

Diseño del plan de aumento de capacidad de almacenamiento de insumos y empaques para una empresa de bebidas no alcohólicas en Venezuela

Autor: Daniela Castro¹

Co-autor: Johana Delgado²

danialec30@gmail.com ¹, johanaedelgado@gmail.com ²

Universidad Católica Andrés Bello¹²

Resumen

El presente estudio de investigación consistió en diseñar el plan de aumento de capacidad de almacenamiento de insumos y empaque para una empresa de bebidas no alcohólicas en Venezuela; el estudio fue elaborado en la modalidad de investigación factible de tipo proyectiva con diseño no experimental, donde se caracterizaron los procedimientos actuales de almacenamiento y transporte de materiales, se generaron escenarios de incremento de volumen de demanda de producto terminado por parte de un conjunto con expertos de La Empresa, con los escenarios de volúmenes de demanda se generaron las necesidades de materiales requeridos para la producción. Se construyeron tres escenarios de almacenamiento a fin de evaluar la mejor propuesta de valor y costos óptimos los cuales fueron calculados por medio de metodologías diferentes, utilizando los tres escenarios de volúmenes de demanda, a saber: Situación actual base, método del centroide y optimización evolutiva. Todos los escenarios fueron contrastados por volumen de demanda para conocer cuál era en el que en término de valor y costo mínimo puede ser factible para su ejecución. Para el método de la optimización evolutiva se recurrió el complemento de Solver de Excel [®], utilizando el Método de resolución Evolutionary, a fin de generar escenarios de crecimiento genético que ofrezcan soluciones factibles para almacenamiento con restricciones sobre las necesidades, capacidades en almacenes externos y ubicación en el mismo almacén externo de los materiales con características parecidas; el resultado obtenido muestra que la herramienta diseñada sirve como metodología para la evaluación periódica de los espacios de almacenamiento externos, a partir de esto, se pudieron establecer las conclusiones y recomendaciones para la Empresa de bebidas no alcohólicas.

Palabras clave: escenarios de almacenamiento, volumen de demanda, método del centroide, optimización evolutiva, Método de Resolución Evolutionary, propuesta de mejora.

Design of the plan to increase the storage capacity of supplies and packaging for a non-alcoholic beverage company in Venezuela

Abstract

This research study consisted of designing the plan to increase the storage capacity of supplies and packaging for a non-alcoholic beverages company in Venezuela. The study was prepared in the feasible research modality of the projective type with non-experimental design, where the current procedures for storage and transport of materials were characterized, scenarios of increased volume of demand for finished product were generated by a group of experts of the Company, with the demand volume scenarios the needs of materials required for production were generated. Three storage scenarios were built in order to evaluate the best value proposition and optimal costs, which were calculated through different methodologies, using the three scenarios of demand volumes, namely: current base situation, centroid method and evolutionary optimization. All the scenarios were contrasted by volume of demand to know which, in terms of value and minimum cost, could be feasible for its execution. For the evolutionary optimization method, the Excel [®] Solver add-in was used, using the Evolutionary Resolution Method, in order to generate genetic growth scenarios that offer feasible solutions for storage with restrictions on needs, capacities in external warehouses and location. in the same external warehouse of materials with similar characteristics; the result obtained shows that the designed tool serves as a methodology for the periodic evaluation of external storage spaces. From this, conclusions and recommendations for the Non-alcoholic Beverages Company could be established.

Keyword: storage scenarios, demand volume, centroid method, evolutionary optimization, Evolutionary Resolution Method, improvement proposal.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado que a continuación se presenta exhibe como título “DISEÑO DEL PLAN DE AUMENTO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE INSUMOS Y EMPAQUES PARA UNA EMPRESA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS EN VENEZUELA”, el mismo se realizó en una compañía de bebidas no alcohólicas en el territorio nacional, esta empresa es una de las encargadas de la producción y distribución de bebidas de consumo masivo de primera necesidad en el país.

Este trabajo de grado se realiza en la Gerencia Nacional de operaciones de bebidas, específicamente, en la Gerencia Nacional de Logística, la cual está encargada de gestionar todo lo relacionado con las actividades de almacenamiento de insumos, su distribución y la búsqueda de la flota necesaria para cumplir con las necesidades de los despachos a todas las plantas productoras.

La empresa de bebidas no alcohólicas busca garantizar la excelencia de sus productos cumpliendo con las necesidades y expectativas de todos sus consumidores, siempre ofreciendo la mejor calidad y la mejor relación precio valor. Para lograr este objetivo es necesaria la planificación logística y la optimización de la cadena de suministro, ya que ambas tienen la misión de satisfacer al cliente suministrándole los bienes apropiados en el lugar adecuado y en el momento requerido.

El buen manejo de la logística refleja altos niveles de servicio al cliente lo cual genera consumidores satisfechos y leales. La distribución de los insumos a las diferentes plantas productoras tiene un papel importante dentro de la logística, ya que, a través de este proceso, se puede mantener la cobertura necesaria en la planta para la producción de bebidas.

La presente investigación tiene como finalidad proponer un nuevo esquema de distribución de materia prima y material de empaque a las distintas plantas productoras de una empresa de bebidas no alcohólicas.

Para ello se siguieron una serie de objetivos específicos. Estos objetivos consistieron en analizar el esquema actual de la logística de distribución de las materias primas y los materiales de empaque a las distintas plantas productoras, donde se determinarán cuáles serán los distintos escenarios y las diferentes alternativas para proponer finalmente un nuevo esquema de distribución.

II. OBJETIVOS

A. *Objetivo general*

Diseñar el plan de aumento de capacidad de almacenamiento de insumos y empaques para una empresa de bebidas no alcohólicas en Venezuela.

B. *Objetivos Específicos*

- Caracterizar los requerimientos de cada uno de los escenarios de crecimiento escalonado de demanda a futuro.
- Identificar los requerimientos a cumplir en la elaboración de escenarios de operaciones a futuro.
- Analizar las necesidades operativas contra la disponibilidad de recursos.
- Definir escenarios de almacenamiento para los escenarios de crecimiento escalonado de demanda.
- Evaluar alternativas de almacenamiento para cada escenario con base en su impacto en costo beneficio.

III. METODOLOGÍA

A continuación, se presentan los aspectos metodológicos utilizados como referencia para la descripción y análisis de los puntos a estudiar, además de especificar el método y técnicas empleadas en la recolección de datos, necesarias para su resolución.

A. *Tipo de Investigación*

Esta investigación es un proyecto factible de tipo proyectista, ya que tiene como objetivo diseñar o crear propuestas dirigidas a resolver determinadas situaciones, luego de haber realizado el análisis de la situación actual. El tipo de investigación proyectista potencia el desarrollo tecnológico, así como en este tipo de investigación se encuentran los estudios de elaboración de inventos, programas y diseños.[1]

B. *Enfoque de la investigación*

Esta investigación tiene un enfoque mixto, es de tipo cuantitativo ya que se tomarán en cuenta variables numéricas como capacidades, distancias y cantidades, las cuales son medibles y cuantificables y también es de tipo cualitativo ya que hace uso de entrevistas tanto generales como estructurales para caracterizar la distribución o acarreo sobre la cual se realiza la propuesta de mejora.[2]

C. *Diseño de la Investigación*

El diseño de esta investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipulan las variables

independientes, es decir en su estudio no se alteran o se hacen variar de manera intencional para ver su efecto sobre otras variables. Luego del estudio de las variables esta investigación propone una mejora al almacenamiento de materias primas y materiales de empaque para la empresa de bebidas no alcohólicas.[3]

D. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Los instrumentos seleccionados para la recolección de la información de este proyecto de investigación fueron la entrevista y la recopilación documental.

Para la presente investigación se utilizó la recolección de datos secundarios, es decir, los datos fueron recaudados por otros investigadores, de esta manera se reunió la información acerca de las ubicaciones de las plantas y los almacenes, las distintas capacidades de los almacenes, costos y el programa de producción de cada SKU del sistema operativo SAP.[3]

En este trabajo de grado las entrevistas que se utilizaron fueron generales y las estructuradas. Las entrevistas generales se realizaron con la finalidad de obtener la base de la información de esta investigación [3], como lo es el funcionamiento de la logística en La Empresa y el esquema de distribución actual de materia prima y material de empaque.

Las entrevistas estructuradas fueron el instrumento para la recolección de la información a través de personas especializadas [3] en el área como el Coordinador de Almacenes, Coordinador de Transporte y Analistas de Operaciones. Estas entrevistas se centraron en temas acerca del almacenamiento de la materia prima y el material de empaque y su distribución a cada planta; además en las entrevistas se tocó el tema de cómo era el transporte de los insumos.

