



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Construcción de un modelo de simulación por medio del cual se evalúa la
cadena de suministros de Embotelladora Venezuela S.A.**

Tutor Académico:

Ing. Manuel E. Jiménez B.

Realizado por:

GUEDEZ L., Gabriela C. CI: 18.747.894

PINTO C., Andrea D. CI: 18.436.127

Bárbula, Junio 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Construcción de un modelo de simulación por medio del cual se evalúa la
cadena de suministros de Embotelladora Venezuela S.A.**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar
por el título de Ingeniero Industrial

Línea de Investigación: Investigación de Operaciones

Tutor Académico:

Ing. Manuel E. Jiménez B.

Realizado por:

GUEDEZ L., Gabriela C. CI: 18.747.894

PINTO C., Andrea D. CI: 18.436.127

Bárbula, Junio 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado Construcción de un modelo de simulación por medio del cual se evalúa la cadena de suministros de Embotelladora Venezuela S.A. , el cual está adscrito a la Línea de Investigación “Investigación de Operaciones” del Departamento de Investigación Operativa presentado por el Bachiller Guedez L. Gabriela C., C.I. 18.747.894 y Pinto C. Andrea D., C.I. 18.436.127 , a los fines de cumplir con el requisito académico exigido para optar al Título de Ingeniero Industrial, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho Trabajo Especial de Grado, por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día viernes 03 de junio de 2011, a las 2:30 pm, para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo, en el Salón SDC , mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo y a las Normas de elaboración de Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.
2. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, el Jurado decidió aprobarlo por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido por el Reglamento de Estudios de Pregrado.

En fe de lo cual se levanta la presente acta, a los 8 días, del mes de junio y del año 2011, dejándose también constancia de que actuó como Coordinador del Jurado el Tutor, Jiménez B. Manuel E.

Firma del Jurado Examinador

Prof. Jiménez B. Manuel E.

Tutor

Prof. Enrique Pérez

Prof. Antonio Bedoya

Jurado

Jurado



DEDICATORIA

A mis padres Taimen y Guillermo, a mis hermanos, a mi novio, a mis familiares y sobre todo a Dios que siempre estuvo presente.

Gabriela C. Guédez L.



DEDICATORIA

En especial a mis Padres, mis hermanas
y mi abuela por estar siempre presente
a lo largo de este camino.

Andrea D. Pinto C.



AGRADECIMIENTOS

- A mis padres Taimen de Guedez y Guillermo Guedez por todo el apoyo incondicional en la realización de este trabajo y por estar en toda mi formación como Ingeniero Industrial.
- A la Universidad de Carabobo por brindarme esta oportunidad de formarme como Ingeniero Industrial, gracias a los profesores que me acompañaron en todo este camino, donde hoy por hoy se cierra un ciclo y comienza otro.
- A mis familiares, amigos y a mi novio porque gracias a ellos todo fue más placentero y bonito.
- A dos personas especiales que los son, Andrea D. Pinto C. mi compañera de tesis y a nuestro tutor de la tesis el Ingeniero Manuel E. Jimenez B. gracias a ellos se pudieron cumplir los objetivos deseados y la realización de este trabajo se convirtió en un éxito.
- Gracias a Dios por estar siempre presente a lo largo de todo este recorrido.

Gabriela C. Guédez L.



AGRADECIMIENTOS

- A mis padres, gracias por todo el apoyo prestado a lo largo de la realización de este trabajo y por todo lo demás en mi proceso de formación tanto personal como profesional, sin ustedes nada sería igual.
- A mis demás familiares y amigos por su compañía y apoyo en todo el trayecto de mi formación como Ingeniero Industrial y por haber hecho este camino el mejor de todos.
- A mi compañera y amiga Gabriela Guedez ya que juntas realizamos nuestro objetivo de la elaboración de este trabajo y muchos más a lo largo de la carrera.
- Gracias a Manuel E. Jiménez B., nuestro tutor y ahora amigo por todo su apoyo y ayuda incondicional, por habernos acompañado todo este tiempo.
- A la Universidad de Carabobo, nuestra casa de estudio, por haberme brindado la oportunidad de formarme como Ingeniero Industrial y a todos los profesores que participaron en ello.

Andrea Pinto.

UNIVERSIDAD DE CARABOBO





FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN POR MEDIO DEL CUAL
SE EVALÚA LA CADENA DE SUMINISTROS DE EMBOTELLADORA
VENEZUELA S.A.**

TUTOR: Ing. Manuel E. Jiménez B.

AUTORES: Guédez, Gabriela
Pinto, Andrea

RESUMEN

La siguiente investigación se fundamenta en la construcción de un modelo de simulación por medio del cual se estudie el desempeño de la cadena de suministros de Embotelladora de Venezuela S.A. la cual se prestó para ser analizada en cada una de las fases de la misma, los eslabones de proveedores y manufactura se encuentran integrados en el modelo donde se la llegada de cliente, adquisición de la materia prima y el proceso de manufactura. Se determinó que la empresa no cumple con la demanda, por lo que en el estudio del desempeño del sistema seleccionado, se tomaron en cuenta aspectos de suma importancia como el cumplimiento con el cliente y tener una adecuada capacidad de respuesta, utilizándose los indicadores de niveles de servicio y lead time de producción. Para demostrar cómo sirve de apoyo la simulación a la toma de decisiones dentro de la cadena de suministros, se realizaron distintos experimentos, de modo que sirvan como guía, estos se seleccionaron tomando en cuenta aquellas decisiones más resaltantes y con mayor influencia en la empresa como lo son, fijar una política de inventario de materia prima, criterio de secuenciación, obtener una mejor política de producción y mejorar relaciones con los proveedores. En conclusión se demostró que el modelo de simulación construido sirve como herramienta para evaluar el desempeño de las etapas de proveedor y manufactura de la cadena de suministros de Embotelladora Venezuela, el cual ofrece un sustento a la gerencia en el momento de tomar decisiones para resolver un problema determinado, de forma eficaz y práctica, sin incurrir en costos de experimentación con el sistema. De esta forma se pudo recomendar a la empresa aplicar las políticas señaladas para la mejora del nivel de servicio y lead time que se manejan actualmente.

PALABRAS CLAVE: Cadena de suministros, Simulación, Producción, Proveedores

INTRODUCCIÓN

Se sostiene que una cadena de suministros consta de tres partes básicas: aguas arriba (proveedores y proveedores de los proveedores), parte interna (incluye todos los procesos de organización que transforman materiales en productos) y aguas abajo (distribución y entrega de productos a los clientes finales) y así lo consideran la mayoría de las empresas hoy en día. Gerenciar estos eslabones es el núcleo de gestionar una cadena de suministros y sus actividades clave están relacionadas con mantener un alto nivel de servicio, transporte eficiente, gestión de inventario, gestión de información y procesamiento de órdenes,

Éstas no son unas metas fáciles de alcanzar por lo que ya no es suficiente solo mejorar, integrar, estudiar, analizar y proponer mejoras en cada eslabón de la cadena de suministros por separado, sino que se tiene que estudiar como un sistema globalizado, visualizando en todo momento el impacto que tendrán determinadas propuestas de mejora en el resto de la cadena de suministros integrando el flujo de información y materiales a través de todos los eslabones.

Es por ellos que la presente investigación es una guía la cual está adecuada para poder evaluar los distintos escenarios que afectan directamente a la cadena de suministro, con la finalidad de seleccionar aquel con el que se mejore el uso de los recursos dentro de las etapas de la Embotelladora Venezuela S.A.

El sistema a simular consiste en una planta de manufactura que posee una línea de producción, la cual trabaja contra inventario, ofrece cinco tipos de productos a quincenas de distribución, en esta se encuentran su almacén de producto terminado y materia prima, siendo el último la principal conexión de la planta con sus proveedores.



Con la presente investigación se desarrolló un modelo de simulación para evaluar el desempeño de una cadena de suministros utilizando el programa ARENA en donde se pudo visualizar de forma integrada las etapas de proveedor y manufactura de la misma, de forma tal que facilitó el estudio del impacto de decisiones tomadas en cada eslabón midiendo el desempeño de la cadena a través de indicadores de gran importancia como lo son capacidad de respuesta y nivel de servicio.

Se realizaron una serie de experimentos con los que se buscan apoyo a la hora de tomar decisiones importantes y de gran influencia en la empresa, como fijar la política de inventario a utilizar, el criterio para secuenciar los productos, políticas de producción, entre otros.

La investigación está conformada por cinco capítulos, el Capítulo I describe el problema, los objetivos, las limitaciones y la justificación del estudio. El Capítulo II presenta el marco teórico y metodológico, en el Capítulo III se define el sistema a simular y en el Capítulo IV, se describe la construcción del modelo que representa a este sistema incluyendo actividades, variables y supuestos. En el Capítulo V, se muestran los experimentos realizados con sus resultados y análisis, para finalmente concluir acerca de estos y dar las recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas hoy en día se ven afectadas por la creciente competencia del mercado, éstas se ven en la necesidad de mantenerse a un ritmo que les permita crecer y luchar para contar con una cadena de suministro eficiente. Actualmente las cadenas de suministros compiten unas contra otras, ya que se busca obtener la mayor eficiencia en cada una de sus etapas, desde el inicio de la misma hasta su final. Las mismas se entienden como una serie de procesos de intercambio o flujo de materiales y de información dentro y fuera de la organización, incluyendo a los proveedores y clientes.

La administración gerencial efectiva de la cadena de suministro permite una mejor prestación de servicio al cliente y de la cadena de valor, a través del manejo de información, de producto y monetario, también permite competir con éxito en los mercados de hoy en día, gracias al resultado que produce la unión de los objetivos de la cadena de suministro y la implantación de mejores prácticas en áreas como la planificación de los recursos, la administración de la demanda, producción, transporte, almacenaje, compras y servicio al cliente.

Según Garza (2008) una cadena de suministro consta de tres partes, el suministro, la fabricación y la distribución. El suministro se concentra en cómo, dónde y cuándo se consiguen y suministran las materias primas para la fabricación. En la manufactura se convierte estas materias primas en productos terminados y la distribución se asegura de que dichos productos finales lleguen al consumidor a través de una red de distribuidores y almacenes; también dice que la cadena comienza con los proveedores de tus proveedores y termina con los clientes de tus clientes.

Actualmente Embotelladora Venezuela S.A. es una empresa encargada de la elaboración de bebidas refrescantes de frutas variadas, entre ellas se observan dos marcas como lo son Green Spot con sabor a naranja y La Mejor que posee los sabores tamarindo y toronja, estos productos se fabrican en dos presentaciones, retornables y desechables.

Embotelladora Venezuela S.A se presto para ser analizada en cada una de las fases de su cadena de suministro donde se determino un problema de gran índole, lo cual es el hecho de que esta empresa no pueda cumplir con la demanda que en ocasiones se le presenta. La planificación de la producción debe estar sujeta a la materia prima que se tiene presentándose en este caso una escasez promedio por encima de las 1500 botellas semanalmente aproximadamente, lo que refleja el resultado de una procura de materia prima no adecuada que repercute directamente al hecho de producir con lo que se tiene más no lo que se necesita. Por otro lado se tiene como causa raíz que el inventario de seguridad se presenta en niveles pequeños, donde entre productos retornables el mismo es de 800 cajas de refresco sabor naranja, 640 de refresco sabor tamarindo y 450 refresco sabor toronja, a su vez del producto desechable se almacena 1000, 420 y 280 cajas de refresco respectivamente, lo que ocasiona que no siempre pueda abastecer la demanda presentándose un incumplimiento de pedidos en promedio un día a la semana. Es importante también resaltar que la empresa usa un criterio de secuenciación en la producción FIFO, lo que puede que no sea lo mejor puesto a que posee una sola línea de producción por donde se manufacturan los cinco productos sin tomar en cuenta cual de ellos presenta un mayor nivel de la demanda.

Existen herramientas matemáticas que permiten el estudio y análisis de aspectos de los eslabones de proveedores, manufactura, distribución y clientes por separado, más éstas solo permiten datos en variables de manera det

erminística, limitando así el análisis de la cadena de suministros como un todo. Como ejemplo de algunas de las herramientas utilizadas dentro el proceso de producción se pueden aplicar algoritmos y métodos, como lo es el Método Húngaro, para la determinación de la secuencia apropiada, sin embargo éstos solo abarcan una pequeña sección dentro de la cadena de suministros sin tomar en cuenta las consecuencias que puede acarrear para las demás etapas como lo podrían ser niveles de inventario de materia prima, administración de la demanda, nivel de inventario de producto terminado, entre otros. Es por ello que la simulación es una herramienta adecuada para estudiar este tipo de sistemas, ya que por medio de ellas se puede estudiar sistemas complejos, donde sus variables presentan un comportamiento aleatorio que no es fácil modelar de forma analítica

Con el pasar de los años la llegada de nuevos y mejores avances tecnológicos en el mercado de la computación, ha traído consigo descubrimientos igualmente significativos en cuanto a la toma de decisiones, diseño del proceso y productos. Hoy en día una de las técnicas de gran impacto es la simulación, la cual es una herramienta que busca diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso con el objetivo de entender el comportamiento del mismo aplicado al mundo real, o evaluar varias estrategias con las cuales puedan operar el sistema.

Por ello es que la simulación en este caso es una herramienta adecuada para poder evaluar los distintos escenarios que afectan directamente a la cadena de suministro, con la finalidad de seleccionar aquel con el que se mejore el uso de los recursos dentro de las etapas de la Embotelladora Venezuela S.A., buscando obtener un aumento sobre el nivel de servicio, definido como el número de clientes satisfechos atendidos en la primera vez que lo necesiten.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Construir un modelo de simulación mediante el cual se pueda estimar el desempeño de las etapas de proveedor y manufactura de la cadena de suministros de Embotelladora Venezuela, S.A.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el comportamiento de la cadena de suministros de la empresa con el fin de conocer la relación existente entre los sistemas de proveedores, y producción
- Analizar las variables y restricciones de interés en cada una de las etapas de la cadena de suministro bajo estudio.
- Construir el modelo de simulación que represente la cadena de suministro de Embotelladora Venezuela S.A.
- Verificar el modelo construido para asegurar que es una correcta representación del sistema en estudio.
- Analizar los resultados obtenidos al experimentar con el modelo.

1.3 ALCANCE

La investigación está orientada en elaborar un modelo de simulación, para así evaluar las etapas de la cadena de suministro que son proveedor y manufactura, con el propósito de estudiar los distintos escenarios presentes dejando por fuera el sistema de distribución y almacenaje.

1.4 LIMITACIONES

- El programa utilizado para la simulación es el ARENA ya que es sobre el cual se posee conocimiento y la escuela de Ingeniería Industrial posee licencia para su uso.
- Debido a que el programa de simulación ARENA necesita de una licencia para ser utilizado y se sabe que los paquetes de simulación son realmente costosos, solamente se pudo utilizar el que se encuentra en la Escuela de Ingeniería industrial de la Universidad de Carabobo, esto trae como consecuencia que para la construcción del modelo se estuvo sujeto a la disponibilidad de los horarios de la escuela.
- Falta de datos históricos relacionados a la producción de la empresa por lo que no fue posible la validación estadística del modelo.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Con esta investigación, se proporciona a la población estudiantil y profesorado de la Escuela de Ingeniería Industrial una herramienta que permite el estudio y manipulación de un modelo de simulación de una cadena de suministros, en la cual se encuentran los procesos de proveedores y manufactura.

Mediante la construcción del modelo se podrán estudiar las consecuencias de las decisiones tomadas a lo largo de estos eslabones de la cadena de suministros en la empresa, ya que por medio de éste se observarán como se manifiestan los cambios en las variables. Esto es de gran importancia para la organización debido a que podrá conocer posibles valores que pueden adoptar alguna de ellas, como la administración de materia prima, tiempos de producción, secuenciación de los productos, entre otros.



A su vez se sabe que el modelo sirve como punto de partida para futuras investigaciones, tales como agregarle al modelo las otras partes restantes de la cadena de suministro, la cual estaría representada por el almacenaje y la distribución, dentro de dicha empresa.

Dicha investigación es de gran importancia para las autoras, debido a que representa un gran paso dentro de la formación como Ingeniero Industrial poniendo en práctica los conocimientos obtenidos en el área de logística y a su vez representa el último requisito para optar por el título de Ingenieros Industriales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 ANTECEDENTES

M Zhou. **Modelos conceptuales de simulación en operaciones de almacenamiento.** (2005). Este estudio se centra en los modelos de simulación en operaciones de almacenamiento visto de manera general como centros de distribución de mercancías. Los procesos clave y sus características estructurales y de comportamiento fueron identificados y analizados, también fueron desarrolladas representaciones robustas y patrones para representar los elementos y la lógica de los modelos de simulación de estos procesos para facilitar una construcción eficiente y eficaz. A su vez se discutieron cuestiones de modelado conceptual como la síntesis, la abstracción y la especialización.

Fernández y Martínez (2007) **Determinación del número de unidades de transporte necesarias para satisfacer la demanda de estudiantes en las rutas: Centro-UC y UC-Centro de la Universidad de Carabobo.** Universidad de Carabobo. Dicha investigación, tuvo como objetivo el estudio de las rutas Centro-UC y UC-Centro del transporte con el que se cuenta en la Universidad de Carabobo y así mismo determinar el número de unidades de transporte necesarias para poder cumplir con la demanda de los estudiantes de dicha universidad que requieren del servicio constantemente en las rutas establecidas por el autor, mediante un modelo de simulación construido con el programa ARENA.

