

MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCCIÓN DE
SUAVIZANTE TEXTÍL

JESÚS ALEXANDRO DÚRAN SARMIENTO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
INGENIERIA INDUSTRIAL
PAMPLONA

2016

MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCCIÓN DE
SUAVIZANTE TEXTÍL

JESÚS ALEXANDRO DÚRAN SARMIENTO

MONOGRAFIA PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR DE MONOGRAFIA: PhD. Carlos Arturo Parra Ortega

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PAMPLONA
2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Pamplona, 10 de junio 2016

Dedicatoria

Quiero darle gracias a mi madre Jazmín Liliana Sarmiento Saravia quien ha sido un motor todos estos años y por brindarme el apoyo para alcanzar mi meta de convertirme en ingeniero industrial.

También agradezco a mis familiares y amigos cercanos por ayudarme con su granito de arena en los buenos y malos momentos.

A mis profesores de mi programa por brindarme los conocimientos y acompañarme durante este proceso de formación como profesional.

A mi tutor Carlos Arturo Parra Ortega por sus conocimientos brindados y por la orientación para hacer posible este trabajo.

Contenido

INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS.....	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.2 JUSTIFICACIÓN	13
3 MARCO TEÓRICO	15
3.1 Suavizante textil	15
3.1.1 Clasificación de los suavizantes textiles	15
3.2 Simulación.....	16
3.2.1 Ventajas de la simulación	17
3.3 Metodología para el desarrollo de la simulación	18
3.3.1 Análisis de la situación.....	19
3.3.2 Definición del Sistema	19
3.3.3 Modelo	19
3.3.4 Colección de datos	19
3.3.5 Implementación del modelo en computadora	20
3.3.6 Validación	20
3.3.7 Experimentación	20
3.3.8 Interpretación.....	20
3.3.9 Documentación.....	21
3.4 Porque simular.	21
3.5 Aplicaciones de la simulación.....	21
3.6 Tipos de simulación.....	22
3.7 Conceptos básicos	24
3.7.1 Sistema.....	24
3.7.2 Locación	25
3.7.3 Entidad.....	25
3.7.4 Llegadas	26

3.7.5 Recurso	26
3.7.6 Variables.....	27
3.7.7 Atributos.....	27
3.7.8 Estado del sistema.....	27
3.7.9 Evento.....	27
3.7.10 Actividades	28
3.7.11 Reloj de simulación.....	29
4. Descripción del proceso.....	29
4.1 Materias primas requeridas	30
4.1.1 Coltide HQS.....	30
4.1.2 Problend ST LE – 70.....	30
4.1.3 Fragancia de lavanda	30
4.1.4 Micro capsula.....	31
4.2 Distribución de la demanda	31
4.2.1 Rendimiento y capacidad de la maquinas del proceso productivo	31
4.3 Diagrama de flujo del proceso.....	33
4.3.1 Descripción de las Etapas del proceso	36
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
5.1 MATERIALES.....	37
5.2 METODOLOGÍA.....	38
6. Construcción del modelo de suavizante textil en el software arena.....	42
6.1 Construcción de locaciones.....	42
6.2 Construcción de entidades.....	45
6.3 Variables	45
6.4 Recursos del modelo de simulación.....	46
6.5 Colas del modelo.....	47
7. Optimización del modelo.....	49
8. DESARROLLO DEL PROYECTO	52
8.1 Resultados descritos	52
9. CRONOGRAMA	57
10. CONCLUSIONES	58
11. RECOMENDACIONES.....	59
12. BIBLIOGRAFÍA.....	60

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Dosificación de materia prima y unidad de Embalaje para una producción de 2000 litros de suavizante.....	30
Tabla 2 porcentaje por presentación.....	31
Tabla 3. producción por presentación.....	31
Tabla 4 Demanda diaria por el rendimiento de las maquinas.....	33
Tabla 5 locaciones.....	42
Tabla 6 Entidades.....	45
Tabla 7 Variables.....	45
Tabla 8. Recursos.....	46
Tabla 9. Nivel de utilización de los recursos.....	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 .pasos para un estudio de simulación.....	18
Figura 2. Sistema estándar propuesto por Bertalanff	23
Figura 3. Locaciones.....	25
Figura 4. Recursos.....	26
Figura5. Evento.....	27
Figura 6. Actividades.....	28
Figura 7 Diagrama de flujo.....	33
Figura 8 Metodología del objetivo 1	38
Figura 9. Metodología del objetivo 2.....	39
Figura 10 Metodología del objetivo 3.....	40
Figura 11 Metodología del objetivo 4.....	40
Figura 12. Construcción de locaciones.....	43
Figura. 13 Locaciones (continuación).....	44
Figura. 14 Colas del modelo.....	47
Figura 15. Tiempo de espera del modelo 1.....	48
Figura 16. Modelo 1 proceso productivo real.....	49
Figura 17. Modelo 2. Proceso productivo optimizado.....	50
Figura 18. Contadores.....	51
Figura 19. Tiempo de espera modelo.....	52
Figura 20. Tiempo de espera modelo 2.....	53
Figura 21. Nivel de utilización de los recursos.....	54
Figura 22. Cantidad de unidades empaquetadas y unidades defectuosas.....	55
Figura 23. Tiempo en sistema.....	56

RESUMEN

En este documento se presenta un modelo de simulación del proceso productivo de suavizante textil como herramienta para la optimización de recursos, tiempos, de las diferentes etapas del proceso.

En el proceso productivo del suavizante textil se encontraron tiempo de espera en las áreas de empaqueo de botellas y etiquetado generando cuello de botellas. Esto se solucionó gracias a la ayuda del software con la incorporación de otra línea para doypack y otro recurso el cual tiene como función verificar la calidad del producto el empaque de el mismo, reduciendo la acumulación de los productos en la línea planteada en el modelo 1 y la ruta de distribución, de igual manera se pudo optimizar las colas en la etapa de etiquetado permitiendo una mejor productividad en el proceso.

El trabajo se respalda bajo la simulación teórica del proceso de suavizante textil generado en el software arena 14.7 ya que se permite observar los beneficios que tiene el simular un proceso bajo diferentes parámetros establecidos.

La simulación de modelos en arena brinda beneficios tales como el ahorro en el tiempo de análisis el ahorro de costos de producción y la ventaja de hacer cambios en las etapas del proceso obteniendo resultados antes de ejecutarlos en la realidad.

ABSTRACT

In this paper a simulation model of the production process of fabric softener as a tool for optimization of resources, time, of the different stages of the process is presented.

In the production process of fabric softener waiting time they were found in the areas of packaging and labeling generating bottle neck bottles. This was solved with the help of the software with the addition of another line for doypack and other resource which has the function to check product quality packaging the same, reducing the accumulation of the products in the line proposed in the model 1 and the distribution route, likewise could optimize the queues in the labeling step for higher productivity in the process.

The work is supported under the theoretical simulation of the fabric softener in the sand generated 14.7 software as it allows us to observe the benefits that simulating a process under different parameters set.

Simulation models in sand provides benefits such as savings in analysis time saving production costs and the advantage of making changes in the process steps achieving results before running them in reality.

INTRODUCCIÓN

La optimización de recursos, tiempos, materia prima y personal juega un papel fundamental dentro de las empresas ya que permite una rentabilidad y competitividad en la forma adecuada de interrelacionar todas las áreas en un proceso productivo para tener una mejor eficiencia es de vital importancia el entendimiento de cada una de sus etapas para tener un mejoramiento continuo.

Gracias a la simulación de modelos matemáticos de procesos nos permite imitar la realidad para crear distintos escenarios para observar los resultados según los indicadores establecidos, evitando riesgos financieros en el mundo real al desarrollar modificaciones que afecten el sistema, estos resultados permiten tomar decisiones para una mejor productividad en el proceso.

En el proceso de suavizante textil es importante tener en cuenta el abastecimiento de materia prima ya que su inspección retrasa los tiempos en el proceso de igual manera con los tiempos de cola, tiempos de ocio. Es importante conocer todo su proceso en forma detallada y el funcionamiento de cada etapa, las mejoras que se puedan introducir en el modelo.

En base a lo anterior en esta monografía se desarrolla un modelo de simulación del suavizante textil en el software arena 14 .7, con el fin de dar a conocer los beneficios que brinda la simulación respecto a la optimización de recursos, materias primas y tiempos de cada etapa del proceso.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo que describa el proceso de producción de suavizante textil con el fin de establecer en qué aspectos se podría optimizar.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el proceso productivo del suavizante textil, Determinando las etapas, recursos utilizados, material que es utilizado en la línea de producción.
- Identificar las variables asociadas al proceso y su comportamiento estadístico.
- Construir el modelo en relación a las variables asociadas
- Validar el modelo propuesto mediante experimentos de simulación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La problemática parte en la variabilidad del proceso de llenado en la embotelladora el cual depende del ritmo de producción y el etiquetado los cuales nos generan cuellos de botella del proceso productivos debido que los procesos son manuales.

A través del tiempo se han creado softwares que nos brinda una solución a dichos problemas, generando la creación de una realidad virtual incluyendo la aleatoriedad, en el cual se plantea un modelo numérico para estudiar mejor este tipo de sistema.

Para ello se busca evaluar el proceso productivo de suavizante textil a través de un software de simulación, para optimizar los cuellos de botella que se presenta en las etapas del proceso e incrementar la demanda.

2.2 JUSTIFICACIÓN

En la mayoría de empresas la experimentación para analizar eventos futuros que influyan en el proceso productivo nos genera gastos y e incertidumbre, es difícil una solución analítica al querer estudiar un problema de producción, en este caso el de la línea de producción de suavizante textil, en el cual interviene muchas variables, este proceso tiene varias etapas las cuales parte de la recepción de materias primas al área de mezclado en el cual se produce la mezcla de estos ingredientes para formular el suavizante, esta mezcla pasa al área de llenado un vez terminado los productos pasan para el área de etiquetado el cual suministra la información y después al área de empaquetado en la cual se guardan los productos de acuerdo a sus presentaciones en cajas. Ya que estas etapas son secuenciales es importante optimizar el tiempo de flujo promedio de las unidades en las etapas del sistema.

El proceso tiene que ser modelado para representar la situación real de la producción de suavizante textil; para determinar todos los aspectos necesarios para realizar el proceso y las maneras de llevarlo a cabo, este modelo de simulación puede solucionar varios problemas asociados al modelo mental teniendo en cuenta

las relaciones estructurales que puedan ser impactadas de acuerdo a los cambios propuestos.

El modelo busca mejorar el conocimiento, la comprensión del proceso de suavizante conformado por dos teorías integradas: un modelo matemático con estructuras operativas para realizar cálculos y una interpretación que pretende explicar el proceso, la efectividad del modelo para la toma de decisiones en el proceso; tomamos dos tipos de variables independientes y dependientes. Variables independientes son la asignación de recursos a las fases, principalmente. Y luego los tiempos de operación. La llegada de materia prima no es independiente, sobre todo si viene de una fuente externa.

Cuando se ha explicado el sistema se instala el modelo en la computadora y se desarrolla la simulación de la producción de suavizante, con esto determinamos la precisión de los resultados para comprobar el comportamiento del modelo con la realidad a que los datos de salida son la clave de la simulación

Gracias a esto podemos diseñar nuevas propuestas de modelamiento o mejorar el proceso productivo existente a través de la herramienta arena este estudio se enfocará en la línea de producción de suavizante textil, permitiendo lograr una mayor productividad analizando la eficiencia de sus líneas de producción.

La herramienta arena nos proporciona el conocimiento y resultados acertados o viables similares a la realidad, producto de esto obtendremos un mejoramiento continuo en toda la línea de producción.

Es por ello que se demuestra la importancia del uso de la simulación. El cual sus cálculos son casi idénticos a los planteamientos formados por el hombre obteniendo ventajas y mostrando su versatilidad para adaptarse a los cambios establecidos de manera digital, antes de efectuar los cambios reales en las empresas generando ahorro en los costos de producción.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Suavizante textil

Los suavizantes es un producto esencial en la canasta familiar es muy especial para el proceso de lavado de ropa, el cual tiene como función mantener la suavidad de las telas y además adherirle un olor agradable el cual se emplea en este proceso. Este producto es muy demandado en el mercado y se consigue a un precio económico según sus presentaciones (cojín o papeleta, botella). Dentro de los ingredientes más importantes para su elaboración encontramos los tenso catiónicos, el cual reduce las cargas electrostáticas dentro de las fibras de las prendas por ende produce su suavidad, elimina las arugas y hace perdurar la textura en la prendas.