En este trabajo de grado se hizo uso de la herramienta de la observación directa, esta se basa en hacer acto de presencia mientras se llevan a cabo las labores de interés para el estudio, sin intervenir en la actividad ni cambiar las condiciones de ejecución de la misma. [3]

E. Recopilación de información

Esta fase de la metodología a utilizar muestra la información recopilada tanto pasada como futura involucrada en la cadena de suministro de la empresa de bebidas no alcohólicas. Asimismo, en la tabla I se muestra qué tipo de información será recopilada y cuál será el uso que se le otorgará en función de alcanzar los objetivos planteados.

Tabla I: Descripción de la recopilación de información

Información recolectada	Utilidad
Volumen de Producción (oct. 2019 - sep. 2020)	A partir de esta información se determinará el coeficiente de variación para obtener el método que permitirá la estimación de la demanda futura.
Capacidades de almacenaje en cada una de las plantas y almacenes externos.	Mediante esta información se tendrá en cuenta la capacidad de almacenaje de materia prima y material de empaque en cada una de las plantas productoras y en los diferentes almacenes externos.
Costos de almacenaje en cada almacén externo.	Mediante esta información se tendrán en cuenta los diferentes costos de almacenamiento externo de materia prima y material de empaque.
Costos de las rutas de transporte.	A partir de esta información se tendrán en cuenta los costos de las diferentes rutas desde los almacenes externos hasta las plantas productoras.
Volúmenes escalonados de demandas	A partir de esta información se calculan las necesidades de almacenamiento para cada escenario de volumen de demanda.

Fuente: Elaboración propia (2020)

F. Realización de cálculos y construcción del modelo

Esta fase de la metodología contiene la descripción de cómo se realizaron todos los cálculos que fueron necesarios durante el desarrollo de esta investigación.

- Estudio de la variabilidad de la demanda:

Mediante el estudio de la variabilidad de la demanda a nivel nacional en el período del año operacional comprendido entre los meses de octubre 2019 y septiembre 2020, se consideraron las necesidades de almacenamiento para cubrir las demandas solicitadas por el mercado actual y futuro.

- Interpretación y seguimiento del sistema de distribución de materia prima y material de empaque

Se procedió a reconstruir la información existente de la actual red de distribución y almacenamiento de materia prima y material de empaque en las plantas y almacenes externos, para interpretar las posibles fallas existentes en las mismas y así poder generar posibles alternativas de solución al problema propuesto. En este sentido, se diseñó un modelo donde se desarrollaron los diferentes escenarios para la distribución de los materiales, con el fin último de evaluar distintas alternativas de almacenamiento de materia prima y empaque, para así poder distribuir a cada una de las plantas con el mínimo costo de las operaciones de almacenamiento y transporte. Para esto, se generaron tres (3) escenarios de almacenamiento

externo, los cuales consisten en determinar dentro de la red de distribución un almacén externo por cada una de las plantas que solo resguarde la demanda de almacenamiento de cada planta, un modelo centralizado de materiales que permita la distribución a todas las plantas del territorio nacional o un modelo de optimización que busque disminuir lo más posible los costos asociados.

- Validación del modelo

Para validar el modelo propuesto del primer escenario de almacenamiento, será utilizado como prueba el mes de febrero 2020, ya que se cuenta con la información del inventario de los materiales, el plan de producción y los costos de la operación de almacenamiento y acarreo desde los almacenes externos hasta las plantas productoras en dicho mes. Toda esta información fue proporcionada por la Gerencia de Almacenes y Materiales.

Para validar el modelo propuesto de optimización [4], será hará uso de la simulación para verificar el resultado del modelo matemático, esto se debe a que el modelo representa un nuevo sistema y no se cuenta con datos históricos para la realización de comparación.

IV. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

A. Descripción del escenario actual

La distribución de materia prima y empaque de

La Empresa se basa en cubrir el requerimiento de cada una de las plantas con el fin de cumplir con el plan de

necesidades para la producción. En este trabajo de grado se realizaron entrevistas generales con la finalidad de obtener información de cómo es la operación de la logística en La Empresa y el esquema de distribución actual de materia prima y material de empaque.

Actualmente cada una de las plantas productoras cuenta con un almacén interno donde se resguarda la materia prima y material de empaque; la Empresa

establece que en estos almacenes se debe encontrar la cobertura mínima de tres (3) días para abastecer la producción, es decir, cada planta en sus instalaciones tiene un almacén donde resguarda el inventario de seguridad, buscando nunca interrumpir o retrasar la producción; el resto de los materiales se resguardan en almacenes externos donde serán acarreados en el momento que se requieran.

Aunque mantener el inventario de seguridad por encima de los 3 días es lo establecido, algunas de las plantas productoras no cumplen con esto, debido a que el espacio de almacenamiento interno que existe es muy pequeño y no es posible resguardar los materiales que se requieren para tres (3) días de producción.

En las siguientes figuras, se detalla el diagrama de procesos de materia prima y material de empaque desde almacenes externos a las plantas, y se detalla el diagrama de procesos de recepción de materia prima y material de empaque en las plantas productoras según la intranet de La Empresa.[5]

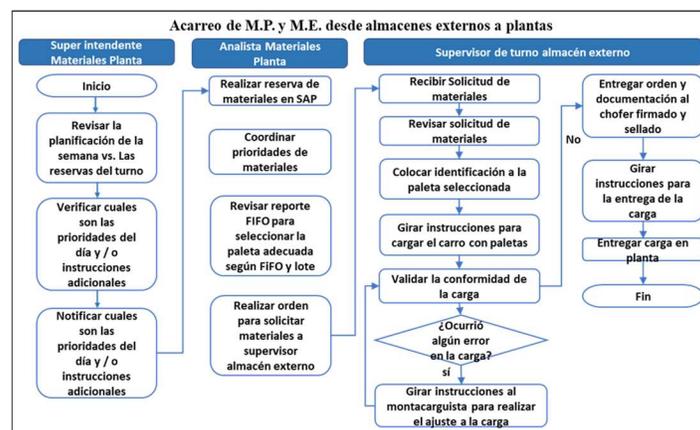


Figura 1: Diagrama de procesos de acarreo de materia prima y material de empaque desde almacenes

Fuente: La Empresa (2020)

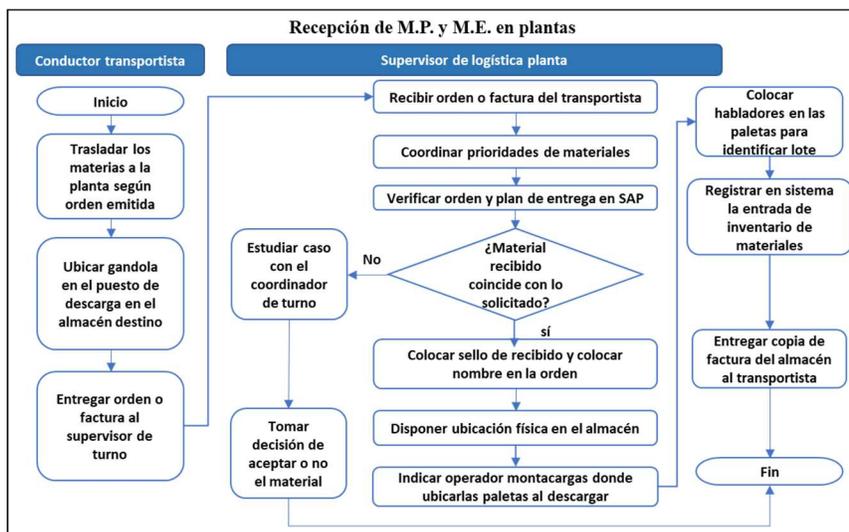


Figura 2: Diagrama de procesos de recepción de materia prima y material de empaque en las plantas
Fuente: La Empresa (2020)

B. Descripción del portafolio de producto terminado de La Empresa de bebidas no alcohólicas

En la siguiente tabla se muestra el portafolio de producto terminado de La Empresa de bebidas no alcohólicas.

