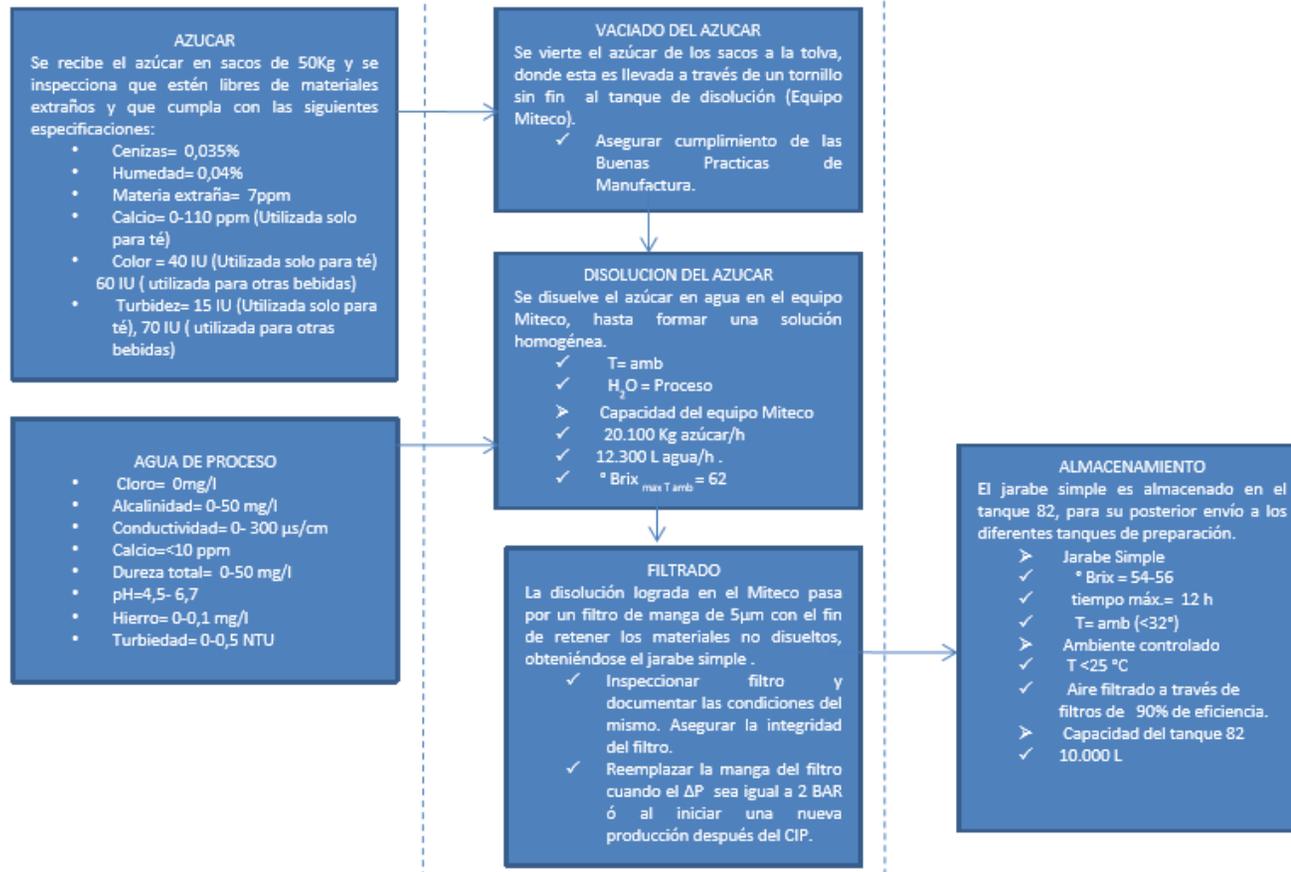


Ilustración 7. Diagrama de proceso para elaboración de jarabe simple

Fuente: Elaboración propia

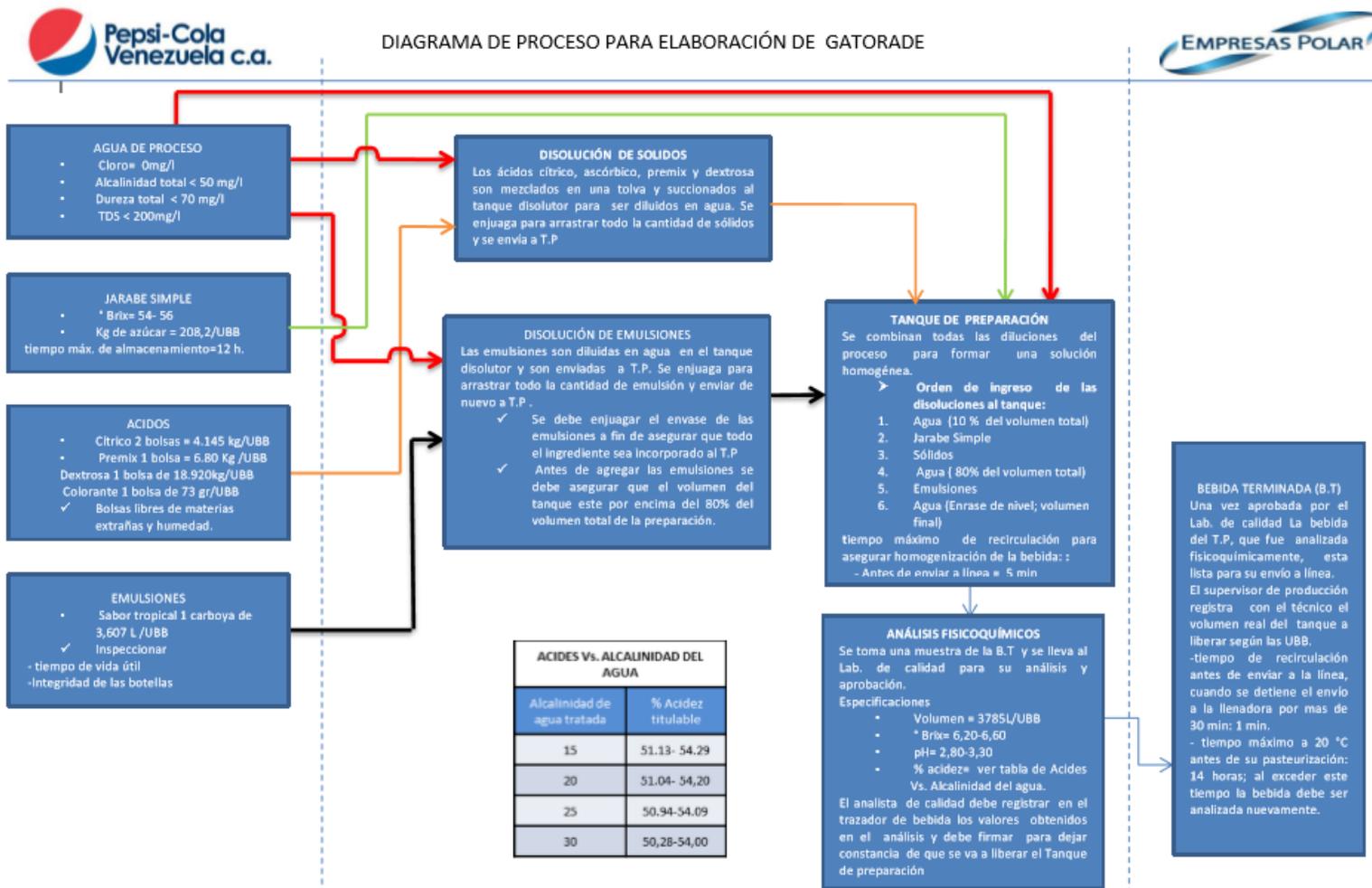


Ilustración 8. Diagrama de proceso para elaboración de jarabe simple

Fuente: Elaboración propia

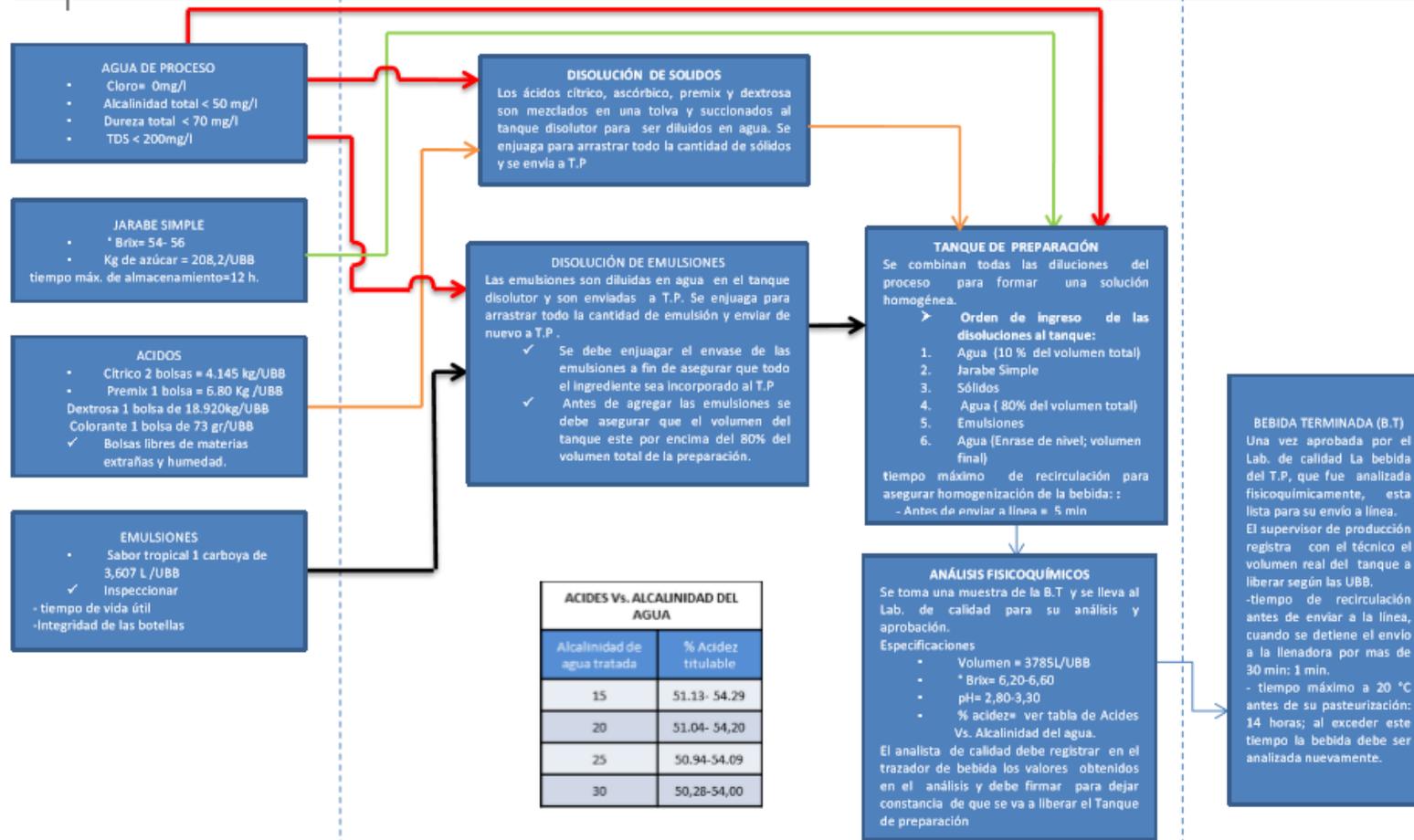


Ilustración 9. Diagrama de proceso para elaboración de jarabe simple

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Distribuciones probabilísticas.

Se realizaron sesenta (60) mediciones de los tiempos de procesamiento de cada parte del sistema, con las cuales se generaron las siguientes distribuciones estadísticas:

**Tabla 3. Distribuciones probabilísticas de cada operación realizada en la sala**

Estación	Distribución Probabilística	Cantidad de operadores
Transporte de sacos de azúcar	TRIA(6.5, 7.2, 10.5) [minutos/paleta de azúcar]	1
Vaciado de azúcar en tolva	UNIF(9.5, 15.5) [minutos/paleta de azúcar]	2
Disolución de azúcar	10 minutos	1
Pruebas físico químicas (1)	UNIF(7.5, 13.5) minutos	1
Trasegado a tanque saboreador	UNIF(9.5, 16.5) minutos	1
Agregado de esencias	UNIF(12.5, 17.5) minutos	1
Pruebas físico químicas (2)	UNIF(8.5, 14.5) minutos	1
Trasegado a tanque de jarabe terminado	UNIF(8.5, 15.5) minutos	1
Descarga de tanque de jarabe terminado	UNIF(35.5, 45.5) minutos	1

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que las mediciones de tiempos realizadas para la obtención de las distribuciones probabilísticas fueron realizadas por el técnico de preparación.