Algunos de los efectos encontrados son la resequedad en las fibras o la aspereza dada por ciertos procedimientos que necesitan solucionarse con el suavizante textil, es por eso que la suavidad es una característica subjetiva la cual es calificada por el ser humano con precisión respecto a las sensaciones que se activan en el cerebro al estar en contacto con fibras textiles.

3.1.1 Clasificación de los suavizantes textiles

- **Suavizantes catiónicos:** generan un alto grado de suavidad al peo de la fibra a bajas concentraciones ofrecen un efecto antiestático en las prendas sintéticas.
- **Suavizantes aniónicos:** en el las cargas negativas del suavizante son captadas por las cargas positivas de los cationes (pH ácido) permitiendo que la parte hidrofóbica se adhiera sobre las fibras textiles otorgándole suavidad en altas dosificaciones.

- **Suavizantes no iónicos:** no presentan una atracción por las fibras pose baja afinidad y absorción, y su aplicación es por impregnación donde actúan en compañía de otros agentes de acabado.
- **Suavizantes anfóteros:** es compatible con otros productos, es soluble en agua se emplea con una mejor facilidad a las fibras celulósicas y sus mezclas, contiene agentes aniónicos y catiónicos en su estructura molecular.
- **Suavizantes de silicona:** permite una suavidad con efecto permanente y una elasticidad adicional en él se encuentran agentes de silicona y emulsiones acuosas.

3.2 Simulación

La palabra simulación procede etimológicamente del latín “simulare” y consiste en imitar o aparentar una acción que no se está llevando a cabo realmente, nos representa situaciones ficticias, esto se realiza para lograr un objetivo de entender el patrón del comportamiento del sistema y generar nuevas alternativas para tener un mejor rendimiento en las operaciones. Desde su origen nos da a conocer que queremos parecer a otra cosa que no somos realmente. Cuando simulamos podemos hacer que lo irreal se vuelva algo real y que lo que tenemos existientemente lo podamos ver de otras maneras diferentes.

Dada la variabilidad en los sistemas productivos de acuerdo a su rendimiento es vital importancia que los datos suministrados al modelo se asemejen a la realidad, ya que respectivamente este es el que nos va poder dar una mejor visión y promover conocimiento en la situación la cual estemos enfrentando o simulando en ese momento, dado los resultados en la realización de la simulación virtual serán aplicados al mundo real. Por lo tanto la simulación es una excelente herramienta para la toma de decisiones ya que en la realidad sería muy costos e implicaría riesgo.

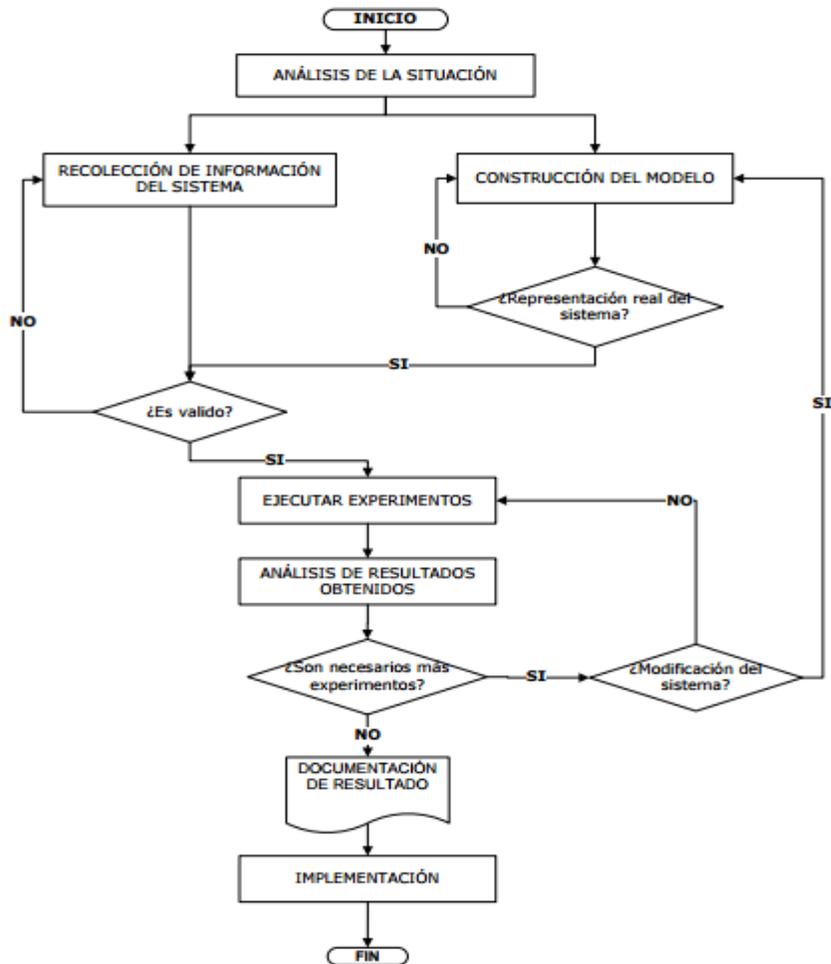
3.2.1 Ventajas de la simulación

Según la evolución de los avances en la tecnología se han desarrollado softwares con metodología en el área de simulación, siendo esta una de las herramientas utilizada para el análisis y evaluación de sistemas productivos. Thomas H. Naylor indicó algunas ventajas que se tiene al realizar el estudio de simulación como:

- Optimiza los costos al realizar una mejora en forma virtual que ejecutarlo en realidad
- Nos da una mejor forma de visualizar y analizar los procesos y tener una idea más clara del sistema productivo con respecto a las teorías analíticas.
- Al ser diseñado modelo nos permite mejorar cambios en diferentes escenarios de una manera más eficaz.
- Brinda un apoyo a la reingeniería a la innovación ya que nos permite analizar realizar cambios en pro del mejoramiento evolutivo de dicho modelo.
- Se puede analizar detalladamente los cambios externos e internos del sistema.
- A través de un estudio exhaustivo se puede entender claramente el comportamiento generando indicadores para mejorar la productividad del sistema.
- Permite evaluar el sistema aun si no es real respecto a nuevas situaciones teniendo o no teniendo datos obteniendo i posibles resultados no vistos.
- Su representación en 3d permite un mejor entendimiento del sistema el cual permite comunicar nuevas ideas en las cuales se mejore las operaciones del sistema.
- Puede manejarse como una herramienta para la toma de decisiones permitiendo tener un ahorro en vez de hacer cambios con inconvenientes entrelazados en el mundo real.[1]

3.3 Metodología para el desarrollo de la simulación

Figura 1 pasos para un estudio de simulación



Fuente: Constanza Cabrera Riaño, 2009 [2]

En la simulación se tiene que llevar una serie de lineamientos e instrucciones para llevar a cabo su realización; lo primero a definir es el:

3.3.1 Análisis de la situación

Se establece el problema en forma clara y detallada en este caso la optimización de los cuellos de botella en donde encontramos tiempo de espera en la etapa de etiquetado ya que se acumula en la misma línea los dos productos de doypack y las botellas construir el modelo de simulación de manera compleja involucrando todos los elementos que interfieren en el modelo y los resultados que esperamos.

3.3.2 Definición del Sistema

En el conjunto de elementos máquinas personal tiempos y otros aspectos que comprendan el proceso el cual se desea simular, con esto se logra identificar las variables que intervienen en el sistema y sus conexiones, y estas se restringen para poder estimar [2].

3.3.3 Modelo

Se conoce como la realidad virtual en la cual se copia o se emula el lugar en donde se realiza el proceso o evento, este se desarrolla a partir de teorías matemáticas y razonamiento, en el deben ir todos los elementos que hacen parte de él, para obtener resultados claros los cuales se procedan a aplicar en el mundo real. El modelo obtiene más importancia y representación con base en su similitud con un fenómeno establecido es muy importante definir los límites que tiene el modelo .

3.3.4 Colección de datos

Es muy importante comprobar la exactitud de los datos por que estos son los que influyen en el proceso y nos da como resultados las mejoras a aplicar en el mundo real, deben de ser seleccionadas los datos más importantes que deben de acompañar a las variables en la simulación, algunos datos tiene accesibilidad se pueden obtener a través de información contable, y otros mediante la experimentación [3].

3.3.5 Implementación del modelo en computadora

Una vez tengamos el modelo planteado procederemos a escoger un lenguaje estructural o algún programa de simulación para poder ejecutarlo en la computadora y obtener los resultados los cuales aplicaremos en realidad, es importante probarlo varias veces cambiándole las restricciones para asegurarse que el modelo representa la realidad del proceso es importante tener en cuenta las fluctuaciones del proceso y esta se debe estudiar detalladamente [4].

3.3.6 Validación

En este paso nos permite modificar y detallar los datos suministrados en el modelo y la formulación de este para ver el comportamiento y comprobar si funciona, las formas para validar un modelo son:

- ✓ Las conclusiones de expertos asociados a los resultados obtenidos de la simulación.
- ✓ La precisión de pronosticar datos históricos.
- ✓ La puntualidad de adivinar el futuro.
- ✓ Evaluación de las fallas que están implicadas en el mundo real.
- ✓ Aprobación y confianza por parte de los resultados obtenidos a través de la simulación los cuales serán aplicados a la realidad [3].

3.3.7 Experimentación

Una vez sea validado el modelo se hace la experimentación la cual nos proporcionara datos y una evaluación de sensibilidad con las variables requeridas, con la cual los datos obtenidos nos servirán para la toma de decisiones racionales sobre el sistema [4].

3.3.8 Interpretación.

En este paso del estudio se analizan y se entienden los datos obtenidos de la simulación es muy importante ser muy crítico con la información que nos suministra el modelo y en base a ello se toman decisiones para obtener mejores resultados [5]

3.3.9 Documentación.

En este último paso nos encontramos con dos tipos de documentación para realizar un reporte con los resultados y facilitar un mejor manejo del modelo; la primera hace referencia a la parte técnica de acuerdo con el procesamiento de datos la cual permitirá el manejo del modelo en caso de cambios en el futuro y la segunda aplica al manual del usuario para tener un mejor manejo del modelo a través de un equipo computacional [4].

3.4 Porque simular.

- ✓ No existe una teoría matemática que relacione las variables establecidas en el sistemas con los indicadores que quiero medir.
- ✓ La simulación es una herramienta que nos permite experimentar a través de una computadora una realidad virtual, la cual nos permitirá generar conocimiento y soluciones a los temas de interés del mundo real a través de diferentes periodos de tiempo.
- ✓ Es fácil para desarrollar investigaciones de manera cuantitativa y cualitativa permitiendo un análisis detallado en el proceso de manera eficaz y eficiente, de una manera económica que en un sistema real.
- ✓ Nos permite llevar un estudio exhaustivo bajo lineamientos establecidos, dando acceso a la introducción de nuevo elementos y la eliminación de otros con el fin de estudiar el comportamiento y de ver si son aceptables los resultados deseados.
- ✓ Evalúa operativamente el sistema frente a diferentes factores sobre el funcionamiento del mismo.
- ✓ Facilita la creación de varios escenarios con diferentes datos aleatorios el cual nos permite un mejor desarrollo.
- ✓ Disminuyen los costos relacionados en planta respecto a los cambios de maquinaria o herramientas de lugar [6].

3.5 Aplicaciones de la simulación

La simulación es una herramienta tecnológica muy importante en la toma de decisiones por que nos abarca todos los elementos en el proceso el cual nos

facilita las modificaciones en aspectos operativos y una buena planeación desde la alta gerencia. Las áreas de aplicación de la simulación son múltiples y diversas algunas de ella son:

- ✓ En lo económico análisis de sistemas económicos y financieros
- ✓ En telecomunicaciones en el diseño de sistemas de comunicación
- ✓ En los sistemas de líneas de espera a través de la simulación de eventos discretos nos permite analizar y mejorar los sistemas de colas de espera para obtener una mejor calidad en el servicio que se esté prestando optimizando los tiempos de atención.
- ✓ La simulación nos permite analizar el sistema de inventarios y comparar cada parámetro para mejorar tanto los tiempos como la demanda y los costos.
- ✓ En las áreas de manufactura, la simulación ha sido acogida con aceptación por los sistemas productivos de las industrias lo cual ha facilitado la optimización de procesos y la innovaciones en los productos y servicios económicamente
- ✓ En los sistemas de transporte la simulación nos ha permitido estudiar el comportamiento de los sistemas de transporte los cuales ha permitido tener una mejor logística en los sistemas de fabricación.
- ✓ En el medio ambiente en el de residuos contaminación del aire de parte de las industrias.
- ✓ La evolución de los sistemas rápidamente hay fenómenos que se pueden simular tales como una explosión para observar y analizar su comportamiento y otros fenómenos como las tormentas de acuerdo a pronósticos para anticiparnos algún evento natural que este propenso a pasar [1].