Tabla II: Portafolio operativo para el presente estudio

Código	Producto
1011282	Jugo Naranja Ld 250mlx24un
1011283	Jugo Manzana Ld 250mlx24un
1011284	Jugo Durazno Ld 250mlx24un
127115	Soda Lata 355mlx24un
80624	Bebida Carbonatada Cola Lata 355mlx24un
178399	Bebida Deportiva Mandarina Pet 500mlx12un
178401	Bebida Deportiva Tropical Pet 500mlx12un
185304	Bebida Deportiva Melón Pet 500mlx12un
1015384	Bebida Deportiva Mora Pet 500mlx12un
1015711	Jugo Durazno Pet 500mlx12un
1015024	Té Verde Pet 500mlx12un
1012201	Té Limón Pet 500mlx12un
80142	Bebida Carbonatada Cola Ret 350mlx24un
1014761	Bebida Carbonatada Cola Max Ret 350mlx24un
80147	Bebida Carbonatada Limón Ret 350mlx24un
1013161	Bebida Carbonatada Kolita Ret 350mlx24un
1013162	Bebida Carbonatada Piña Ret 350mlx24un
1013164	Bebida Carbonatada Uva Ret 350mlx24un
1013165	Bebida Carbonatada Naranja Ret 350mlx24un
178392	Bebida Carbonatada Cola Pet 1,5lx6un
178395	Bebida Carbonatada Limón Pet 1,5lx6un
178393	Bebida Carbonatada Kolita Pet 1,5lx6un
1015931	Jugo Naranja Pet 1,5lx6un
178396	Bebida Carbonatada Uva Pet 1,5lx6un
1016082	Té Verde Pet 1,5lx6un
1016083	Té Durazno Pet 1,5lx6un
1016081	Té Limón Pet 1,5lx6un

80626	Bebida Carbonatada Cola Pet 2lx6un
1014751	Bebida Carbonatada Cola Max Pet 2lx6un
80628	Bebida Carbonatada Cola Light Pet 2lx6un
80674	Bebida Carbonatada Limón Pet 2lx6un
80642	Bebida Carbonatada Kolita Pet 2lx6un
80644	Bebida Carbonatada Naranja Pet 2lx6un
1014106	Bebida Carbonatada Cola Bib C/Cartón 18,925lx1cj
1014109	Bebida Carbonatada Cola Light Bib C/Cartón 9,463lx1cj
1016002	Bebida Carbonatada Limón Bib C/Cartón 9,46lx1cj
1014105	Bebida Carbonatada Kolita Bib C/Cartón 18,925lx1cj
1014110	Té limón Bolsa Asep C/Cartón 3lx5un
1014111	Té Durazno Bolsa Asep C/Cartón 3lx5un
1013371	Agua Mineral Pet 355mlx24un
123517	Agua Mineral Pet 600mlx24un
95722	Agua Mineral Pet 1,5lx12un
95723	Agua Mineral Pet 5lx2un

Fuente: Elaboración Propia (2020)

C. Descripción de la materia prima y material de empaque

Para este trabajo se clasificaron los materiales en tres (3) grandes grupos, estos grupos fueron conformados por aquellos materiales que compartieran características similares en las fichas técnicas de almacenamiento.

En la Tabla III se muestran los materiales de empaque y materia prima, además de la clasificación en los tres (3) grandes grupos.

Tabla III: Clasificación de la materia prima y el material de empaque

Tipo de material	Clasificación
Botella Soplada	Preformas / Botella Soplada / Latas / Laminación
Preformas	
Latas	
Laminación	
Bolsas	Cartón / Plástico / Tapas
Caja Cartón	
Lámina Cartón	
Pad	
Caja BIB	
Bandejas	
Partición Cartón	
Chapaforte	
Pitillos	
Plástico	
Pegas	
Tapas Corona	
Tapas Metálicas	
Tapas Plásticas	
Tapas Plásticas Corporativas	
Tapas Plásticas Bebida Deportiva	
Tapas Plásticas Agua	
Materia Prima Concentrados	Materia Prima
Pulpas Asépticas	
Edulcorantes	

Fuente: Elaboración Propia (2020)

D. Características generales de las plantas de la empresa de bebidas no alcohólicas en Venezuela

En el presente trabajo de grado se hará referencia a las cinco (5) plantas productoras de La Empresa de bebidas no alcohólicas. A continuación, se muestra la Tabla IV, donde se establece el código para cada una de las plantas, con su capacidad de almacenamiento y las coordenadas de la ubicación geográfica de cada una de ellas, en la siguiente figura se mostrará la ubicación nacional de cada planta productora.[5]

Tabla IV: Código de cada planta productora de La Empresa de bebidas no alcohólicas, su capacidad de almacenamiento y coordenadas geográficas

anta	Código	Capacidad almacenamiento (Posiciones Piso)	Coordenada X	Coordenada Y
Los Cortijos	RP01	25	66,83005000	10,48221000
Caucagua	RP02	111	66,35642200	10,25797600
Maracaibo	RP05	25	71,68825500	10,54462300
San Pedro	RP06	57	67,08791401	10,36571544
Barcelona	RP09	24	64,64069676	10,12260619

Fuente: La Empresa (2020)



Figura 3: Ubicación nacional de las plantas de La Empresa de bebidas no alcohólicas. Fuente: Elaboración Propia (2020)

E. Descripción de la información de almacenes externos con los que cuenta La Empresa productora de bebidas no alcohólicas

El objetivo principal de la utilización de los almacenes externos consiste en el almacenamiento o resguardo a nivel nacional de la materia prima y el material de empaque de La Empresa de bebidas no alcohólicas. En la Tabla V se establece el código para cada almacén externo con los que cuenta La Empresa, la capacidad de almacenamiento en posiciones piso y los costos logísticos de la operación por posición piso de cada una de las instalaciones de almacenamiento, el costo de cada posición piso incluye toda la operación logística de los almacenes externos.[5]

Tabla V: Código de cada almacén externo con los que cuenta La Empresa de bebidas no alcohólicas, la capacidad de almacenamiento en posiciones piso y el costo de toda la operación logística de los almacenes externos en posición piso de cada almacén (USD)

Almacén Externo	Código	Capacidad almacenamiento (Posición Piso)	Costo Almacenamiento por cada Posición Piso (\$)
Colnorte	AE001	113	\$1
Evaristo	AE002	134	\$4
Altomac	AE003	754	\$6
Aerocav	AE004	257	\$5
Snack	AE005	503	\$3
Guaracarumbo	AE006	440	\$2
Oriente	AE007	277	\$2

Fuente: La Empresa (2020)

F. Método de almacenamiento utilizado por la empresa de bebidas no alcohólicas

La Empresa de bebidas no alcohólicas utiliza el almacenaje en bloque [5] de manera estandarizada en todos los espacios de almacenamiento de materia prima y material de empaque; cada uno de los materiales tiene una ficha técnica donde muestra cuál debe ser su apilamiento; esto puede variar según las características y resistencias de cada material, pudiendo apilarse de dos, tres y hasta cuatro paletas, inclusive algunos materiales no pueden ser apilados.

La unidad de medida base de almacenamiento estandarizada por la Empresa es la posición piso, este es el espacio horizontal que ocupa una paleta en el piso.

En la Figura 4 se puede observar cómo es el almacenamiento en bloques en una posición piso. Dimensiones de las paletas (0.9 m * 1.20 m).

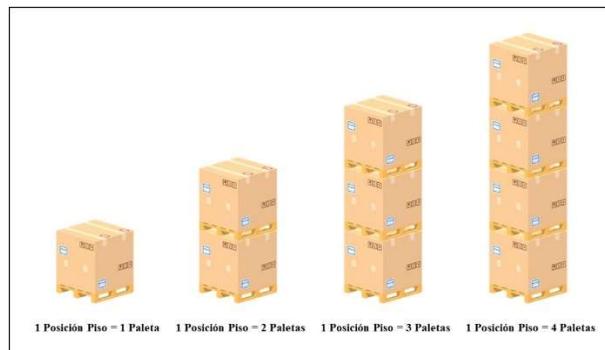


Figura 4: Almacenamiento en bloque en una Posiciones Piso. **Fuente:** Elaboración Propia (2020)

G. Descripción del funcionamiento actual de la distribución o acarreo de materia prima y material de empaque entre almacenes externos y plantas productoras

Se presenta un esquema detallado del actual funcionamiento de la distribución o acarreo de materia prima y material de empaque a cada una de las plantas desde los almacenes externos (Figura 5).

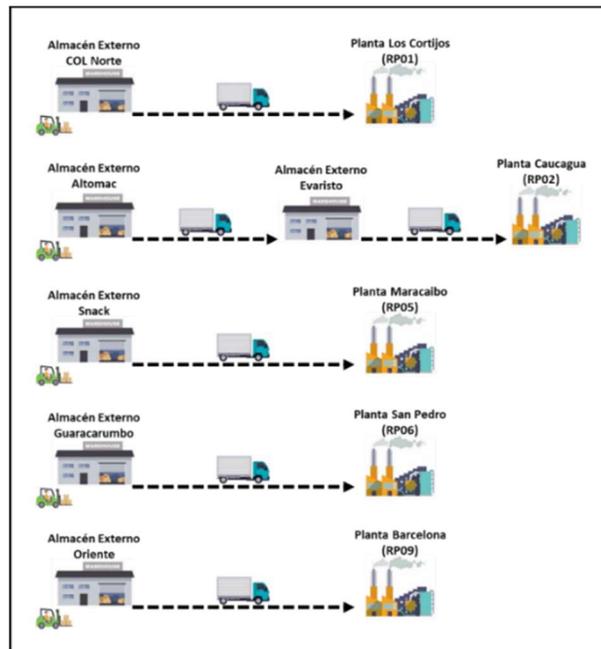


Figura 5: Representación del funcionamiento de distribución de materia prima y material de empaque desde los almacenes externos a las plantas productoras en la actualidad. **Fuente:** Elaboración Propia (2020)

H. Descripción general de la flota existente para la distribución de materia prima y empaque

La Empresa opera su distribución o acarreo mediante flota externa contratada, los volúmenes de demanda de insumos normalmente son bastante abundantes, y debido a esto se requiere de una logística y una flota específica para su cumplimiento. En la Tabla VI se presentan las características de la flota de transporte primario que operan desde los almacenes externos hasta las plantas destino.