Con la investigación se propone una configuración tal que se aumente el nivel de servicio, la cantidad promedio de usuarios que esperen sean atendidos y se disminuya el tiempo promedio en cola de los estudiantes.

Vierma (2008). **Construcción de un modelo de simulación para determinar la secuencia de producción (Caso: Empresa Inversiones Selva C.A. grupo Phoenix)**. Trabajo de grado de la Universidad de Carabobo; Facultad de Ingeniería en el que se logró construir un modelo de simulación para determinar la secuencia de producción, haciendo uso del paquete de simulación ARENA. Después de estudiar el sistema, sus partes y funcionamiento y determinar las variables que determinan su comportamiento, se procedió a realizar la representación del mismo, mediante la construcción del modelo. Luego se realizó la validación del modelo y probar cuatro reglas de decisión distintas. Concluyendo que la simulación es una herramienta que proporciona la toma de decisiones en sistemas complejos. Representa un apoyo acerca de la metodología a seguir en la realización de un trabajo de grado basado en la construcción de un modelo de simulación y también respecto a la utilización del paquete de simulación ARENA como herramienta para simular el eslabón de manufactura de una cadena de suministros.

Ramos y Villanueva (2010) **Construcción de un modelo de simulación para evaluar el desempeño de las etapas de proveedor y manufactura de una cadena de suministros**. Universidad de Carabobo. Trabajo de grado de la Universidad de Carabobo de la escuela de Ingeniería Industrial en el que se logró construir un modelo de simulación que permita estudiar el desempeño de la cadena de suministros, en donde los eslabones de proveedores y manufactura se encuentran integrados, este simula esencialmente las actividades de llegada de cliente, proveedores, materia prima, procesos de manufactura, formación de colas y almacén de producto terminado. En los experimentos realizados se pudo evaluar el comportamiento de dichas etapas ante los cambios de las variables del modelo que intervienen en el sistema, estudiando sus partes, como la administración de la demanda, políticas de procura, entre otros; como dichos experimentos representan casos reales que pueden ocurrir en una empresa, estos proporcionan

métodos para la resolución de los mismos y facilitan el estudio de alternativas de mejora haciendo uso de la simulación.

La importancia de dicha investigación se ve reflejada en la similitud con la presente, siendo de suma importancia el estudio de las etapas de proveedor y manufactura, ya que se encuentran dentro del objetivo a estudiar.

Gutierrez y Moens (2010) **Construcción de un modelo de simulación para evaluar los sistema de producción y distribución en una cadena de suministros**. Universidad de Carabobo. Trabajo de grado de la Universidad de Carabobo de la escuela de Ingeniería Industrial en el que se logró construir un modelo de simulación para determinar los mejores escenarios de producción y distribución con el fin de lograr que la cadena de suministros logre el mejor desempeño posible. Después de estudiar los procesos de producción y distribución en la cadena de suministro, se procedió a identificar las variables y restricciones de interés presentes en estas etapas, luego se construyó el modelo de simulación mediante el cual se experimentó para estimar el desempeño del sistema en estudio ante diferentes escenarios. Luego de realizar la verificación del modelo y probar cinco escenarios distintos, se concluyó que la construcción de un modelo de simulación de una cadena de suministros es bastante trabajosa, pero luego la experimentación con el mismo resulta sencilla, lo que ayuda a una toma de decisión rápida y lo más acertada posible.

2.1.2 BASES TEÓRICAS

2.1.2.1 CADENA DE SUMINISTROS

Stock y Lambert (2001) definen la cadena de suministro como la integración de las funciones principales del negocio desde el usuario final a través de

proveedores originales que ofrecen productos, servicios e información que agregan valor para los clientes y otros interesados.

Gigola (2004) también define la cadena de suministro como el conjunto de organizaciones e individuos involucrados en el flujo de productos, servicios, dinero y la información relacionada, desde su origen (proveedores) hasta el consumidor final. Se trata de un modelo conceptual que integra todos los procesos ligados a proveedores, plantas de manufactura, centros de almacenamiento, distribuidores y detallistas con el objeto de que los bienes sean producidos y distribuidos en las cantidades adecuadas, en los lugares y en tiempos correctos, con rentabilidad para todas las entidades involucradas y cumpliendo con los niveles de servicio requeridos para satisfacer al consumidor final.

Según Ballou (2001), una compañía usualmente no es capaz de controlar por completo el flujo de los productos, desde las fuentes de materia prima hasta el punto de venta. Gerenciar estos eslabones es el núcleo de gestionar una cadena de suministros y sus actividades clave están relacionadas con mantener un alto nivel de servicio, transporte eficiente, gestión de inventario, gestión de información y procesamiento de órdenes. Estas actividades de logística (de gestión o de planificación) van más allá de los límites de una sola organización.

Vieira (2004) señala que la cadena de suministros es una complicada red conformada por flujos físicos (material-productos y de capital) y no físico (información), decisiones tomadas en una cadena de suministros por lo general tienen un impacto impredecible en otras fases de la cadena. Las relaciones entre los eslabones y sus funciones son no lineales y los resultados de una acción no puede ser estimada con precisión de antemano. Gerenciar una cadena de suministros se refiere a actividades que promuevan las interacciones funcionales, tanto dentro de una sola empresa como entre otras que conformen los distintos eslabones.

Turbam et al (2003) sostienen que una cadena de suministros consta de tres partes básicas: aguas arriba (proveedores y proveedores de los proveedores), parte interna (incluye todos los procesos de organización que transforman materiales en productos) y aguas abajo (distribución y entrega de productos a los clientes finales).

A continuación, se indican las fases de la cadena:

- Suministro. Consiste en cómo, cuándo y dónde se obtienen las materias primas, con el objeto de poder pasar a la fase de transformación.
- Fabricación. Convierte las materias primas en productos terminados. Mientras más bajos sean los costos de producción, más barato será el producto.
- Distribución. Traslada el producto final hasta los comercios, factorías y lugares de venta para que pueda ser adquirido por el consumidor.

Correa (S/F) indica que la gestión de cadena de suministro trata, en último término, de formar alianzas y relaciones estables entre todos los miembros, desde los proveedores de los proveedores hasta los clientes de los clientes. Sin embargo, para lograr una cadena de suministro sincronizada no basta con acometer acciones aisladas en este sentido. Es preciso ir más allá y desarrollar una estrategia conjunta que aporte ventajas a todos los miembros y contemple los aspectos siguientes:

- Desarrollo de competencias propias que se basen en el saber hacer de la empresa, contratando a expertos en aquellos procesos en los que la empresa no es especialista. Las competencias propias se han de desarrollar contemplando la mejora continua de los procesos y la gestión

total de la calidad.

- Gestión estratégica del costo definiendo estrategias que permitan reducir el costo total de la cadena (por ejemplo, aprovechando sinergias) en lugar de trasladarlo de unos eslabones a otros de la cadena.
- Intercambio de información rápido y fiable gracias a una clara implantación de sistemas y tecnologías de información. Esta información ha de permitir el conocimiento total de las necesidades del cliente.
- Gestión efectiva del flujo físico de materiales, contemplando temas relativos al costo de transporte, tiempo y rapidez en la respuesta en el desarrollo de estrategias relacionadas con la cadena de suministro.
- Valoración de resultados, definiendo indicadores claves y mecanismos de valoración comunes y adecuados que permitan controlar adecuadamente los factores críticos de éxito.

2.1.2.2 SISTEMA

Tarifa (S/F) define al sistema como una sección de la realidad que es el foco primario de un estudio y está compuesto de componentes que interactúan con otros de acuerdo a ciertas reglas dentro de una frontera identificada para el propósito del estudio. Un sistema puede realizar una función que no es realizable por sus componentes individuales.

2.1.2.3 SIMULACIÓN

Según García et al (2006) la simulación de eventos discretos es el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado. Señalan además que el objetivo de la simulación está en comprender, analizar y mejorar

Las condiciones de operación relevantes del sistema en estudio.

Las áreas de aplicación de la simulación son numerosas y diversas. A continuación se presentan algunos problemas en los cuales la simulación ha demostrado ser una herramienta muy útil:

- Diseño y análisis de sistemas de manufactura.
- Evaluación de los requerimientos de hardware y software para sistemas de computadora
- Determinación de políticas de inventarios.
- Diseño y operación de facilidades de transporte tales como autopistas, aeropuertos, metros, entre otras.
- Diseño de evaluación para organizaciones de servicio tales como hospitales, oficinas postales o restaurantes de comida rápida.

2.1.2.4 TIPOS DE SIMULACIÓN

De acuerdo a la naturaleza del modelo empleado, la simulación puede ser según Fishman (1978):

- Identidad: Es cuando el modelo es una réplica exacta del sistema en estudio. Es la que utilizan las empresas automotrices cuando realizan ensayos de choques de automóviles utilizando unidades reales.
- Cuasi-identidad: Se utiliza una versión ligeramente simplificada del sistema real. Por ejemplo, los entrenamientos militares que incluyen movilización de equipos y tropas pero no se lleva a cabo una batalla real.
- Laboratorio: Se utilizan modelos bajo las condiciones controladas de un laboratorio. Se pueden distinguir dos tipos de simulaciones:

- Juego operacional: Personas compiten entre ellas, ellas forman parte del modelo, la otra parte consiste en computadoras, maquinaria, etc. Es el caso de una simulación de negocios donde las computadoras se limitan a recolectar la información generada por cada participante y a presentarla en forma ordenada a cada uno de ellos.
- Hombre-Máquina: Se estudia la relación entre las personas y la máquina. Las personas también forman parte del modelo. La computadora no se limita a recolectar información, sino que también la genera. Un ejemplo de este tipo de simulación es el simulador de vuelo.
- Simulación por computadora: El modelo es completamente simbólico y está implementado en un lenguaje computacional. Las personas quedan excluidas del modelo.

2.1.2.5 MODELO

Según Ríos (1995) un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible a un sistema.

Dentro de los modelos de simulación están:

1. Modelos Determinísticos: Ninguna de las variables se comporta de manera aleatoria. Aquí se permite que las relaciones entre estas variables sean exactas o sea que no entren en ellas funciones de probabilidad. Es decir, las relaciones funcionales entre las variables del sistema están perfectamente definidas.

2. Modelos Estocásticos: Existe cuando al menos una de las variables presenta un comportamiento aleatorio, las relaciones entre variables se toman por medio de funciones probabilísticas.
3. Modelos Continuos: Cuando las relaciones funcionales entre las variables del sistema sólo permiten que el estado evolucione en el tiempo en forma continua. Matemáticamente, el estado cambia en infinitos puntos de tiempo.
4. Modelos Discretos: Cuando las relaciones funcionales del sistema sólo permiten que el estado varíe en un conjunto finito (contable) de puntos temporales. Las causas instantáneas de los cambios de estados se denominan eventos.

2.1.2.6 ELEMENTOS DE UN MODELO DE SIMULACIÓN

De acuerdo a Kelton et al (2002) todos los modelos de simulación están conformados por:

- Entidades: son los objetos activos del modelo, cambian de status, se mueven, afectan y son afectadas por otras entidades y por el estado del sistema e influyen sobre las salidas del modelo.
- Atributos: son las características de las entidades. Un atributo es una característica común a todas las entidades, pero su valor específico puede diferir de una entidad a otra. Por medio de los atributos se individualizan las entidades.
- Variables: son datos que reflejan características del sistema que se está modelando.

- Recursos: son aquellos dispositivos, personas, equipos, espacio, que requieren las entidades para que se les preste determinado servicio.
- Colas: son aquellos lugares donde las entidades esperan.
- Eventos: es algo que ocurre en un instante de tiempo determinado que puede cambiar el estado del sistema.
- Reloj de simulación: es el contador de tiempo de la simulación

2.1.2.7 ETAPAS DE UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN

Banks et al (1996) señala que las etapas para realizar un estudio de simulación son:

1. **Formulación del problema:** En este paso debe quedar perfectamente establecido el objeto de la simulación. El cliente y el modelador deben acordar lo más detalladamente posible los siguientes factores: los resultados que se esperan del simulador, el plan de experimentación, el tiempo disponible, las variables de interés, el tipo de perturbaciones a estudiar, el tratamiento estadístico de los resultados, la complejidad de la interfaz del simulador, etc. Se debe establecer si el simulador será operado por el usuario o si el usuario sólo recibirá los resultados.
2. **Definición del sistema:** El sistema a simular debe estar perfectamente definido. El cliente y el modelador deben acordar dónde estará la frontera del sistema a estudiar y las interacciones con el medioambiente que serán consideradas.
3. **Formulación del modelo:** Esta etapa comienza con el desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real. Los

aspectos relevantes del sistema real dependen de la formulación del problema. Este modelo simple se irá enriqueciendo como resultado de varias iteraciones.

4. **Colección y análisis de datos:** La naturaleza y cantidad de datos necesarios están determinadas por la formulación del problema y del modelo. Los datos pueden ser provistos por registros históricos, experimentos de laboratorios o mediciones realizadas en el sistema real. Los mismos deberán ser procesados adecuadamente para darles el formato exigido por el modelo.
5. **Implementación del modelo en la computadora:** El modelo es implementado utilizando algún lenguaje de computación.
6. **Verificación:** En esta etapa se comprueba que no se hayan cometido errores durante la implementación del modelo.
7. **Experimentación:** En esta etapa se realizan las simulaciones de acuerdo el diseño previo. Los resultados obtenidos son debidamente recolectados y procesados.

2.1.2.8 VENTAJAS DE LA SIMULACION

García et al (2006) señala que las principales ventajas que tiene la simulación como herramienta para el estudio de un sistema son:

- Por medio de la simulación se puede estudiar sistemas complejos.
- La simulación permite conocer el impacto de los cambios en los procesos sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad.
- La simulación permite estimar el desempeño de un sistema existente bajo ciertas condiciones de operación.
- Con la simulación se mejora el conocimiento del sistema al permitir que el analista vea cómo se comporta el modelo ante diferentes escenarios.
- La simulación se puede utilizar como medio de capacitación para la toma de decisiones.

- La simulación permite estudiar sistemas con un largo recorrido de tiempo.
- Frecuentemente es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en el sistema real.
- Propuestas de alternativas de diseño de sistemas pueden ser comparadas vía la simulación para ver cuál sería el mejor método para un requerimiento específico.
- La simulación permite probar diferentes escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que se simulan.

2.2 MARCO METODOLÓGICO

2.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptivo ya que se relaciona con lo expuesto por Tamayo (1997) "...Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominante, sobre una persona, grupo o cosa, se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y sus características fundamental es la de presentar una interpretación correcta".

Se define la investigación como tipo descriptivo, ya que la misma permite señalar características, variables y propiedades de interés que intervienen en los distintos escenarios a evaluar en las áreas de materia prima y manufactura con el objetivo de la construcción de un modelo de simulación.

2.2.2.1 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

FASE I. Estudio del comportamiento de la cadena de suministros.

Se llevo a cabo una investigación bibliográfica acerca de cómo se interrelacionan los eslabones involucrados en el estudio, los cuales son proveedores y manufactura dentro de una cadena de suministro.

FASE II. Definición de las variables y restricciones del problema.

Se estudio las variables presentes en el sistema bajo estudio, y a su vez se identificaron aquellas que puedan ser de mayor interés dentro del modelo a simular. Así mismo se determinaron las restricciones propias del sistema, las cuales se consideran en el modelo diseñado.

FASE III. Construcción del modelo de simulación

Inicialmente se procedió a la elaboración de los diagramas de flujos del sistema en estudio para luego llevar a cabo la construcción del modelo mediante el programa de simulación ARENA. Que represento el sistema definido anteriormente incluyendo variables y restricciones seleccionadas, para así representar los distintos escenarios dentro de la empresa.

FASE IV. Verificación del modelo.

Primero se realizo la ejecución del modelo de simulación para así poder verificar el mismo de tal forma que se comprobó su correcto funcionamiento, libre de errores de lógica y de programación.

FASE V. Experimentación con el modelo y evaluación de los resultados obtenidos.



Esta etapa consiste en la observación e interpretación. En la misma se manipulan las variables que sean necesarias, para poder mediante la evaluación de los resultados determinar los mejores escenarios en la empresa. En esta fase se calculo el período de calentamiento y se determino el número de replicas que se deben realizar.

CAPITULO III: EL SISTEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.2 SISTEMA EN ESTUDIO

El sistema en estudio está constituido por una planta productora llamada Embotelladora de Venezuela S.A, la misma se encarga de elaborar dos tipos de refrescos, la conocida Green Spot sabor naranja y el refresco conocido como La Mejor de sabores tamarindo y toronja, ambas marcas vienen en dos presentaciones retornables de 190 ml y desechables de 250 ml.

Como Embotelladora de Venezuela es un sistema que trabaja contra inventario, para las diferentes materias primas y productos terminados se tienen establecidas políticas de inventario; de forma tal que el gerente de producción en un día mandará a producir aquellos productos cuyo nivel de inventario en el almacén de producto terminado este por debajo del punto de reorden, verificando previamente la existencia de toda la materia prima necesaria para procesar ese pedido; en el caso de no tener la materia prima suficiente el gerente mandara a fabricar lo que se pueda con lo existente. Con respecto a la adquisición de materia, en un día se manda a comprar toda aquella que esté por debajo del nivel de reorden.