3.6 Tipos de simulación.

Los sistemas se clasifican de acuerdo a la naturaleza del modelo según sus variables las cuales estén asociadas y de acuerdo a esto permitan plasmar simulaciones reales de diferentes maneras, tenemos los siguientes tipos de simulación:

✓ **Modelo dinámicos.**

En esta simulación los sistemas evolucionan a medida del tiempo, la cual es esta una variable de interés y el cual nos permite analizar las fluctuaciones de un proceso productivo de un periodo a otro como la distribución logística dentro de la empresa, la funcionalidad de un banco dentro de su jornada laboral.

✓ **Modelo estáticos.**

En este tipo de simulación es representada en un instante de tiempo en la cual esta variable no es importante, nos genera un resultado estadístico.

✓ **Modelo determinístico.**

Estos sistemas seguían bajo la teoría probabilística en el cual no encontramos elementos aleatorios, las salidas quedan determinadas al definir los datos de entrada del modelo así la simulación sea corrida muchas veces los resultados obtenidos van hacer los mismos.

✓ **Modelo estocástico.**

En este tipo de modelos encontramos elementos de entrada aleatorios obtenidos salidas aleatorias porque no es posible de conocer su valor de salida dada las entradas no conocidas, en el mundo real encontramos muchos sistemas estocásticos ya sea por su naturaleza o porque son eventos que faltan por conocer..

✓ **Modelo discreto.**

En estos modelos las variables presentan fluctuaciones de tiempo de manera individual en tiempos separados. Estas causas de acuerdo a los cambios de estado se conocen como eventos. En los sistemas reales las combinaciones son discretas y continuas.

✓ **Modelo continuo.**

En este tipo de modelo las variables cambian en forma continua a través del paso del tiempo y este comportamiento es analizado mediante ecuaciones diferenciales de forma discreta.

En la simulación de la línea de suavizante textil los modelos que emplearemos en el desarrollo de esta monografía son discretos dinámicos

ya que son actividades secuenciales en las cuales se producen cambios en diferentes tiempos, también incluye variables de tipo determinístico.

3.7 Conceptos básicos

3.7.1 Sistema.

Un sistema es un conjunto de elementos que se relacionan entre sí para cumplir algún objetivo, estos elementos deben de tener límites identificados, en ellos encontramos entidades que son los componentes que forman parte del sistema, atributos que son las características que poseen estas entidades, dependiendo del valor en el que incidan estos atributos definen el estado del sistema, estos estados cambian o evolucionan con el tiempo, eventos, variables que son los mismos atributos, el reloj de simulación [8].

Figura 2. Sistema estándar propuesto por Bertalanffy

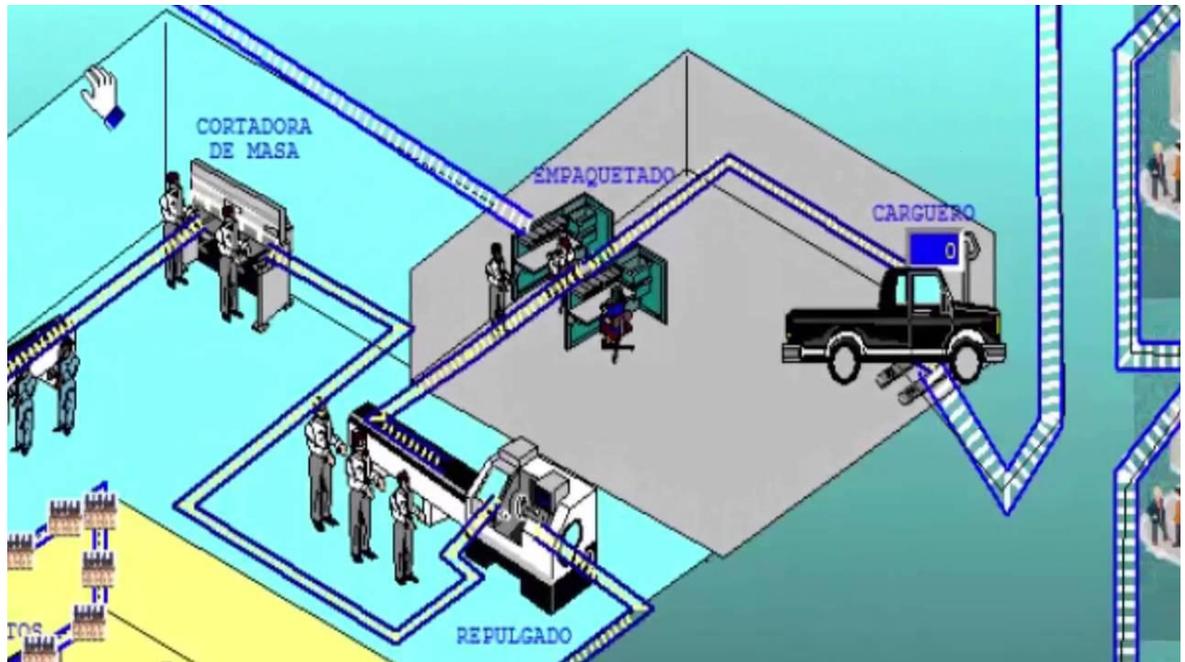


Fuente: Bertalanffy, 1972 [7].

En esta figura se define al organismo como un sistema abierto en el que realiza intercambios con otros sistemas por medio de complejas interacciones.

3.7.2 Locación

Figura. 3 locaciones



Fuente: [9].

Las locaciones son las entidades físicas que conforman un lugar en donde se desarrolla un proceso, su función es recibir a las demás entidades del proceso ejemplo maquinas, bandas trasportadoras, almacenes, etc. [10]. En la figura 3 se identifica las locaciones del proceso como el empaquetado, el área de cortadora de masa, el repulgado y el carguero.

3.7.3 Entidad

Son elementos que poseen un conjunto de características las cuales serán procesadas en una locación a través del sistema, nos representa los flujos de entrada de un sistema y nos define los resultados, estos elementos se pueden procesar y cambiar a través de la simulación [11].

3.7.4 Llegadas

En todo sistema siempre habrá un punto de inicio en donde llegan las materias primas para que se inicie el proceso productivo.

3.7.5 Recurso

Figura. 4 recursos



Fuente: [12].

Es un conjunto de elementos que ayudan a desarrollar actividades pero no conforman una locación específica, es utilizada de acuerdo a las especificaciones establecidas por el sistema. En la figura 4 se observa mecanismos de transporte para trasladar los productos de un lugar a otro y el personal para desarrollar las actividades indicadas.

3.7.6 Variables

Son restricciones cuyos valores se dan mediante teorías matemáticas y razonamiento, su función nos permite determinar las características del funcionamiento en el sistema.

3.7.7 Atributos

Es el conjunto de cualidades de las entidades que forman parte del sistema, estas características nos permiten diferenciar las entidades una de la otra.

3.7.8 Estado del sistema

Son los valores y restricciones de los de los atributos que describen el funcionamiento del sistema en un determinado periodo en base a los objetivos determinado de estudio. Este sistema los componen propiedades puntuales (el número de unidades procesadas en un intervalo de tiempo) y propiedades acumuladas (el tiempo en el que se demora una pieza en inventario, o en fila).

3.7.9 Evento

Figura 5 Evento



Fuente [13]

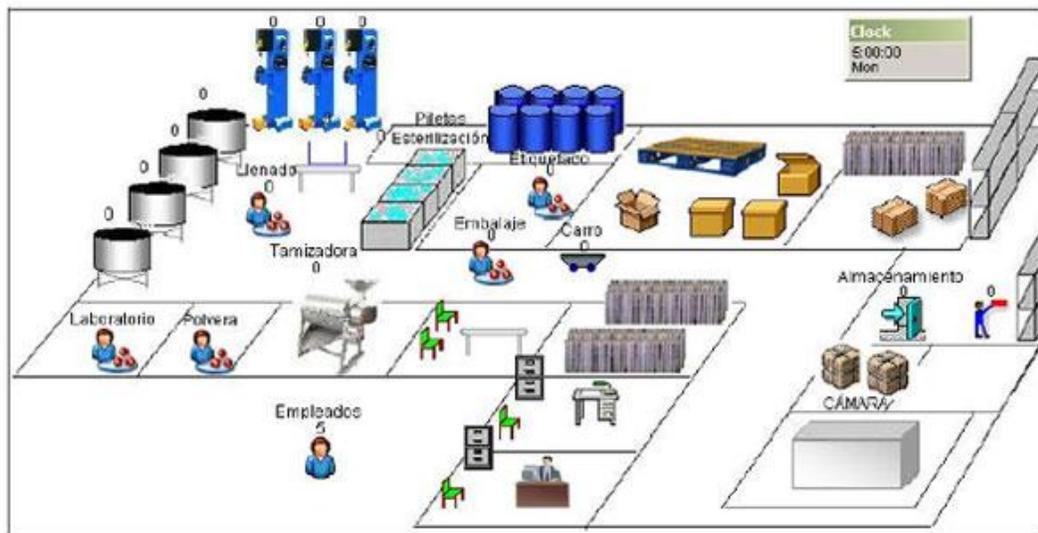
Los cambios de estado registrados en un lapso de tiempo se conocen como eventos, cuando influye el comportamiento de una entidad o le sucede algo y así podremos analizar el origen de estos cambios y a que se debe, en la figura 5 se analiza el control de tráfico de un aeropuerto el cual se presenta 3 eventos dentro del estudio cuando despegue el avión, cuando arriba y cuando aterriza.

Tipos de eventos:

- ✓ Evento seguro: es predecible su ocurrencia y puede ser registrado
- ✓ Evento condicionado: para que suceda tiene que cumplir con las restricciones establecidas en el sistema.
- ✓ Eventos no condicionados: son los que están definidos para el desarrollo de actividades y que no dependen de ninguna restricción.

3.7.10 Actividades

Figura. 6 actividades



Fuente: [14]

Es el conjunto de tareas o indicación es que se desarrollan dentro del sistema y por lo general inicia con un estado condicionado y termina con uno fijo, cuando una entidad está ocupada está relacionada con una actividad en la figura 6 se observa a los operarios desarrollando actividades como análisis de muestras en el laboratorio, monitoreo en el área de llenado, transporte de materia primas, empaclado de las unidades terminadas y almacenamiento y clasificación de los productos terminados.

3.7.11 Reloj de simulación.

Sirve para llevar los registros del tiempo que ha sido empleado en el simulado, se actualiza cuando un evento sucede y este se asocia a un listado de eventos futuros que al ser ejecutados se transforman en eventos actuales.

4. Descripción del proceso

Para la producción de suavizante textil el primer paso es depositar el agua según las indicaciones establecidas en tanques de acero inoxidable, se procede con el calentado y mezclamos los ingredientes y que permitan el control de la temperatura de dicho lote. Una vez que el agua alcance la temperatura ideal los emulsionantes se añaden. Los componentes empleados en la fabricación del suavizante textil no son solubles en agua por lo que se emplea los emulsionantes a la fase, después al final del proceso se añaden las siliconas pre emulsionadas cuando las temperaturas han reducido de 0.5 – 1.5%. Se mantiene el calentamiento y mezclado en los tanques hasta tener una mezcla homogénea. Se reduce la temperatura del lote de producción y agregamos los colorantes 1%, fragancias 1%, conservantes; debido a sus dosificaciones bajas se utilizan en temperaturas bajas.

Una vez terminado el lote de producción se envía una muestra a laboratorio para asegurarse que cumple con los estándares de calidad, el lote es transferido a una línea de llenado. Cuando el producto valla a ser envasado se traslada a una línea de llenado automático en la que pasa una banda transportadora la cual va moviendo las botellas para ser llenadas, tapadas y etiquetadas, al terminar este proceso las

botellas son empacadas en cajas de cartón dependiendo de su presentación y almacenadas para su distribución.

Tabla1. Dosificación de materia prima y unidad de embalaje para una producción de 2000 litros de suavizante

Materia prima	Porcentaje de dosificación	Cantidad en kg x unidad	Presentación
Blanco 5218Q2	0.12%	25	Cuñete
COLTIDE HQS	0.32%	25	Timbo
Problend ST LE 70	5%	20	Timbo
perfume (White lavender)	0.5%	50	Timbo
Micro capsula	0.3%	25	Timbo
Procide 1,5	0.04%	200	Timbo

Fuente: Natalia Peláez Gómez, Carolina Tobón Zapata, 2014 [15]

4.1 Materias primas requeridas

4.1.1 Coltide HQS

Es un derivado catiónico es fundamental para las texturas fibrosas, aumenta la suavidad y la antiestática.