Tabla VI: Descripción de flota externa de camiones con la que cuenta La Empresa

Características Flota	
Flota externa	100 transportes operativos
Tipo de transporte	Gandola (5 Ejes- 6 Ejes)
Capacidad Max (TON)	30.000 (TON)
Carga Promedio (TON)	28.800 (TON)
Carga Max (Paletas)	20 paletas (0.9m * 1.2m)

Fuente: La Empresa (2020)

La medida estándar de La Empresa para el almacenamiento es la posición piso, en el caso del transporte también lo es, con la diferencia que los materiales no pueden ser trasladados de forma apilada dentro del camión, debido a las dimensiones del mismo, solo se puede acarrear 20 posiciones piso sin

apilamiento. En la siguiente figura se puede observar la representación de la vista lateral y la vista aérea de cómo es el acarreo de materiales y las posiciones piso que pueden ser ocupadas sin apilamiento en el camión. Dimensiones de las paletas (0.9 m * 1.20 m).

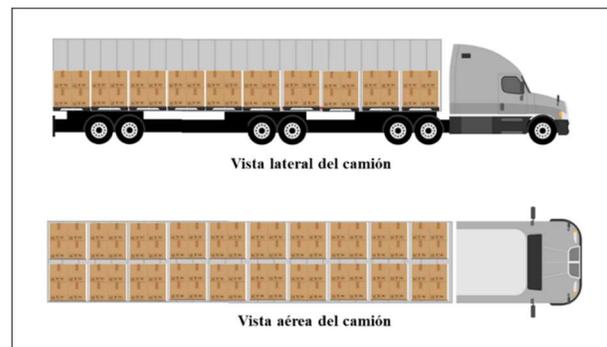


Figura 6: Esquematización de acarreo de materiales **Fuente:** Elaboración Propia (2020)

Estudio de la variabilidad de la demanda

La variabilidad de la demanda es uno de los principales desafíos que afectan a la gestión eficaz de la cadena de suministro. La volatilidad, incertidumbre, complejidad y la ambigüedad son las cuatro causas principales de la variabilidad de la demanda [6]. Cuando se producen grandes cambios en las ventas de producto terminado debido al pánico en las compras, el impacto de esta demanda repentina se magnifica a medida que se mueve hacia arriba en la cadena de suministros [6]. Las estanterías vacías de las tiendas provocan pánico en las compras, los minoristas pierden ventas potenciales, los distribuidores se apresuran a determinar quién debe recibir qué de un producto en particular, y los fabricantes se ven inundados por estos repentinos e inesperados picos de demanda [6].

El estudio de la variabilidad de la demanda se entenderá como la fuente de información principal para la correcta gestión de la cadena, punto de partida para planes de producción confiables.

Es necesario conocer el presente para prepararse para el futuro, para hacer esto es preciso estimar lo que ocurrirá de hoy en adelante. Para el estudio de la variabilidad de la demanda se estudió el comportamiento de esta durante el año operacional (oct2019 - sep2020); con este estudio se busca obtener el método que permita entonces su estimación futura.

En la figura 7, se muestra un gráfico que muestra el comportamiento de la demanda de producto de La Empresa para el año fiscal octubre 2019 - septiembre 2020.



Figura 7: Representación gráfica del comportamiento de la demanda del portafolio de producto terminado de La Empresa de bebidas no alcohólicas a nivel nacional. **Fuente:** La Empresa (2020)

Para el estudio de la variabilidad de la demanda se utilizó el coeficiente de variación [7], buscando obtener el método que permita la estimación de la demanda futura.

Cálculo del coeficiente de variación (CV):

Siendo “S” la la desviación estándar de la muestra tomada para el estudio; y “ \bar{X} ” la media muestral, se obtuvo que:

$$S = 73.323,92 \quad \bar{X} = 286.758,61$$

Ecuación 2. Ecuación para cálculo del coeficiente de variación

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{73.323,92}{286.758,61} \times 100\% = 26\%$$

Cuando el $CV \geq 25\%$ [8], la demanda es variable ya que cambia constantemente con el tiempo, lo que se dificulta pronosticarla con precisión y, por tanto, no debería de utilizarse el cálculo de lote económico (EOQ). [9]

Debido a que la demanda es de tipo variable y se deberían de usar técnicas heurísticas o modelos de optimización para construir un modelo de inventario adecuado [8]. El Comité de Consenso, instancia encargada de la validación de los planes, constituido por las áreas de mercadeo, ventas y planificación del abastecimiento de La Empresa, realizó una sesión donde desarrollaron algunas estrategias de ventas, de donde se obtuvieron los volúmenes de demanda.

I. Escenarios de volúmenes de crecimiento escalonado de la demanda

Mensualmente, se realiza una sesión del comité de consenso en donde se ajustan los planes de producción con la información de las variaciones de mercado resultado de la información proveniente de los clientes.

Por decisión del comité de consenso, se realizó un ajuste en el volumen estimado para el manejo de escenarios de aumento de producción considerando la información proveniente de clientes.

El panel de expertos del comité de consenso consideró que es importante prepararse para el incremento de volumen, ocasionado por los impulsos de ventas, aumentos en la participación de mercado y decisiones estratégicas de la organización. Luego de una sesión del comité donde desarrollaron sus estrategias de venta, se obtuvieron los volúmenes de demanda; en la siguiente tabla se muestran los tres volúmenes de demanda desarrollados según las estrategias del comité.

Tabla VII: Escenarios de Volúmenes escalonados de demanda

Escenarios de volúmenes de demanda	Volumen de producto terminado (Cajas de Producto Terminado)
1	395.956
2	534.540
3	721.629

Fuente: La Empresa (2020)

V. RESULTADOS

A. Necesidad de espacio en metro cuadrado (m^2) y posiciones piso

La Herramienta de Estimación de Metros Cuadrados es la empleada por la Gerencia de Almacenes y Materiales para los requerimientos de espacio [5], con ayuda de una receta de materiales para la producción de cada SKU, el maestro de materiales, el inventario actualizado y el volumen de demanda, esta herramienta realiza una explosión de materiales,

obteniendo como resultado las necesidades requeridas para el almacenamiento y para la producción en las medidas en metro (m^2) cuadrado y posición piso (Pos. Piso) para cada una de las plantas productoras y por tipo de material. En la siguiente tabla se muestra la necesidad de espacio de almacenamiento en metros cuadrados (m^2), obtenidos de la Herramienta de Estimación de Metros Cuadrados (m^2) una vez cargados cada uno de los escenarios de volumen de demanda y el inventario de materiales actualizado.

Tabla VIII: Necesidad de almacenamiento en metros cuadrados (m^2) por cada planta productora, tipo de material y volumen de demanda

Planta	Empaque	Necesidad almacenamiento (m^2)		
		Volumen # 1	Volumen # 2	Volumen # 3
RP01	Preformas / Botella Soplada / Latas	39	51	71
	Cartón / Plástico / Tapas	49	67	88
	Materia Prima	78	106	143
Total RP01		166	224	302
RP02	Preformas / Botella Soplada / Latas	96	69	98
	Cartón / Plástico / Tapas	270	381	390
	Materia Prima	43	38	57
Total RP02		409	488	545
RP05	Preformas / Botella Soplada / Latas	14	14	18
	Cartón / Plástico / Tapas	92	100	114
	Materia Prima	10	8	12
Total RP05		116	122	144
RP06	Preformas / Botella Soplada / Latas	203	281	379
	Cartón / Plástico / Tapas	106	151	215
	Materia Prima	0	0	0
Total RP06		309	432	594
RP09	Preformas / Botella Soplada / Latas	45	45	49
	Cartón / Plástico / Tapas	133	139	149
	Materia Prima	10	10	10
Total RP09		188	194	208
Total		1188	1460	1.793

Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la siguiente tabla se muestra la necesidad de espacio de almacenamiento en posiciones piso (Pos. Piso), obtenidos de la Herramienta de Estimación de Metros Cuadrados (m^2).