Los eslabones de la Cadena de Suministro que se va a estudiar se muestran en la figura N° 1.



Figura N° 1 Eslabones de la Cadena de Suministro de interés.

La empresa cumple un horario de un turno como se puede observar a continuación.

Día	Horario	Actividad
Lunes a Viernes	7:00 AM a 12:00 PM 1:00 PM a 5:00 PM	Producción y Despacho
Sábado	8:00 AM a 12:00 PM 1:00 AM a 4:00 PM	Mantenimiento y Despacho

Tabla N° 1 Horario de Trabajo

3.3 MATERIAS PRIMAS

Para la producción de Green Spot retornable se requiere de las respectivas botellas y del concentrado; para producir 2000 litros del refresco Green Spot retornable se necesitan de 5 galones del concentrado y 10512 botellas, la lista de materiales se observa en la figura N° 2

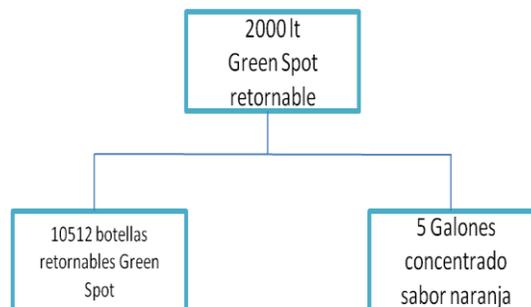


Figura N° 2. Lista de materiales para la producción de Green Spot Retornable

En la figura N°3 se muestra la lista de materiales de los restantes productos

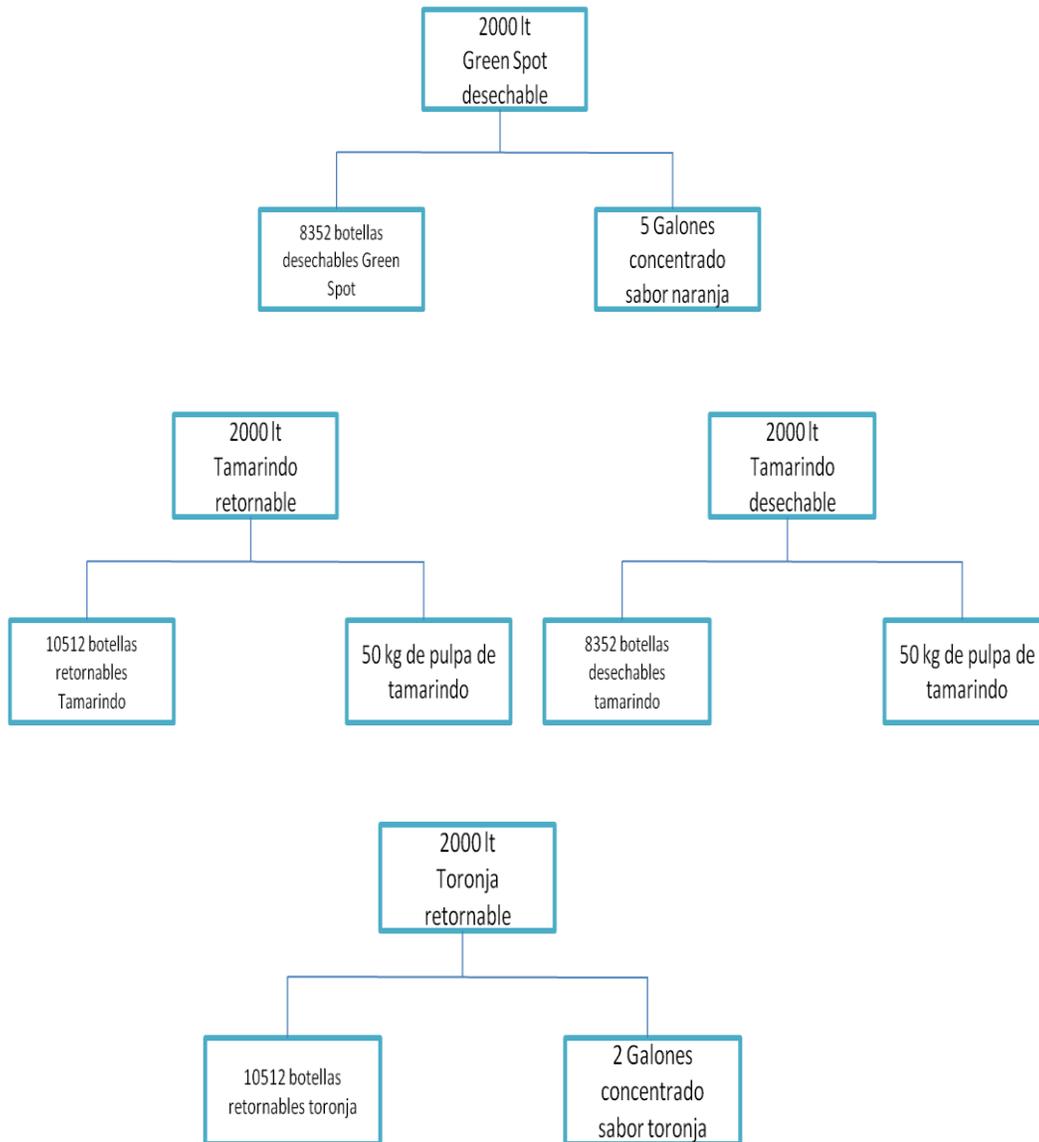


Figura N° 3. Lista de materiales de los productos

En la tabla N° 2 se indica los proveedores de las diferentes materias primas y los tiempos de entrega en días.

Materia Prima	Proveedor	Tiempos de entrega
Botellas Retornables	Owens	15
Botellas Desechables	Owens	15
Concentrado Naranja	Saborca	7
Concentrado Toronja	Venfruca	7
Pulpa de Tamarindo	Hernández N.	15

Tabla N° 2 Proveedores de Materia Prima

Las políticas de inventario que maneja la organización para cada una de sus materias primas se observan en la tabla N°3 y N°4

Producto	s	Q
Botellas Retornables Grenn Spot	1200	72000
Botellas Desechables Green Spot	1200	33840
Botellas Retornables Tamarindo	1200	48000
Botellas Desechables Tamarindo	1200	14400
Botellas Retornables Toronja	1200	24000
Galones concentrado de naranja	50	250
Galones concentrado de toronja	20	100

Tabla N° 3. Políticas de Inventario de materia prima

Producto	T	Q
Kg pulpa de Tamarindo	1 año	50000

Tabla N°4. Políticas de inventario del tamarindo

3.4 PROCESO DE PRODUCCION

Descripción del proceso de producción

En la siguiente figura se puede observar cómo se desarrollan las actividades dentro del proceso de producción

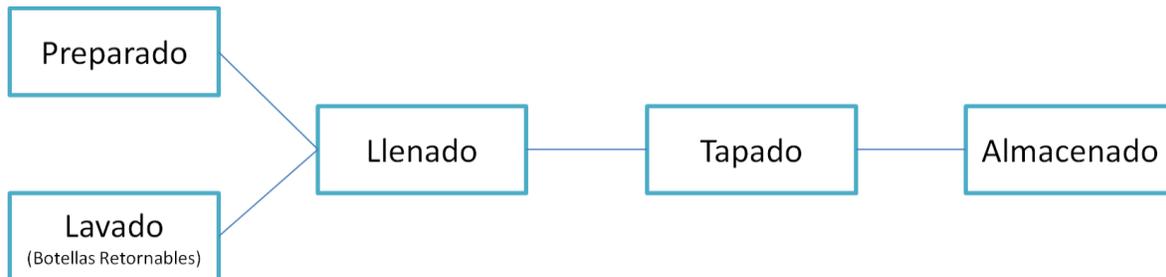


Figura N°4 Diagrama del proceso de producción

3.4.1 ARENA DE JARABE

Las maquinarias involucradas en el proceso de esta área son:

- 1 tanque de 3000 litros
- 2 tanques de 2000 litros
- 2 tanques mezcladores de 500 litros para mezclar agua con azúcar
- 2 filtros para procesar la pulpa de Tamarindo
- 1 despulpadora de 500 litros exclusiva para el Tamarindo

En esta área trabaja un supervisor y el ayudante, ambos están encargados de la elaboración de los jarabes de distintos sabores como lo son naranja, tamarindo y

toronja. El tanque de 3000 LT es generalmente usado para producir refresco sabor naranja llenándolo hasta 2000 LT entre concentrado y agua, en cuanto a los otros sabores se utiliza para su elaboración un tanque de 2000LT para el tamarindo y para la toronja. El proceso comienza a las 6:30 am donde se procede a elaborar el primer sabor que por lo general está representado por el sabor naranja debido a que es el que presenta mayor demanda, luego sin utilizar ningún criterio se continua la producción del día dependiendo de las botellas que se posean de acuerdo al tipo producto y se procede a la elaboración de la mezcla del refresco sin orden ni hora establecido.

A continuación se muestra el proceso de elaboración del jarabe de tamarindo.

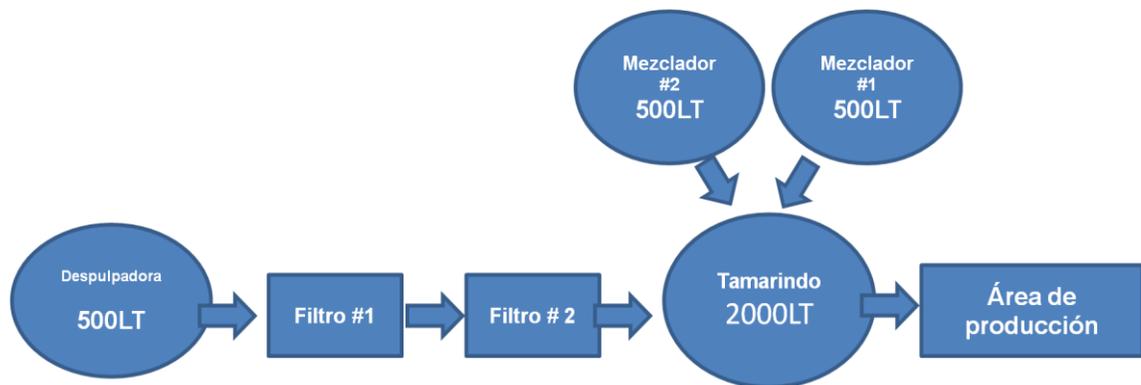


Figura N°5 Elaboración jarabe Tamarindo

Para el proceso de elaboración del tamarindose trabaja con pulpa de fruta 100% natural, primero el operario derrama la misma en una despulpadora de 500LT, luego la pulpa resultante pasa por un primer filtro, donde seguidamente pasa por un segundo filtro para homogeneizar la mezcla que es llevada a través de tuberías a un tanque principal de 2000LT. Por otro lado los 2 tanques de 500 LT son usados para la mezcla de agua, azúcar y aditivos químicos funcionando en

la misma acción por 15 minutos aproximadamente, luego mandan este jarabe por tuberías al tanque principal de 2000LT, uniendo el concentrado de la pulpa de tamarindo con el jarabe de azúcar que se formó de los mezcladores.

Una vez terminados los tanques respectivos a cada sabor las mezclas en tiempos diferentes del día son enviadas al área de producción específicamente a la llenadora y tapadora por medio de las tuberías, se sabe que cada tanque antes de ser enviado al área de producción debe permanecer entre 15 y 20 minutos mezclándose para así garantizar la homogenización. Diariamente se produce un aproximado de 2-4 tanques de Green, 2-3 tanques de tamarindo, 1 tanque de toronja. En cuanto a proporciones el refresco Green Spot representa el 60% de la producción del jarabe.

En el área de jarabe el sábado se realizan los mantenimientos donde las tuberías que son de acero inoxidable al igual que los tanques son lavados con agua y cloro esto toma un tiempo aproximado de 3 horas.

3.4.2 AREA DE LAVADO

La maquinaria involucrada en esta área es una lavadora y una desempaquetadora.

Primero se debe saber que esta área solo aplica en el caso de las botellas retornables ya que las botellas desechables sus proveedores las traen esterilizadas y empaquetadas. En cuanto al proceso de esta área, trabajan 6 operarios, por lo general cuatro de ellos laboran en la entrada de la máquina, donde uno monta las cajas que van en la desempaquetadora y los otros dos revisan que las botellas entren derechas a la lavadora y sin ningún resto de material que no sea líquido, también están los otros dos operarios que laboran a la salida de la máquina donde uno se encarga de que las botellas no se caigan formando cuellos de botella y el otro está encargado de inspeccionar que cada

una de las botellas que salen de la lavadora no estén ni sucias ni astilladas.

En cuanto a la máquina lavadora es de marca Barry-Wehmiller machinery CO, en ella internamente caben 8400 botellas donde cada una mantiene una duración dentro de la misma entre 25 a 30 minutos, la lavadora posee tres tanques los cuales tienen la función de sanear las botellas las cuales son sometidas a diversos tratamientos térmicos. En primer lugar se aumenta la temperatura (75° C aprox.) con soda cáustica con el fin de eliminar la mayor cantidad de gérmenes, bacterias y sucios en los envases, disminuyendo la temperatura a la salida lentamente para evitar un choque térmico que perjudique el envase, a su vez se sabe que el proceso interno de lavado de la máquina es continuo ascendente y descendente denominado también en forma de culebrilla. Una vez lavadas las botellas por medio de una banda transportadora son llevadas al área de llenado y tapado.

Se sabe que antes de iniciar el proceso de lavado se tiene una puesta a punto de 10 min al inicio del día mientras se espera que caliente la máquina. En cuanto al mantenimiento se realiza los días sábado en aproximadamente 1 hora.

3.4.3 ÁREA DE LLENADO Y TAPADO

La maquinaria que se emplea en estos procesos son:

- 2 filtros pasteurizadores
- Llenadora
- Tapadora

En dicha área llegan las botellas por medio de una banda transportadora tanto para botellas desechables como retornables, luego el jarabe del refresco se deposita en la llenadora y por medio de unos pistones giratorios es vertido la cantidad exacta de refresco en las botellas según su presentación.

Inmedi



atadamente son tapadas en la misma máquina para preservar la pasteurización, después de esto las botellas llenas son inspeccionadas de manera visual para verificar que todas contengan el nivel de refresco adecuado, a continuación son rociadas por agua para disminuir la temperatura del refresco debido a la pasteurización e inmediatamente son secadas por un rocío de aire para luego le sean impresas la fecha de vencimiento, por último el producto sale en forma lineal hacia un plato giratorio acumulador de producto el cual permite que 2 operarios empaquen las botellas de forma manual en las cajas.

Antes de iniciar el proceso de llenado y tapado de incurre en una puesta punto de 10 min donde la máquina es programada para el tipo de presentación de la botella, ya que las retornables son de 190 ml y las desechables 250 ml. El mantenimiento general se le hace los sábados y dura 1 hora.

En el sistema de producción se realizan limpiezas en la máquina llenadora cada vez que se va a producir un sabor diferente, debido a que este sistema está conformado por tuberías donde fluye la mezcla del refresco dejando residuos. Para este proceso de limpieza los tiempos son 15 min para el refresco Green, 15 min para el refresco de toronja y 20 min para el refresco de tamarindo.

El tiempo promedio de procesamiento del producto a lo largo de todo el proceso de producción se muestra en las siguientes tablas dependiendo del tipo de producto.

Desechables

Naranja	Tamarindo	Toronja
2h cada 48000bot	1,5 cada 36000bot	1h cada 24000 bot

Tabla N°5 Tiempo promedio de procesamiento

Se sabe que las botellas retornables pasan por un proceso de lavado lo



que causa un mayor tiempo de procesamiento en el área de producción.

Retornables:

Naranja	Tamarindo	Toronja
2,5h cada 48000bot	2h cada 36000 bot	1,5h cada 24000 bot

Tabla N°6 Tiempo promedio de procesamiento

Políticas de Producción

Como la planta trabaja contra inventario tiene establecida las siguientes políticas de producción en cajas de refresco.

	Q	s
Refresco Green Retornable	438	100
Refresco Tamarindo Retornable	438	100
Refresco Toronja Retornable	438	50
Refresco Green Desechable	348	50
Refresco Tamarindo Desechable	348	50

Tabla N°7 políticas de producción

3.5 CLIENTES

Los clientes están constituidos por 9 distribuidores ubicados en diferentes zonas del país y 9 rutas que deben cubrir los 21 camiones de la empresa dentro del estado Carabobo, se sabe que de lunes a sábado vienen los camiones a cargar cajas para seguir las rutas y completar la venta, en caso de no poder completarla el camión mantiene guardado el producto y al día siguiente busca poder venderlo. A continuación se presenta en la tabla N° 8 las rutas correspondientes al estado Carabobo y en la tabla N° 9 los distribuidores en el resto del país.