4.1.2 Problend ST LE – 70

Es una combinación entre suavizantes y estabilizantes para la producción del suavizante de telas, nos permite un ahorro en la utilización de agua ya que no requiere de enjuague es biodegradable, nos da un manejo optimo en las prendas aumentando la suavidad y disminuyendo las arrugas.

4.1.3 Fragancia de lavanda

La lavanda tiene varios usos es empleada en el mundo de los cosméticos, en jabones además es usada se puede utilizar en perfumes de base de aceite o

alcohol. Posee propiedades energizantes, antioxidantes, cicatrizantes y además propiedades que se encargan del cuidado de la piel.

4.1.4 Micro capsula

Son empleadas en la fabricación del suavizante textil el cual se adhiere a las fibras y se libera por fricción la fragancia de las telas.

4.2 Distribución de la demanda

Estos son los porcentajes estimados que se producirán de cada presentación para el lote de los 2000 litros de suavizante textil.

Tabla 2 Porcentaje de Presentaciones

Presentación	Porcentaje de presentación
Botellas de 850 ml	50 %
Doy-pack 450 ml	20 %
Sachet 90 ml	30%

Fuente: autor

Atraves de esta información podemos obtener la cantidad de unidades que se producirán diariamente.

Tabla 3 Producción por presentación

Presentación	Botellas 850 ml	Doy pack 450ml	Sachet 90 ml
Unidades	1176	888	6666

Fuente: autor

Por medio de esta información de la producción se hallara la productividad de cada máquina (de acuerdo al rendimiento de cada máquina) y la demanda diaria de cada presentación según la jornada laboral de 8 diarias.

4.2.1 Rendimiento y capacidad de la maquinas del proceso productivo

4.2.1.1 Tanque reactor

Es un equipo hecho de acero inoxidable con una hélice en su interior, donde se realiza la mezcla de todas las materias primas y el agua para generar el suavizante textil, la capacidad de este tanque es de 2000 litros

4.2.1.2 Sachet adora

Esta máquina tiene un tanque alimentador de 50 litros en donde llega el suavizante textil, ella cuenta con su sistema de bombeo el cual llena bolsas tipo sachet de 90ml. El rendimiento de la maquina es de 40 bolsas por minuto.
Tiempo en fabricar 1 unidad de sachet 0.025 minutos.

4.2.1.3 Embotelladora

El equipo es fabricado en acero inoxidable tiene incorporado una tolva de 30 litros en el cual llega el suavizante el procedimiento de esta máquina es manual su rendimiento es de 10 a 12 unidades por minuto.

Tiempo en fabricar 1 unidad de doy pack 450ml 0.085 minutos.
El tiempo en fabricar 1 unidad de botella de 850 ml es de 0.15 minutos

4.2.1.4 Empacado

Tomamos el tiempo estándar por caja y por unidad de sachet tomado de un estudio realizado por las autoras Natalia Peláez Gómez y Carolina Tobón Zapata.

Tiempo estándar por caja 3.32 min
Tiempo estándar por unidad 0.026 min

En referencia a los rendimientos de las maquinas en cada etapa de la línea de producción y una jornada laboral de 8 horas diaria, se halla la demanda diaria y el tiempo total de producción requerida teniendo en cuenta los datos de anteriores.

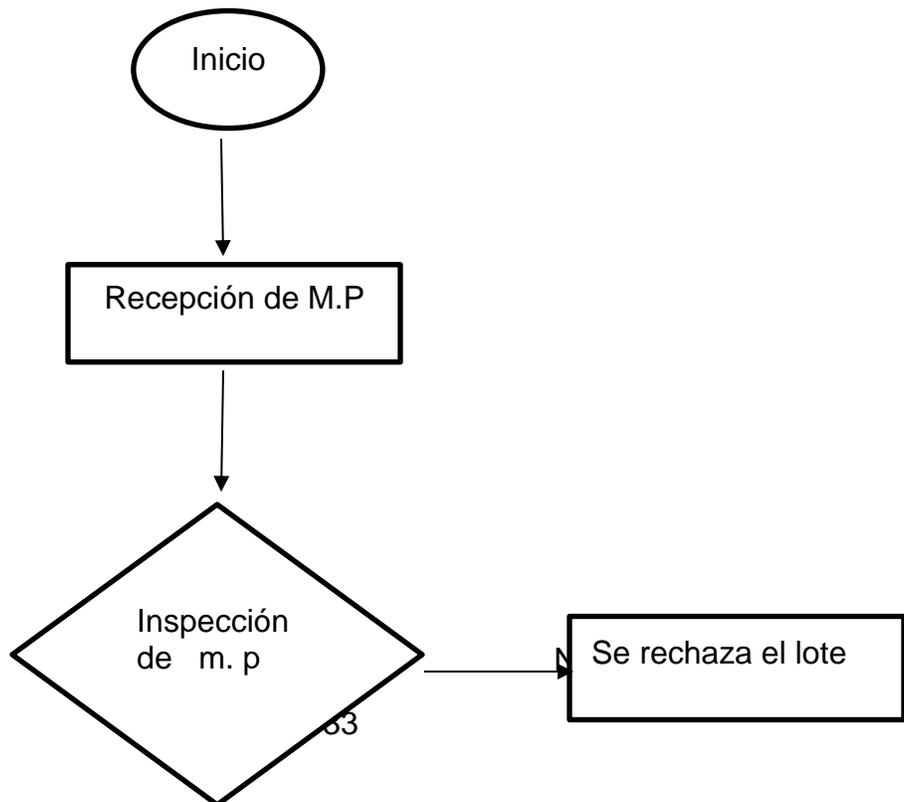
Tabla 4 Demanda diaria por el rendimiento de las maquinas

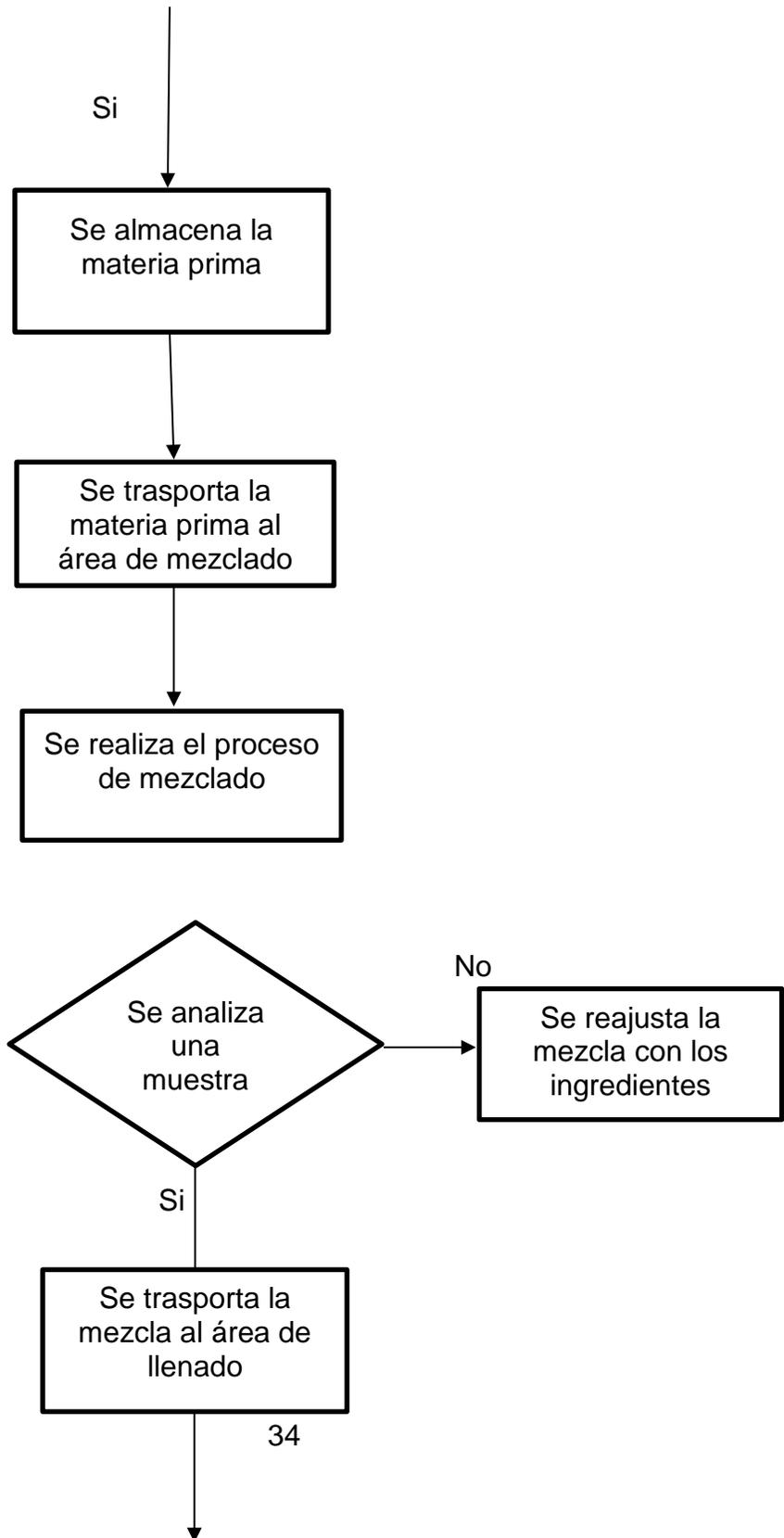
Presentación	Producción requerida	Tiempo por unidad (minutos)	Unidades por hora	Tiempo total de producción(horas)
Botella 850 ml	1176	0, 15	400	2.94
Doy-pack 450 ml	888	0.085	705	1.26
Sache 90 ml	6666	0.025	2400	2.7
Total	8730		3505	6.9

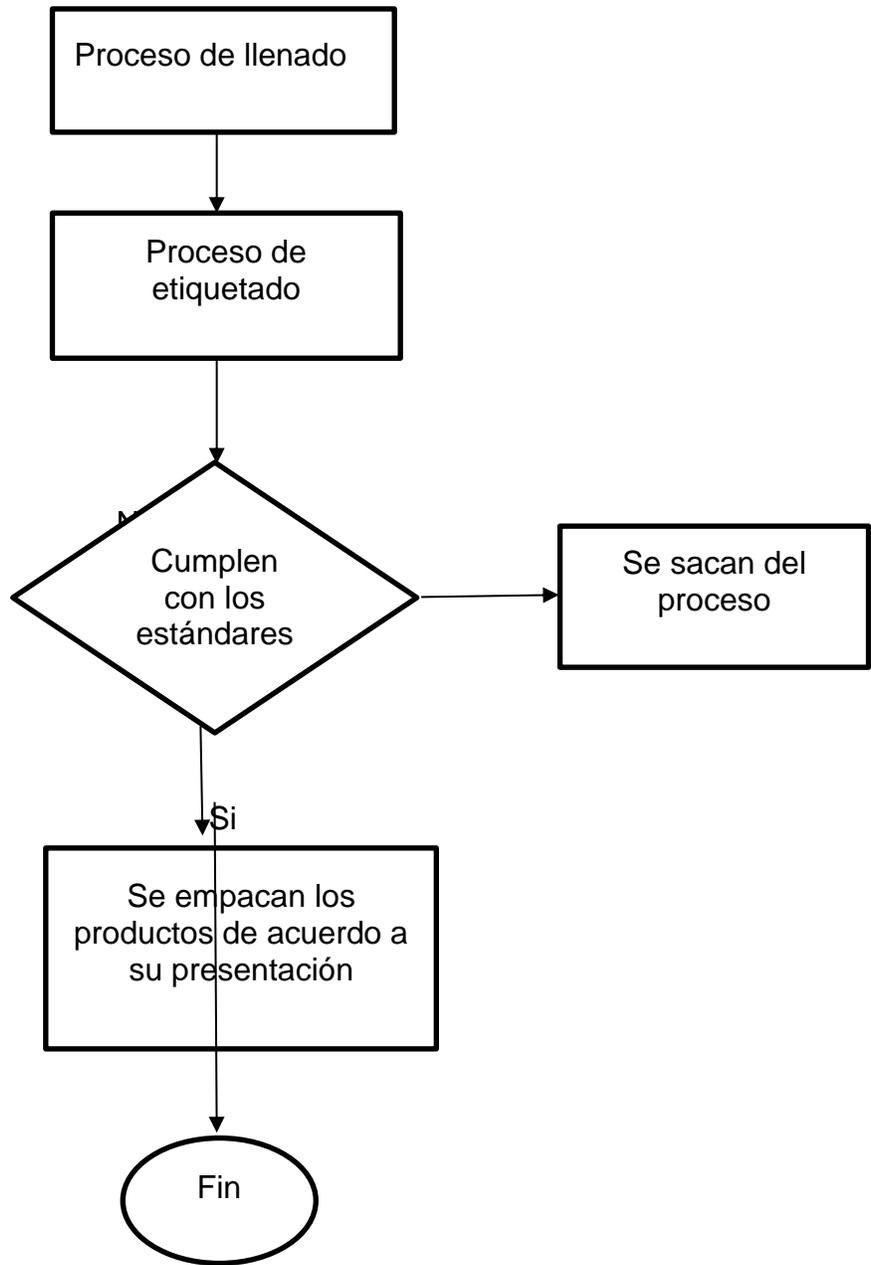
Fuente: autor.