Tabla IX: Necesidad de almacenamiento en posiciones piso (Pos. Piso) por cada planta productora, tipo de material y volumen de demanda

Planta	Empaque	Necesidad almacenamiento (Pos. Piso)		
		Volumen #1	Volumen #2	Volumen #3
RP01	Preformas / Botella Soplada / Latas	20	26	36
	Cartón / Plástico / Tapas	25	34	45
	Materia Prima	40	54	73
Total RP01		85	114	154
RP02	Preformas / Botella Soplada / Latas	49	35	50
	Cartón / Plástico / Tapas	138	195	200
	Materia Prima	22	19	29
Total RP02		209	249	279
RP05	Preformas / Botella Soplada / Latas	7	7	9
	Cartón / Plástico / Tapas	47	51	58
	Materia Prima	5	4	6
Total RP05		59	62	73
RP06	Preformas / Botella Soplada / Latas	104	144	194
	Cartón / Plástico / Tapas	54	77	110
	Materia Prima	0	0	0
Total RP06		158	221	304
RP09	Preformas / Botella Soplada / Latas	23	23	25
	Cartón / Plástico / Tapas	68	71	76
	Materia Prima	5	5	5
Total RP09		96	99	106
Total		607	745	916

Fuente: Elaboración Propia (2020)

B. Necesidad para la producción en posiciones piso (Pos. Piso) por cada planta según cada escenario de volumen de demanda

Se calculó la necesidad de materiales para la producción de cada una de las plantas, y cada escenario de volumen de demanda en posiciones piso (Pos. Piso), se realizó según el tipo de empaque, a través de la Herramienta de Estimación de Metros Cuadrados proporcionada por La Empresa. [5]

Esta necesidad se calculó para poder obtener las cantidades de posiciones piso a trasladar desde los almacenes externos hasta las plantas para así cumplir con el plan de producción.

En la siguiente tabla se muestran las necesidades de materiales para la producción por cada planta en posiciones piso (Pos. Piso).

Tabla X: Necesidad de materiales para la producción en posiciones piso (Pos. Piso) por cada planta, tipo de material y volumen de demanda

Planta	Empaque	Necesidad de producción (Pos. Piso)		
		Volumen # 1	Volumen # 2	Volumen # 3
RP01	Preformas / Botella Soplada / Latas	11	15	20
	Cartón / Plástico / Tapas	15	22	29
	Materia Prima	22	28	38
Total RP01		48	65	87
RP02	Preformas / Botella Soplada / Latas	31	30	32
	Cartón / Plástico / Tapas	104	156	181
	Materia Prima	17	26	35
Total RP02		152	212	248
RP05	Preformas / Botella Soplada / Latas	5	7	8
	Cartón / Plástico / Tapas	16	22	29
	Materia Prima	3	3	4
Total RP05		24	32	41
RP06	Preformas / Botella Soplada / Latas	60	113	163
	Cartón / Plástico / Tapas	44	65	72
	Materia Prima	0	0	0
Total RP06		104	178	235
RP09	Preformas / Botella Soplada / Latas	7	9	12
	Cartón / Plástico / Tapas	21	27	37
	Materia Prima	3	4	5
Total RP09		31	40	54
Total		359	527	665

Fuente: Elaboración Propia (2020)

C. Cálculo cantidad de vehículos para acarreo

La Gerencia de Almacenes y Materiales utiliza como medida de almacenamiento posiciones piso [5], resguardando así los materiales en bloque según lo que indique la ficha técnica de almacenamiento de cada uno. En el caso de transporte la medida base utilizada también es posiciones piso, con la particularidad de que las paletas de los materiales no pueden ir apiladas en el camión debido a su altura.

Para esta investigación, como se menciona anteriormente, se clasificaron los materiales en tres grandes grupos, buscando la similitud de cada uno de los materiales según su ficha técnica de almacenamiento. Dentro de esta clasificación, aunque todos los materiales sean de la misma naturaleza o muy similares, cada uno de ellos (en su ficha técnica) describe casi siempre apilamientos diferentes; por ejemplo, en el caso de las tapas cada una de ellas se apila de forma distinta, algunas ni siquiera pudiendo apilarse; al conocer que no todos los materiales se apilan igual, sabiendo que los cálculos realizados para

las necesidades de almacenamiento están en posiciones piso y que en el camión, los materiales a acarrear no pueden ir apilados, es difícil saber con exactitud cuántos camiones se requieren para acarrear y satisfacer la necesidad para la producción. Por esto, el cálculo de la cantidad de viajes se realizó bajo el escenario donde todos los materiales que ocupan una posición piso estarán apilados de cuatro (4) paletas, partiendo de la premisa, de que esta corresponde a la máxima cantidad permitida de apilamiento para algunos de los materiales.

D. Análisis de los requisitos optativos e indispensables para cada escenario de almacenamiento

En la siguiente tabla se mostrarán los requerimientos optativos e indispensables para la operación de los escenarios de almacenamiento.

Tabla XI: Lista de requerimientos optativos e indispensables para la operación de los escenarios de almacenamiento

Escenario	Requisitos optativos	Requisitos indispensables
Escenario de Almacenamiento #1	<ul style="list-style-type: none"> Método de almacenamiento de materiales diferente al de bloque. Disponibilidad de un sistema del operador logístico que permita hacer seguimiento al control de existencias y movimientos de los materiales 	<ul style="list-style-type: none"> La instalación de almacenamiento debe estar ubicada en un perímetro menor a 15 km de la planta de manufactura. La capacidad de la instalación externa debe ser mayor a la necesidad de almacenamiento de la planta de manufactura. Capacitación del personal en los procesos de almacenamiento y distribución de materia prima y material de empaque. Cumplimiento con estándares de inocuidad para todas las instalaciones de almacenamiento. Disponibilidad de un sistema de acarreo asociado a cada planta de manufactura, dimensionado al volumen de la necesidad de producción, que garantice un flujo continuo de las movilizaciones de material. Disponibilidad de un sistema propio que permita hacer seguimiento al control de existencias y movimientos de los materiales.

Escenario de Almacenamiento #2	<ul style="list-style-type: none"> Método de almacenamiento de materiales diferente al de bloque. Disponibilidad de un sistema del operador logístico que permita hacer seguimiento al control de existencias y movimientos de los materiales 	<ul style="list-style-type: none"> Para el inicio de las operaciones se debe trasladar las necesidades de almacenamiento externo al centro de distribución seleccionado. La capacidad de posiciones piso de los almacenes externos debe ser mayor a la necesidad de almacenamiento. Para los tres escenarios de volumen analizados en este proyecto las capacidades de almacenamiento se encuentran sobredimensionadas. Capacitación del personal en los procesos de almacenamiento y distribución de materia prima y material de empaque. Aumento del lead time debido al aumento de las distancias entre el almacén externo y las plantas. Esto requiere un mayor grado de control sobre las operaciones y planificación de los procesos de acarreo. Cumplimiento con estándares de inocuidad para todas las instalaciones de almacenamiento. Disponibilidad de un sistema de acarreo nacional, dimensionado al volumen de la necesidad de producción, que garantice un flujo continuo de las movilizaciones de material y disminuya los lead times de los traslados. Disponibilidad de un sistema propio que permita hacer seguimiento al control de existencias y movimientos de los materiales.
Escenario de Almacenamiento #3	<ul style="list-style-type: none"> Método de almacenamiento de materiales diferente al de bloque. Disponibilidad de un sistema del operador logístico que permita hacer seguimiento al control de existencias y movimientos de los materiales 	<ul style="list-style-type: none"> Algunas de las necesidades de almacenamiento de las plantas ya se encuentran resguardadas en los almacenes externos destinados según la optimización, se deben trasladar el resto de las necesidades de almacenamiento a las instalaciones destino para su resguardo. La capacidad de la instalación externa debe ser mayor a la necesidad de almacenamiento de la planta de manufactura. Para los tres escenarios de volumen analizados en este proyecto las capacidades de almacenamiento se encuentran sobredimensionadas. Capacitación del personal en los procesos de almacenamiento y distribución de materia prima y material de empaque. Cumplimiento con estándares de inocuidad para todas las instalaciones de almacenamiento. Disponibilidad de un sistema de acarreo nacional, dimensionado al volumen de la necesidad de producción, que garantice un flujo continuo de las movilizaciones de material y disminuya los lead times de los traslados. Disponibilidad de un sistema propio que permita hacer seguimiento al control de existencias y movimientos de los materiales.

Fuente: Elaboración Propia (2020)

E. Realización de escenarios de almacenamiento de materia prima y material de empaque

Una vez logrados los objetivos específicos y analizar el esquema actual de la logística de distribución de las materias primas y los materiales de empaque a las diferentes plantas, se procede a desarrollar los diferentes escenarios para la distribución de los materiales.