Ruta 1	Embotelladora Venezuela S.A.
Ruta 2	Güigüe
Ruta 3	Naguanagua, Trigal
Ruta 4	Centro, San Blas, San José
Ruta 5	Av. Michelena, Mercado Periferico
Ruta 6	Zona Sur Valencia
Ruta 7	Isabelica, Zona Industrial
Ruta 8	Guacara, San Diego, Mariara, San Joaquin
Ruta 9	El Parral, AvBolivar Norte, Viñedo

Tabla N° 8. Rutas de Distribución Edo. Carabobo

Distribuidor	Estado
Diampa	Aragua
Perdigón	Miranda
Alicenca	Dto. Capital
Teproc	Anzoátegui
Tiar	Lara
Lac	Cojedes
Tiar	Yaracuy
Dani Spot	Pto Cabello
Dislac	Guárico

Tabla N° 9, Distribuidores en el País

3.6DESPACHO

Luego del proceso de producción, el producto es empacado y organizado en paletas con capacidad 56 cajas donde es transportado por un montacargas al almacén, se sabe que el mismo no debe durar almacenado por más de 90 días ya



que es un producto pasteurizado. Todos los días llegan los camiones luego de haber realizado las ventas en la ruta pertinente a cada uno, generalmente en horas de la tarde y se atiende un camión a la vez debido a que se cuenta con un solo montacargas en la planta, el proceso de carga tiene una duración de 20 minutos aproximadamente y se realiza entre cuatro operarios.

El precio de venta establecido para cada cliente es de 98Bsf por caja de botellas desechables y 48Bsf por caja de botellas retornables.

CAPITULO IV: EL MODELO

Este capítulo se refiere al programa de simulación utilizado así como las actividades a simular, los supuestos considerados para la elaboración del modelo y se explica la elaboración del mismo.

4.1 SIMULADOR UTILIZADO

En la presente investigación se hizo uso del programa de simulación ARENA, herramienta diseñada por Rockwell Software Inc., debido a que es el programa de simulación que está a la disposición con su determinada licencia en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo.

Este programa permite documentar información, modelar procesos, modificar variables, atributos, parámetros y expresiones antes y después de construido el modelo, también el usuario puede analizar cómo funciona el sistema en la actualidad y en otros escenarios, de modo que puede elegir la mejor alternativa.

4.2 ACTIVIDADES A SIMULAR

El interés de la presente investigación a simular se centra en las etapas de proveedor y producción donde las actividades a simular son:

- 1 Llegada de los Clientes:** Esta actividad considera diariamente la llegada de los 15 clientes a la empresa con las órdenes correspondientes a cada tipo de producto, donde participan tanto los camiones que cubren las rutas dentro del estado como los distribuidores en el resto del país.

- 2 Despacho del Producto Terminado:** Se procede a despachar las unidades demandadas de producto terminado considerando las existencias en almacén.
- 3 Almacén de Materia Prima:** Simula las actividades de inventario llevadas a cabo en el almacén de materia prima, y se lleva el control de las cantidades disponibles de insumos en dicho almacén como lo son las botellas, concentrado y pulpa, para realizar las ordenes de compra de los mismos a los proveedores de acuerdo a la política de inventario.
- 4 Emisión de ordenes de compra de Materia Prima:** Representa las órdenes de compra de los insumos a los cuatro respectivos proveedores, así como la llegada de las mismas considerando el tiempo de respuesta de cada proveedor.
- 5 Emisión de las órdenes de producción:** Representa la generación de las órdenes de producción cuando el inventario de producto terminado llega o está por debajo al punto de reorden.
- 6 Formación de Colas de Ordenes de Producción:** Se refiere a las órdenes de producción que se encuentren en cola para ser manufacturadas, hecho que se puede originar debido a dos motivos: no hay disponibilidad de la maquinaria demandada por ese producto, recordando que la planta cuenta con una sola línea de producción, o no hay materia prima suficiente para producir dicha orden. El criterio de secuenciación que utiliza la planta es FIFO.
- 7 Manufactura de los Productos:** Se refiere a la fabricación de cada uno de los productos y es simulada tomando en cuenta, tipo y cantidad de producto; los cuales se producen por baches, también toma en cuenta los tiempos de puesta a punto cuando en la producción se cambia de un sabor a otro, como también las fallas en la maquinaria que puedan ocurrir en todo el proceso de producción.

4.3 VARIABLES DE ENTRADA DE INTERÉS

- ✓ Tiempo entre llegada de clientes: Es constante e igual a un día, ya que cada camión carga la mercancía una vez al día en la empresa.
- ✓ Política de producción de cada producto en cajas:

	Q	s
Refresco Green Retornable	438	100
Refresco Tamarindo Retornable	438	100
Refresco Toronja Retornable	438	50
Refresco Green Desechable	348	50
Refresco Tamarindo Desechable	348	50

Tabla N°10 Tiempo promedio de procesamiento

- ✓ Cantidad de unidades que demanda el cliente j del producto k: Se representaron como distribuciones Discretas, como ejemplo de esta variable se tienen las tablas de cada producto para el cliente N°1.

Green Spot											
Retornable	0	11	37	40	43	47	56	63	80	110	
F(x)	0,02	0,07	0,13	0,2	0,37	0,57	0,72	0,82	0,92	1	

Tabla N°11 Demanda Green Spot Retornable C1

Tamarindo											
Retornable	0	6	11	14	18	20	24	25	29	33	
F(x)	0,02	0,08	0,27	0,43	0,6	0,67	0,82	0,88	0,93	1	

Tabla N°12 Demanda Tamarindo Retornable C1

Toronja							
Retornable	0	1	3	4	6	12	
F(x)	0,37	0,5	0,7	0,83	0,93	1	

Tabla N°13 Demanda Toronja Retornable C1

Green Spot						
Desechable	0	11	24	45	62	
F(x)	0,78	0,83	0,9	0,95	1	

Tabla N°14 Demanda Green Spot Desechable C1

- ✓ Tiempo de puesta a punto en las maquinas para pasar de un producto a otro: Dicho tiempo de preparación es constante al realizarse un cambio de sabor de naranja, toronja y tamarindo de 20, 20 y 25 min respectivamente.
- ✓ Tiempo de procesamiento de la maquina lavadora: Este tiempo de procesamiento es constante, en donde cada botella tiene una duración dentro de la misma de 30min.
- ✓ Capacidad de la maquina llenadora-tapadora y la banda transportadora: Son constante y corresponden a 624 cajas por hora para la maquina llenadora-tapadora y 500 cajas por hora para la banda transportadora de botellas desechables.
- ✓ Políticas de inventario para los insumos:

Producto	s	Q
Cajas de botellas Retornables Green Spot	50	3000
Cajas de botellas Desechables Green Spot	50	1410
Cajas de botellas Retornables Tamarindo	50	2000
Cajas de botellas Desechables Tamarindo	50	600
Cajas de botellas Retornables Toronja	50	1000
Galones concentrado de naranja	50	250
Galones concentrado de toronja	20	100

Tabla N°15 Políticas de inventario

- ✓ Tiempo de entrega de los proveedores:

Owens	Venfruca	Hernández
Illinois	Saborca	N.
15 días	7 días	15 días

Tabla N°16Tiempo de entrega del proveedor

4.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO

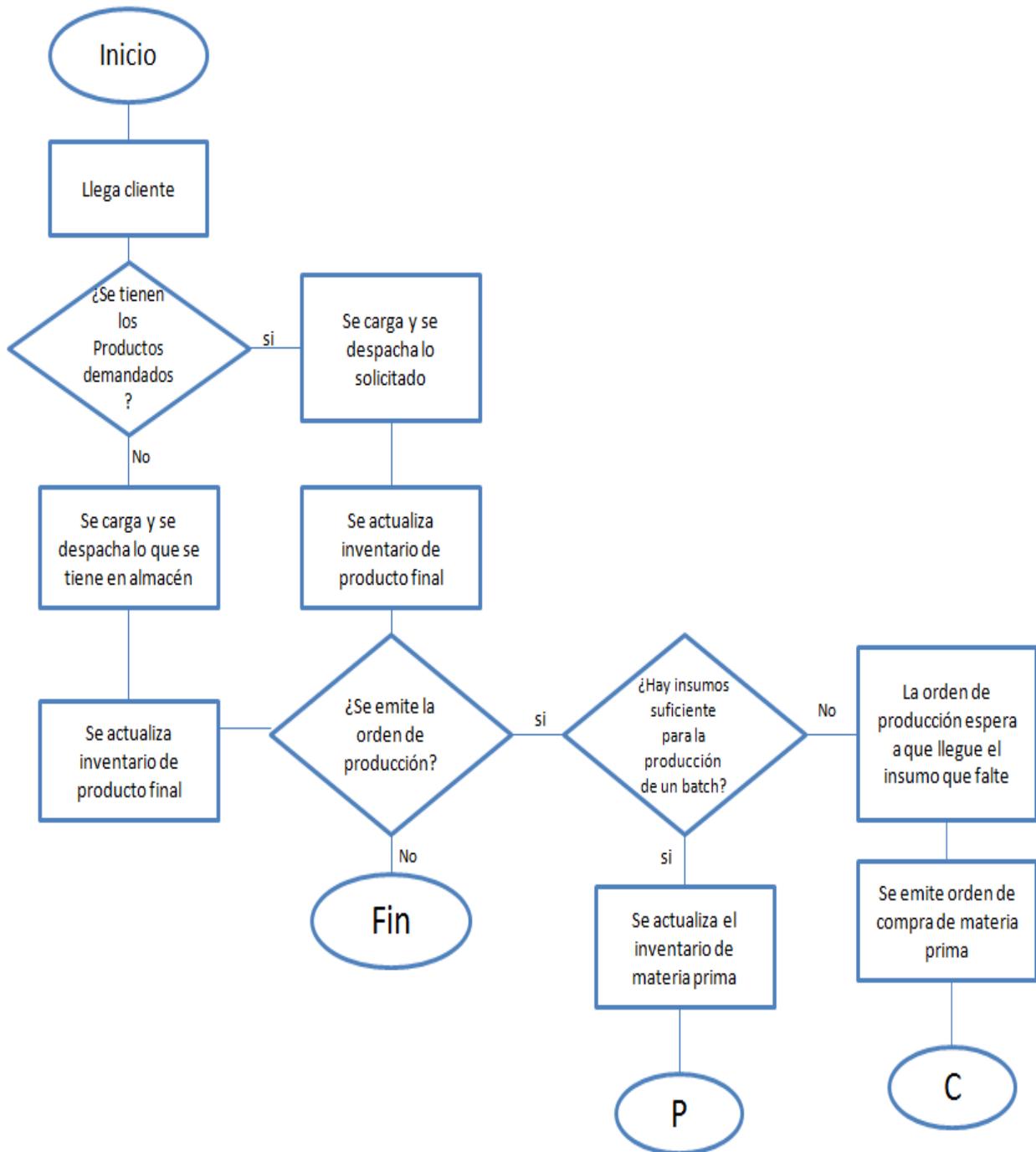


Figura 6. Diagrama de flujo del modelo parte 1

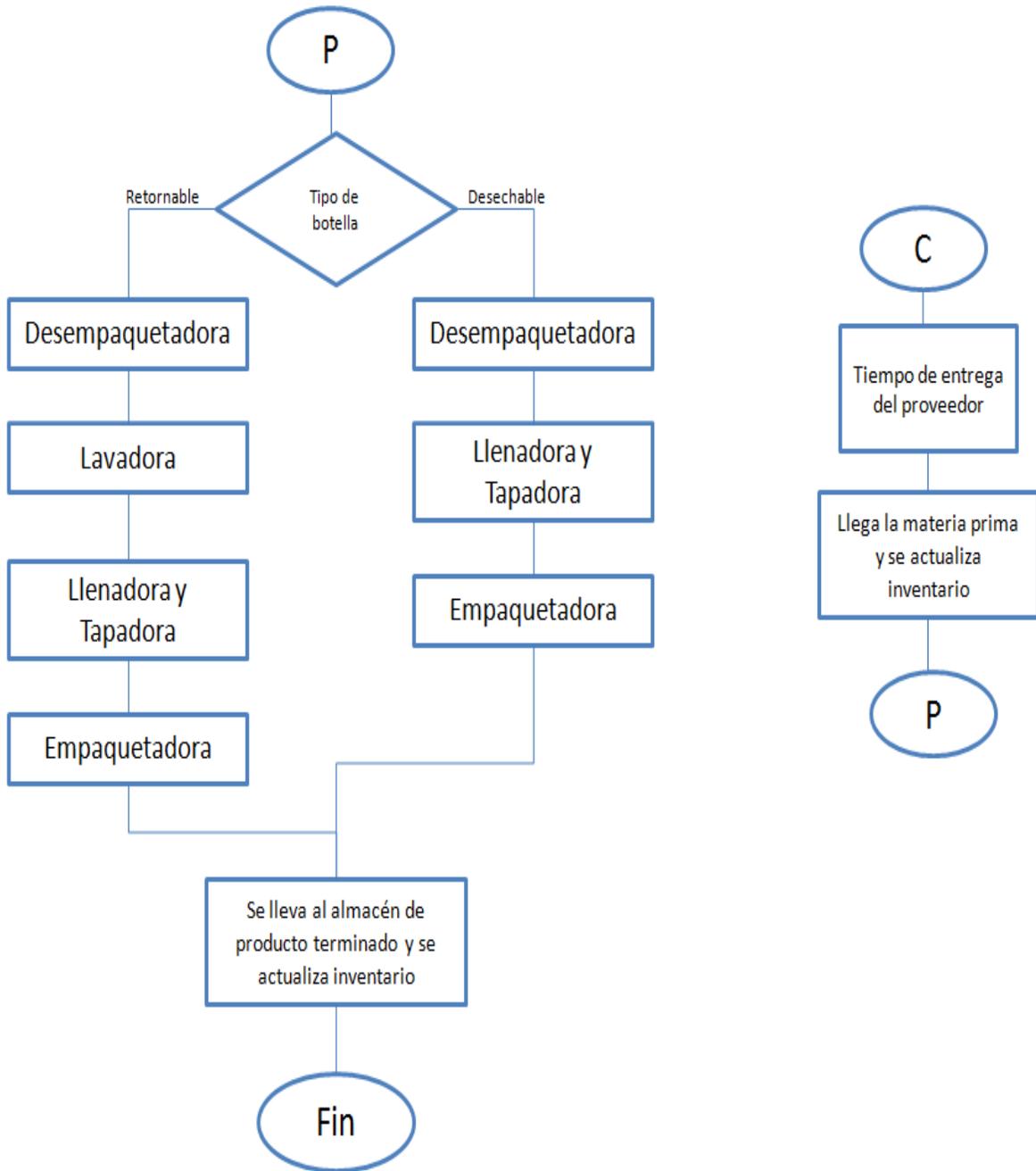


Figura 7. Diagrama de flujo del modelo parte 2.