4.3 Diagrama de flujo del proceso

Figura7. Diagrama de flujo







Fuente: autor

4.3.1 Descripción de las Etapas del proceso

4.3.1.1 Recepción de la materia prima.

En la etapa inicial tiene como función recibir todas las materias primas e insumos que se emplean para la fabricación del suavizante se realiza una inspección y verificación para mirar si cumple con las especificaciones dadas se introducirán los datos en el sistema y se trasladaran las materias primas e insumos para el almacenamiento hasta su empleo en el proceso.

4.3.1.2 Inspección de materia prima

Se realiza un análisis visual para comprobar que las materias primas no estén contaminados, se toman muestras para analizar si cumple con las especificación establecidas e igual manera se pesan las materias primas para determinar si cumple con los indicadores propuestos

4.3.1.3 Almacenamiento de materia prima

Se almacenan las materias primas sólidas y líquidas en el mismo lugar para su debido uso en el proceso pero clasificadas por aparte, se utiliza caretila o montacargas para el traslado de las materias primas.

4.3.1.4 Distribución de materias primas e insumos

Las materias primas son trasladadas al área de producción atreves de caretillas o montacargas y serán ubicadas por cada operario de acuerdo a su función.

4.3.1.5 Mezclado

En un tanque de 2 toneladas en el cual se va realizar este proceso, se pesan las materias primas de acuerdo a un suministro de agua del 93% el cual se empleara, se introduce el problend para brindar suavidad a la mezcla hasta conseguir una apariencia homogénea este proceso dura 1 hora y 30 minutos. Al obtener la mezcla se le adiciona el cotilde que es la que proporciona las antiarrugas del suavizante durante 15 minutos seguido se adiciona el agente

antimicótico duran 15 minutos, luego se agrega el color con el 5% del agua restante y se mezcla por 15 minutos se agrega la fragancia de lavanda a 0.6% y se mezcla por 20 minutos por último se vierten las micro capsulas para perdurar el olor en la prenda se mezcla y se deja hasta una homogenización el cual dura 60 minutos.

4.3.1.6 Llenado

Una vez terminada la mezcla la etapa a seguir es la de llenar los, sachet (cojines), doy pack botellas. Del tanque de mezclado trasladamos el suavizante textil hacia la sachet adora y embotelladora por medio de tuberías para su utilización. Las dos líneas cuentan con un tanque de almacenamiento que está conectado a las tuberías para la distribución específica del producto.

4.3.1.7 Etiquetado

La línea de llenado de la embotelladora es la única que utilizara esta etapa, se empleara el etiquetado con su información correspondiente de forma automática o manual las botellas que se trasladan por la banda transportadora.

4.3.1.8 Empacado y almacenado

Una vez salen los productos de sus correspondientes líneas se guardan en forma manual de acuerdo a sus presentaciones en cajas de cartón y son transportados por caretilas o monta cargas al almacén de productos terminados el cual será después comercializado.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

Se trabajó con el software arena porque es una simulación en computadora el cual nos brinda un mejor entendimiento del sistema productivo. En él se diseña un modelo para poder tener más conocimiento acerca del sistema, ya que al replicar

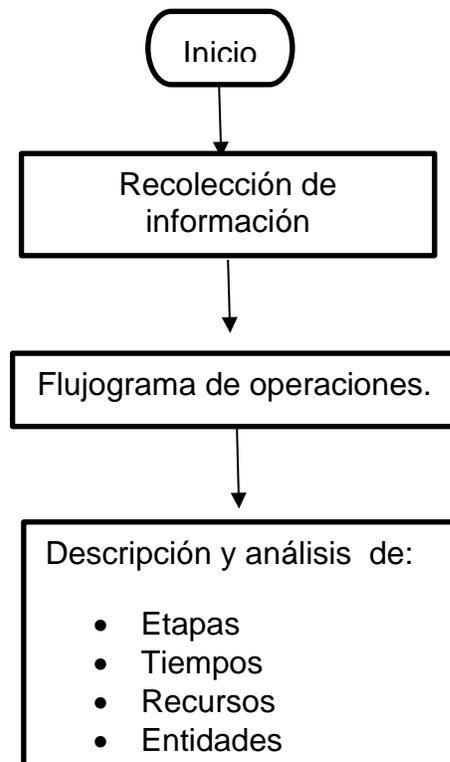
el sistema en una realidad virtual nos da diferentes análisis de comportamiento en forma automática.

5.2 METODOLOGÍA

El estudio desarrollado es una investigación explicativa y aplicada su propósito es optimizar los cuellos de botella en el proceso productivo de suavizante textil, mediante el software arena. En este diseño experimental intervienen varias variables. En este capítulo se mostrara la metodología con la cual se alcanzó los objetivos propuestos.

Objetivo 1 Describir el proceso productivo del suavizante textil.

Figura.8 Metodología del objetivo 1

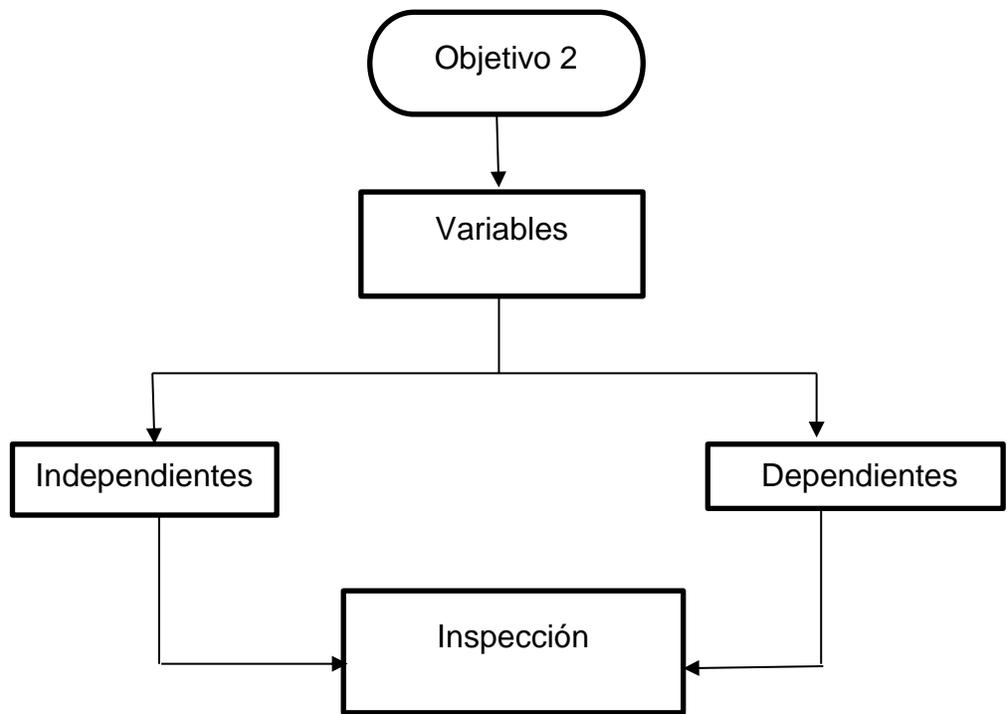


Fuente: autor

Se recopiló información acerca del proceso de suavizante textil, se planteó la descripción del proceso mediante un flujograma de procesos, se detalló cada etapa del proceso sus tiempos de operación los recursos necesarios y las entidades que utilizaran en cada etapa.

Objetivo 2 Identificar las variables asociadas al proceso y su comportamiento estadístico.

Figura 9. Metodología del objetivo 2

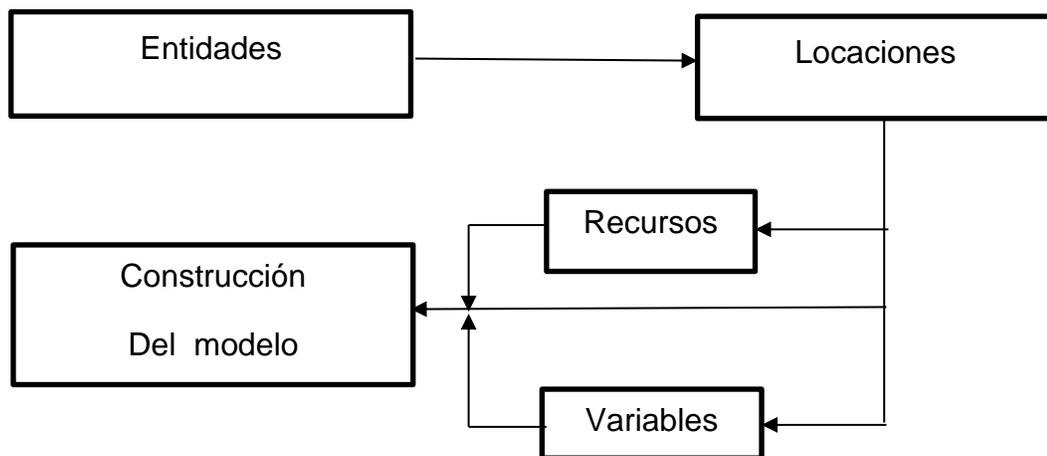


Fuente: autor

Se definen todas las variables que dependen en cada etapa del proceso, en ellas encontramos dos tipos variables independientes (tiempos de operación) y variables dependientes (tiempos de cola, tiempos ocio y lotes producidos), se lleva a cabo inspecciones para mantener un control sobre las variables y determinar su comportamiento en cada etapa del proceso productivo.

Objetivo 3 Construir el modelo en relación a las variables asociadas.

Figura 10. Metodología del objetivo 3

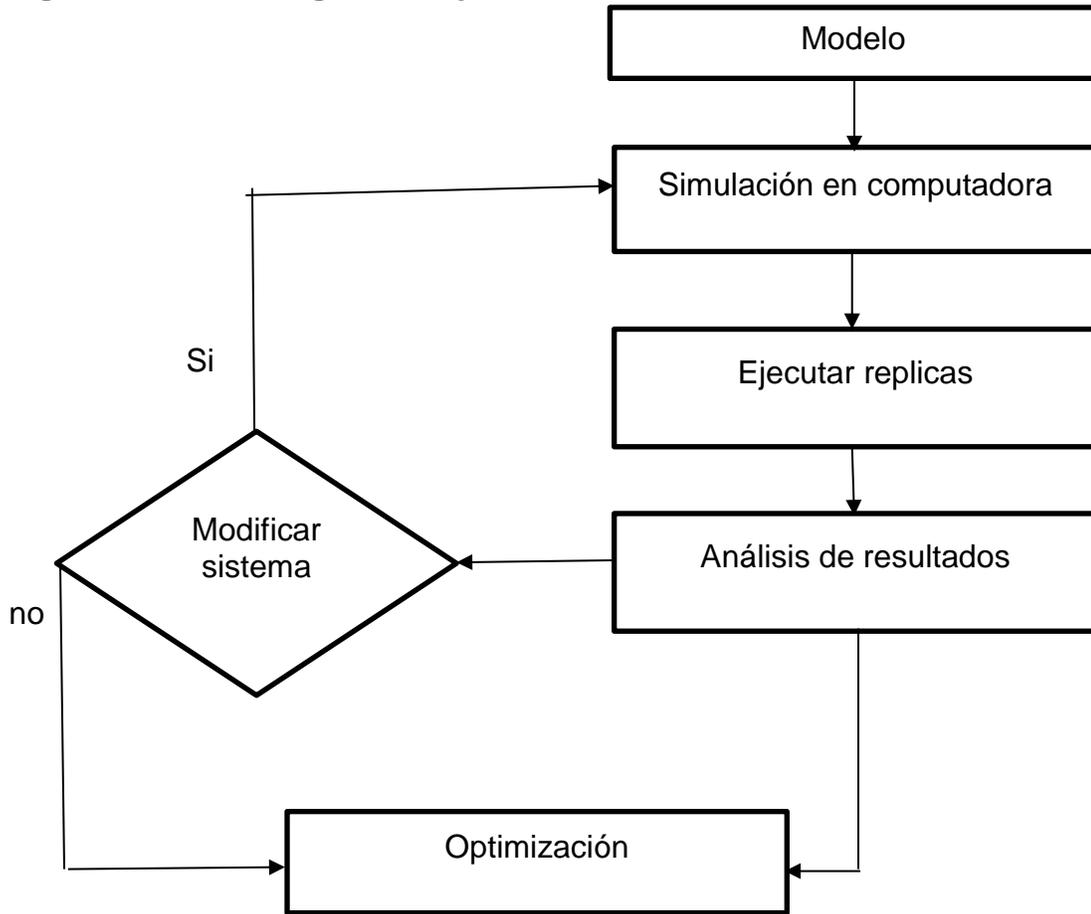


Fuente: autor

Una vez tengamos todos los elementos que conforman el sistema entidades, locaciones, recursos, variables; procederemos con la construcción del modelo en el software arena teniendo en cuenta el diagrama de flujo y los tiempos de cada proceso

Objetivo 4 Validar el modelo propuesto mediante experimentos de simulación.