El principal punto es evaluar distintas alternativas de almacenamiento de materia prima y empaque, para así poder distribuir a cada una de las plantas con el mínimo costo de las operaciones de almacenamiento y transporte.

Debido a la coyuntura país La Empresa ha tenido que ajustar sus espacios de almacenamiento según el decrecimiento de sus volúmenes de venta, es decir, se han cerrado una gran cantidad de almacenes externos de materia prima y de empaque con operaciones logísticas tercerizadas.

La Empresa previendo que se reactive la economía en el país, y, por tanto, aumento de la venta y de la producción en escenarios con un crecimiento de volumen de manera escalonada, se verá en la necesidad de dimensionar nuevamente sus espacios de almacenamiento para la materia prima y material de empaque, debido a esto se busca evaluar cuál será la mejor ubicación y estrategia de almacenamiento para los materiales.

Para esto, se generaron tres (3) escenarios de almacenamiento externo, los cuales consisten en determinar dentro de la red de distribución un almacén externo por cada una de las plantas que solo resguarde la demanda de almacenamiento de cada planta, un modelo centralizado de materiales que permita la distribución a todas las plantas del territorio nacional o un modelo de optimización que busque minimizar los costos de transporte y almacenamiento de los materiales.

El primer escenario de almacenamiento es con el que La Empresa opera actualmente el acarreo y almacenamiento de materiales. Este escenario consiste en tener uno o varios almacenes externos que resguarden los materiales únicamente de dicha planta de producción cercana. Con el fin de siempre tener cerca las necesidades materiales para la producción.

Para la segunda alternativa o escenario de almacenamiento, se buscó realizar un centro de distribución de materiales, ubicándolo por el método del Centro de Gravedad [10], esta instalación debe ser

capaz de resguardar las necesidades de almacenamiento de las plantas productoras a nivel nacional.

El tercer escenario de almacenamiento consiste en la esquematización de un modelo de minimización para la evaluación de la distribución de materiales desde los almacenes externos hasta las diferentes plantas productoras, para este modelo se tomaron en cuenta todas las variables, premisas y los diferentes parámetros establecidos por la Gerencia de Almacenes y Materiales, con el fin de establecer donde se resguardaran las necesidades de almacenamiento de materia prima y materiales de empaque de las diversas plantas productoras con el mínimo costo. Los tres (3) escenarios de almacenamiento se deben analizar en los tres (3) volúmenes escalonados de demanda.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por cada escenario de almacenamiento. Para los cálculos efectuados la unidad de almacenamiento utilizada es posiciones piso y el periodo de tiempo es un mes de producción en cada uno de los casos. Por otro lado, vale acotar que este valor utilizado fue multiplicado por un factorial debido a la confidencialidad de la información de La Empresa.

- Escenario de Almacenamiento # 1

La primera alternativa o escenario de almacenamiento consiste en tener uno o varios almacenes externos cercanos a cada una de las plantas, es decir, instalaciones contratadas donde únicamente se resguarden las necesidades de almacenamiento de dichas plantas cercanas. Este escenario es con el que La Empresa opera actualmente. El cálculo se realizó para los tres (3) volúmenes de demanda establecidos por La Empresa.

- Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen # 1

Para el cálculo de los costos logísticos del primer escenario de almacenamiento, se utilizó la información de cómo opera La Empresa en el resguardo y acarreo de los materiales desde los almacenes externos hasta las plantas productoras en la actualidad, adicionalmente se requirió la información antes detallada de los costos de almacenamiento externo y costos del transporte desde los diferentes almacenes

externos hasta las cinco (5) plantas productoras, así como la capacidad de almacenamiento de los almacenes externos y la capacidad de los almacenes internos de cada planta. Las necesidades de almacenamiento de materiales y necesidades de producción.

Validación del modelo propuesto

El modelo propuesto fue validado utilizando como prueba el mes de febrero 2020, los datos y los costos de la operación de la fecha descrita, fueron facilitados por la Gerencia de Almacenes y Materiales. Para la validación [4] del escenario #1, se realizaron los cálculos de las necesidades de almacenamiento y producción para el volumen de 305.201 cajas de producto terminado producidas en febrero 2020, posteriormente se realizaron los cálculos de la operación logística del primer escenario de almacenamiento.

Para la validación del modelo, la diferencia porcentual entre el costo total suministrado por la Gerencia de Almacenes y Materiales y el costo total calculado debe ser menor o igual a un 5% de error con un 95% de confiabilidad. En la siguiente tabla se observa la

comparación del resultado del costo (USD) de la operación de almacenamiento y transporte calculado y el costo de la operación del mes de febrero 2020 otorgado por la Gerencia de Almacenes y Materiales.

Tabla XII: Costos logísticos (USD) de la validación del modelo

	Costo Total (Calculado)	Costo Total (febrero 2020)
Costo Total	\$813	\$817
Costo de almacenamiento	\$502	\$510
Costo de Transporte	\$310	\$307

Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la siguiente tabla se muestra el costo logístico de almacenamiento y transporte de los materiales para Escenario de almacenamiento # 1 Volumen # 1

Tabla XIII: Costo Logístico (USD) Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen #1

Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen #1																
Planta	Capacidad almacén planta (Pos.)	Necesidad Almacenamiento (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento Externo	Almacén Externo	Capacidad Almacén Externo (Pos. Piso)	Cantidad a almacenar por instalación (Pos. Piso)	Costo almacenamiento por cada nos. Piso (\$)	Costo total almacenamiento to (\$)	Necesidad Producción (Pos. Piso)	Necesidad transporte (Pos. Piso)	Cantidad de viajes (mes)	Costo por cada viaje para cada Pos. Piso (\$)	Costo Total Transporte (\$)	Costo Total por almacén (\$)	Costo Total operación (\$)	
RP01	25	85	60	Colnorte	135	60	\$1	\$60	48	23	5	\$7	\$35	\$95	\$95	
RP02	111	209	98	Evaristo	134	98	\$4	\$392	152	41	9	\$7	\$63	\$455	\$455	
				Altomac	754	0	\$6	\$0								0
RP05	25	59	34	Snack	503	34	\$3	\$102	24	0	0	\$14	\$0	\$102	\$102	
RP06	57	158	101	Guaracarumbo	440	101	\$2	\$202	104	47	10	\$12	\$120	\$322	\$322	
RP09	24	96	72	Oriente	277	72	\$2	\$144	31	7	2	\$8	\$16	\$160	\$160	
TOTAL															\$1.134	

Fuente: Elaboración Propia (2020)

- Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen # 2

En la siguiente tabla se muestra el costo logístico de almacenamiento y transporte de los materiales para Escenario de almacenamiento # 1 Volumen # 2.

Tabla XIV: Costo Logístico (USD) Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen #2

Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen #2															
Planta	Capacidad almacén planta (Pos.)	Necesidad Almacenamiento (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Almacén Externo	Capacidad Almacén Externo (Pos. Piso)	Cantidad a almacenar por instalación (Pos. Piso)	Costo almacenamiento por cada piso (\$)	Costo total almacenamiento (\$)	Necesidad Producción (Pos. Piso)	Necesidad transporte (Pos. Piso)	Cantidad de viajes (mes)	Costo por cada viaje para cada Piso (\$)	Costo Total Transporte (\$)	Costo Total por almacén (\$)	Costo Total operación (\$)
RP01	25	114	89	Colnorte	135	89	\$1	\$89	65	40	8	\$7	\$56	\$145	\$145
RP02	111	249	138	Evaristo	134	134	\$4	\$536	212	101	21	\$7	\$147	\$683	\$707
				Altomac	754	4	\$6	\$24							
RP05	25	62	37	Snack	503	37	\$3	\$111	32	7	2	\$14	\$28	\$139	\$139
RP06	57	221	164	Guaracarumbo	440	164	\$2	\$328	178	121	25	\$12	\$300	\$628	\$628
RP09	24	99	75	Oriente	277	75	\$2	\$150	40	16	4	\$8	\$32	\$182	\$182
TOTAL															\$1.801

Fuente: Elaboración Propia (2020)

- Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen # 3

En la siguiente tabla se muestra el costo logístico de almacenamiento y transporte de los materiales para Escenario de almacenamiento # 1 Volumen # 3.