CONSTRUCCION DEL MODELO EN ARENA

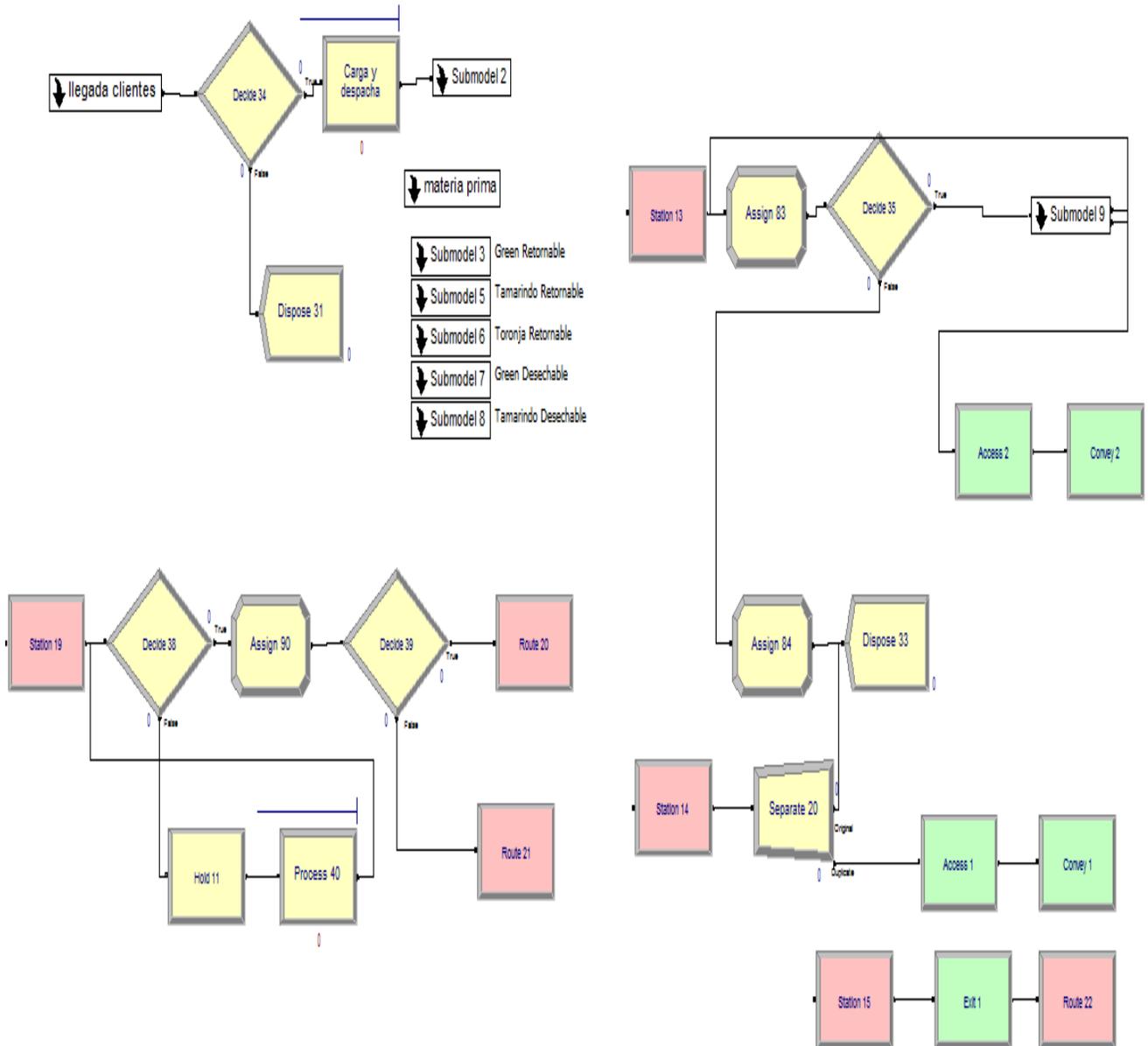


Figura N°8. Diagrama del modelo en ARENA parte 1

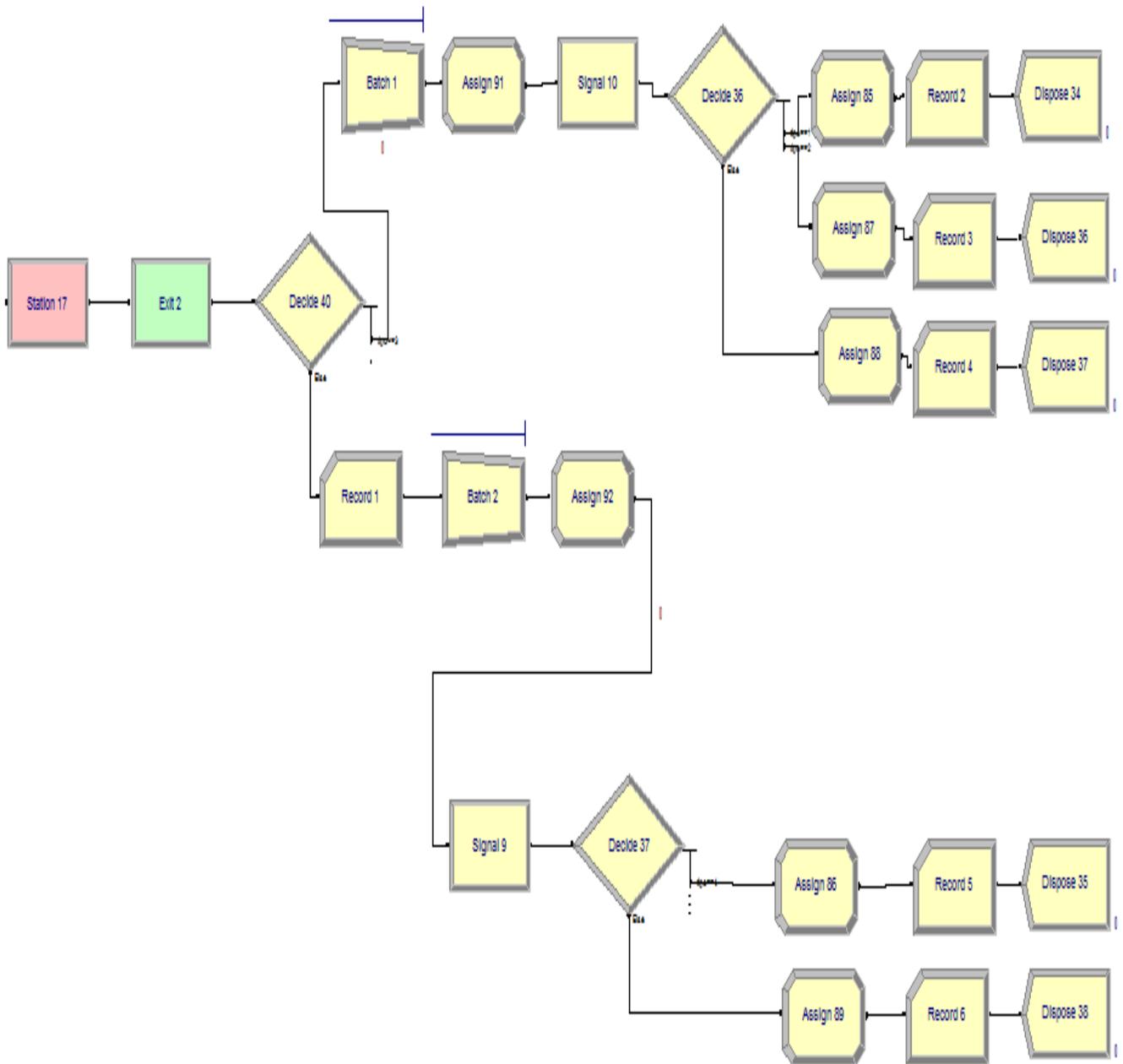


Figura N°9. Diagrama del modelo en ARENA parte 2

4.5 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN ARENA

El diagrama del modelo completo se observa en las Figuras N°8 y Figura N°9.

4.5.1 LLEGADA DE LOS CLIENTES

En la figura 10, está representada la simulación de las llegadas de los clientes, los cuales se encuentran dentro del submodelo “llegada de clientes”.

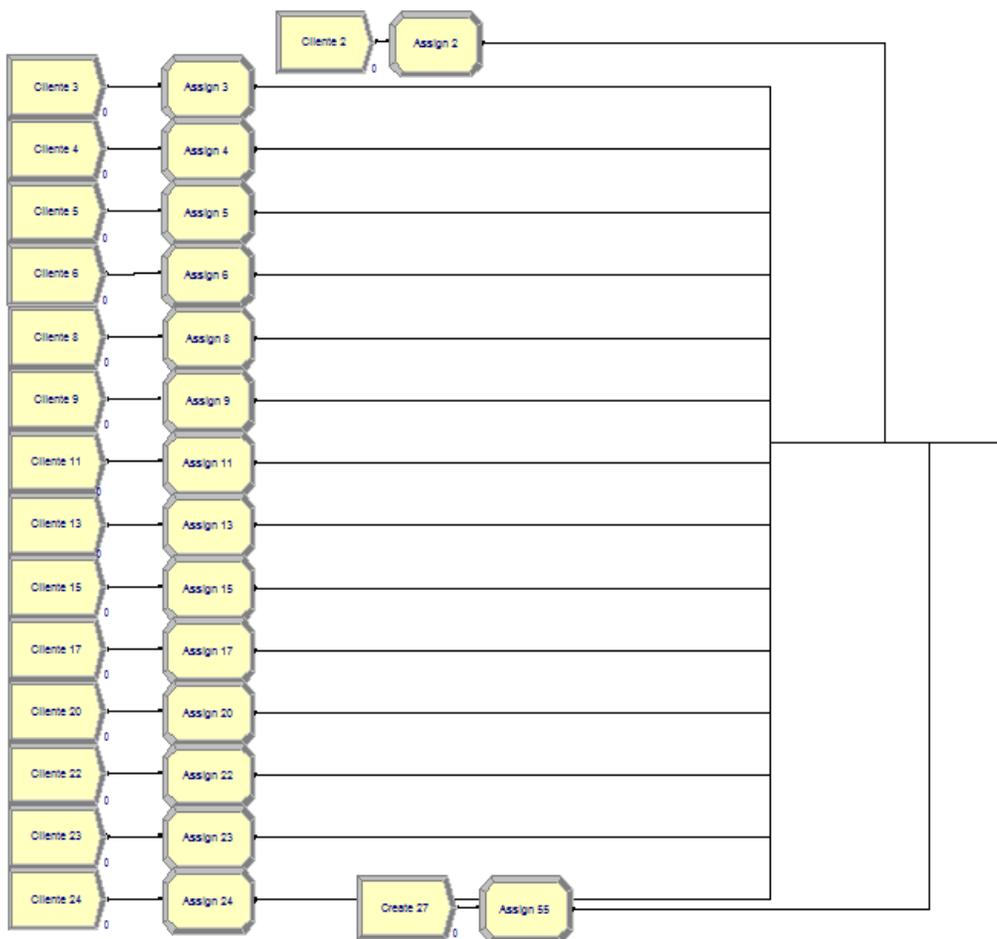


Figura N°10. Submodelo “Llegada de clientes”

La Figura N° 11 representa el cliente número “2”, se realiza mediante los nodos *create 2* el cual crea en este caso la llegada del cliente, luego se dirige a los

odos *assign 2*, donde se asigna la demanda. Este procedimiento de simulación se realiza de igual forma para cada tipo de cliente.

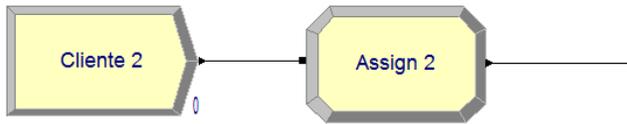


Figura N°11. Llegada de cliente tipo "2"

4.5.2 DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO

Posteriormente como se puede ver en la en la Figura N°12 éstos clientes se dirigen a un nodo *decide 34* donde se establece si el cliente ha demandado algún tipo de producto, si es así éste se carga con los productos ya existentes y se dirige al submodelo 2, en caso de que no haya demandado nada la entidad se destruye en el *dispose 31*.

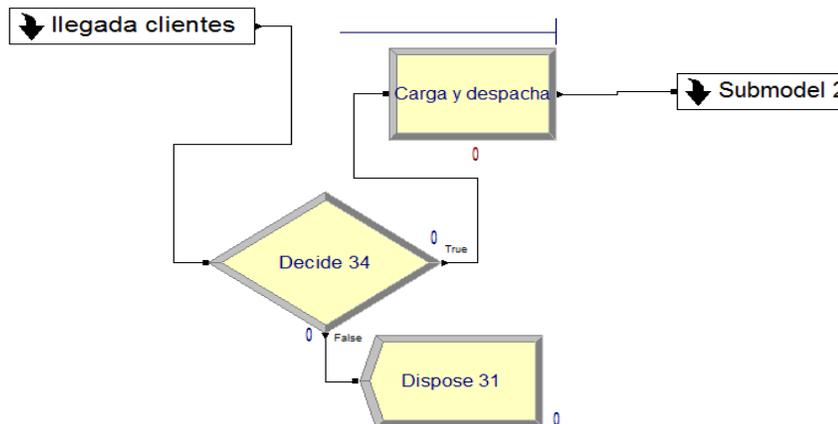


Figura N°12. Demanda de cada tipo de producto.

despacho y se actualiza inventario, sino se entrega lo que haya en inventario y se genera una orden de producción. Finalmente mediante un *decide 7* se compara el inventario total de producto terminado *i* con el punto de reorden de inventario determinando si se necesita generar una nueva orden de producción mandándolo al nodo *Route 1*, o no enviándolo a un *Dispose 10* que tiene la función destruir la entidad. Estos procedimientos de simulación se realizan de igual forma para el resto de los productos demandados por el cliente.

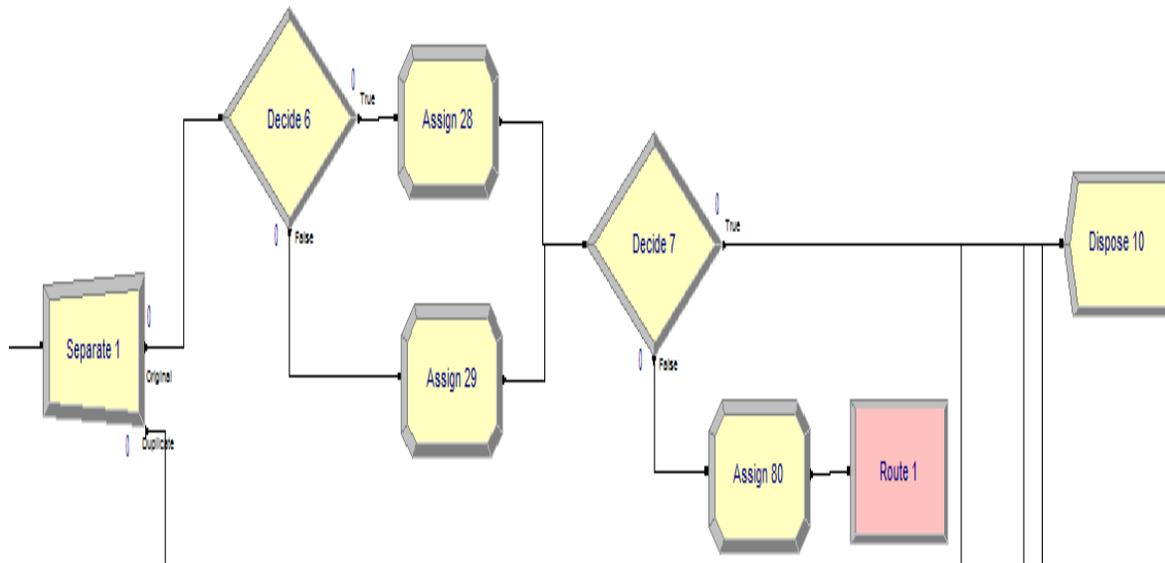


Figura N°14. Demanda del tipo de producto Green Retornable.

4.5.3ALMACÉN DEMATERIA PRIMA

En la Figura N°15, se pueden ver los submodelos de interés respectivos a cada tipo de producto, en los cuales se simula si se tiene la materia prima necesaria para poder mandar a producir.

↓ Submodel 3	Green Retornable
↓ Submodel 5	Tamarindo Retornable
↓ Submodel 6	Toronja Retornable
↓ Submodel 7	Green Desechable
↓ Submodel 8	Tamarindo Desechable

Figura N°15. Diagrama de los submodelos de materia prima, 3, 5, 6, 7 y 8.

La Figura N16 proveniente del submodelo 3 comienza con un nodo *Station 1* donde llega la orden de producción, luego pasa a un nodo *Decide 24* el cual tiene 4 salidas que representan un escenario posible dentro de la empresa, la primera salida es el resultado de tener a disposición en el almacén las dos materias primas necesarias para la orden de producción en cuestión, la segunda salida se presenta cuando se tienen los galones de concentrado correspondiente a un baches de producto pero no se tienen las botellas para hacerlo, el cual pasa por un nodo *Hold 1* que mantiene el pedido en cola hasta que llegue la señal de que lo que estaba faltante llegó, la tercera salida usa el mismo formato que la primera con el nodo *Hold 2*, pero en ese caso lo faltante es el concentrado, la cuarta salida es en el caso que falten las dos materias primas donde se activan los dos nodos *Hold 1* y *Hold 2* esperando que llegue la señal de que llegó a la planta toda la materia prima que faltaba.

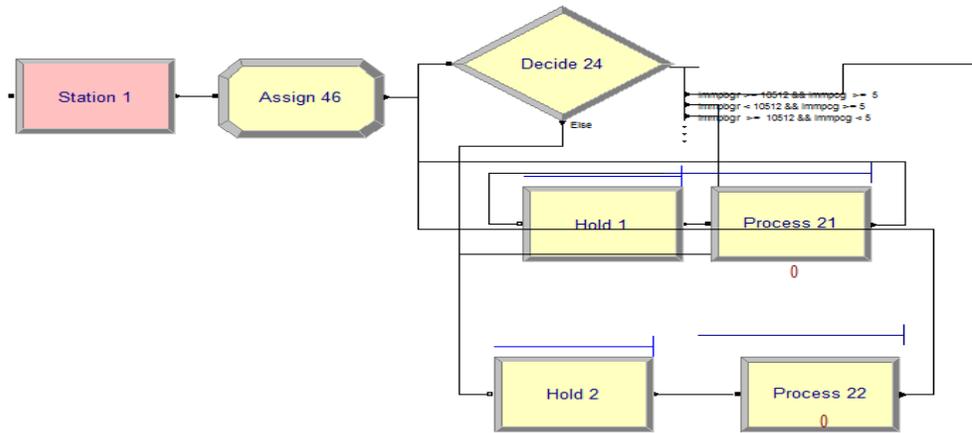


Figura N°16. Verificación de existencia de la materia prima

4.5.4ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIA PRIMA

Luego que se verifico la existencia de la materia prima la entidad pasa a un nodo *Assign 47* en donde se actualizan los inventarios a la mano y el total ya que se le van a restar los galones de concentrado y botellas correspondientes a un baches de producto. Luego por medio de un nodo *Separate 8* se tienen dos salidas, una representa la orden de producción mandándolo a un nodo *Route 15* que la envía al área de manufactura, y la otra a un nodo *Decide 25* de cuatro salidas donde se verifican los estados de cada inventario de materia prima respecto al punto de reorden, la primera salida corresponde a que ambos inventarios tanto de botellas como de concentrado estén por debajo del punto de reorden y se tenga que mandar a pedir al proveedor mediante los nodos *Route 2* y *Route 3*, la segunda salida es si las botellas están por debajo del punto de reorden y el concentrado no, por lo que se manda al nodo *Route 2* para pedirle al proveedor de botellas, la tercera salida es de la misma forma que la segunda pero haciendo diferencia de que sea el concentrado el que este por debajo del punto de reorden y las botellas no, y la cuarta salida es que ambas materias primas estén por encima del punto de reorden y no hace falta mandar a pedir, por lo que la entidad es destruida

por un nodo *Dispose* 12. De la misma forma se procede con los productos restantes.