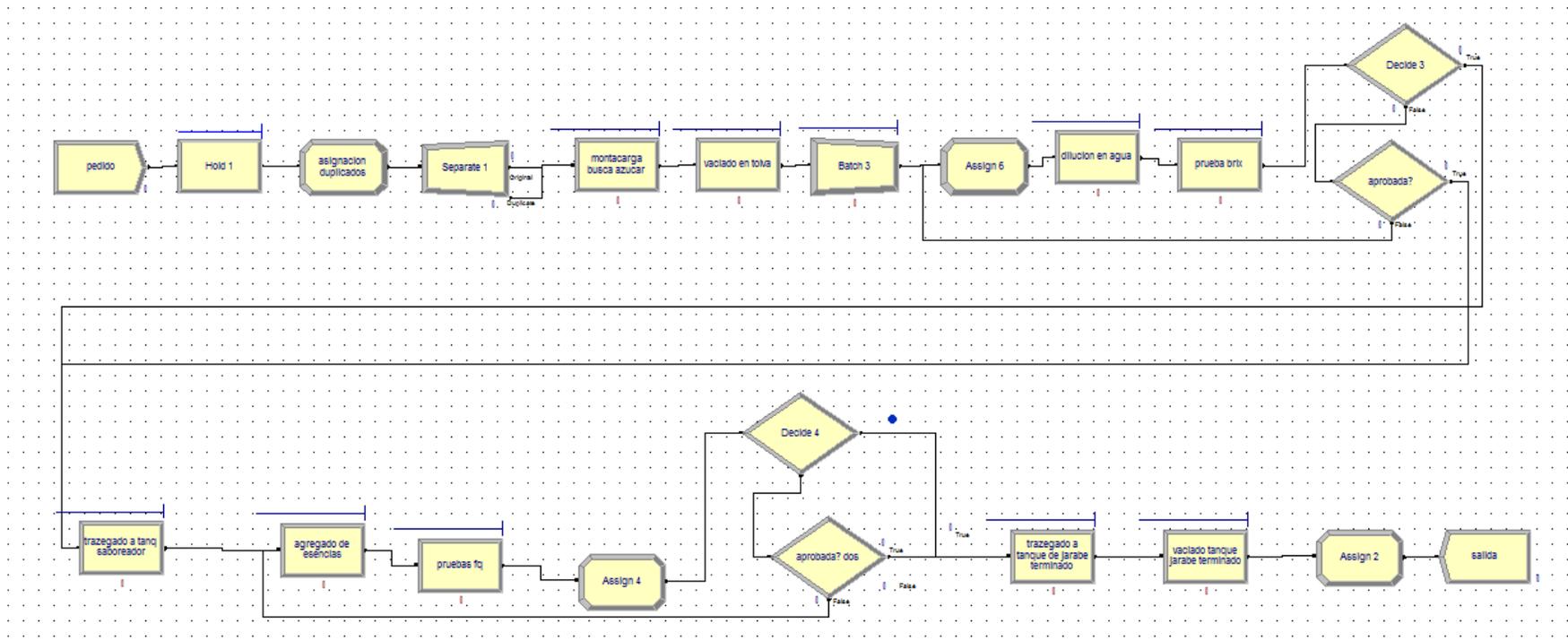
Por datos históricos, se sabe que la probabilidad de que se apruebe cada prueba físico química es del noventa (90) %.

En caso de no aprobar la primera prueba fisicoquímica, se modifica la concentración de azúcar y agua en el tanque disolutor. Tras lo cual se pasa directamente al tanque saboreador.

En caso de no aprobar la segunda prueba físico química, se modifica la solución en el tanque saboreador. Tras lo cual se pasa directamente a tanque de jarabe terminado

#### 4.4 Modelo de simulación de situación actual.

El software utilizado para la realización del modelo fue ARENA 14. A continuación se presenta el modelo que representa la situación actual.



**Ilustración 10. Modelo de simulación en ARENA 14**

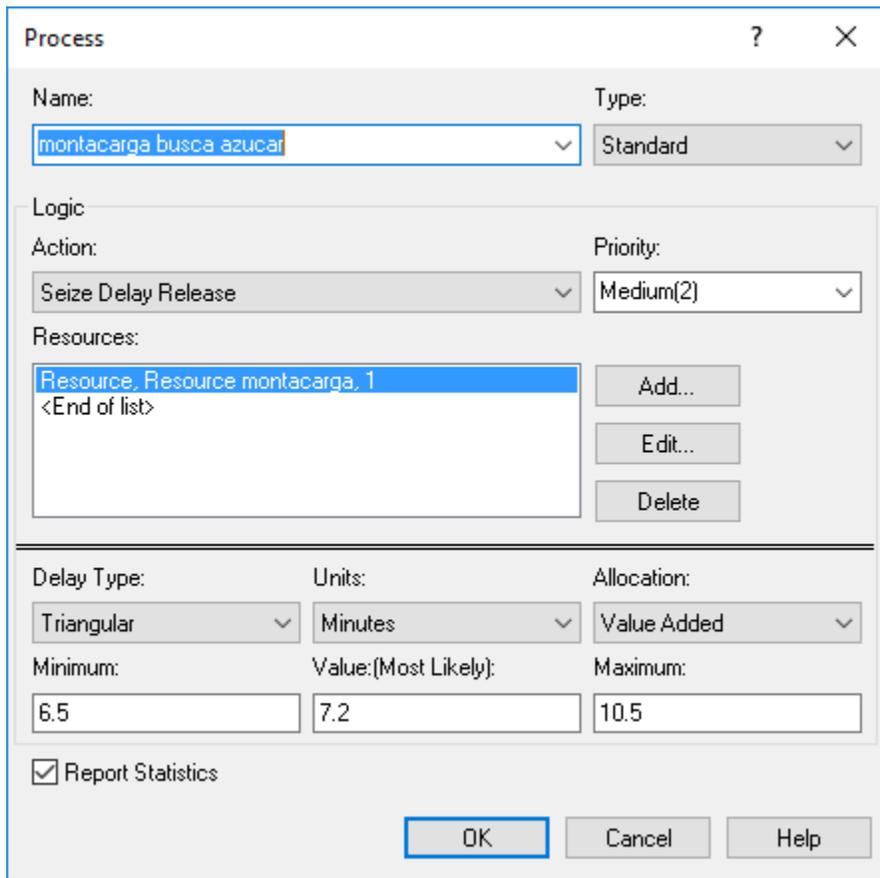
Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

## 4.5 Descripción del modelo de simulación

El modelo inicia con un módulo “create” el cual genera los pedidos que son enviados por el departamento de planificación. El modulo “hold” no permite que entre la siguiente orden en el sistema hasta que la orden anterior salga del mismo.

El modulo “separate” genera el número de paletas de azúcar del pedido, el cual por especificación de la empresa, es aleatorio entre uno (1) y seis (6)

El modulo “montacargas busca azúcar” simula el tiempo que tarda el montacargas en buscar cada paleta de azúcar al almacén y depositarla al lado de la tolva.



**Process** ? X

Name:  Type:

Logic

Action:  Priority:

Resources:

Add...  
 Edit...  
 Delete

---

Delay Type:  Units:  Allocation:

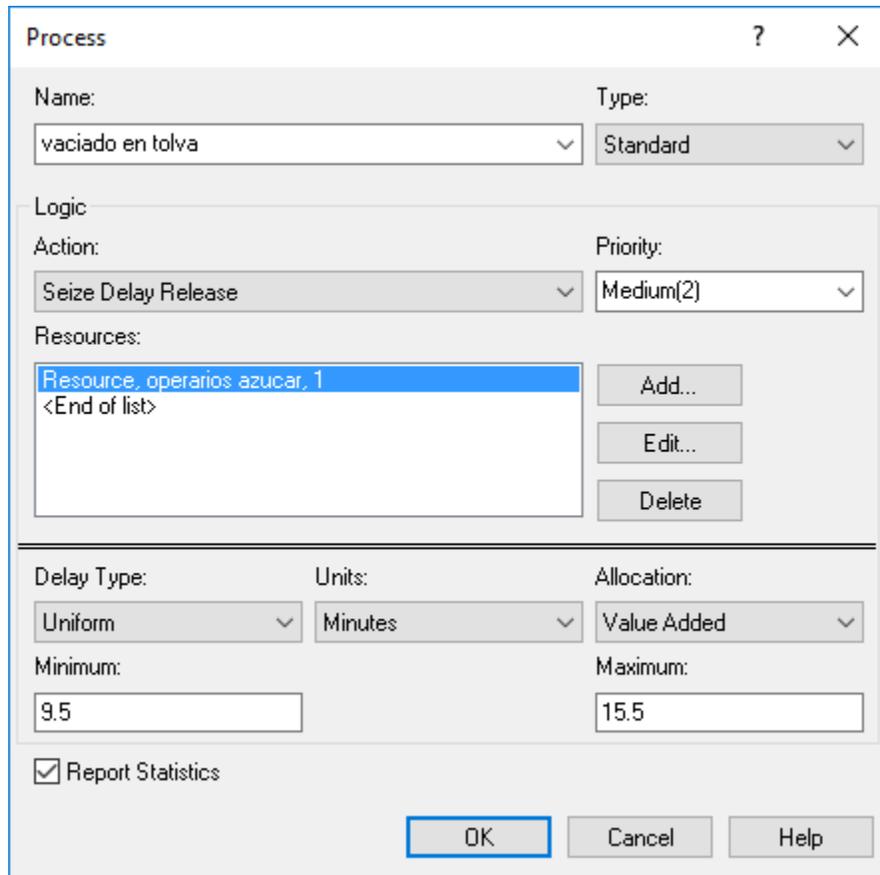
Minimum:  Value:(Most Likely):  Maximum:

Report Statistics

**Ilustración 11. Módulo de procesamiento de paletas de azúcar por montacargas.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El modulo “vaciado en tolva” representa el tiempo de vaciado de cada paleta de azúcar en la tolva.



The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

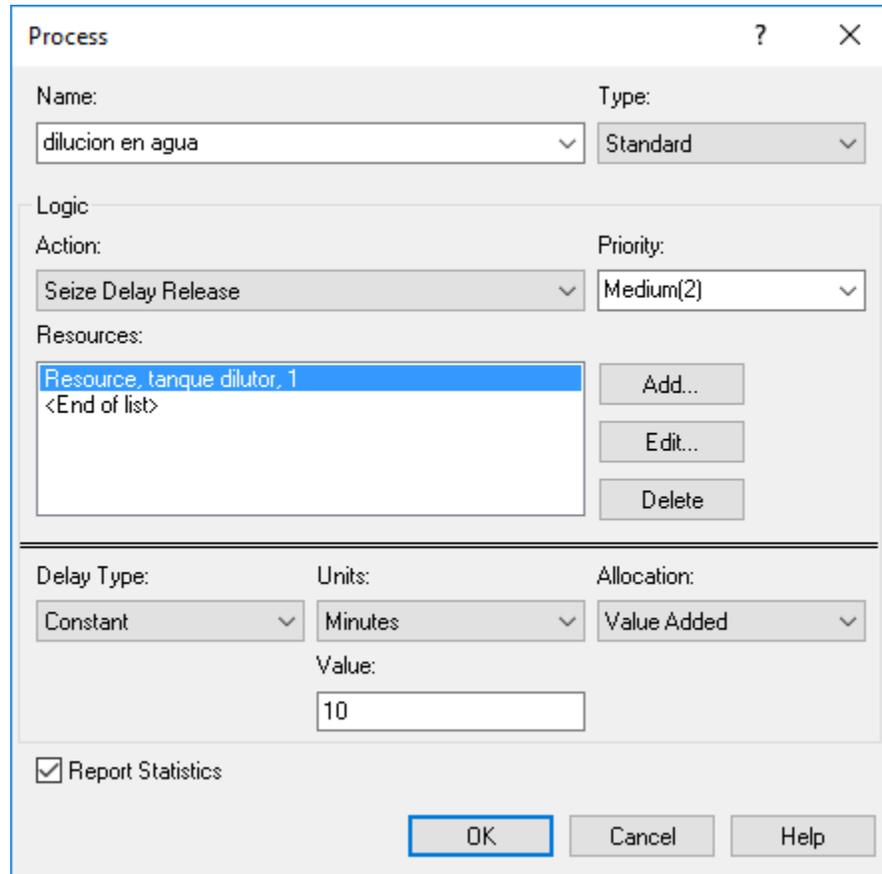
- Name: vaciado en tolva
- Type: Standard
- Logic: Action: Seize Delay Release, Priority: Medium(2)
- Resources: Resource, operarios azucar, 1 (selected), <End of list>
- Delay Type: Uniform, Units: Minutes, Allocation: Value Added
- Minimum: 9.5, Maximum: 15.5
- Report Statistics:

**Ilustración 12. Módulo de vaciado de sacos de azúcar en tolva.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El modulo “batch” agrupa todas las paletas de azúcar de un mismo pedido las cuales serán disueltas en agua.