Figura 11. Metodología del objetivo 4



Fuente: autor

Una vez tengamos el modelo ya formulado del proceso productivo de suavizante textil, lo introduciremos en la computadora en por medio de una simulación en arena el cual ejecutaremos varias réplicas y con los datos arrojados se optimizara los tiempos las colas en el proceso.

6. Construcción del modelo de suavizante textil en el software arena

6.1 Construcción de locaciones

Se inició con la construcción de las locaciones en arena partió desde la llegadas de materia prima con una distribución exponencial, se creó un proceso de inspección para ver si se cumple con los estándares de calidad con una distribución uniforme de 30 a 60 minutos luego se creó un proceso para almacenar las materias primas para su participación en el proceso durante 24 horas. Se crea el proceso de mezclado con una distribución uniforme de 225 – 240. Existe un control de calidad el cual indica que solo el 95 % continúa con la operación y el otro 5% se le hace un re trabajó para ajustar la mezcla, los productos se llenan de acuerdo a sus presentaciones. La embotelladora llena dos tipos de presentaciones las botellas de 850 ml y los doy pack de 450 ml con una distribución triangular de 0.085 a 0.09 y el llenado de sachet tiene una distribución constante de 0.025 minutos.

Construimos un control de calidad para cada tipo de producto el cual se demora 1 minuto, este señala que solo el 95% cumple con las especificaciones y pasa la prueba. La línea de las botellas pasa al proceso de etiquetado con una distribución uniforme de 0.05 a 0.06 minutos. Una vez pasada la prueba de calidad los productos pasan al área de empackado, en el cual son agrupadas los productos de acuerdo a su presentación por un conjunto de 12 unidades este empackado demora 1 minuto para cada presentación

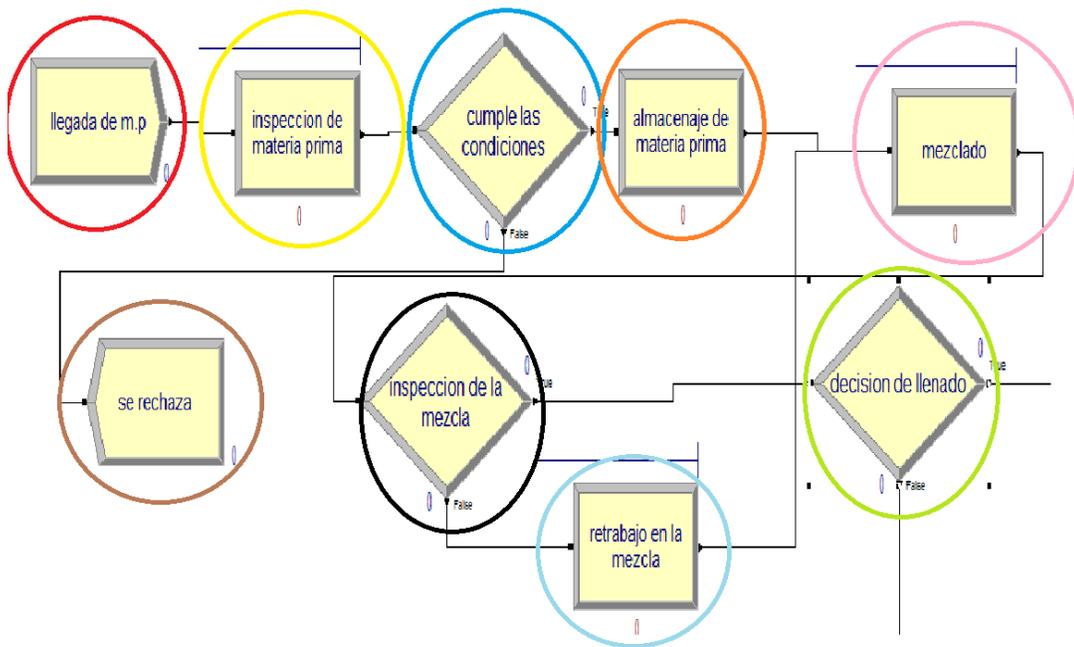
Tabla 5. Locaciones

Locaciones	Descripción
Recepción de M.P	Lugar donde llegan todas las materias primas e insumos, la cual analizaremos para para la elaboración del suavizante textil
Mezclado	Combinación de materias primas e insumos para la fabricación del suavizante textil.
Llenado	En esta etapa del proceso tenemos dos líneas de llenado una por embotelladora(botellas y doy pack) y sachet adora (sachet o cojín)

Etiquetado	Solo maneja la línea de la embotelladora el cual lo hace de forma automática o manual
Empacado	en esta última fase se guardan los productos de las dos líneas de acuerdo a sus presentaciones

Fuente: autor.

Figura 12. Construcción de locaciones

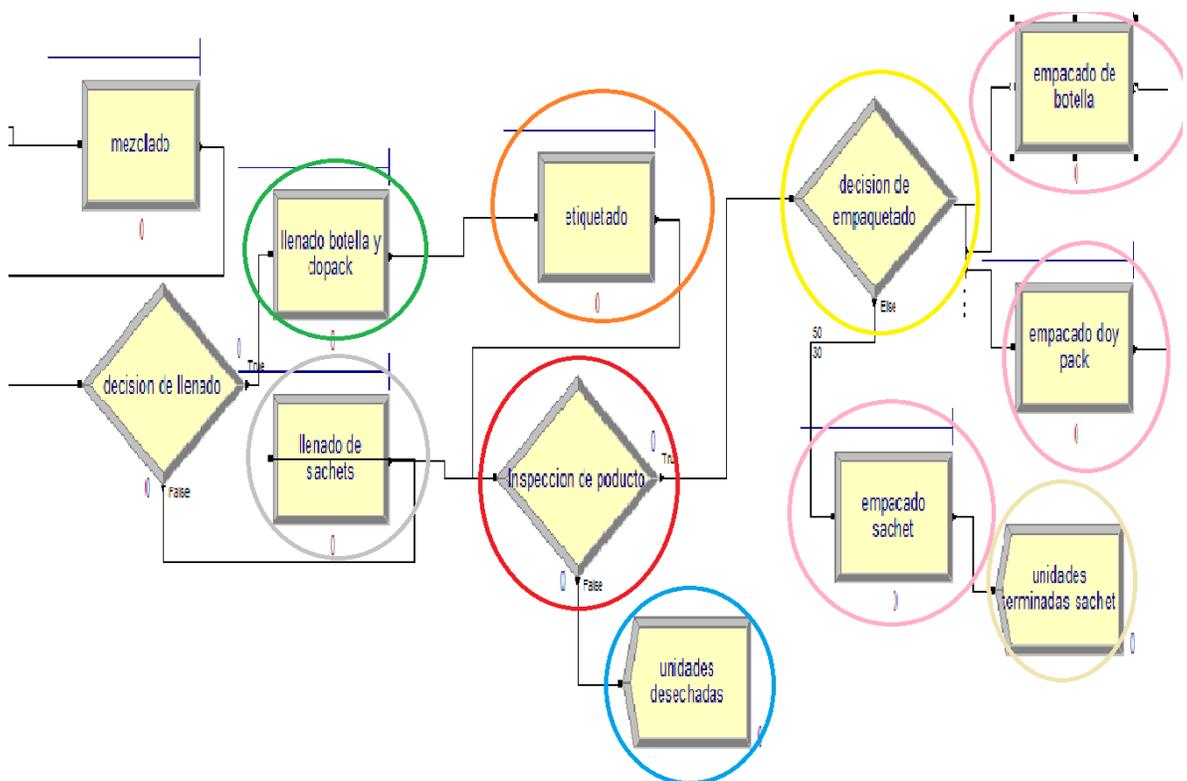


Fuente: arena

Se inicia con un módulo lógico create (color rojo) el cual nos permite crear entidades en este caso la llegada de materias primas después insertamos un módulo process para el proceso de inspección de materia prima (amarillo) seguido insertamos un módulo de decisión el cual verifica si las materias prima cumple con las especificaciones establecidas (azul), si las entidades no cumple se crea un módulo dispose (marrón) el cual se encarga de eliminar esas unidades. Si cumple se crea otros process para el almacenamiento (naranja) de materia prima. Las entidades se

trasladan hacia el área de mezclado (lila), por lo cual se crea otro process con una distribución uniforme de 3.7 horas a 4 horas. Se le adiciona un módulo de decisión para inspeccionar que la mezcla cumpla con los indicadores establecidos (negro) con un porcentaje de 95%, si pasa la inspección continua a la siguiente etapa de llenado, pero si no se realiza un re trabajo en la mezcla (azul) y se vuelve a conectar de nuevo al área de mezclado para hacer el reajuste pertinente al terminar vuelve a pasar por la etapa de inspección hasta continuar a la siguiente etapa de llenado.

Figura 13. Locaciones (continuación)



Cuando la mezcla cumple los estándares de calidad pasa a la etapa de llenado, se construye dos process ya que cuenta con dos líneas de llenado la embotelladora (Verde) con un tiempo constante de 0.2 y la sachet adora (gris) con un tiempo constante de 0.03 min. Se construye otro process para el etiquetado de botellas (naranja) con un tiempo uniforme de 0.5 min y 0.6 min.

Se construye un módulo de decisión al cual se vincula las dos líneas y se verifica si las unidades cumplen con las especificaciones de acuerdo a su presentación, si cumple siguen al área de empaquetado, si no las unidades son desechadas (azul). Se construye 3 procesos de empaquetado uno para cada tipo de presentación.

Se asigna un recurso a cada process con un tiempo uniforme de 3 a 5 minutos. Y por último agregamos 3 módulos dispos para registrar la salida de cada presentación en lazada al empaquetado.

6.2 Construcción de entidades.

Tabla 6 Entidades

Áreas de utilización	Entidades
Análisis de muestras de M.P	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Blanco 5218Q2 ➤ COLTIDE HQS ➤ Problend ST LE 70 ➤ perfume (White lavender) ➤ Micro capsula ➤ Procide 1,5
Análisis Mezcla	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suavizante textil
Análisis de Producto terminado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Botellas ➤ Doy pack ➤ sachet

Fuente: Autor

Las entidades que se nombran en la tabla 6 son los elementos (materias primas) que se mueven a través del modelo para ser transformados en suavizante textil y después abandonarlo de acuerdo a sus respectivas presentaciones.

6.3 Variables

Tabla 7 variables

Tipo de variable	Nombre de la variable	indicador	concepto	Medida
Independiente	Tiempo de operación	Tiempo	Tiempo estimado que le toma a un	Minutos

			operador o a una maquina en realizar una actividad.	
Dependiente	Tiempo en colas	Tiempo	Es el intervalo de tiempo que espera una unidad antes de ser reprocesada.	Minutos
Dependiente	Tiempos de ocio	Tiempo	Son los tiempos improductivos en los que una maquina o un operario no hacen nada	Minutos
Dependiente	Lotes producidos	Tiempo	Cantidad de botellas, doy pack y sachet que son producidos	Minutos

Fuente: autor.

Las variables que tenemos en cuenta en la simulación del proceso productivo son los tiempos de operación de acuerdo al rendimiento de cada máquina, se procede a determinar si se encuentra tiempo de espera en las etapas al simular el modelo en la computadora.