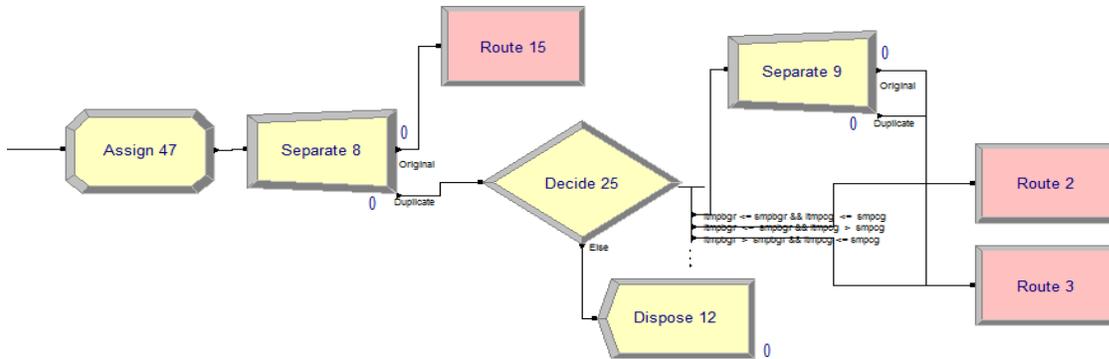


Figura N° 17. Actualización de inventarios.

4.5.5 EMISIÓN DE LAS ÓRDENES DE COMPRA DE MATERIA PRIMA

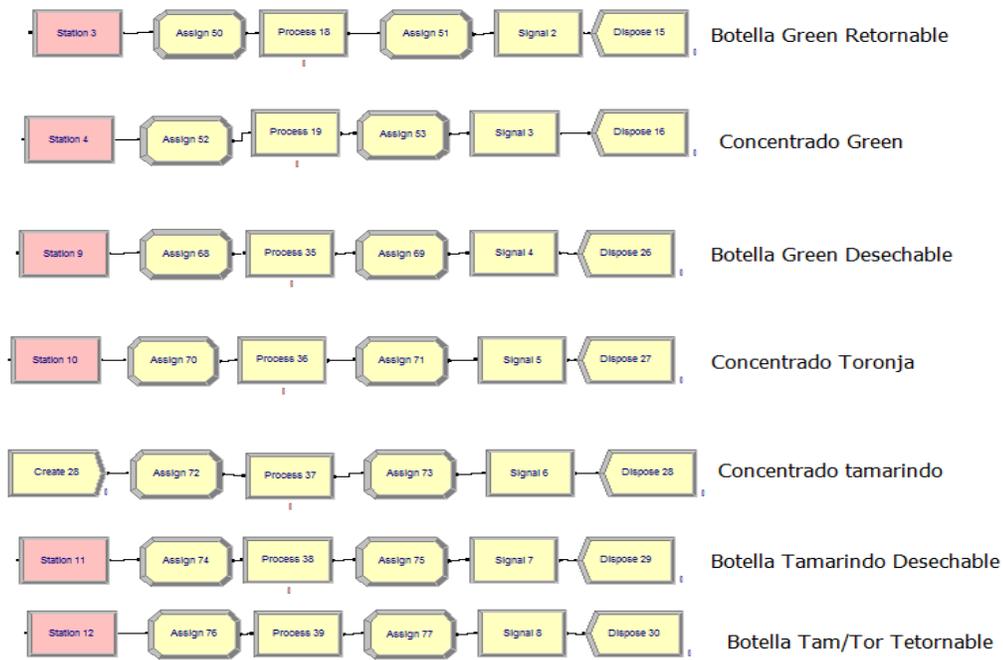


Figura N°18. Submodelo de tiempo de entrega de los proveedores

El submodelo tiempo de entrega de los proveedores tiene como finalidad simular el tiempo en que se tarde el proveedor en entregar el pedido, el mismo como se observa en la figura N°19 comienza con la orden de compra que llega al nodo *Station 3*, luego se le asigna un nodo *Assign 50* que incrementa el inventario total de botellas de Green retornable en la cantidad de unidades pedidas, seguidamente se utiliza un *Process 18* alimentado con el tiempo de respuesta del proveedor.



Figura N°19 Pedido de botella Green Retornable

Posteriormente se tiene otro *Assign 51* que incrementa el inventario a la mano en la cantidad de unidades pedidas, luego se manda una señal por medio del nodo *Signal 2*, la cual significa que esa orden de botellas retornables llegó a la planta. Al finalizar las entidades son destruidas en por un nodo *Dispose 15*. Estos procedimientos de simulación se realizan de igual forma para cada tipo de insumo ya sea botella o concentrado.

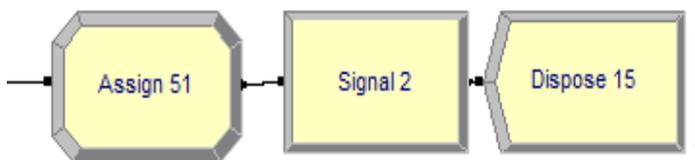


Figura N° 20. Pedido de botella Green Retornable

4.5.6 FORMACIÓN DE COLAS DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

Tomando en cuenta de que no se pueden manufacturar más de un tipo de producto al mismo tiempo, se forma la cola de órdenes de producción que esperan porque se desocupe la línea en un nodo llamado *hold 11*.

Una vez que se detecte que la línea se desocupo, la orden de producción que estaba en cola pasa a un nodo *decide 39* para establecer si el producto que se va a elaborar es retornable o desechable, para que por medio de dos rutas *route20y route21* respectivamente se envíen a los diferentes procesos por lo que pasan cada uno de ellos. Dichos procesos se pueden observar en la figura N°21.

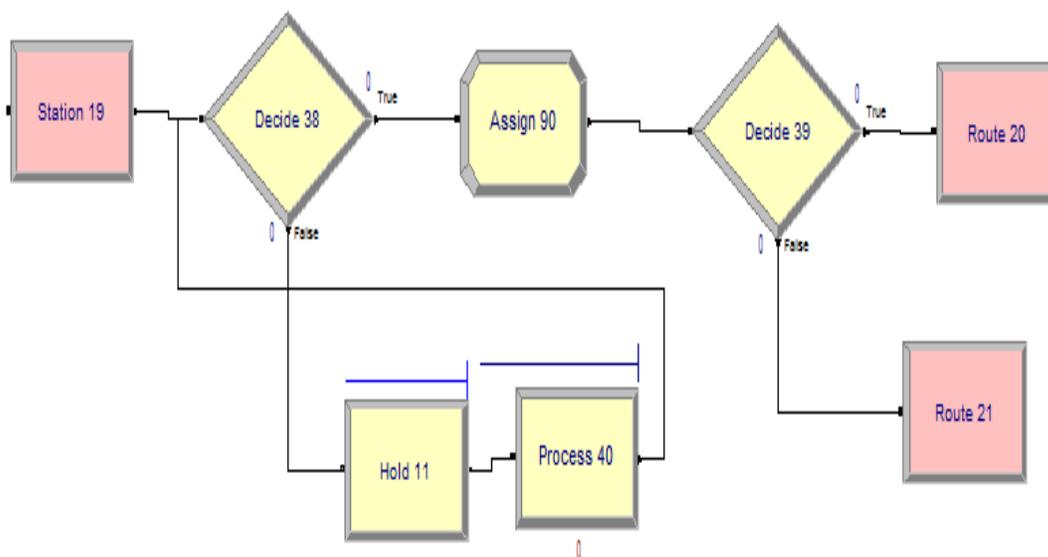


Figura N°21. Productos tipo i en espera a ser elaborados

4.5.7 MANUFACTURA DE LOS PRODUCTOS

4.5.7.1 MAQUINA LAVADORA

El proceso comienza mediante el nodo *station 13* donde llega la orden de producción (ver figura N°22), luego pasa al *Decide 36 de dos salidas*, si se está procesando una orden de un producto retornable es llevado a la maquina lavadora por medio de la primera salida enviándose al submodelo 9 en donde se controla el número de botellas que caben internamente en la lavadora y el tiempo de procesamiento de cada botella dentro de la misma, para que luego al salir del submodelo 9 las entidades pasan al nodo *Access 2* donde se realiza una cola en caso de que necesite esperar el espacio para ingresar a la banda transportadora que se ubica a la salida de la máquina lavadora.

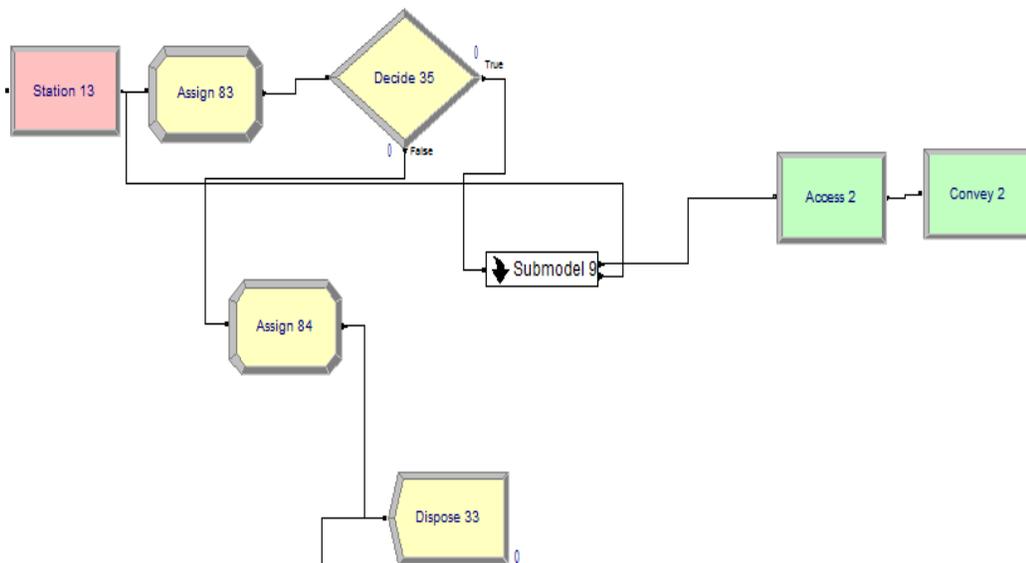


Figura N°22. Maquina lavadora

4.5.7.2 BANDA TRANSPORTADORA

Ahora se observa la figura N°23 donde en el caso de las botellas desechables antes de llegar a la maquina llenadora y tapadora se muestra el recorrido de una orden de producción de las mismas, enviada de la *route 21* a la *station 14* luego esta es enviada al *Access 1* que da entrada a la banda transportadora que llevara las botellas a la otra banda pasando al nodo *station 15* las botellas serán trasladadas de la banda transportadora número 1 (*convey 1*) a la banda transportadora número 2 y son posteriormente llenadas y tapadas para finalizar su recorrido.

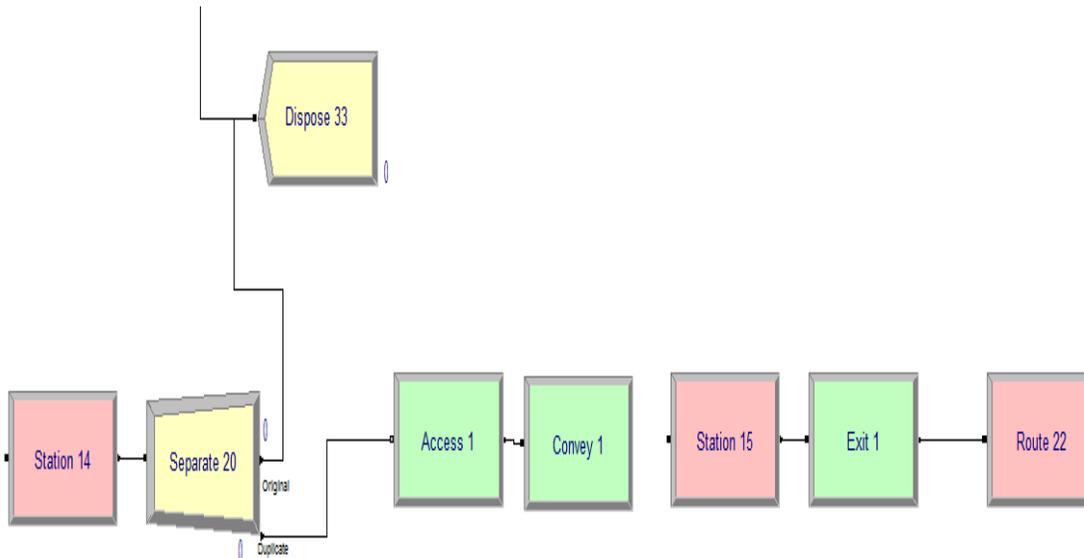


Figura N°23. Botellas desechables, banda transportadora.

4.5.7.3 MAQUINA LLENADORA Y TAPADORA

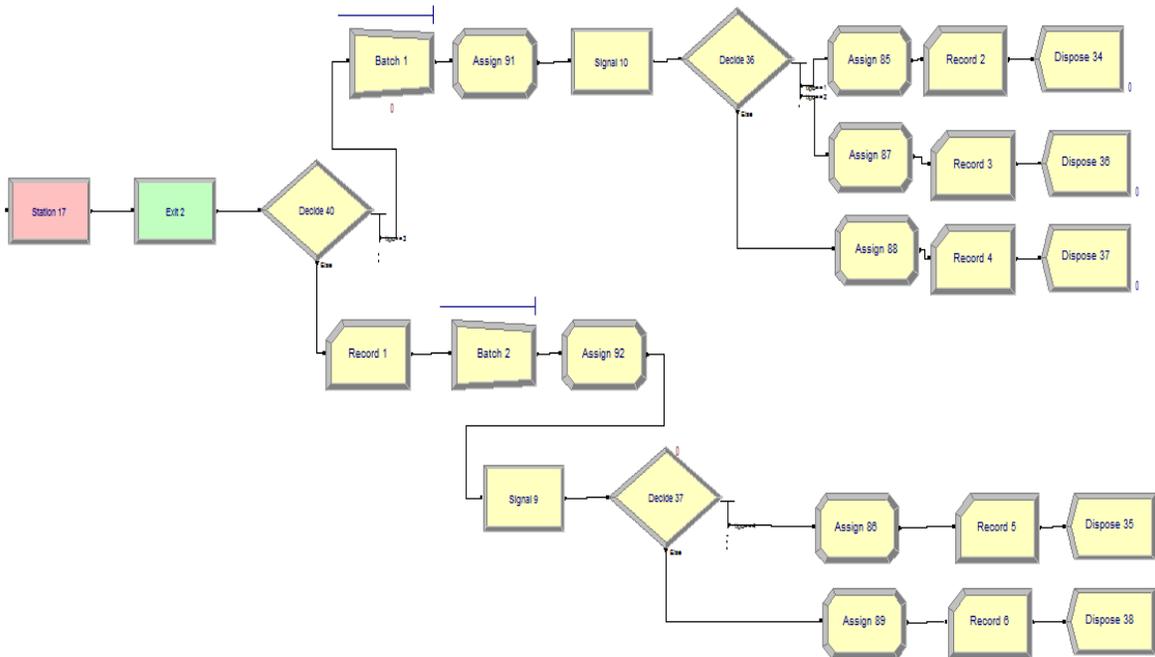


Figura N°24. Maquina Llenadora y Tapadora

Se inicia el proceso de llenado y tapado por medio de un nodo *Station 17* donde va a un nodo *Exit 2* el cual saca la entidad de la banda transportadora donde se encuentra,seguidamente se presenta un *Decide 40* que establece dos salidas, la primera es si el tipo de producto es de botella retornable y la segunda si el tipo de botella es desechable, cuando se va por el camino de las botellas retornables se tiene un nodo *Batches 1*en donde se van acumulando las botellas hasta que se termine la orden, para luego a través del nodo *Signal 1* decir que ya se culminó ese baches de producto y se puede procesar otro, seguido de ello por medio de un *Decide 36*de tres salidas verificar la producción respecto a cada sabor, la primera salida correspondiente al sabor naranja, la segunda al sabor tamarindo y la tercera salida sabor toronja, a cada salida le sigue un nodo *Assign* donde se actualiza el inventario respectivo y luego un *Dispose 34* que destruye la orden de producción.