Tabla XV: Costo Logístico (USD) Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen # 3

Escenario de Almacenamiento # 1 Volumen #1															
Planta	Capacidad almacén planta (Pos.)	Necesidad Almacenamiento (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Almacén Externo	Capacidad Almacén Externo (Pos. Piso)	Cantidad a almacenar por instalación (Pos. Piso)	Costo almacenamiento por cada piso (\$)	Costo total almacenamiento (\$)	Necesidad Producción (Pos. Piso)	Necesidad transporte (Pos. Piso)	Cantidad de viajes (mes)	Costo por cada viaje para cada Piso (\$)	Costo Total Transporte (\$)	Costo Total por almacén (\$)	Costo Total operación (\$)
RP01	25	154	129	Colnorte	135	129	\$1	\$129	87	62	13	\$7	\$91	\$220	\$220
RP02	111	279	168	Evaristo	134	134	\$4	\$536	248	137	28	\$7	\$196	\$732	\$936
				Altomac	754	34	\$6	\$204							
RP05	25	73	48	Snack	503	48	\$3	\$144	41	16	4	\$14	\$56	\$200	\$200
RP06	57	304	247	Guaracarumbo	440	247	\$2	\$494	235	178	36	\$12	\$432	\$926	\$926
RP09	24	106	82	Oriente	277	82	\$2	\$164	54	30	6	\$8	\$48	\$212	\$212
TOTAL															\$2.494

Fuente: Elaboración Propia (2020)

- Escenario de Almacenamiento # 2

La segunda alternativa o escenario de almacenamiento consiste en ubicar geográficamente un centro de distribución por el método del centro de gravedad [10], este centroide debe ser capaz de almacenar las necesidades de materia prima y material de empaque de las plantas productoras a nivel nacional. Este escenario se debe realizar para

los tres (3) volúmenes escalonados establecidos por La Empresa.

Para el cálculo del centro de gravedad se tomaron en consideración las plantas RP02, RP05 y RP09, debido a que estas plantas elaboran productos terminados comunes entre sí. En caso de las plantas RP01 y RP06 por requerimiento de La Empresa su almacenamiento externo debe permanecer cercanos a ellas.

• Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen # 1

La Gerencia de Almacenes y Materiales estableció como premisa para el segundo escenario de almacenamiento, que solo se tomarían en consideración para el cálculo del Centro de Gravedad las plantas que tengan productos terminados comunes en su producción.

Para el caso de RP01 la necesidad de almacenamiento se resguardará en el Almacén Externo de Colnorte y la necesidad de almacenamiento de RP06 se resguardará en el Almacén Externo Guaracarumbo.

Para el cálculo de las coordenadas del centro de distribución de materiales, se utilizaron las ecuaciones propuestas para la aplicación del método del centro de gravedad (ecuaciones 2 y 3) [10], las coordenadas geográficas de cada planta productora tabla IV, y la necesidad de los materiales que se debían transportar (pos. piso). El cálculo de la cantidad de viajes requeridos para transportar los materiales, se realizó en la Tabla XVI.

Ecuación 2. Ecuación coordenada de ubicación eje X

$$X_0 = \frac{(\sum Xi \times Pi)}{\sum Pi}$$

Ecuación 3. Ecuación coordenada de ubicación eje Y

$$Y_0 = \frac{(\sum Yi \times Pi)}{\sum Pi}$$

En la siguiente tabla se muestran los datos necesarios para el cálculo de las coordenadas geográficas del centro de distribución.

Tabla XVI: Necesidad de materiales a transportar para el volumen # 1 y las coordenadas geográficas de cada planta productora

Código	Necesidad transporte para cubrir plan (Pos. Piso)	Coordenadas X	Coordenadas Y
RP02	41	-66,356422	10,257976
RP05	0	-71,688255	10,544623
RP09	7	-64,640697	10,122606
Total	48		

Fuente: Elaboración propia (2020)

Cálculo de ecuaciones para determinar coordenadas geográficas del centro de distribución de materiales. [10]

$$X_0 = \frac{(-66,356422 \times 41) + (-71,688255 \times 0) + (-64,640697 \times 7)}{48}$$

$$X_0 = -66,10621207$$

$$Y_0 = \frac{(10,257976 \times 41) + (10,544623 \times 0) + (10,122606 \times 7)}{48}$$

$$Y_0 = 10,23823457$$

En la siguiente tabla se observan las coordenadas geográficas del centro de distribución de materiales para el volumen # 1.

Tabla XVII: Coordenadas del Centro de Distribución para el volumen # 1

Coordenadas Centro de Distribución Volumen # 1	
Coordenada X	Coordenada Y
-66,10621207	10,23823457

Fuente: Elaboración Propia (2020)



Figura 7: Ubicación geográfica del Centro de Distribución según el uso del método del Centro de Gravedad Volumen #1. **Fuente:** Elaboración Propia (2020)

Luego de obtener la ubicación geográfica del centro de distribución, se realizó una matriz de selección con los diversos almacenes externos con los que cuenta La Empresa de bebidas no alcohólicas.

La Gerencia de Almacenes y Materiales para la ubicación del centro de distribución, seleccionó y priorizó los criterios que se evaluaron en la matriz de selección [11], los criterios fueron valorados del 1 a 3, siendo el número 3 el más importante. En la siguiente tabla se observan los criterios y su ponderación.

Tabla XVIII: Escala de prioridad de criterios de la matriz de selección para la selección del centro de distribución

Escala de prioridad	Criterios
1	Capacidad de ocupación mayor o igual a 400 (m ²)
2	Cumplimiento con estándares de inocuidad
3	Ubicación de fácil acceso y una distancia máxima de 70 km desde el centroide (1hr de distancia)

Fuente: Empresa (2020)

Para la resolución de la matriz de selección [11] se utilizaron 3 valores en la escala, se cumple, se cumple medianamente y no se cumple, esto se realizó con el fin de saber cuáles almacenes externos se ajustan mejor a los criterios mencionados anteriormente. En la siguiente tabla podemos ver la escala con su respectivo valor numérico.

Tabla XIX: Escala de selección para la matriz de selección

Escala de selección	
1	No se cumple
2	Cumple medianamente
3	Cumple

Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la tabla XX se observa la valoración asignada para cada almacén externo según el criterio establecido. En la última fila se encuentra el resultado de la totalización de la multiplicación de las valoraciones de los criterios y las escalas asignadas por la Gerencia de Almacenes y Materiales. Esta matriz se realizó en una mesa de trabajo en conjunto de expertos de la Gerencia de Almacenes y Materiales.

Tabla XX: Escala de selección para la matriz de selección

Matriz de Selección Centro de Distribución Volumen #1								
Escala de prioridad	Criterios	Altomac	Evaristo	Aerocav	Colnorte	Snack	Guaracaru mhn	Oriente
1	Cumplimiento con estándares de inocuidad	3	3	3	3	3	3	3

Tabla XXI: Costos Logísticos (USD) Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen #1

Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen #1															
Planta	Capacidad almacén planta (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Necesidad Total Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Almacén Externo	Capacidad Almacén Externo (Pos. Piso)	Costo almacenamiento por cada pos. Piso (\$)	Costo total almacenamiento (\$)	Necesidad Producción por planta (Pos. Piso)	Necesidad transporte para cubrir plan (Pos. Piso)	Cantidad de viajes	Costo por cada viaje (\$)	Costo Total Transporte (\$)	Costo Total transporte por almacén (\$)	Costo Total operación (\$)
RP02	111	209	98	204	Aerocav	257	\$5	\$1.020	152	41	9	\$15	\$135	\$241	\$1.261
RP05	25	59	34						24	0	0	\$129	\$0		
RP09	24	96	72						31	7	2	\$53	\$106		
RP01	25	85	60	60	Colnorte	135	\$1	\$60	48	23	5	\$7	\$35	\$35	\$95
RP06	57	158	101	101	Guaracurumbo	440	\$2	\$202	104	47	10	\$12	\$120	\$120	\$322
Total															\$1.678

2	Ubicación de fácil acceso y una distancia máxima de 70 km desde el centroide (1hr de distancia)	3	3	3	1	1	1	1
3	Capacidad de ocupación mayor o igual a 400 (m ²)	3	1	3	1	1	1	1
Total		18	16	18	10	10	10	10

Fuente: Elaboración Propia (2020)

Luego de realizar la matriz de selección para el volumen # 1, dos de los almacenes externos contaban con los criterios de selección establecidos. Una vez mostrados los resultados a La Gerencia de Almacenes y Materiales, esta incorporó un nuevo criterio acerca del costo logístico [12] (USD) de cada una de las instalaciones, siendo la opción más económica por posición piso de almacenaje.

Para el cálculo de los costos logísticos del segundo escenario de almacenamiento, se requirió la información antes detallada de los costos de almacenamiento externo y costos del transporte desde los diferentes almacenes externos hasta las cinco (5) plantas productoras descritos en las Tablas 6 y 8, así como la capacidad de almacenamiento de los almacenes externos y la capacidad de los almacenes internos de cada planta productora Tabla 5 y 6.

Las necesidades de almacenamiento de materiales (Pos. Piso) y necesidades de producción (Pos. Piso) que se utilizaron están en las tablas IX y X. En la siguiente tabla se muestran los costos logísticos (USD) de la operación del centro de distribución, junto con la operación de almacenamiento y transporte de las plantas independientes para el volumen # 1.