6.4 Recursos del modelo de simulación

Tabla 8. Recursos

Etapas	Tiempo	Recurso
Inspección de materia prima	30-50 minutos	1 analista de laboratorio
mezclado	225-240 minutos	1 mezclador
Inspección de mezclado	15 minutos	1 analista de laboratorio
Re trabajo	20- 30 minutos	1 operario

Llenado:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 0.9 minutos x unidad. ➤ 0.03 minutos x unidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Embotelladora. ➤ Sachet adora.
Etiquetado	0.05 minutos	1 operario
Inspección de producto terminado	1 minutos	1 analista de laboratorio
empacado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 minutos ➤ 1 minutos ➤ 1 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 operario de botellas. ➤ 1 operario de doypack ➤ 1 operario de sachet

Fuente: autor.

En la tabla 8 se menciona los recursos (máquinas y operarios) que se utilizan en las diferentes etapas del proceso productivo y sus tiempos de operacion.

6.5 Colas del modelo

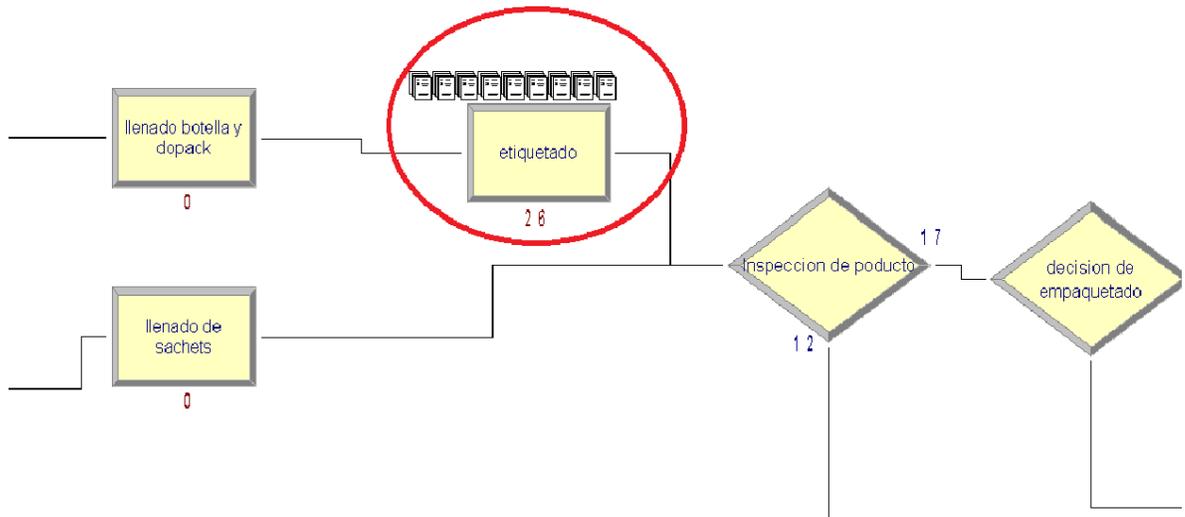
Figura. 14 Colas del modelo

Queue - Basic Process				
	Name	Type	Shared	Report Statistics
1	inspeccion de materia prima.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	empacado sachet.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	mezclado.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	llenado botella y dopack.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	llenado de sachets.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	etiquetado.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	empacado de botella.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	empacado doypack.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	retrabajo en la mezcla.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

El tipo de llegada de las entidades es de tipo FIFO (first in first out), al simular el modelo 1 el cual representa el proceso productivo real, se observa lo siguiente

Figura 15. Tiempo de espera del modelo 1



Fuente: arena

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
empacado de botella.Queue	0.00210915	(Insufficient)	0.00	0.00836485
empacado doypack.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
empacado sachet.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
etiquetado.Queue	10.6258	(Insufficient)	1.9481	15.0253
inspeccion de materia prima.Queue	0.6386	(Insufficient)	0.00	1.8591
llenado botella y dopack.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
llenado de sachets.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
mezclado.Queue	9.2097	(Insufficient)	0.00	16.5942

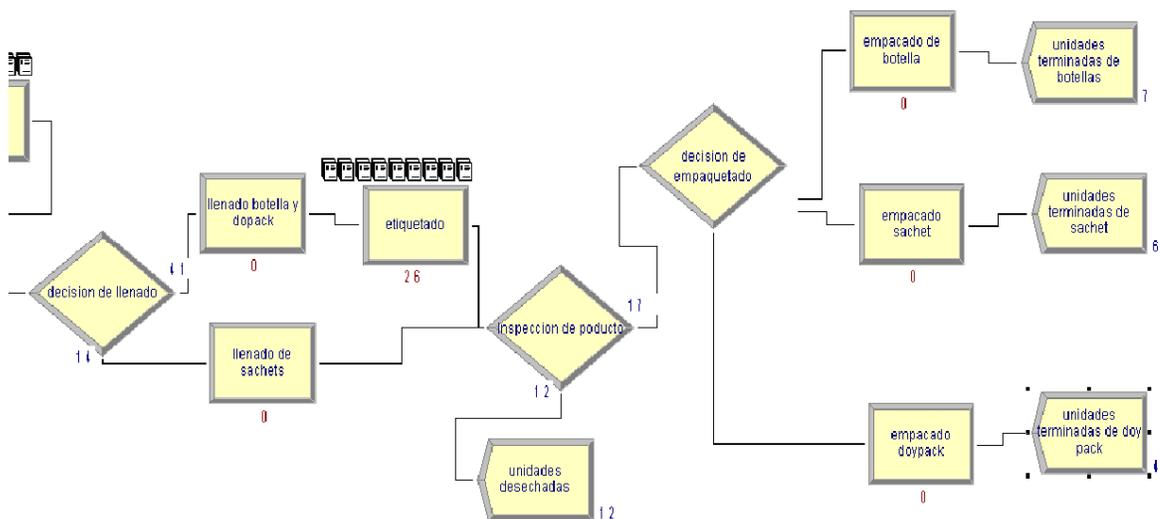
Fuente: arena

En la simulación del modelo1, se observa un tiempo máximo de espera de 15.02 min en la etapa de etiquetado. Con esta información se identifica el cuello de botella del proceso productivo.

7. Optimización del modelo

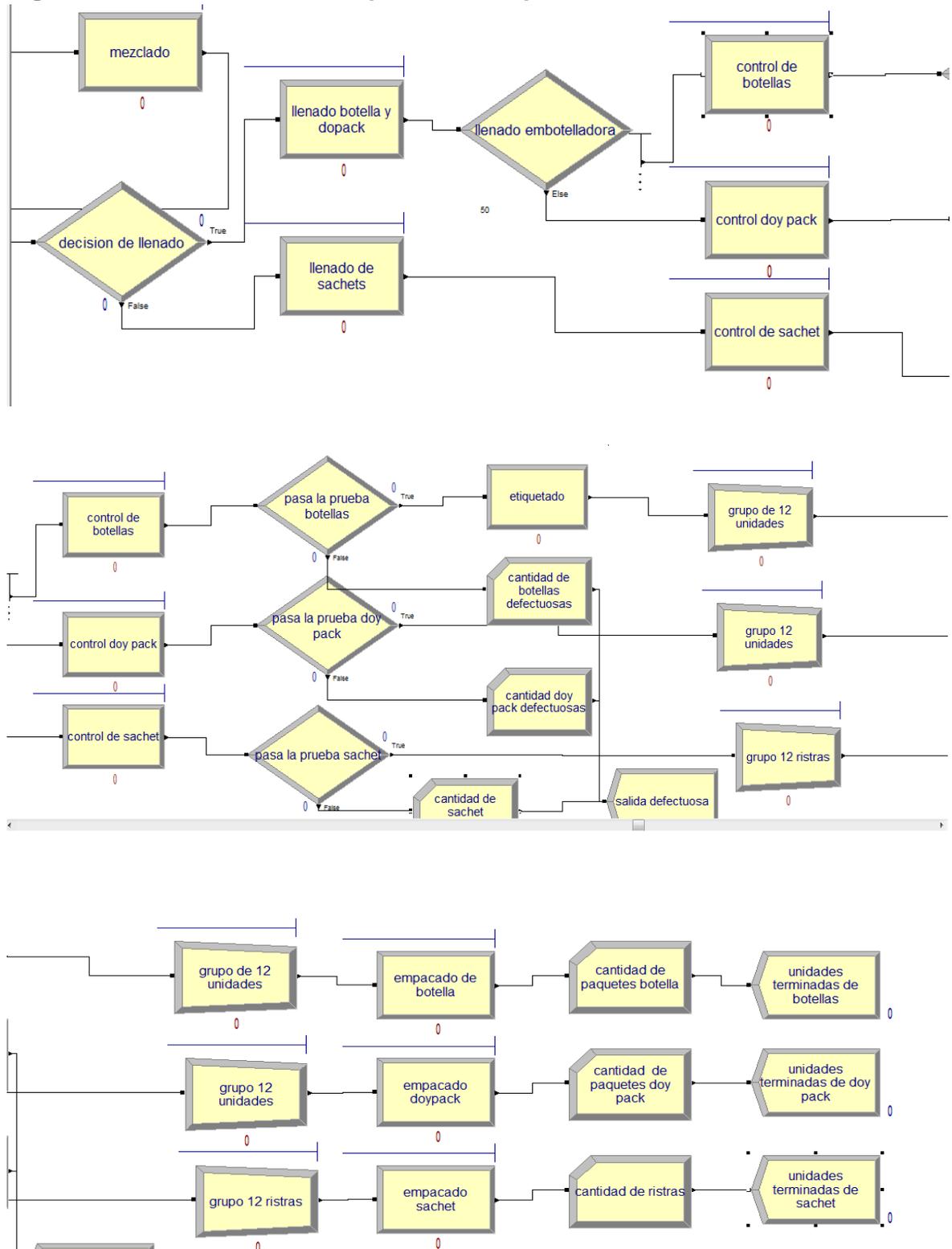
Al ejecutar el modelo 1 del proceso productivo se encontró tiempos de espera en el área de etiquetado generando un cuello de botella. Para optimizar las colas de esta etapa se implementó otro recurso y proceso que midiera la calidad del doypack y el empaque de el mismo. Generando 1 línea para cada presentación permitiendo optimizar los tiempos de flujos de las unidades en cada etapa del proceso, con esta mejora no se acumulara unidades de las dos presentaciones en la misma línea botellas y doypack.

Figura 16. Modelo 1 proceso productivo real



Fuente: arena

Figura 17. Modelo 2. Proceso productivo optimizado



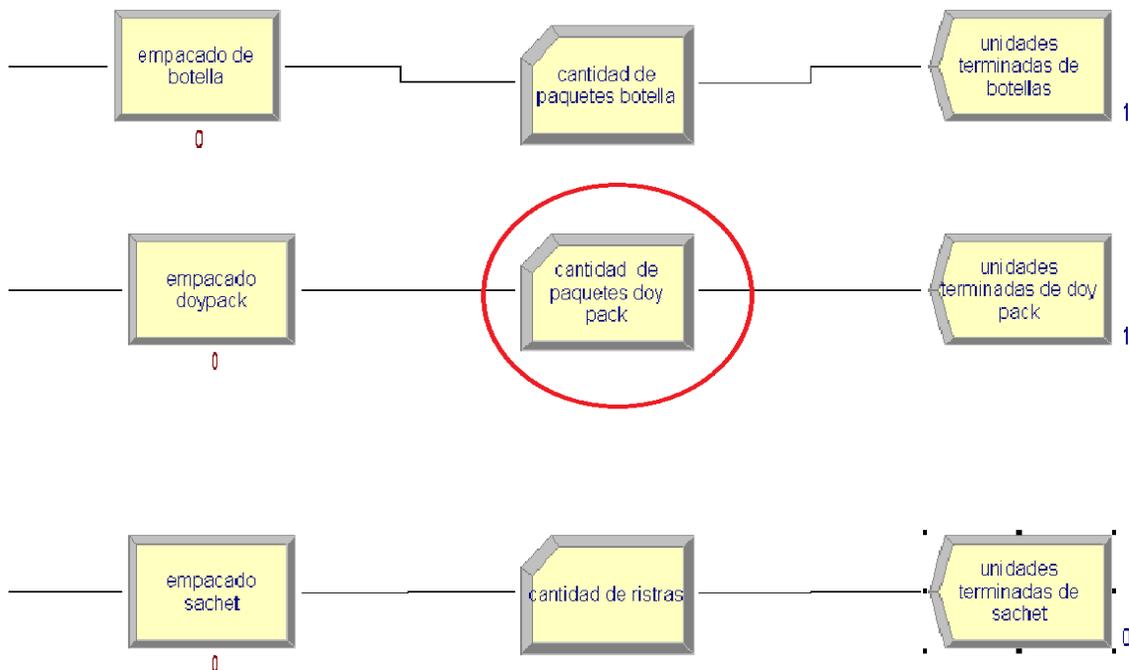
Fuente: arena

Con la implementación de otro recurso como se observa en la figura del modelo 2, para el control de calidad de la presentación doypack se generó una línea de transporte adicional permitiendo una mayor eficacia en el traslado de las unidades por presentación eliminando los tiempos de espera en la etapa de etiquetado de botella.