El módulo “dilución en agua” representa el tiempo que tarda el azúcar en ser disuelta en agua hasta lograr la concentración requerida en el tanque disolutor.

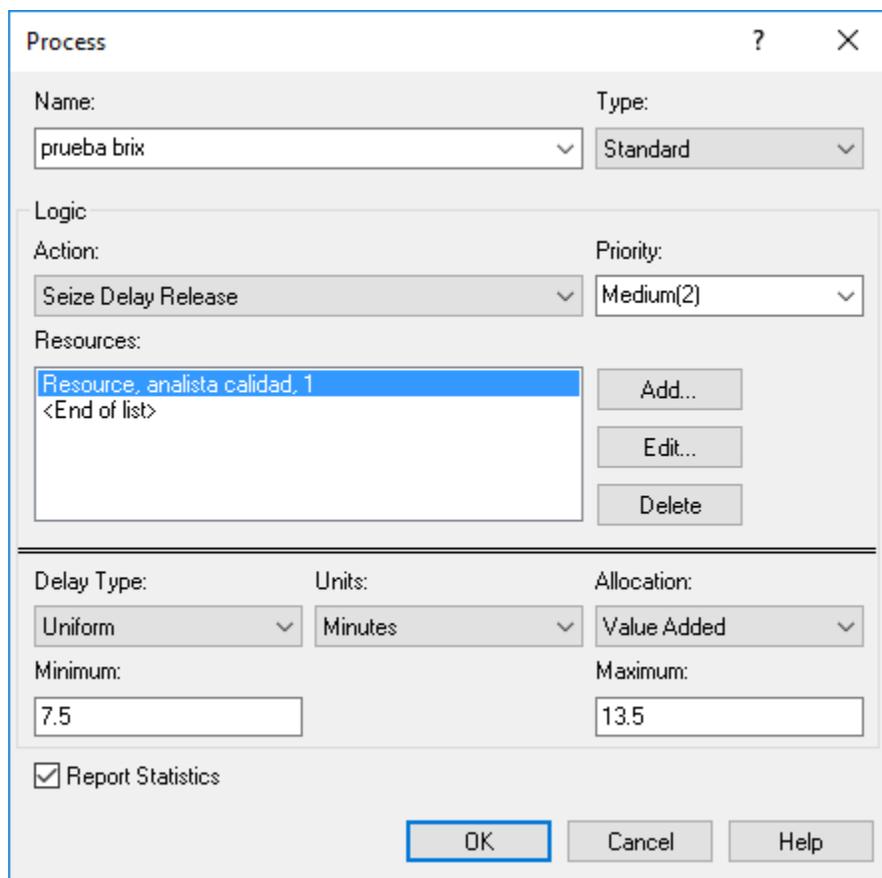


The screenshot shows the 'Process' dialog box in the ARENA 14 software. The dialog is titled 'Process' and contains several configuration fields. The 'Name' field is set to 'dilucion en agua' and the 'Type' is 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, tanque dilutor, 1' and '<End of list>'. The 'Delay Type' is 'Constant', 'Units' is 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Value' field is set to '10'. The 'Report Statistics' checkbox is checked. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

**Ilustración 13. Módulo de dilución de azúcar.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El modulo “prueba brix” representa la primera prueba físico química que se realiza. En la cual un analista de calidad toma una muestra, la lleva al laboratorio e informa del resultado obtenido.



The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

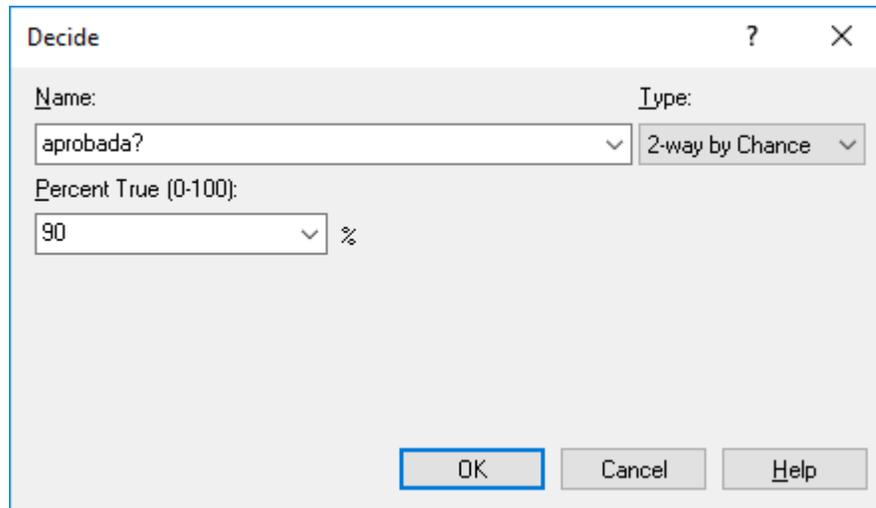
- Name:** prueba brix
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay Release
  - Priority:** Medium(2)
- Resources:**
  - Resource, analista calidad, 1
  - <End of list>
- Delay Type:** Uniform
- Units:** Minutes
- Allocation:** Value Added
- Minimum:** 7.5
- Maximum:** 13.5
- Report Statistics

**Ilustración 14. Módulo de prueba de calidad 1.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

En caso de no aprobar la prueba físico química, se regresa al módulo de dilución de agua para lograr la concentración requerida, tras lo cual el jarabe es trasegado al tanque saboreador, sin que se repita la prueba físico química.

El modulo “aprobada?” representa la decisión de si la prueba físico química fue aprobada. Con su respectiva probabilidad de ocurrencia.



Decide

Name: aprobada? Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 90 %

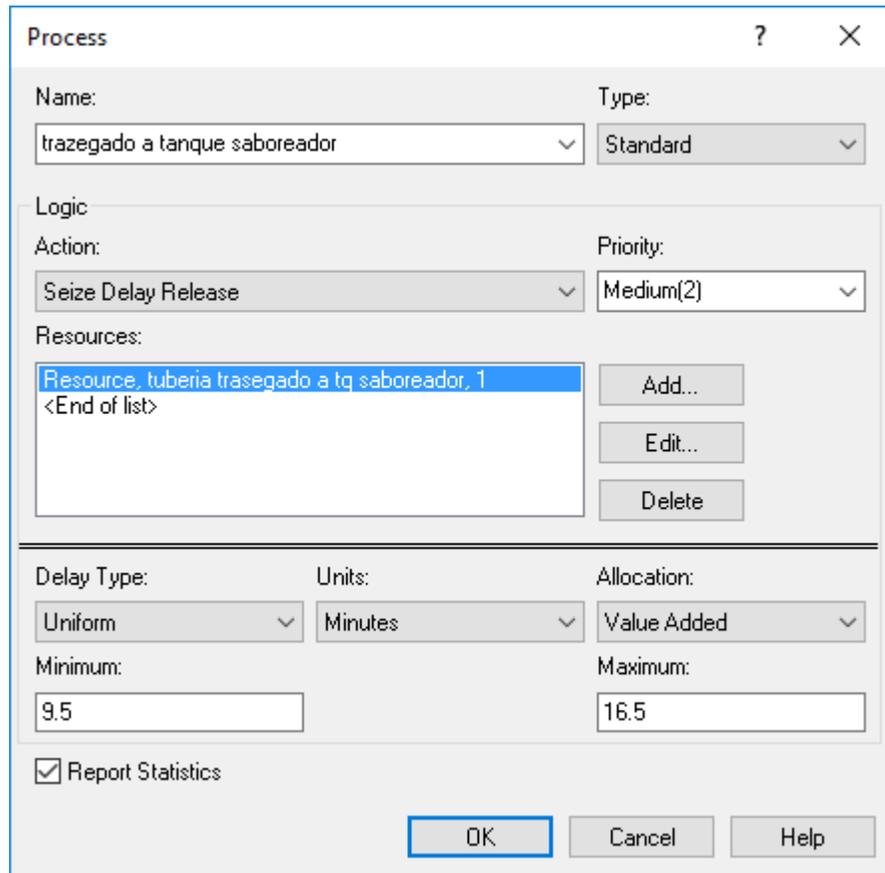
OK Cancel Help

**Ilustración 15. Módulo de decisión tras prueba de calidad.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El modulo “assign” aumenta en una unidad el valor del atributo “control de calidad” de manera que si una entidad no aprueba, al ser arreglada, esta es trasegada directamente al tanque saboreador.

El modulo “trasegado a tanque saboreador” representa el tiempo de trasegado en el cual el jarabe pasa del tanque de dilución de agua al tanque saboreador.



The screenshot shows the 'Process' dialog box in the ARENA 14 software. The dialog is titled 'Process' and has a standard Windows-style title bar with a question mark and a close button. The main content is organized into several sections:

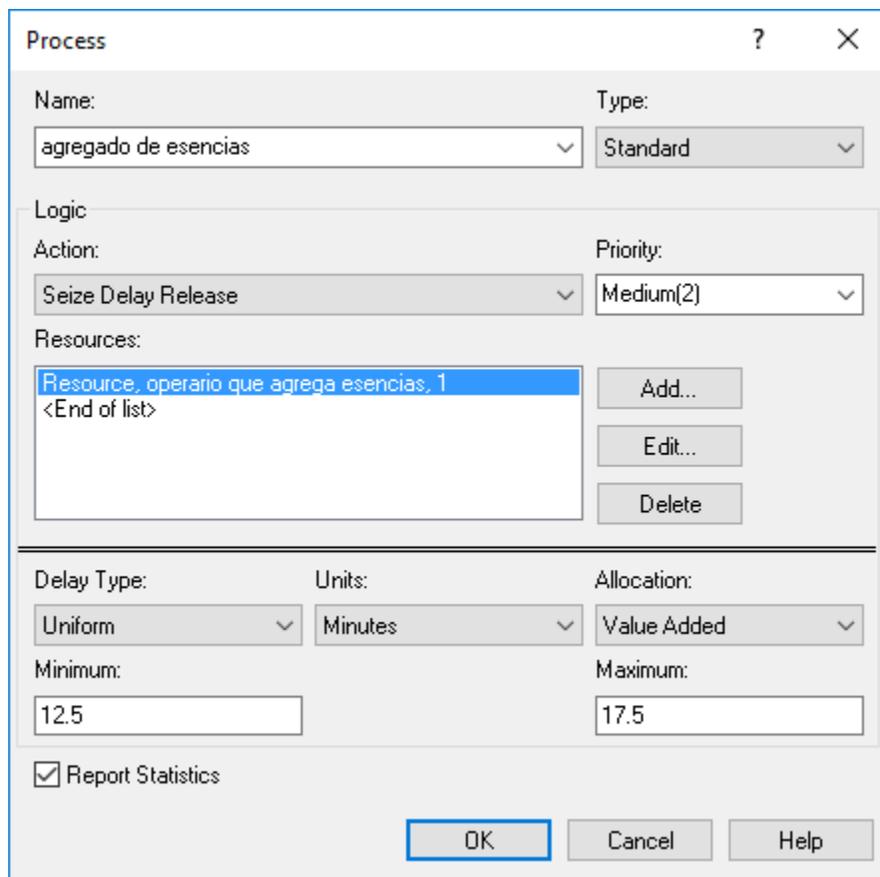
- Name:** A dropdown menu containing 'trasegado a tanque saboreador'.
- Type:** A dropdown menu containing 'Standard'.
- Logic:** A section containing:
  - Action:** A dropdown menu containing 'Seize Delay Release'.
  - Priority:** A dropdown menu containing 'Medium(2)'.
- Resources:** A list box containing 'Resource, tuberia trasegado a tq saboreador, 1' and '<End of list>'. To the right of the list box are three buttons: 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'.
- Delay Type:** A dropdown menu containing 'Uniform'.
- Units:** A dropdown menu containing 'Minutes'.
- Allocation:** A dropdown menu containing 'Value Added'.
- Minimum:** A text input field containing '9.5'.
- Maximum:** A text input field containing '16.5'.
- Report Statistics:** A checkbox that is checked.

At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'. The 'OK' button is highlighted with a blue border.

**Ilustración 16. Módulo de trasegado a tanque saboreador.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El módulo “agregado de esencias” representa el tiempo en el que un operario agrega las esencias en el tanque saboreador.