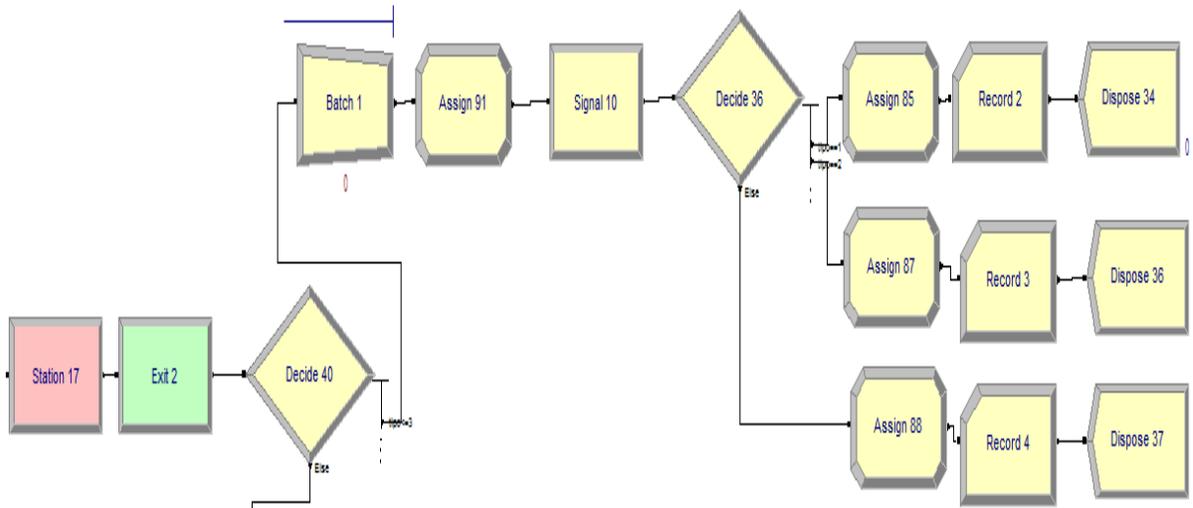


Figura N°25. Maquina Llenadora y Tapadora para productos del tipo Retornable.

Como continuación del nodo *Decide 40* que se observa en la figura N°26 en caso de que las botellas fueran del tipo desechables, el proceso de simulación se hace de la misma forma con la diferencia de que solo se manufacturan dos productos, el refresco Green Spot y refresco de tamarindo.

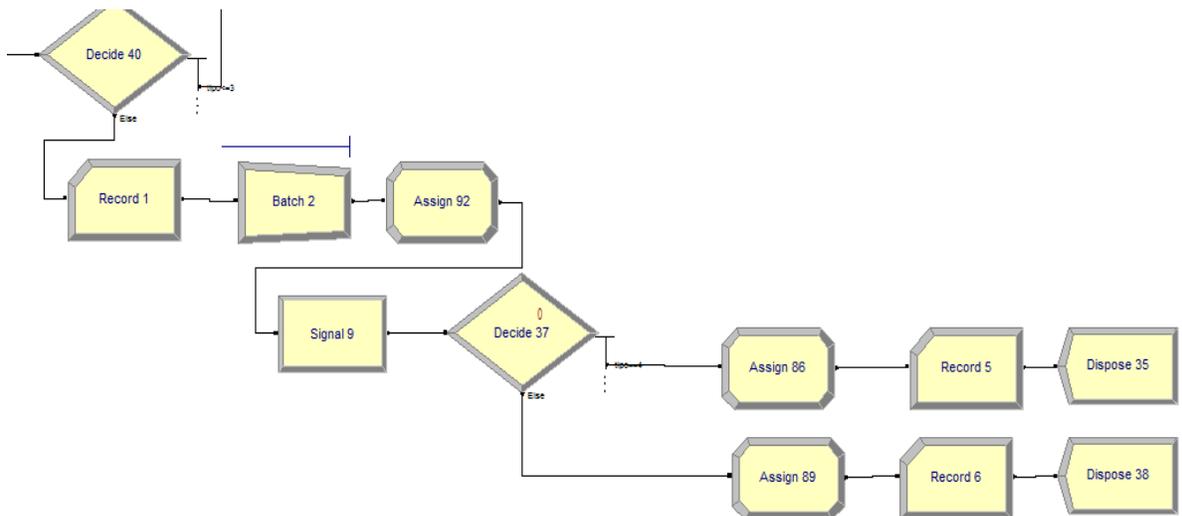


Figura N°26. Maquina Llenadora y Tapadora para productos del tipo Desechable.

4.5.7.4 REPRESENTACIÓN ANIMADA DEL MODELO

En la figura N°27 se puede observar parte de la representación animada del modelo, en donde se visualiza unas tablas que indican los niveles de los inventarios a la mano y total donde de lado izquierdo de la figura se observa tabla respecto a los productos finales con sus colores representativos en la animación y de lado derecho se observa la tabla respecto a las materias primas.

	Demanda Cliente	Inv. Mano	Inv. Total	
	3750	0	438	Green Retomable
	8065	503		Tamarindo Retomable
	0	365	365	Toronja Retomable
	0	0	348	Green Desechable
	50	175	175	Tamarindo Desechable

	Inv. Mano	Inv. Total	
	26496	98496	Botella GR
	6912	40752	Botella GD
	28176	28176	Botella TR
	11696	11696	Botella TAD
	95	95	concentrado G
	9875	9875	concentrado TA
	92	92	concentrado TO

Figura N°27. Representación animada del modelo.
Fuente. Arena

En la Figura N°28 se muestra la representación animada de la planta donde se ejecuta la maquina Lavadora en el caso de las botellas retornables y la banda transportadora en el caso de las botellas desechables, que seguidamente sin importar el tipo de producto con que se esté trabajando son transportadas a la maquina llenadora y tapadora. En la parte inferior de la animación se puede observar los histogramas de frecuencia para cada inventario a la mano según el tipo de producto, así como la fecha y el tiempo reloj.

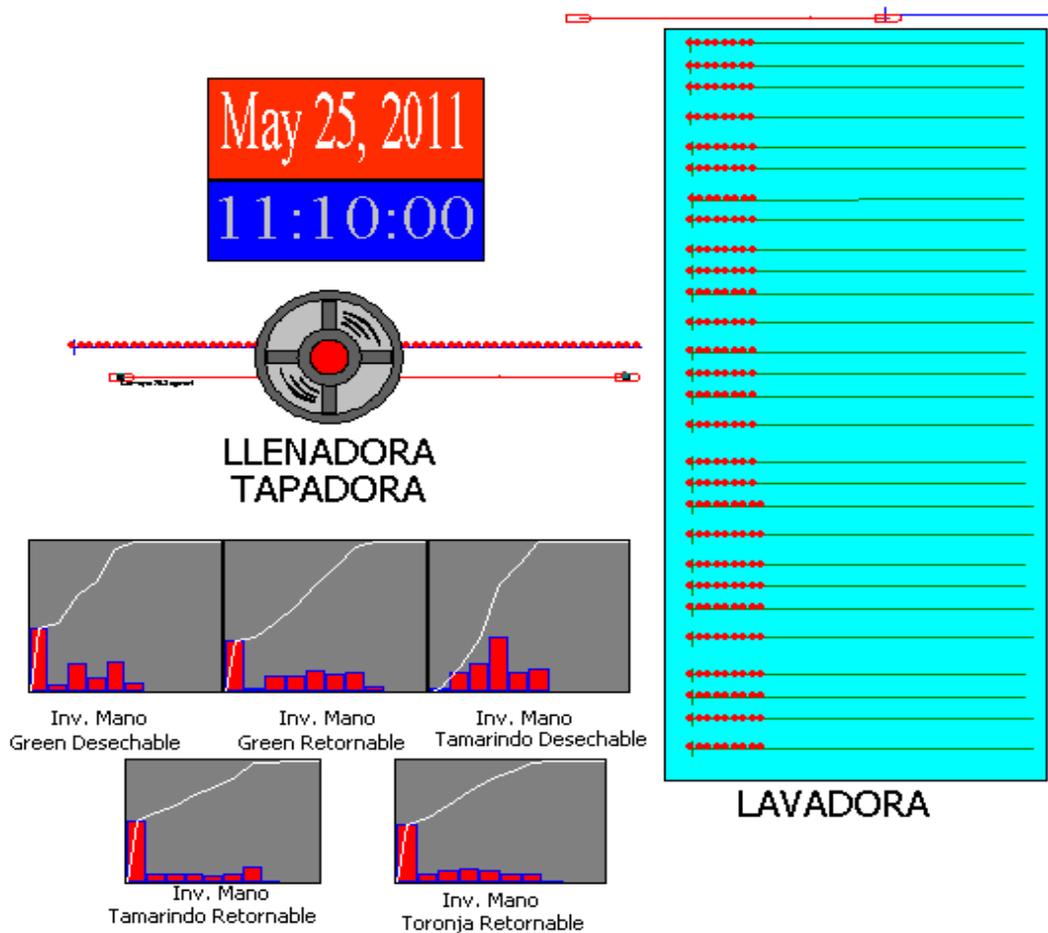


Figura N°28. Representación animada del modelo.

Fuente. Arena

4.6 SALIDAS DE INTERÉS

Las salidas de interés correspondientes a la investigación son el nivel de servicio, definido como el porcentaje de la demanda que queda satisfecho a la primera solicitud del cliente y el lead time el cual es el tiempo transcurrido desde que el cliente realiza un pedido hasta que éste se le es entregado. Dichas variables se tomaron en cuenta debido a su importancia a la hora de la toma de decisiones en la empresa al iterar las variables que se manejan en planta como lo son las políticas de producción, políticas de materia prima, secuenciación, entre otros.

4.7 VERIFICACIÓN DEL MODELO

La verificación del modelo es de gran importancia debido a que gracias a esto se puede determinar el buen funcionamiento del mismo, el programa ARENA proporciona diferentes herramientas visuales que ayudan a esto, como lo son *Entity Picture*, *Resource*, *Route*, *Clock*, entre otros.

A través de la herramienta *Entity Picture*, se identificó cada tipo de producto, asignando a cada uno de estos la misma figura pero con un color diferente, para de esta manera poderle realizar seguimiento a cada producto como lo son las rutas de producción de cada uno, visualización del producto en proceso y permanencia de los mismos en colas de las máquinas, entre otros.

Se hizo uso de la herramienta *Clock* la cual permite ver el tiempo reloj en el que ocurren los eventos, por medio de este también se calcula el tiempo que toma el período de calentamiento. Igualmente se dio uso de Tablas con la salida de variables, las cuales representan visiblemente las cantidades exactas de variables como inventarios totales e inventarios a la mano, a lo largo que transcurre la simulación. Con esto se logró verificar si el descuento e incremento de los valores de inventario se estaban realizando correctamente y de acuerdo a las políticas establecidas. También se hizo uso de la herramienta *Date*, la cual proporciona la fecha calendario a medida que se hace la corrida del modelo, de esa manera se observa el transcurso de los días del estudio.

4.8 DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE CALENTAMIENTO

En el proceso de simulación el sistema es sin culminación definida por lo que se requiere que se tomen en cuenta las estadísticas para cuando el sistema alcanza el estado estable. Periodo de calentamiento se le llama al tiempo que tarda el sistema en alcanzar su estado estable. El programa ARENA permite establecer un periodo de calentamiento de modo que no se registran estadísticas hasta haber transcurrido todo este tiempo. Para poder obtener una estimación de este tiempo lo más conveniente es realizar graficas de las salidas claves de la simulación e identificar el instante de tiempo en que las mismas parezcan estabilizarse, en este caso se utilizaron las variables de los inventarios a la mano de producto terminado respecto cada tipo de presentación y sabor.

Seguidamente después de visualizar el comportamiento de las gráficas respectivas, se estimó que el sistema alcanzaba el estado estable habiendo transcurrido 20 días de simulación y se fijó el tiempo de simulación de un año ya que se consideró que en ese tiempo el modelo experimenta todos los estados posibles en el sistema. Se realizó un estudio piloto de 10 corridas, ya que las mismas son suficientes producto de que se maneja un error pequeño en dichas variables, dando como resultado un tiempo de respuesta de producción actual en días de **1,8** con un intervalo de confianza de $\pm 1\%$ y nivel de servicio actual que tiene un valor de **42,89%** \pm y un intervalo de confianza de **1%**, donde los niveles de servicios particulares son los siguientes:

Producto	NS
Green Spot Retornable	0,4740 \pm 0,01
Green Spot Desechable	0,493 \pm 0,02
Tamarindo Retornable	0,3020 \pm 0,01
Tamarindo Desechable	0,946 \pm 0,01
Toronja Retornable	0,438 \pm 0,01

Tabla N°17. Nivel de servicio actual

CAPITULO V: EXPERIMENTACIÓN

5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Luego de realizada la verificación del modelo, comprobar que el mismo funciona correctamente y determinar su periodo de calentamiento, se procede a realizar varios experimentos en el área de proveedor y manufactura con el fin de poder determinar el mejor escenario posible, basándose en el nivel de servicio y tiempo de respuesta que se presta a los clientes.

A continuación se muestran los experimentos realizados con el programa de simulación ARENA:

5.1.1 EXPERIMENTO N°1: Determinación de las políticas de inventario para la materia prima y punto de reorden para la producción.

En este experimento se busca obtener las políticas de inventario de materia prima y los puntos de reorden de producción adecuados a la planta de manera de maximizar el nivel de servicio. Para este experimento se hizo uso de un paquete para optimizar OptQuest, disponible para el programa ARENA. Esta herramienta realiza varias corridas en las cuales se prueba con diferentes configuraciones para las variables de control que se deseen, para maximizar o minimizar una función objetivo establecida, considerando restricciones si el usuario así lo indica.

Este experimento fue el resultado de alimentar en el paquete OptQuest las variables que rigen las políticas de inventario de materia prima de cada insumo y punto de reorden (s) de producción, estableciendo como valores iniciales los utilizados por la empresa. Se probaron 400 combinaciones de políticas y a continuación se presentan las cinco mejores para:

Políticas de inventario de materia Prima

Iteración	1		2		3		4		5	
	Q	s	Q	s	Q	S	Q	s	Q	s
Botella Green										
Spot Retornable	119880	23520	119880	23640	119760	23520	119880	23640	120000	23640
Botella Green										
Spot Desechable	58800	18000	58800	18000	58800	18000	59280	18000	59160	18000
Galones de										
Green Spot	745	870	745	870	745	870	745	870	745	880
Botella Tam/Tor										
Retornable	119880	24000	119880	24000	119880	24000	119880	24000	120000	24000
Botella Tamarindo										
Desechable	27240	18000	27240	18000	27720	17880	27960	18000	28680	18000
Galones de										
Toronja	295	840	295	860	295	855	295	870	295	900

Tabla N°18. Políticas de inventario de materia prima.

Punto de reorden del producto final

Iteración	1	2	3	4	5
	s	s	s	S	s
Cajas Green Spot	645	645	645	645	645
Retornable					
Cajas Green Spot	280	280	280	280	270
Desechable					
Cajas Tamarindo	675	675	675	645	675
Retornable					
Cajas Tamarindo	265	265	270	270	270
Desechable					
Cajas Toronja	445	445	445	445	445
Retornable					

Tabla N°19. Punto de reorden del producto final

Y donde el nivel de servicio y el tiempo de respuesta en días de la producción, cada unos con sus respectivos niveles de confianza, se pueden observar en la siguiente tabla:

Iteración	1	2	3	4	5
NS	0,69283 ± 0,1	0,69283 ± 0,1	0,69276 ± 0,1	0,69258 ± 0,1	0,69098 ± 0,1
Lead					
Time	0,9421 ± 0,07	0,941 ± 0,07	0,94009 ± 0,08	0,94 ± 0,08	0,93 ± 0,09

Tabla N°20. Nivel de servicio y Lead Time

Se puede concluir que las iteraciones proporcionan niveles de servicio y tiempo de respuesta donde la diferencia entre las mismas no son significativas, sin embargo la iteración seleccionada es la número 1, ya que es la que maneja menores niveles de inventario de materia prima.

5.1.2 EXPERIMENTO N°2: Maximización del nivel de servicio, mediante la disminución del tiempo de entrega de los proveedores junto con la aplicación de las políticas seleccionadas.

En este experimento se busca la maximización del nivel de servicio de la empresa mediante el uso de la mejor política de inventario y punto de reorden de producción obtenida en el experimento N° 1, pero con la diferencia de que en simultáneo los tiempos de entrega de los proveedores se van a iterar en el programa ARENA disminuyéndolos en cantidades razonables con la realidad, hasta poder observar cual de esos valores arroja como resultado un nivel de servicio eficiente.

Como se menciona en el Capítulo III, los tiempos de entrega de los proveedores para los concentrados de naranja y toronja son 7 días, la pulpa de tamarindo y las botellas retornables o desechables son 15 días.

En la tabla N° 21 se puede observar la política de inventario de materia prima seleccionada del Experimento N°1.

	Q	s
Botella Green Spot		
Retornable	119880	23520
Botella Green Spot		
Desechable	58800	18000
Galones de Green		
Spot	745	870
Botella Tam/Tor		
Retornable	119880	24000
Botella Tamarindo		
Desechable	27240	18000
Galones de Toronja	295	840

Tabla N°21. Nivel de servicio actual

En la tabla N° 22 se presentan los puntos de reorden de producto final también seleccionados.

Producto	s
Cajas Green Spot Retornable	645
Cajas Green Spot Desechable	280
Cajas Tamarindo Retornable	675
Cajas Tamarindo Desechable	265
Cajas Toronja Retornable	445

Tabla N°22. Punto de reorden del producto final

En la tabla N°23 se observan las 4 iteraciones realizadas a los tiempos de entrega en días de los diferentes proveedores.