En este modelo se realiza un control de calidad para cada producto botella, doypack, sachet con un tiempo constante de un minuto, en este control de calidad solo el 95 % pasa la prueba, las presentaciones de botella y doypack que pasan la prueba son empacada por decena de acuerdo a su presentación y los sachet son empacado por 12 ristras (cada ristra contiene 12 sachet) el empaquetado tiene un tiempo constante de un minuto para cada presentación.

Con esta mejora se determinan los siguientes aspectos: el tiempo que esperan las unidades antes de pasar a las siguientes etapas, para verificar que el cuello de botella ha sido optimizado. La utilización de los recursos, los empaques producidos y las unidades defectuosas de cada presentación.

Figura 18. Contadores



Fuente: Arena

Para contar los empaques de cada presentación es necesario añadirle al modelo un record como se observa en la figura del modelo2, estos son contadores, que nos permite contar la cantidad de unidades que pasan por esta etapa después de ser empaquetadas y además se añaden en la decisión si pasan la prueba para llevar la cuenta de las unidades buenas y las unidades defectuosas.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

8.1 Resultados descritos

- Al ejecutar la simulación del modelo 2 podemos observar que el cuello de botella que se presentaba en el modelo1 se optimizado al eliminar los tiempos de espera que se presentaba en esta etapa. Con la implementación de otro recurso para la inspección de calidad del doypack permitiendo a cada línea tener su control de calidad

Figura 19. Tiempo de espera modelo

Modelo 1	Modelo 2
----------	----------

Queue		Queue		
Time		Time		
Waiting Time		Waiting Time		
	Average	Average	Half Width	
empacado de botella.Queue	0.00210915	0.00	(Insufficient)	
empacado doypack.Queue	0.00	0.00	(Insufficient)	
empacado sachet.Queue	0.00	0.00	(Insufficient)	
etiquetado.Queue	10.6258	0.00	(Insufficient)	
inspeccion de materia prima.Queue	0.6386	108.17	(Insufficient)	
llenado botella y dopack.Queue	0.00	83.4718	(Insufficient)	
llenado de sachets.Queue	0.00	66.9192	(Insufficient)	
mezclado.Queue	9.2097	2.2446	(Insufficient)	
		0.00	(Insufficient)	
		80.2928	(Insufficient)	
		0.00	(Insufficient)	

Figura 20. Tiempo de espera modelo 2

Queue				
Time				
Waiting Time				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
control de botellas.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
control de sachet.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
control doypack.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
empacado de botella.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
empacado doypack.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
empacado sachet.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
etiquetado.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
grupo 12 ristras.Queue	108.17	(Insufficient)	0.00	227.14
grupo 12 unidades.Queue	83.4718	(Insufficient)	0.00	174.36
grupo de 12 unidades.Queue	66.9192	(Insufficient)	0.00	210.88
inspeccion de materia prima.Queue	2.2446	(Insufficient)	0.00	6.4762
llenado botella y dopack.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
llenado de sachets.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
mezclado.Queue	80.2928	(Insufficient)	0.00	206.85
retrabajo en la mezcla.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Fuente: arena

Se puede observar que las unidades no tienen tiempo de espera para pasar al control de calidad ni para pasar al área de empaquetado, se observa que las colas que aparecieron en el modelo 1 en la etapa de etiquetado con un tiempo de 10.6 horas fueron optimizada en el modelo 2 con la nueva línea de producción del doy pack evitando la acumulación de dos presentaciones en la misma línea de transporte.

- Nos proporciona los porcentajes de utilización de los recursos. es decir el tiempo que se mantuvo utilizando cada recurso en el proceso productivo

Figura 21. Nivel de utilización de los recursos

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
controlador botella	0.00166667	(Insufficient)	0.00	1.0000
controlador doy pack	0.00097222	(Insufficient)	0.00	1.0000
Controlador sachet	0.00097222	(Insufficient)	0.00	1.0000
empacado dp	0.00006944	(Insufficient)	0.00	1.0000
empacador b	0.00006944	(Insufficient)	0.00	1.0000
empacador sc	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
etiquetador	0.00008086	(Insufficient)	0.00	1.0000
inspeccion de m p	0.5152	(Insufficient)	0.00	1.0000
maquina doy pack	0.00023785	(Insufficient)	0.00	1.0000
maquina embotelladora	0.00023785	(Insufficient)	0.00	1.0000
maquina sacheteadora	0.00002431	(Insufficient)	0.00	1.0000
mezclador	0.8972	(Insufficient)	0.00	1.0000
mezclador retrabajo	0.00520846	(Insufficient)	0.00	1.0000

Fuente: arena

Tabla 9. Nivel de utilización de los recursos

Recursos	botella	Doy pack	sachet
Controladora	0.016%	0.097%	0.097%
empacado	0.0069%	0.0069%	0%
llenado	0.023%	0.023%	0.0024%

etiquetado	0.008%	0%	0%
------------	--------	----	----

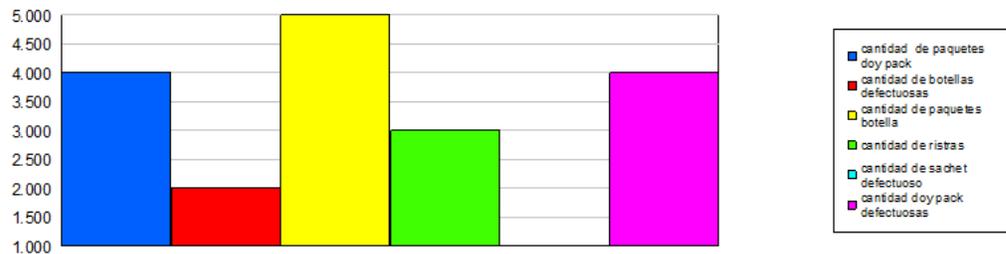
Con estos datos se observa el nivel de utilización en tanto por uno, es decir el tiempo que se estuvo usando los recursos en el modelo 2

- Podemos observar en el grafico la cantidad de paquetes producidos por cada presentación en 1 hora y la cantidad de unidades defectuosas de cada línea.

Figura 22. Cantidad de unidades empaquetadas y unidades defectuosas

Counter

Count	Value
cantidad de paquetes doypack	4.0000
cantidad de botellas defectuosas	2.0000
cantidad de paquetes botella	5.0000
cantidad de ristas	3.0000
cantidad de sachet defectuoso	1.0000
cantidad doypack defectuosas	4.0000



Fuente: arena

En la gráfica se observa la cantidad de unidades defectuosa por hora de acuerdo a cada presentación, la cantidad de botellas defectuosas es de 2 unidades (rojo), las unidades defectuosas de sachet es de 1 unidad (cian), en los doy pack se registran 4 unidades defectuosas (lila). Se puede apreciar la cantidad de paquetes producidos el cual fue de 5 para las botellas, 4 para los doy pack y 3 ristras para sachet

Nos muestra el tiempo de flujo medio en lo que duro 1 entidad en estar en el sistema durante su simulación.

Figura 23. Tiempo en sistema

User Specified				
Tally				
Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Tiempo en sistema	123.32	(Insufficient)	28.8115	239.88
Counter				

Fuente: arena

El tiempo promedio que estuvo las materias primas en el sistema fue de 123.32 horas el mínimo tiempo que estuvo fue de 28.8 horas y el máximo 239 horas aquí estamos hablando de un re trabajo el cual fallo en las pruebas de calidad y por ende aparece este dato máximo.

9. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 recopilar información del tema											
2 clasificación de la información											
3 diseño del modelo											
4 simulación del modelo											
5 análisis final y conclusión del estudio											

10. CONCLUSIONES

- Con este estudio realizado se concluyó que la simulación en el proceso productivo del suavizante textil nos permite observar alternativas en el mejoramiento respecto a los procesos de etiquetado en el que aparecían colas y en la reducción de tiempo en la inspección de calidad de los productos terminados y empaquetado
- Se logró la optimización de los tiempos muertos en las etapas del proceso productivo para aumentar los volúmenes de producción y optimizar los cuellos de botella.
- Ya que se cumple con los tiempos de la realización de la demanda, se puede utilizar el tiempo de los operarios para cumplimiento de otras funciones y tareas en la empresa utilizando al máximo la mano de obra dentro de la jornada laboral
- La simulación actúa bajo el criterio de las formulaciones matemáticas creadas en base a procesos existentes con el fin de imitar la realidad lo más cercano permitiéndonos la experimentación bajo ensayos de prueba-error.

11. RECOMENDACIONES

- Ejecutar un análisis de colas ya que puede cambiar a otro tipo de de distribución de probabilidad ya que dichos cambios pueden variar el comportamiento del modelo.
- Desarrollar varios estudios de simulación para seguir optimizando el proceso de suavizante textil, para suministrar más conocimiento en estas teorías matemáticas con una lógica necesaria para alimentar su perfecto funcionamiento.
- Se recomienda realizar los estudios de simulación de proceso productivo de suavizantes ya que maximiza el valor de del vínculo de los proveedores mediante le eficacia y eficiencia del suministro y servicio.
- Plantear procesos que respondan acertadamente a la incertidumbre relacionada con la aleatoriedad y variabilidad del sistema productivo.

12. BIBLIOGRAFÍA

[1] Pedro Rafael Bohórquez Mejías, Simulación De Líneas Y Servicios mediante el uso de Python, Proyecto de grado, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, 2009.

[2] Constanza Cabrera Riaño, Propuesta de Manual de Prácticas de Simulación de Sistemas Discretos con Promodel, Para el Desarrollo de Ejercicios Aplicados en Diferentes Asignaturas De la Carrera De Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana ,Bogotá, Colombia 2009.

[3] Joel Cieza Rivas plata, Pasos para realizar una simulación, informe, 2009

[4] Angélica Berrio Díaz, Katherine Tejedor Zabala, PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRUEBAS DE METALES “SILICE Y ALUMINIO” EN HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA SAYBOLT DE COLOMBIA S.A.S A TRAVÉS DE UN MODELO DE SIMULACIÓN EN PROMODEI, Monografía de Grado, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, Colombia , 2014.

[5] citado el 19 de Mayo del 2016 disponible en <http://www.dtic.upf.edu/~gvirtual/master/rv/seccio2/seccio2.htm>.

[6] Citado el 20 de Mayo del 2016, disponible en <https://villalana.wordpress.com/1-1-definicion-e-importancia-de-la-simulacion-en-la-ingenieria>.

[7] Citado el 23 mayo 2016, <http://optimizacion-lineal-sol.blogspot.com.co/2013/02/ludwig-von-bertalanffy.html>

[8] Enrique Eduardo Tarifa, Teoría de Modelos y Simulación, Universidad Nacional de Jujuy disponible en http://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/1051_TecnicasII Simulacion.pdf

[9] Citado en 24 de mayo 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=IYAjAUkNuxQ>

[10] citado el 22 de Mayo del 2016, disponible en <http://operativa2.galeon.com/enlaces648744.html>

[11] Juan Diego Febres Eguiguren, Ronald Paul Ochoa Ramírez, Propuesta De Mejora Del Proceso Productivo En La Empresa Press Forja S.A Utilizando El Software Flesxim Como Herramienta Para La Toma De Decisiones, Trabajo De Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, cuenca, España, 2010

[12] Citado el 25 de mayo del 2016[<http://wm1104267.web-maker.es/Simulacion-Logistica/mobile/>]

[13] citado el 22 de Mayo del 2016 disponible en <http://arantxa.ii.uam.es/~aguirre/OS/sms.pdf>

[14] Citado el 22 de mayo del 2016, <http://benitsubasa.org/2016/02/10/clase-04-simulacion-practica-1/>

[15] Natalia Peláez Gómez, Carolina Tobón Zapata, PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN SUAVIZANTE TEXTIL EN LA INDUSTRIA JABONERA. CASO: “JIRAFAS S.A.S.”, Trabajo de grado, Escuela De Ingeniería De Antioquia, Envigado, 2014