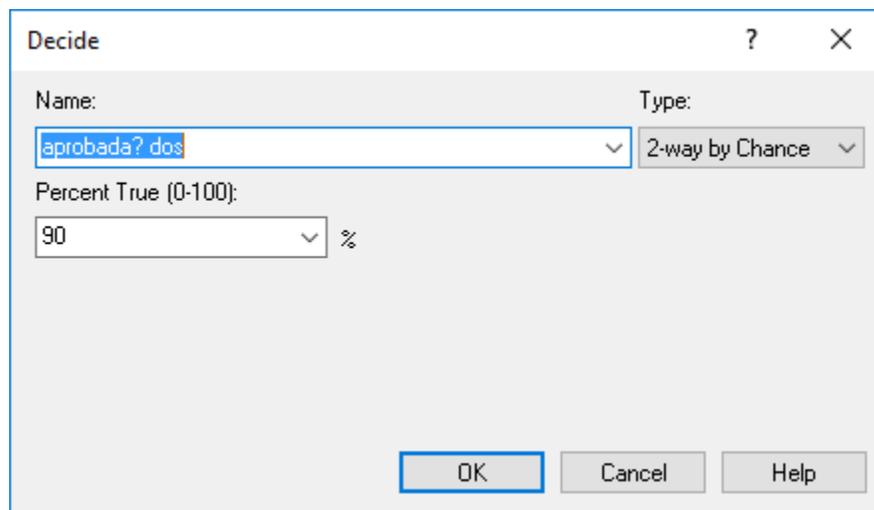
**Ilustración 17. Módulo de agregado de esencias.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El módulo “prueba fq” representa la segunda prueba físico química que se realiza. En la cual un analista de calidad toma una muestra, la lleva al laboratorio e informa del resultado obtenido.

En caso de no aprobar la prueba físico química, se regresa al módulo de agregado de esencias para lograr la concentración requerida, tras lo cual el jarabe es trasegado al tanque de jarabe terminado, sin que se repita la prueba físico química.

El modulo “aprobada? dos” representa la decisión de si la prueba físico química fue aprobada. Con su respectiva probabilidad de ocurrencia.



Decide

Name:  Type:

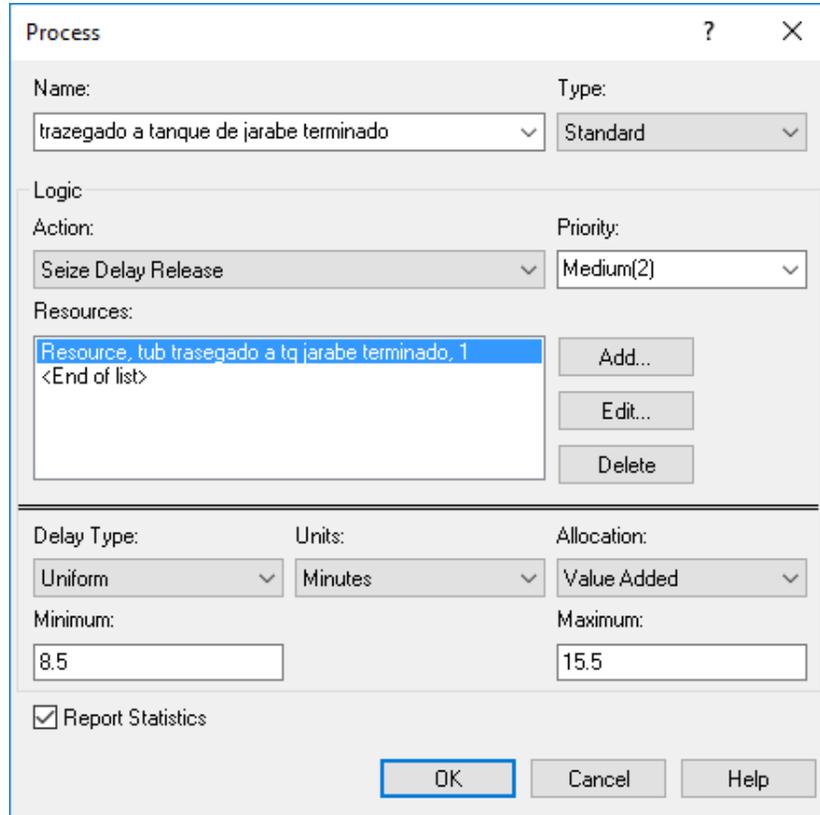
Percent True (0-100):  %

OK Cancel Help

**Ilustración 18. Módulo de decisión tras la segunda prueba de calidad.**

Fuente: elaboración propia, con ARENA 14

El modulo “trasegado a tanque de jarabe terminado” representa el tiempo de trasegado en el cual el jarabe pasa del tanque de dilución de agua al tanque saboreador.

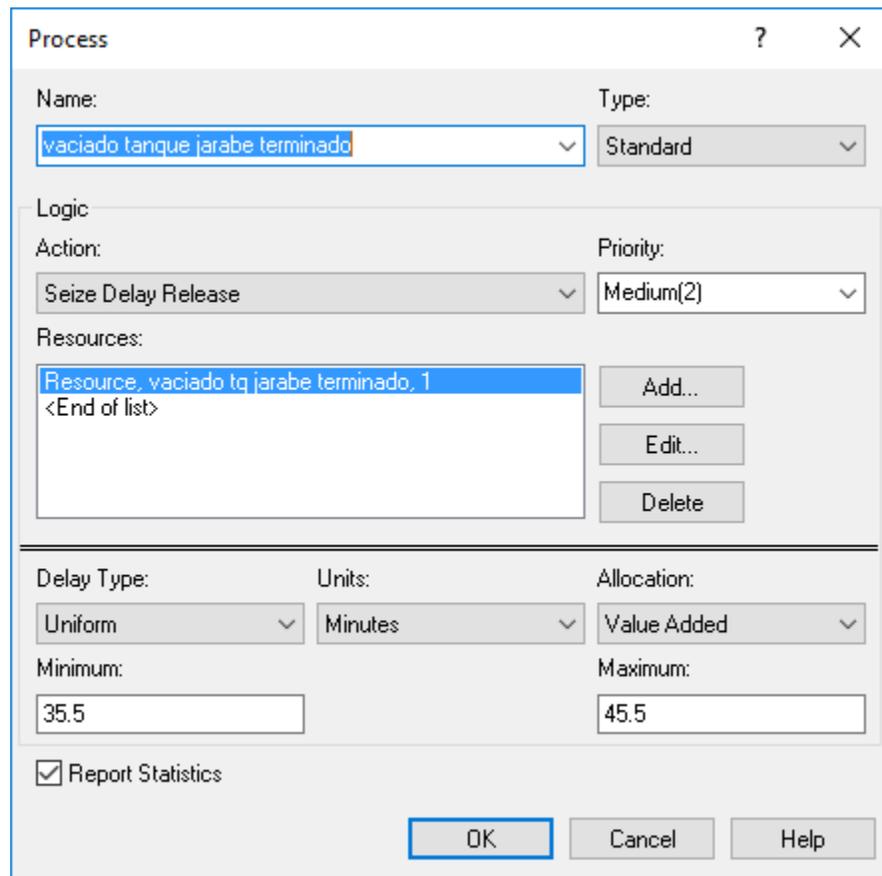


The screenshot shows the 'Process' dialog box in ARENA 14. The 'Name' field is 'trazegado a tanque de jarabe terminado' and the 'Type' is 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains one entry: 'Resource, tub trasegado a tq jarabe terminado, 1'. Below this, the 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' are 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' delay is 8.5 and the 'Maximum' delay is 15.5. The 'Report Statistics' checkbox is checked. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

**Ilustración 19. Módulo de trasegado a tanque de jarabe terminado.**

Fuente: elaboración propia con ARENA 14.

El módulo “vaciado de tanque de jarabe terminado” representa el tiempo que tarda el tanque de jarabe terminado en ser enviado a la línea de embotellado.



The screenshot shows the 'Process' dialog box in ARENA 14. The 'Name' field is set to 'vaciado tanque jarabe terminado' and the 'Type' is 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains one resource: 'Resource, vaciado tq jarabe terminado, 1'. The 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' are 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' delay is 35.5 and the 'Maximum' delay is 45.5. The 'Report Statistics' checkbox is checked. Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are at the bottom.

**Ilustración 20. Módulo de vaciado de tanque de jarabe terminado.**

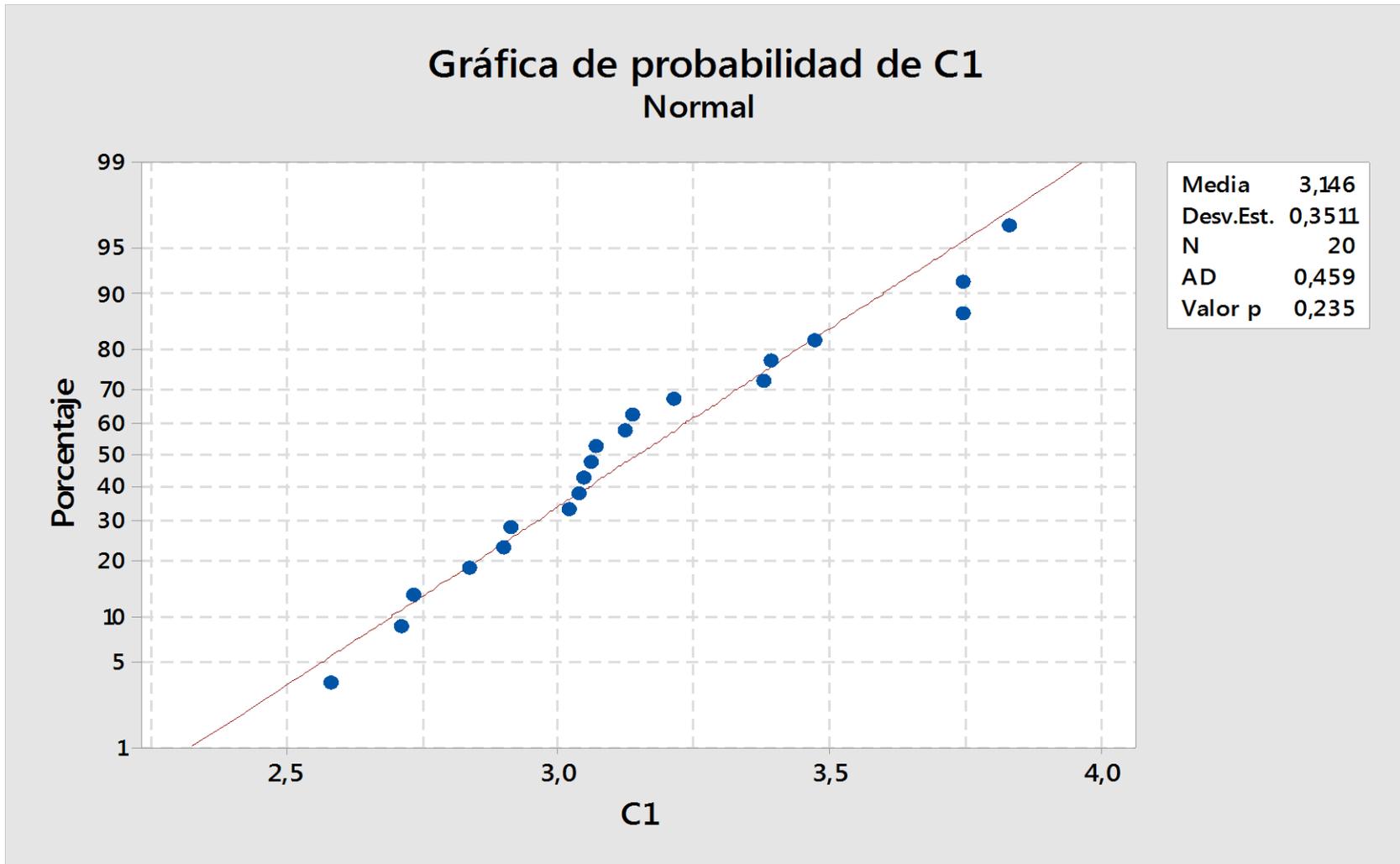
Fuente: elaboración propia con ARENA 14.