Iteración	1	2	3	4
Owens Illinois	7	9	10	12
Venfruca	3	4	5	6
Saborca	3	4	5	6
Hernández N.	7	9	10	12

Tabla N°23. Tiempo de entrega del proveedor

A continuación en la Tabla N° 24 se presentan los niveles de servicio y tiempos de respuesta en días con sus respectivos niveles de confianza, como resultado de las diferentes iteraciones realizadas:

Iteración	1	2	3	4
NS	0,7840 ± 0,01	0,7489 ± 0,01	0,7295 ± 0,01	0,7102 ± 0
Lead Time	0,67 ± 0,05	0,77 ± 0,09	0,82 ± 0,47	0,88 ± 0,02

Tabla N°24. Nivel de servicio y Lead Time

Luego de hacer un análisis sobre los resultados obtenidos, producto de los cambios en los tiempos de entrega de los proveedores y aplicando las mismas políticas de materia prima y punto de reorden de producto final que en el experimento N°1, se concluye que la iteración mas eficiente es la N°1 debido a que el nivel de servicio obtiene un valor por encima de los otros de 78,4% ± 1%. Es importante resaltar que las iteraciones realizadas en el programa ARENA se basaron en disminuir el tiempo de entrega de los proveedores hasta un 50% de su valor real. Donde en definitiva la empresa Embotelladora de Venezuela debe tomar medidas fomentando a la mejora de las relaciones con sus proveedores para poder obtener el nivel de servicio indicado.

5.1.3 EXPERIMENTO N°3: Variación de los puntos de reorden de producto final.

En el presente experimento con ayuda del programa ARENA se van a iterar los puntos de reorden de producto final de cada tipo de producto, donde se elevaran los niveles de los mismos del producto de mayor demanda, disminuyendo los de los demás productos, en conjunto con ello se trabajara con las mejores políticas de inventario de materia prima obtenidas del experimento N°1 y con los tiempos de entrega obtenidos en el experimento N°2. Todo esto con el objetivo de aumentar el nivel de servicio del sistema.

A continuación se muestran las dos iteraciones que dieron los mejores resultados en cuanto a los puntos de reorden de producto final.

Iteración	1	2
	s	s
Cajas Green Spot Retornable	650	650
Cajas Green Spot Desechable	100	10
Cajas Tamarindo Retornable	100	200
Cajas Tamarindo Desechable	50	5
Cajas Toronja Retornable	100	10

Tabla N°25. Punto de reorden de producto final

Como resultado de las iteraciones se obtuvieron los siguientes niveles de servicio y tiempos de respuesta en días de la producción con sus respectivos

niveles de confianza:

Iteraciones	1	2
	NS	NS
Green Spot Retornable	0,752 ±0,01	0,752 ±0,01
Green Spot Desechable	0,859 ± 0,01	0,75 ±0,02
Tamarindo Retornable	0,644 ±0,01	0,684 ±0,01
Tamarindo Desechable	0,99 ±1	0,95 ±0,01
Toronja Retornable	0,876 ±0,02	0,799 ±0,03
NS Promedio	0,737 ±0,01	0,7373 ±0,01
Lead Time	0,50 ±0,01	0,49 ±0,01

Tabla N°26. Niveles de servicio y Lead Time

En conclusión las iteraciones proporcionan como resultado niveles de servicios y tiempo de respuesta donde los cambios entre las mismas iteraciones no son significativos, sin embargo para este experimento será más eficiente la iteración que presente menores niveles de inventario respecto su punto de reorden de producto final, como se analizó en la tabla N°25 la iteración número 2 es la mejor. Comparado con el Experimento N°2 se puede observar que aunque el nivel de servicio disminuyo un 5,4% respecto al mismo, sigue siendo más factible establecer puntos de reorden que sean de menores niveles de inventario.

5.1.4 EXPERIMENTO N°4: Disminución del punto de reorden de Materias Primas.

Se utilizó la política que arrojó el mejor nivel de servicio obtenido en el experimento anterior, a continuación se muestra en la siguiente tabla:

Producto	s
Cajas Green Spot Retornable	650
Cajas Green Spot Desechable	10
Cajas Tamarindo Retornable	200
Cajas Tamarindo Desechable	5
Cajas Toronja Retornable	10

Tabla N°27. Punto de reorden del producto final

Se utilizó el tiempo de entrega en días de los proveedores acordados en el Experimento N°2, obteniéndose los siguientes:

Proveedor	Te
Owens Illinois	7
Venfruca	3
Saborca	3
Hernández N.	7

Tabla N°28. Tiempo de entrega del proveedor

A continuación se realizaron tres iteraciones en busca de la mejor política de reorden de materia prima a fin de aumentar el nivel de servicio en la empresa.

Iteración	1	2	3
	s	s	s
Botella Green Spot Retornable	23520	15000	15000

Botella Green Spot Desechable	10000	10000	10000
Galones de Green Spot	870	870	300
Botella Tam/Tor Retornable	24000	15000	15000
Botella Tamarindo Desechable	10000	10000	10000
Galones de Toronja	840	860	300

Tabla N°29. Iteración de las políticas de reorden de materia prima

Obteniendo los siguientes resultados en cuanto al nivel de servicio y tiempos de respuesta en días de la producción con sus respectivos niveles de confianza.

Iteración	1	2	3
NS	$0,7363 \pm 0,01$	$0,7115 \pm 0,01$	$0,7065 \pm 0,01$
Lead Time	$0,60 \pm 0,07$	$0,69 \pm 0,09$	$0,60 \pm 0,07$

Tabla N°30. Nivel de servicio y Lead Time

Entre las iteraciones obtenidas la mejor política de materia prima resultante es el número 3, con un valor de nivel de servicio de 70,65% y tiempo de respuesta de 0,6 días. Es importante tener en cuenta que conviene sacrificar un 7,65% del nivel de servicio con respecto al elegido en el Experimento N°2, con el objetivo de poder disminuir casi en un 50% el punto de reorden de todos los insumos.

5.1.5 EXPERIMENTO N°5: Aplicación de un criterio de secuenciación que tiene como prioridad en la producción el producto de mayor demanda.

Este experimento se basa mediante el uso del programa de simulación ARENA ajustándolo a ese criterio de secuenciación que da prioridad al product

o de mayor demanda, el cual es el refresco Green Spot del tipo retornable con el fin de poder comprobar que tanto puede aumentar el nivel de servicio de la empresa.

En la siguiente Tabla N°31 se observa el nivel de servicio y tiempo de respuesta en días de la producción con su respectivo nivel de confianza, obtenido luego de realizar el cambio en la secuenciación, dando como prioridad el producto de mayor demanda.

NS	$0,712 \pm 0,01$
-----------	------------------

Lead Time	$0,60 \pm 0,06$
------------------	-----------------

Tabla N°31. Nivel de servicio con criterio de secuenciación

Luego de realizar el experimento se puede observar que es poco sensible hacer el cambio en la secuenciación, ya que comparándolo con el Experimento N°4 el nivel del servicio aumenta solo en un 0,55% y el tiempo de respuesta se mantiene constante, sin embargo es importante recordar que para un empresa como esta, este porcentaje que se incrementó es significativo ya que aplicado a la realidad genera mayor ganancia.

5.1.6 CONFIGURACIÓN RECOMENDADA

En conclusión se recomienda a la empresa realizar la propuesta establecida en el Experimento N°5, la cual en resumen está compuesta por un criterio de secuenciación que tiene como prioridad el producto Green Retornable y las siguientes políticas y tiempos de entrega de los proveedores:

Políticas de reorden de materia prima

	S
Botella Green Spot Retornable	15000
Botella Green Spot Desechable	10000
Galones de Green Spot	300
Botella Tam/Tor Retornable	15000
Botella Tamarindo Desechable	10000
Galones de Toronja	300

Tabla N°32. Políticas de reorden de materia prima

Políticas de reorden de producto final

Producto	S
Cajas Green Spot Retornable	650
Cajas Green Spot Desechable	10
Cajas Tamarindo Retornable	200
Cajas Tamarindo Desechable	5
Cajas Toronja Retornable	10

Tabla N°33. Políticas de reorden de producto final

Tiempos de entrega de los proveedores

Proveedor	Te
Owens Illinois	7
Venfruca	3
Saborca	3
Hernández N.	7

Tabla N°34. Tiempo de entrega del proveedor

El nivel de servicio promedio que se esperaría tener con esta configuración está representado por un 71,2% y un tiempo de respuesta de 0,6 días, y detalladamente para el producto Green Spot del tipo retornable un 76,02% y 0,53 días; estos valores contrastados con los actuales que posee la empresa ubicados en la tabla N°17 al final del capítulo IV, presentan un incremento del 28,5% y 29,62% respectivamente en cuanto a nivel de servicio y referente al de tiempo de respuesta una notable disminución en la producción de 1,2 días comparado con el valor actual. Lo que significa que realizar todos estos cambios sobre las políticas de inventario, políticas de producción, proponer reducir los tiempos de entrega de los proveedores y aplicar un criterio de secuenciación, obtiene como resultado notables mejoras que fomentan el desarrollo y crecimiento de la misma.

CONCLUSIONES

El sistema estudiado representado por la empresa Embotelladora de Venezuela muestra una situación actual en la cual no puede cumplir con toda la demanda que presenta obteniendo un nivel de servicio del $42,89\% \pm 1\%$ y un lead time de 1,8 días $\pm 1\%$ cada una respectivamente con sus intervalos de confianza, causa de ello proviene del hecho de que no poseen la materia prima suficiente, para abastecer a sus clientes, donde también las políticas de producción no son las más adecuadas y el criterio de secuenciación usado es FIFO. Luego de haber hecho un análisis a todo el sistema se concluyó que las áreas de mayor interés para crear el modelo lo son proveedor y manufactura, ya que en esos eslabones de la cadena se centra la problemática.

Por la problemática encontrada al hacer un estudio del sistema se procedió a la construcción de un modelo de simulación, donde a larga el mismo se convirtió en una herramienta flexible y poderosa, que permitió evaluar el desempeño de una cadena de suministros a través de la elaboración de experimentos y escenarios. Es importante definir correctamente las variables de salida de interés, debido a que con ellos se evalúa el desempeño de la empresa, pudiendo así llegar a los resultados correctos. Para este estudio fueron dos variables las que se utilizaron: el nivel de servicio y el tiempo de respuesta de la producción.

En cuanto al experimento seleccionado como mejor configuración arroja un resultado de nivel de servicio promedio del $71,2 \pm 0,01\%$ es decir un aumento del 28,5% con respecto al de la actualidad y a su vez en contraste con el nivel de servicio particular del refresco Green retornable se observó un incremento del 29,62% y una disminución del lead time del 1,2 días respecto al valor actual.

Con los resultados obtenidos se demostró que el modelo de simulación construido sirve como herramienta para evaluar el desempeño de las etapas de



proveedor y manufactura de la cadena de suministro de Embotelladora de Venezuela, el cual ofrece un sustento a la gerencia en el momento de tomar decisiones para resolver un problemas determinados a estas áreas, de forma eficaz y práctica, sin incurrir en costos de experimentar directamente con el sistema.



RECOMENDACIONES

- Implementar la propuesta sugerida en este Trabajo Especial de Grado, como resultado de la experimentación con el modelo, con el propósito de mejorar la situación actual de la empresa Embotelladora de Venezuela.
- No descartar las otras propuestas presentes en los demás experimentos de este estudio ya que, aunque no reúnen la mayoría de los criterios de evaluación necesarios para ser seleccionada como la propuesta más beneficiosa, todas esas propuestas presentan mejores condiciones que la propia situación actual de la empresa, es decir que, si por alguna razón no se puede aplicar o se debe dejar de aplicar la propuesta de mejora seleccionada, se podría elegir entre las otras propuestas, dependiendo de las condiciones necesarias.
- Continuar en un futuro con la construcción del modelo integrado, donde se desarrollen la parte de almacenaje y distribución de la empresa.
- Realizar un estudio en la empresa con el objetivo de rediseñar los almacenes, tanto de materia prima como de producto terminado.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballou, R. (2001). Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman.
- Banks, Carson y Nelson. (1996). Discrete-Event System Simulation Edition. New Jersey: Prentice-Hall.
- Fernández y Martínez (2007). Determinación del número de unidades de transporte necesarias para satisfacer la demanda de estudiantes en las rutas: Centro-UC y UC-Centro de la Universidad de Carabobo.
- Correa. Tecnología de información en la cadena de suministro. Revista: DYNA.
- Fishman (1978). Conceptos y métodos en la simulación digital de eventos discretos. Lumusa, Mexico.
- Garcia, Garcia y Cardenas (2006). Simulación y análisis de sistemas con PROMODEL. Pearson, Patience Hill.
- Gigola. (2004). Supply Chain Management Mitos y Realidades. Departamento de Ingeniería Industrial y Operaciones, Instituto Tecnológico Autónomo de México.
- Gutierrez y Moens (2010). Construcción de un modelo de simulación para evaluar el sistema de producción y distribución en una cadena de suministros.
- Kelton, Sadowski; Sadowski D. (2002), Simulation with ARENA, McGraw Hill, 2º Edición.
- Law y Kelton. (1991). Simulation Modeling and Analysis. New York: McGraw-Hill.
- M Zhou (2005). Modelos conceptuales de simulación en operaciones de almacenamiento.
- Ramos y Villanueva (2010). Construcción de un modelo de simulación para evaluar el desempeño de las etapas de proveedor y manufactura de una cadena de suministros.
- Ríos, S. (1995). Modelización AU 822. Editorial: Alianza. Madrid



- Stock y Lamber (2001). Fundamentals of Logistics Management. Editorial: McGraw-Hill.
- Tamayo. (1997). El proceso de la investigación científica. Editorial: Limusa.
- Tarifa, Enrique. (S/F) Teoría de modelos y Simulación. Facultad de Ingeniería, Universidad de Jujuy.
- Turbam, E., Rainer Jr., R., y Potter, R. (2003). Administração de tecnologia da informação: teoria e prática. Sao Paulo: Campus.
- Vierma (2008). Construcción de un modelo de simulación para determinar la secuencia de producción (Caso: Empresa Inversiones Selva C.A. grupo Phoenix).
- Vieira, GE (2004). Ideas for modeling and simulation supply chain with Arena. Vol 2.

Anexos

Ejemplo de la data histórica de lo despachado en el 2010 por Embotelladora de Venezuela S.A.

MERCADO TOTAL FACTURADO RETORNABLES Y DESECHABLES MTCF
29 12 2010

RUTAS Y DEPOSITOS

PPRODUCTOS	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	TOTAL	ACUM.				
Retornables	29017 29015		29021				29014 29020			29016		019-018				29013				29012										
1 GREEN	45	50			50		41	56		72		195													64	573	14946			
2 TAMARINDO	18	20			57		27	20		35		120													66	363	7819			
3 TORONJA	1				11		1	8		5		27													18	71	1140			
4 PARCHITA																										0	0			
5 DURAZNO																										0	0			
Total Ventas Retornables.	0	64	70	0	0	118	0	69	84	0	112	0	342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	0	1007	23905	
OBSEQUIOS		6	6			12		6	7		11		28													12	88	2018		
PROMEDIOS DIARIOS. RT	####	21	35	####	####	39	####	23	28	####	37	####	74	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	49	####	####	####	
Deschables																														
1 GREEN											15				50												65	3008		
2 TAMARINDO											5																5	977		
3 TORONJA																											0	314		
4 PARCHITA																											0	0		
5 DURAZNO																											0	0		
Total Ventas Desechables.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	50	0	0	0	70	4299										
OBSEQUIOS											2				4												6	376		
PROMEDIOS DIARIOS. DS	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	10	####	####	####	50	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####
TOTAL DE VENTAS	0	64	70	0	0	118	0	69	84	0	132	0	342	0	50	0	148	0	1077	28204										
TOTAL OB. Ret/Dech	0	6	6	0	0	12	0	6	7	0	13	0	28	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	94	2394	
BOTELLAS FALTANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROMEDIO DE VENTAS	####	22	30	####	####	41	####	24	29	####	31	####	98	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	51	####	####	####	



MERCADO TOTAL FACTURADO RETORNABLES Y DESECHABLES MTCF
14 07 2010

RUTAS Y DEPOSITOS

PPRODUCTOS		R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	TOTAL	ACUM	
Retornables																												
1	GREEN		35	49	41	31	33		30			38				130										211	598	7282
2	TAMARINDO		17	9	14	18	31		24			23				74										50	260	3999
3	TORONJA		4		2		2		2			4														8	22	663
4	PARCHITA																										0	0
5	DURAZNO																										0	0
Total Ventas Retornables.		0	56	58	57	49	66	0	56	0	0	65	0	0	0	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269	880	11944
OBSEQUIOS			4	5	5	4	5		5			5				16										22	71	966
PROMEDIOS DIARIOS. RT		####	19	29	19	25	22	####	19	####	####	22	####	####	####	102	####	####	####	####	####	####	####	####	####	90	#####	#¡DIVO!

Deschables																													
1	GREEN																										0	1773	
2	TAMARINDO																										0	0	
3	TORONJA																										0	0	
4	PARCHITA																										0	0	
5	DURAZNO																										0	0	
Total Ventas Desechables.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1773
OBSQUIOS																											0	146	
PROMEDIOS DIARIOS. DS		####	###	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	#¡DIVO!

TOTAL DE VENTAS	0	56	58	57	49	66	0	56	0	0	65	0	0	0	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	381	880	13717
TOTAL OB. Ret/Dech	0	4	5	5	4	5	0	5	0	0	5	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	71	1112
BOTELLAS FALTANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROMEDIO DE VENTAS	###	19	25	20	21	23	###	19	###	###	22	###	###	###	88	###	###	###	###	###	###	###	###	###	93	#####	#¡DIVO!