## 4.6 Validación del Modelo

Una vez construido el modelo, es necesario presentar su validación. Lo que consiste en determinar si el modelo es una buena representación del sistema real. Para realizar la validación del modelo de simulación, se utilizó una prueba estadística para dos muestras independientes con varianzas desconocidas, que consiste en comparar los resultados obtenidos de la simulación contra los datos observados reales. En este estudio se usó como medida de desempeño en la validación del modelo el tiempo promedio en el sistema (VA time)

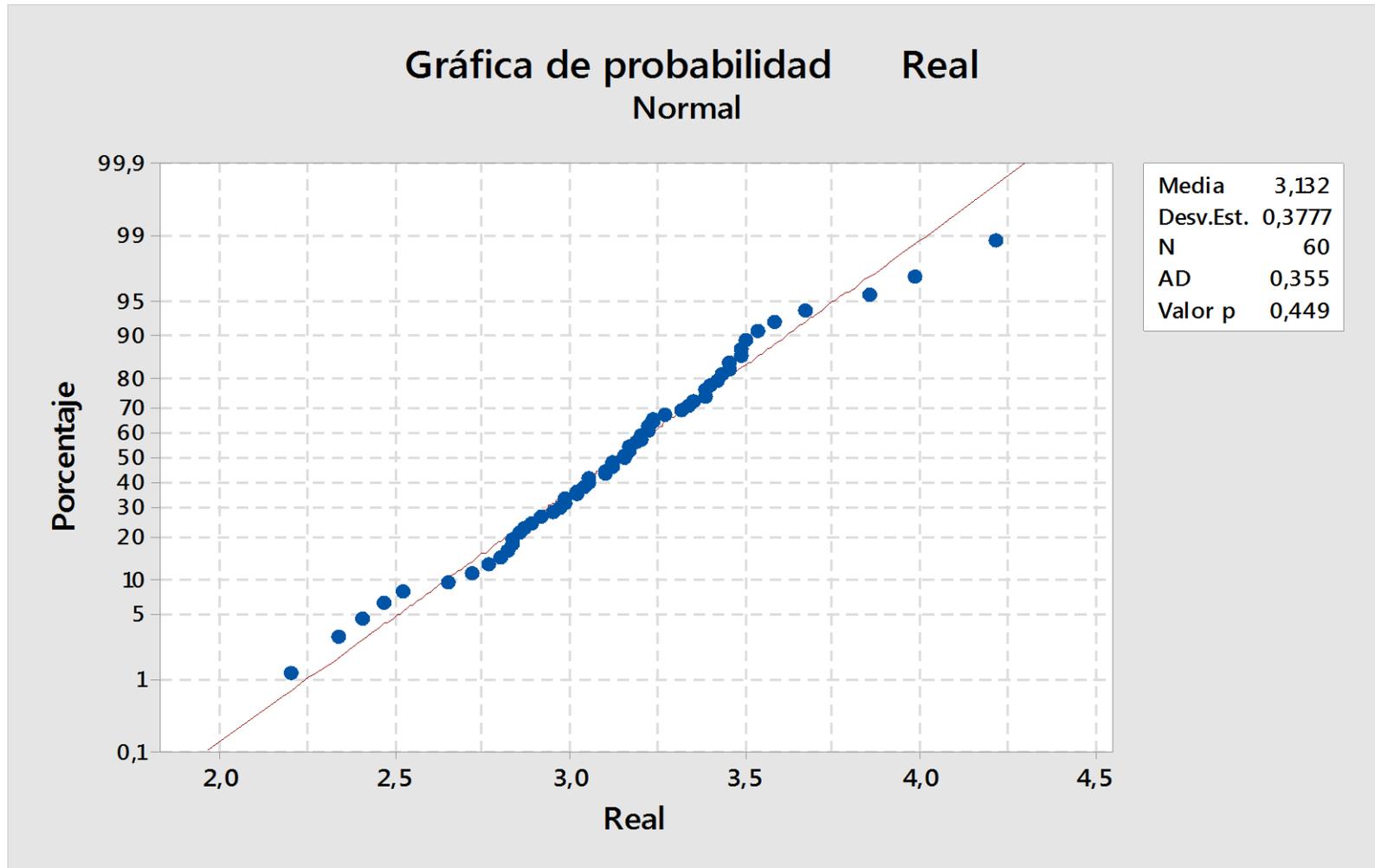
A continuación se plantearon la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_1$ ):  $H_0: \mu_x = \mu_y$  (La media de los datos reales observados es igual a la media de los datos del modelo de simulación).

$H_1: \mu_x \neq \mu_y$  (La media de los datos reales observados es diferente a la media de los datos del modelo de simulación). Para el contraste de hipótesis se utilizaron los resultados de 12 replicaciones del modelo de simulación, fijando un nivel de confianza del 5%. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.



**Ilustración 21. Normalidad de datos simulados**

Fuente: elaboración propia con MINITAB 2017



**Ilustración 22. Normalidad de datos medidos**

Fuente: elaboración propia, mediante MINITAB 2017

T de dos muestras para Simulación vs. Real

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Simulación	60	3,140	0,315	0,041
Real	60	3,132	0,378	0,049

Diferencia =  $\mu$  (Simulación) -  $\mu$  (Real)

Estimación de la diferencia: 0,0076

IC de 95% para la diferencia: (-0,1181; 0,1334)

Prueba T de diferencia = 0 (vs.  $\neq$ ): Valor T = 0,12 Valor p = 0,904 GL = 114

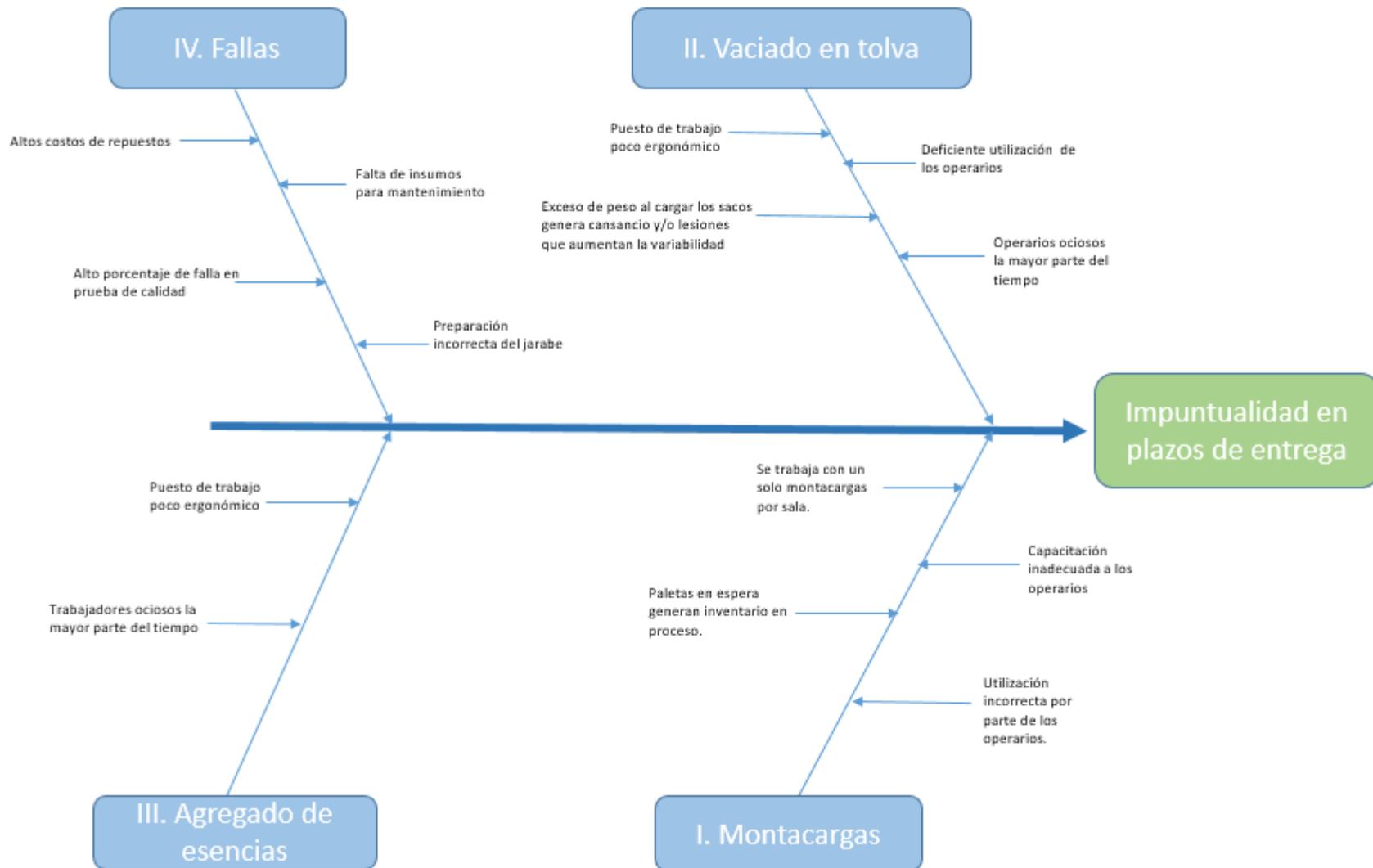
### **Ilustración 23. Validación del modelo mediante el contraste de una prueba t de dos muestras**

Fuente: elaboración propia, mediante MINITAB 2017

Con el valor p del gráfico, se rechaza la hipótesis nula por lo cual no hay evidencia significativa de diferencias entre ambas muestra

#### **4.7 Identificar los problemas (factores) que afectan el proceso productivo**

Con el propósito de entender la situación de la empresa, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal de empresa, confirmando la información obtenida mediante la observación directa de los procesos. La información obtenida fue utilizada para realizar un diagrama causa – efecto (Ishikawa), el cual muestra las causas para la situación que la empresa desea mejorar.



**Ilustración 24. Diagrama de Ishikawa**

Fuente: Elaboracion propia

## **4.8 Explicación de las causas de los problemas asociados al proceso productivo.**

### **- En área de montacargas.**

En la actualidad en la sala 23 se utiliza un solo montacargas para el transporte de las paletas de azúcar. Las cuales son el insumo principal para los procesos realizados en la sala.

Una vez que los montacargas realizan el transporte del azúcar, estos quedan ociosos hasta que llegue el siguiente pedido.

### **- En el área de vaciado en tolva.**

Los operarios solo están ocupados mientras se vacían los sacos de azúcar en la tolva, el resto del tiempo están ociosos.

En la operación de vaciado es poco ergonómica, ya que esta se realiza de pie, levantando los sacos de azúcar de cuarenta y cinco (45) kilogramos. Lo cual puede causar agotamiento y lesiones musculoesqueléticas, lo cual probablemente influya de manera negativa en el tiempo en que se realiza este proceso y en la calidad del mismo.

### **- En el área de agregado de esencias**

Los operarios solo están ocupados mientras se vierten las esencias en el tanque saboreador, el resto del tiempo están ociosos.

El puesto es poco ergonómico ya que se realiza de pie.

### **- Fallas**

Las fallas en el monta cargas generan que el sistema se detenga por completo, ya que estos proveen el insumo básico necesario para operar.

Las pruebas de calidad no aprobadas, generan retrabajo y tiempos de espera que influyen directamente en la puntualidad de los plazos de entrega.

## **Capítulo 5. Propuestas de mejora.**

### **5.1 Escenarios**

**Simulando distintos escenarios de mejora por separado se obtuvieron los siguientes resultados:**

1) Agregando un segundo montacargas en el proceso se lograría disminuir el tiempo promedio de procesamiento de 3.14 horas a 2.87 horas. Logrando así el requerimiento de la gerencia que exige que el mismo sea realizado en un máximo de tres (3) horas.

Agregar un segundo montacargas al proceso conllevaría mayores costos de mantenimiento así como también el sueldo de un segundo montacarguista. Pero cuenta con la ventaja de que no es necesario comprar dicho montacargas, ya que la empresa cuenta con múltiples unidades en inventario.

2) Redistribuir a los operarios de manera que el encargado de agregar las esencias, sea incluido en el vaciado de azúcar en la tolva, ya que este se encuentra ocioso durante este proceso. Con esto se lograría disminuir el tiempo promedio de procesamiento de 3.14 horas a 2.92 horas.

Dicha redistribución conllevaría gastos de capacitación para el operario, pero cuenta con la ventaja de que no sería necesaria la contratación de un nuevo operario.

Para esta propuesta se consideró que la redistribución modificará la distribución del tiempo de operación. El cual pasa de UNIFORME (9.5, 15.5) a UNIFORME (6.5, 12.5). Estos valores son una suposición del investigador basado en las características del proceso observado.

3) Redistribuir a los operarios de manera que el encargado de vaciar los sacos de azúcar en la tolva sea incluido en el proceso de agregado de esencias. Con esto se lograría disminuir el tiempo promedio en el sistema de 3.14 horas a 2.96 horas.

Dicha redistribución conllevaría gastos de capacitación para el operario, pero cuenta con la ventaja de que no sería necesaria la contratación de un nuevo operario.

Para esta propuesta se consideró que la redistribución modificará la distribución del tiempo de operación. El cual pasa de UNIFORME (12.5, 17.5) a UNIFORME (6.25, 8.75). Estos valores son una suposición del investigador basado en las características del proceso observado.

Simulando los distintos escenarios de mejora en conjunto se obtuvieron los siguientes resultados:

- A) Al aplicar las propuestas 1 y 2 en simultaneo, se lograría reducir el tiempo promedio de procesamiento de 3.14 horas a 2.71 horas. Los costos y ventajas asociados a dichas propuestas se mantienen para la opción conjunta.
- B) Al aplicar las propuestas 1 y 3 en simultaneo, se lograría reducir el tiempo promedio de procesamiento de 3.14 horas a 2.73 horas. Los costos y ventajas asociados a dichas propuestas se mantienen para la opción conjunta.
- C) Al aplicar las propuestas 2 y 3 en simultaneo, se lograría reducir el tiempo promedio de procesamiento de 3.14 horas a 2.83 horas. . Los costos y ventajas asociados a dichas propuestas se mantienen para la opción conjunta
- D) Al aplicar las propuestas 1, 2 y 3 en simultaneo, se lograría reducir el tiempo promedio de procesamiento de 3.14 horas a 2.59 horas. Los costos y ventajas asociados a dichas propuestas se mantienen para la opción conjunta

## **5.2 Establecer recursos para una posible implementación de las soluciones.**

Para implementar cada una de las propuestas, es de suma importancia comunicar las propuestas al personal, como también capacitarlo para los cambios realizados en los procesos y los procedimientos dentro del sistema. También debe realizarse un seguimiento paulatino, para así monitorear que los cambios de la manera esperada. De igual manera, se debe mantener el personal supervisado y motivado para que puedan adaptarse e involucrarse con los nuevos aspectos que cambian las rutinas que llevaron a cabo por mucho tiempo, y se sientan incorporados a formar parte de dichos cambios dándoles a conocer el beneficio de ellos. Todas las propuestas establecidas se pueden realizar a corto plazo, siendo necesario para estas:

### **Propuesta 1: Inclusión de un segundo montacargas en el transporte de paletas de azúcar.**

- Asignación de un montacargas en inventario a la sala 23, con la correspondiente contratación y capacitación de un nuevo operario montacarguista.

### **Propuesta 2: Redistribución de operarios en vaciado de tolva.**

- Capacitación del operario que incluirá en sus tareas el vaciado de azúcar en la tolva

### **Propuesta 3: Redistribución de operarios en Agregado de esencias.**

- Capacitación del operario que incluirá en sus tareas el agregado de esencias.

Cabe destacar que de las propuestas realizadas, únicamente la primera requiere la contratación de un nuevo operario. Y ninguna requiere equipo adicional o modificaciones al diseño de la sala.

## **Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones**

Tras el desarrollo del presente TEG se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Se logró caracterizar el proceso productivo de la sala, a través de observación directa y entrevistas no estructuradas, consiguiendo como resultado identificar cada una de las etapas de interés.

A partir de entrevistas realizadas a los operarios y al especialista de elaboración, y de la realización de un diagrama de Ishikawa se logró identificar los problemas que afectan el proceso productivo, determinando que el problema principal es el incumplimiento de los plazos elaboración exigidos por la gerencia.

A partir del diagrama de Ishikawa se lograron identificar las principales causas para evaluar las deficiencias dentro del proceso productivo las cuales fueron:

- Solo se trabaja con un montacargas.
- Trabajadores ociosos la mayor parte del tiempo.
- Puestos de trabajo poco ergonómicos.
- Paletas en espera generan inventario en proceso.

## **Recomendaciones**

En función de la necesidad de mejorar los procesos productivos de la sala 23 se recomienda:

- Mejorar la distribución del personal en el proceso de vaciado de sacos de azúcar en tolva, debido a las bajas utilidades de los operarios.
- Mejorar la distribución del personal en los procesos de agregado de esencias en el tanque saboreador, debido a las bajas utilidades de los operarios.
- Agregar un segundo montacargas en el proceso de transporte de paletas de azúcar.
- La empresa deberá implantar las tres propuestas en conjunto, para lograr las mayores reducciones en los tiempos de procesamiento.
- Realización de un estudio de Higiene y Seguridad Ocupacional para reducir la exposición al riesgo y lesiones musculoesqueléticas que afecten la calidad y variabilidad del trabajo realizado por los operarios.
- Una vez implantadas las propuestas se recomienda realizar un nuevo estudio de simulación para constatar los resultados esperados y analizar nuevas posibles mejoras.

## **Bibliografía**

Vélez, L. V. (2015). La investigación cualitativa. Recuperado el mayo 26, 2017, de <http://www.ponce.inter.edu/cai/Comite-investigacion/investigacioncualitativa.html>

McKeown, P. G., & Davis, R. K. (1986). Modelos cuantitativos para administración. México: Iberoamérica, S.A.

Moya, R. D. (2002). El Proyecto Factible: Una modalidad de investigación. Recuperado el junio 02, 2017, de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41030203>

Kelton, D. W., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2008). Simulación con software Arena. México: Mc Graw Hill.

Hernández Sampieri, R. (2010). Metodología de la investigación (5 ed.). México: Mc Graw Hill.

García, J. C., & Martínez, M. R. (2008, Noviembre). Metodología de la Investigación I. Recuperado el junio 03, 2017, de [http://perso.wanadoo.es/aniorte\\_nic/apunt\\_metod\\_investigac4\\_4.htm](http://perso.wanadoo.es/aniorte_nic/apunt_metod_investigac4_4.htm).

Benjamin, W. N., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño de trabajo (Duodécima ed.). México, D.F: Mc Graw Hill.

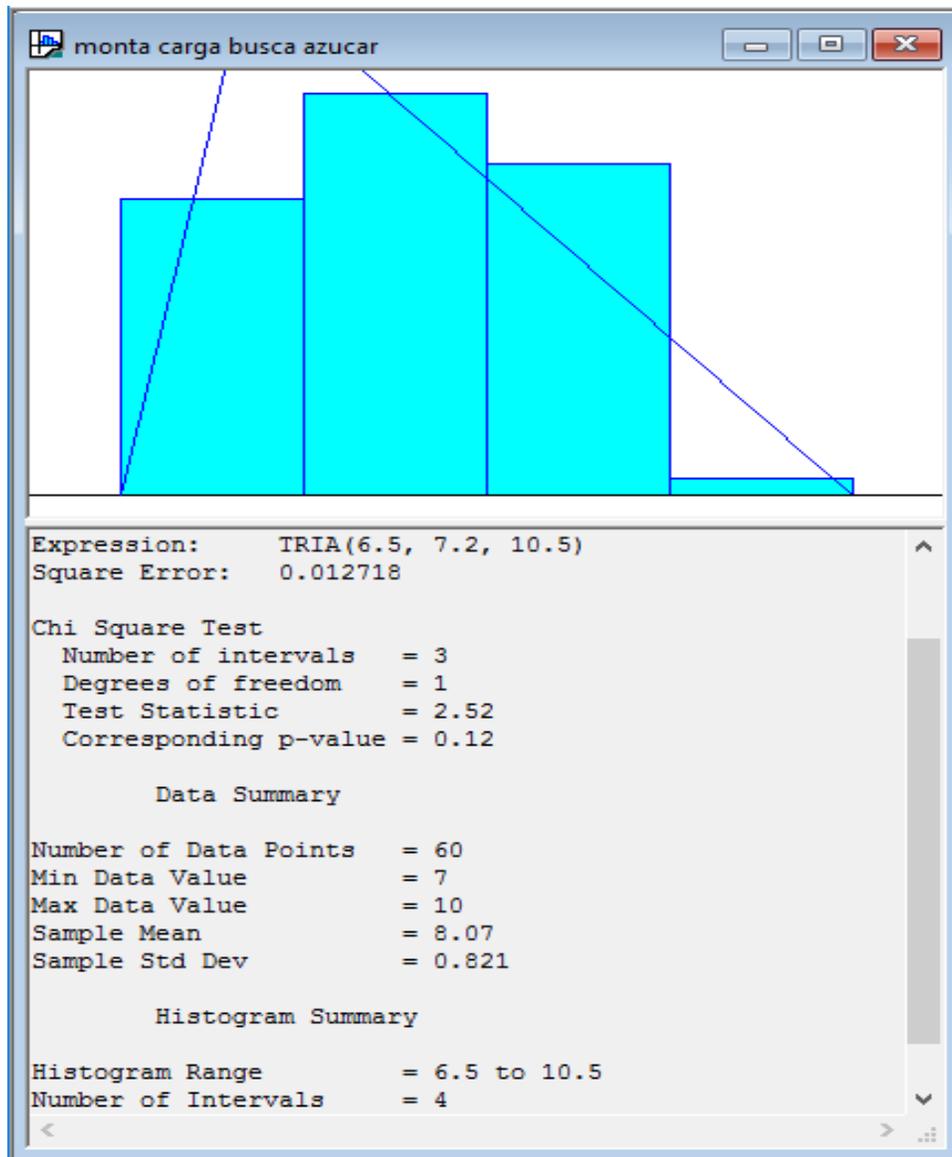
Law, Averill & Kelton, David. (2000). Simulation Modeling and Analysis. Mc Graw Hill

## Anexos

Las siguientes tablas son los resultados de las sesenta (60) mediciones realizadas a los procesos de interés de la sala y las distribuciones probabilísticas a las que fueron ajustados.

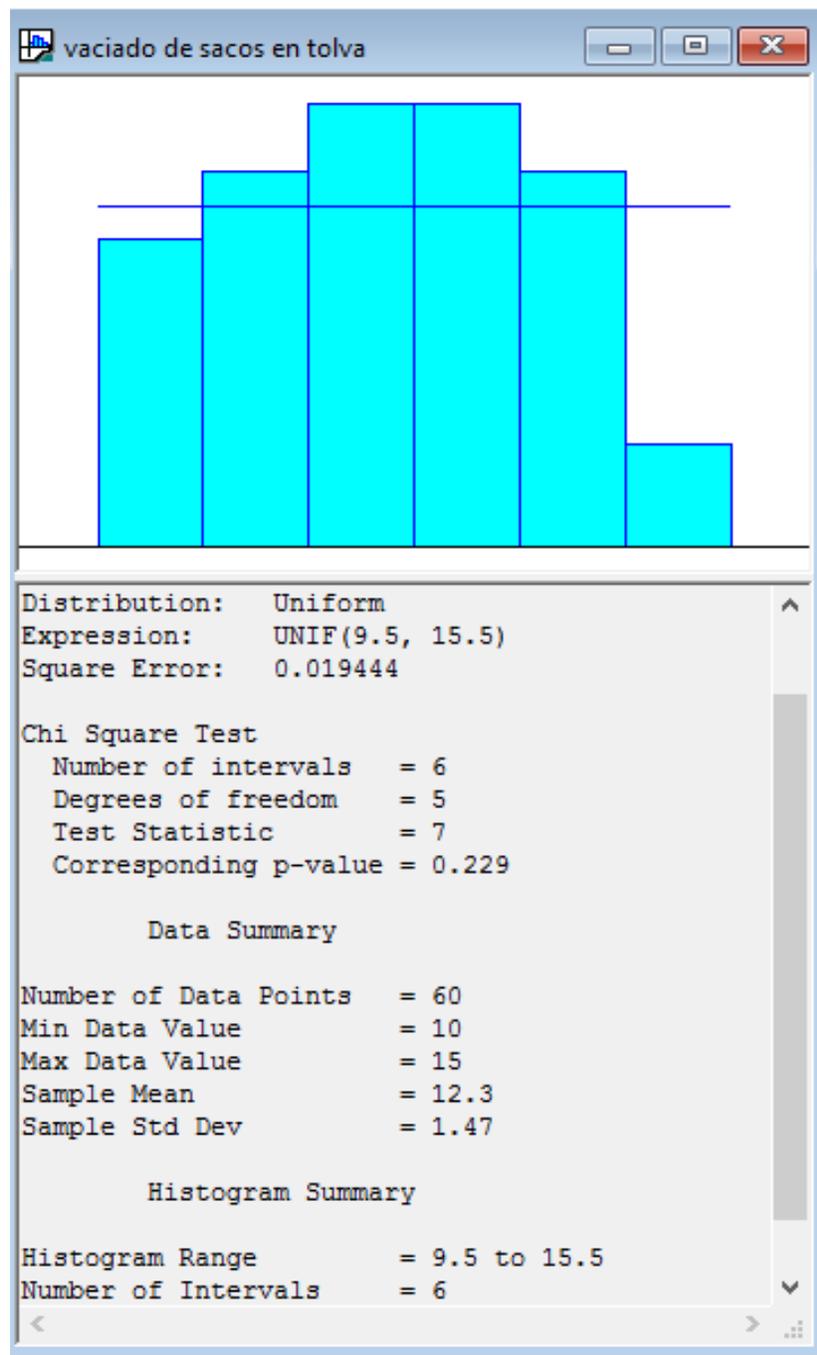
### Anexo 1.

Distribución probabilística del tiempo que tarda el montacargas en buscar una paleta de azúcar.



## Anexo 2.

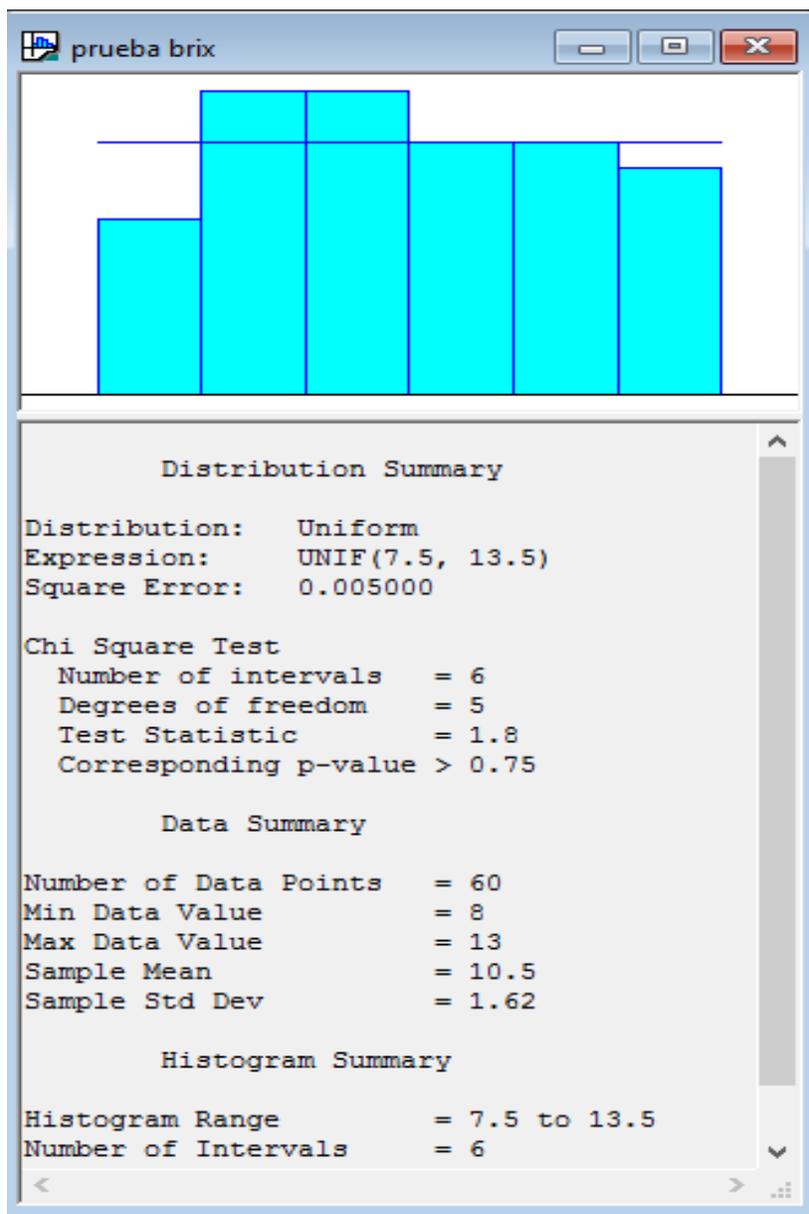
Distribución probabilística del tiempo que emplean dos operarios en vaciar una paleta de azúcar.



El tiempo de disolución de azúcar para obtener el jarabe simple esta preestablecido en diez (10) minutos.

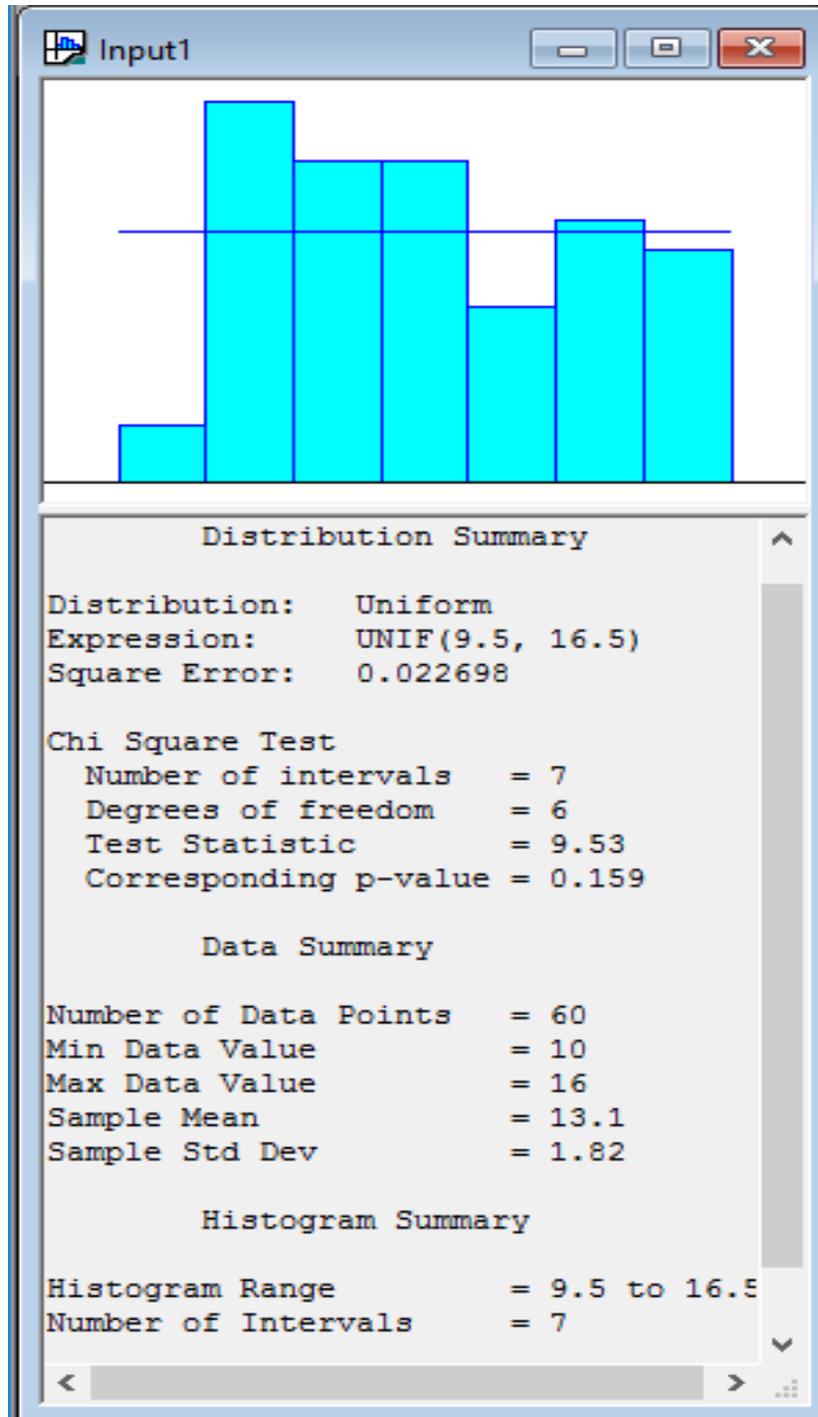
### Anexo 3.

Distribución probabilística del tiempo de realización de las pruebas físico químicas tras la dilución.



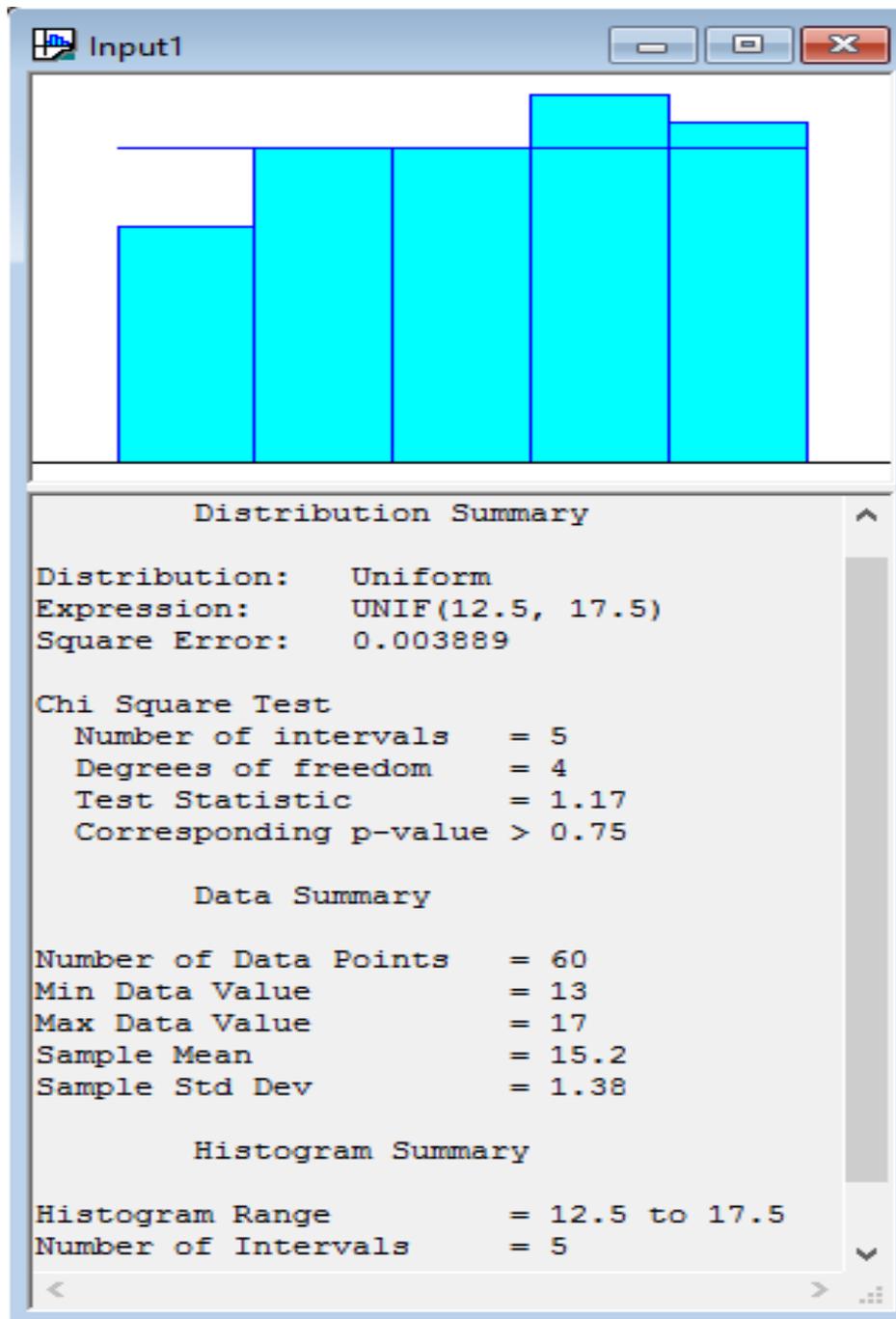
## Anexo 4.

Tiempo de trasegado de jarabe simple a tanque saboreador.



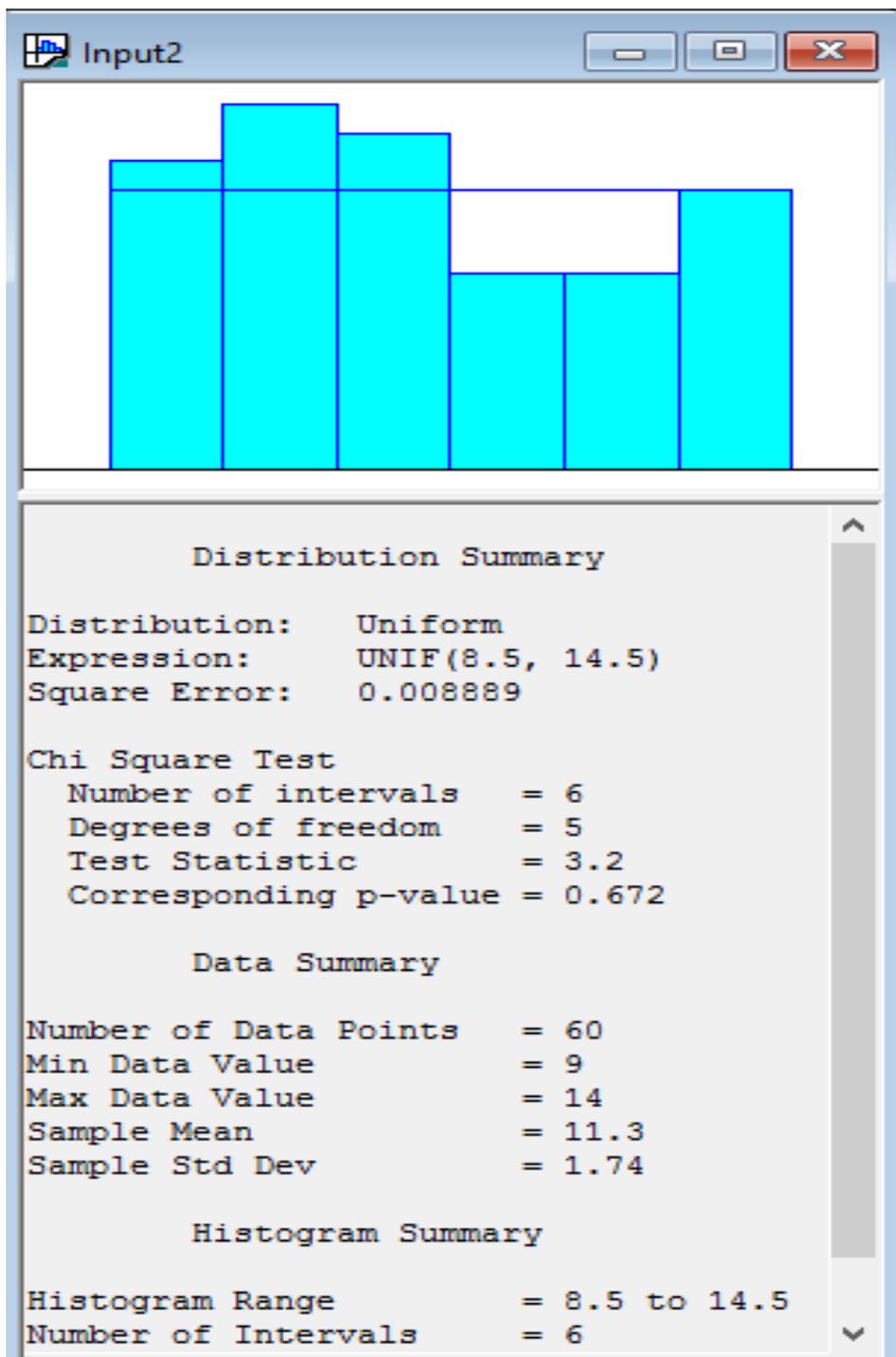
## Anexo 5.

Tiempo de agregado de esencias en tanque saboreador.



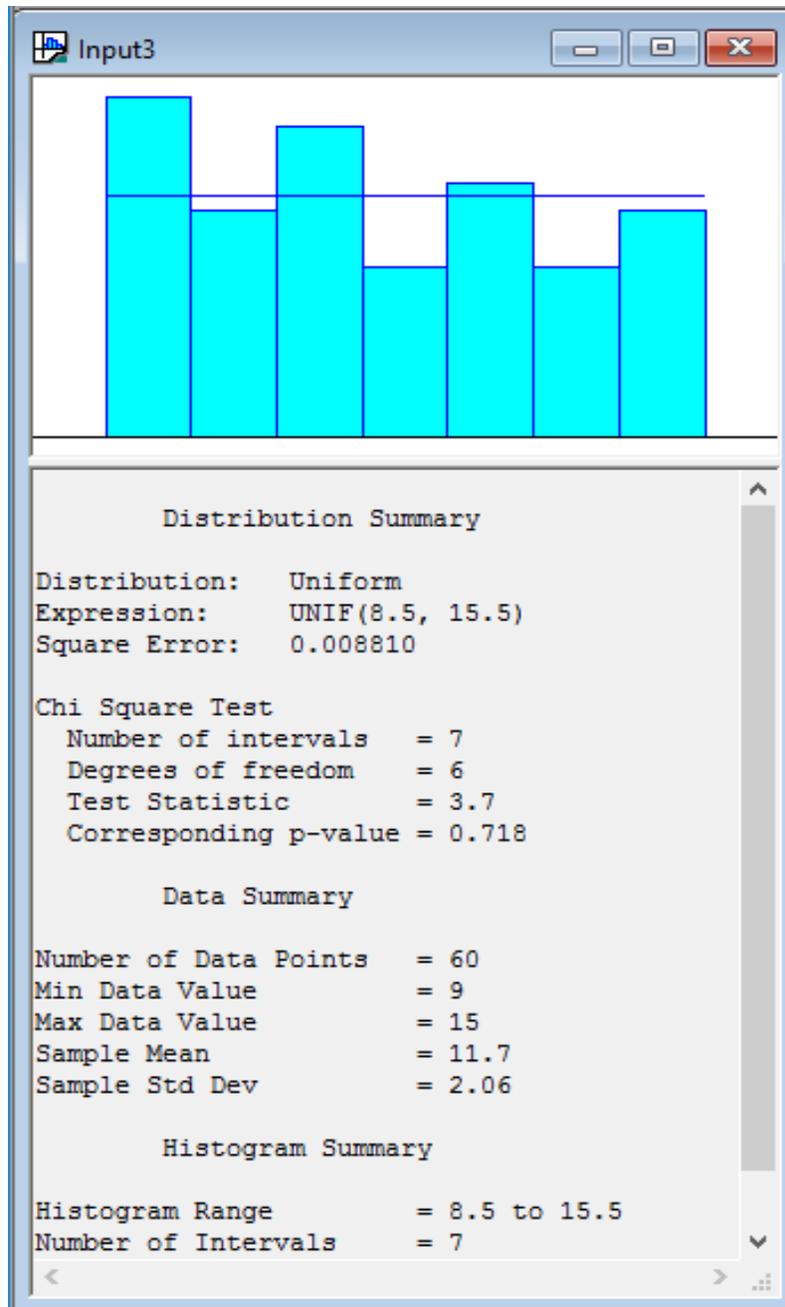
**Anexo 5.**

Tiempo de realización de las pruebas físico químicas tras el tanque de saboreo.



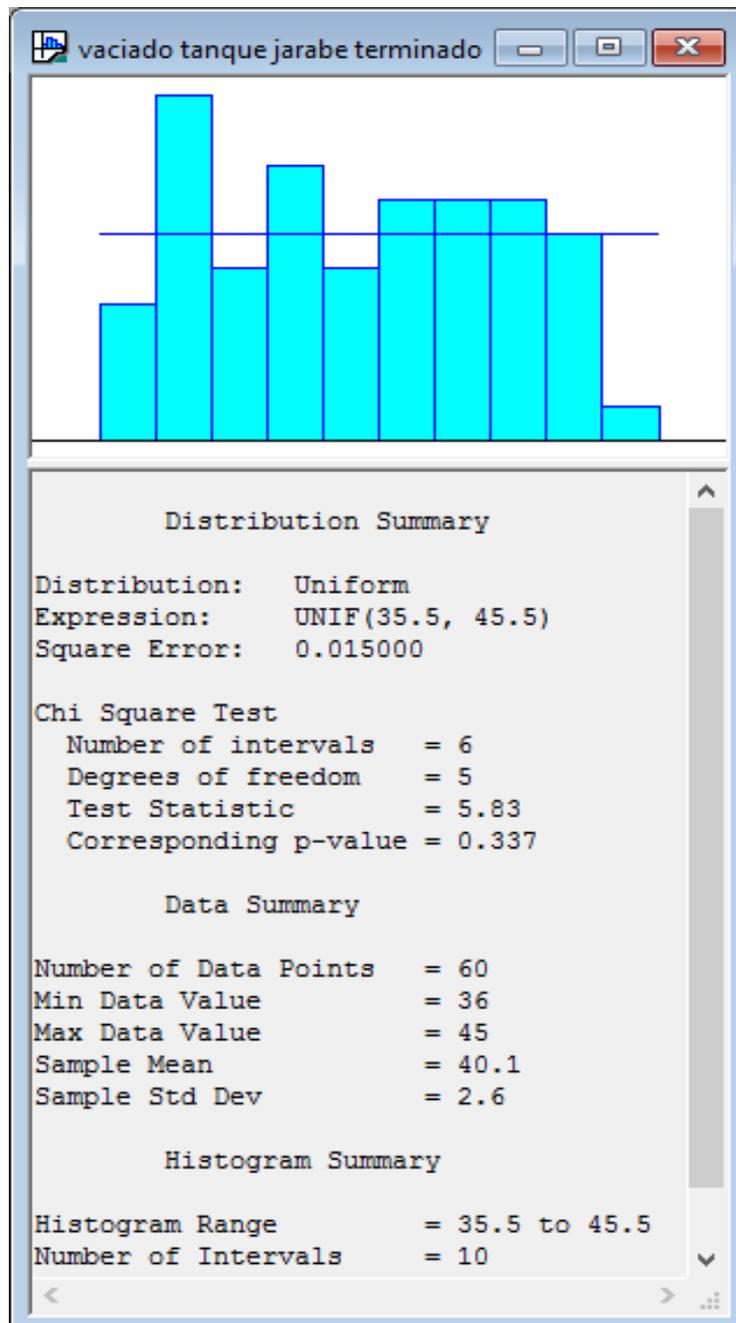
## Anexo 6.

Tiempo de trasegado de tanque saboreador a tanque de jarabe terminado.



## Anexo 7.

Tiempo de descarga de tanque de jarabe terminado.



Las siguientes tablas son los resultados de interés del informe de la simulación realizada para cada escenario.

### Anexo 8.

Modelo original que representa el sistema sin la aplicación de ninguna propuesta de mejora.

Replications: 20      Time Units: Hours

### Key Performance Indicators

<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	3

### Time

VA Time	Average	Half Width	
Entity 1	3.1420	0.16	
Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
2.5833	3.8279	2.0891	4.0736

**Anexo 9.**

Modelo con aplicación de la propuesta uno (1)

Replications: 20      Time Units: Hours

**Key Performance Indicators**

**System**

Number Out

Average

4

**Time**

VA Time

Average

Half Width

Entity 1

2.8737

0.11

Minimum  
Average

Maximum  
Average

Minimum  
Value

Maximum  
Value

2.4547

3.3377

2.0228

3.6809

**Anexo 10.**

Modelo con aplicación de la propuesta dos (2)

Replications: 20 Time Units: Hours

**Key Performance Indicators**

<b>System</b>	<b>Average</b>
Number Out	4

**Time**

<b>VA Time</b>	<b>Average</b>	<b>Half Width</b>
Entity 1	2.9281	0.11

<b>Minimum Average</b>	<b>Maximum Average</b>	<b>Minimum Value</b>	<b>Maximum Value</b>
2.4958	3.3383	2.0391	4.1836

**Anexo 11.**

Modelo con aplicación de la propuesta tres (3)

Replications: 20      Time Units: Hours

**Key Performance Indicators**

**System**

Number Out

Average

4

Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
2.4589	3.5702	1.9620	3.9519

**Time**

VA Time

Average

Half Width

Entity 1	2.9605	0.13
----------	--------	------

**Anexo 12.**

Modelo con aplicación de la propuesta (A)

Replications: 20      Time Units: Hours

**Key Performance Indicators**

**System**

Number Out

Average

4

**Time**

VA Time

Average

Half Width

---

Entity 1

2.7115

0.09

Minimum  
Average

Maximum  
Average

Minimum  
Value

Maximum  
Value

---

2.3672

3.0241

1.9728

3.7840

**Anexo 13.**

Modelo con aplicación de la propuesta (B)

Replications: 20

Time Units: Hours

**Key Performance Indicators**

**System**

Number Out

Average

4

**Time**

VA Time

Average

Half Width

Entity 1

2.7398

0.11

Minimum  
Average

Maximum  
Average

Minimum  
Value

Maximum  
Value

2.3283

3.2357

1.8955

3.5105

**Anexo 14.**

Modelo con aplicación de la propuesta (C)

Replications: 20      Time Units: Hours

**Key Performance Indicators**

**System**

Number Out

Average

4

**Time**

VA Time

Average

Half Width

Entity 1

2.8354

0.11

Minimum  
Average

Maximum  
Average

Minimum  
Value

Maximum  
Value

2.3974

3.2285

1.9272

4.0854

Anexo 15.

Modelo con aplicación de la propuesta (D)

Replications: 20      Time Units: Hours

### Key Performance Indicators

<b>System</b>	<i>Average</i>
Number Out	4

### Time

VA Time	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>
Entity 1	2.5923	0.09

<i>Minimum Average</i>	<i>Maximum Average</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
2.2408	2.8717	1.8455	3.6265