Fuente: Elaboración Propia (2020)

• Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen # 2
Luego de realizar la matriz de selección para el volumen # 2, dos de los almacenes externos contaban con los criterios de selección establecidos, una vez mostrados los resultados a La Gerencia de Almacenes y Materiales, esta seleccionó un nuevo criterio acerca del costo logístico de cada una de las

instalaciones, siendo la opción más económica por posición piso de almacenaje. En la tabla XXII se muestran los costos logísticos (USD) de la operación del centro de distribución, junto con la operación de almacenamiento y transporte de las plantas independientes para el volumen # 2.

Tabla XXII: Costos Logísticos (USD) Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen #2

Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen #1															
Planta	Capacidad almacén planta (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Necesidad Total Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Almacén Externo	Capacidad Almacén Externo (Pos. Piso)	Costo almacenamiento por cada pos. Piso (\$)	Costo total almacenamiento (\$)	Necesidad Producción por planta (Pos. Piso)	Necesidad transporte para cubrir plan (Pos. Piso)	Cantidad de viajes	Costo por cada viaje (\$)	Costo Total Transporte (\$)	Costo Total transporte por almacén (\$)	Costo Total operación (\$)
RP02	111	249	138	250	Aerocav	257	\$5	\$1.250	212	101	21	\$15	\$315	\$785	\$2.035
RP05	25	62	37						32	7	2	\$129	\$258		
RP09	24	99	75						40	16	4	\$53	\$212		
RP01	25	114	89	89	Colnorte	135	\$1	\$89	65	40	8	\$7	\$56	\$56	\$145
RP06	57	221	164	164	Guaracarumbo	440	\$2	\$328	178	121	25	\$12	\$300	\$300	\$628
Total															\$2.808

Fuente: Elaboración Propia (2020)

- Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen # 3

Luego de realizar la matriz de selección para el volumen # 3, uno de los almacenes externos contaba con los criterios de selección establecidos. En la siguiente tabla se muestran los costos logísticos (\$)

de la operación del centro de distribución, junto con la operación de almacenamiento y transporte de las plantas independientes para el volumen # 3.

Tabla XXIII: Costos Logísticos (USD) Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen #3

Escenario de Almacenamiento # 2 Volumen #1															
Planta	Capacidad almacén planta (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento (Pos. Piso)	Necesidad Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Necesidad Total Almacenamiento Externo (Pos. Piso)	Almacén Externo	Capacidad Almacén Externo (Pos. Piso)	Costo almacenamiento por cada pos. Piso	Costo total almacenamiento (\$)	Necesidad Producción por planta (Pos. Piso)	Necesidad transporte para cubrir plan (Pos. Piso)	Cantidad de viajes	Costo por cada viaje (\$)	Costo Total Transporte (\$)	Costo Total transporte por almacén (\$)	Costo Total operación (\$)
RP02	111	279	168	298	Automac	754	\$6	\$1.788	248	137	28	\$15	\$420	\$1.254	\$3.042
RP05	25	73	48						41	16	4	\$129	\$516		
RP09	24	106	82						54	30	6	\$53	\$318		
RP01	25	154	129	129	Colnorte	135	\$1	\$129	87	62	13	\$7	\$91	\$91	\$220
RP06	57	304	247	247	Guaracarumbo	440	\$2	\$494	235	178	36	\$12	\$432	\$432	\$926
Total															\$4.188

Fuente: Elaboración Propia (2020)

• Escenario de Almacenamiento # 3

El tercer escenario de almacenamiento consistió en ejecutar un modelo de optimación, basado en una función objetivo de minimización del costo total de la operación logística de almacenamiento y transporte desde los almacenes externos hacia las diferentes plantas de manufactura. Las variables objetivos y restricciones del modelo fueron seleccionados alineados a los criterios establecidos por la Gerencia de Almacenes y Materiales con respecto a las políticas establecidas de apilamiento, capacidades de transporte y necesidades de producción. El objetivo del modelo fue identificar las ubicaciones de almacenamiento por tipo de material, almacén externo y posiciones a utilizar, que resultaron en el menor costo de almacenamiento y traslado. Este escenario se evaluó para los tres (3) casos de volumen de demanda.

• Escenario de Almacenamiento # 3 Volumen # 1

El modelo de optimación fue construido considerando la función objetivo como una minimización del costo logístico de almacenamiento y transporte de todos los materiales que se requieren ubicar en instalaciones externas a las plantas de manufactura. Para adaptar el modelo al complemento Solver de Microsoft® Excel, se consolidaron las necesidades en tres grupos de materiales de características similares a fin de poder lograr un modelo con menos de 200 variables que requiere el complemento para poder encontrar una solución factible. El alcance del modelo de optimación abarca a siete (7) almacenes externos que hoy tienen en la base de datos de instalaciones disponibles. Se restringió el modelo para que el almacenamiento externo de dos centros de manufactura se mantuviesen cercanos (RP01 y RP06), para estos casos se forzó el costo de almacenamiento para que siempre solucionaran considerando esta premisa de la Gerencia de Almacenes y materiales.

El modelo fue el siguiente:

Determinar la cantidad de posiciones de almacenamiento a asignar a cada almacén externo desde cada planta considerando el costo mínimo de almacenamiento y transporte de la necesidad de almacenamiento externo.

Siendo las variables de decisión:

X (Almacén externo – Planta Origen): Cantidad de posiciones de preformas, botellas sopladas o latas

asignadas en almacenes externos provenientes desde plantas.

Y (Almacén externo – Planta Origen): Cantidad de posiciones de cartón, plástico o tapas asignadas en almacenes externos provenientes desde plantas.

Z (Almacén externo – Planta Origen): Cantidad de posiciones materia prima asignadas en almacenes externos provenientes desde plantas.

Tabla XXIV: Variables de decisión del modelo

Almacén Externo	Plantas					
	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6
AE001	X _{AE001-P1}	X _{AE001-P2}	X _{AE001-P3}	X _{AE001-P4}	X _{AE001-P5}	X _{AE001-P6}
	Y _{AE001-P1}	Y _{AE001-P2}	Y _{AE001-P3}	Y _{AE001-P4}	Y _{AE001-P5}	Y _{AE001-P6}
	Z _{AE001-P1}	Z _{AE001-P2}	Z _{AE001-P3}	Z _{AE001-P4}	Z _{AE001-P5}	Z _{AE001-P6}
AE002	X _{AE002-P1}	X _{AE002-P2}	X _{AE002-P3}	X _{AE002-P4}	X _{AE002-P5}	X _{AE002-P6}
	Y _{AE002-P1}	Y _{AE002-P2}	Y _{AE002-P3}	Y _{AE002-P4}	Y _{AE002-P5}	Y _{AE002-P6}
	Z _{AE002-P1}	Z _{AE002-P2}	Z _{AE002-P3}	Z _{AE002-P4}	Z _{AE002-P5}	Z _{AE002-P6}
AE003	X _{AE003-P1}	X _{AE003-P2}	X _{AE003-P3}	X _{AE003-P4}	X _{AE003-P5}	X _{AE003-P6}
	Y _{AE003-P1}	Y _{AE003-P2}	Y _{AE003-P3}	Y _{AE003-P4}	Y _{AE003-P5}	Y _{AE003-P6}
	Z _{AE003-P1}	Z _{AE003-P2}	Z _{AE003-P3}	Z _{AE003-P4}	Z _{AE003-P5}	Z _{AE003-P6}
AE004	X _{AE004-P1}	X _{AE004-P2}	X _{AE004-P3}	X _{AE004-P4}	X _{AE004-P5}	X _{AE004-P6}
	Y _{AE004-P1}	Y _{AE004-P2}	Y _{AE004-P3}	Y _{AE004-P4}	Y _{AE004-P5}	Y _{AE004-P6}
	Z _{AE004-P1}	Z _{AE004-P2}	Z _{AE004-P3}	Z _{AE004-P4}	Z _{AE004-P5}	Z _{AE004-P6}
AE005	X _{AE005-P1}	X _{AE005-P2}	X _{AE005-P3}	X _{AE005-P4}	X _{AE005-P5}	X _{AE005-P6}
	Y _{AE005-P1}	Y _{AE005-P2}	Y _{AE005-P3}	Y _{AE005-P4}	Y _{AE005-P5}	Y _{AE005-P6}
	Z _{AE005-P1}	Z _{AE005-P2}	Z _{AE005-P3}	Z _{AE005-P4}	Z _{AE005-P5}	Z _{AE005-P6}
AE006	X _{AE006-P1}	X _{AE006-P2}	X _{AE006-P3}	X _{AE006-P4}	X _{AE006-P5}	X _{AE006-P6}
	Y _{AE006-P1}	Y _{AE006-P2}	Y _{AE006-P3}	Y _{AE006-P4}	Y _{AE006-P5}	Y _{AE006-P6}
	Z _{AE006-P1}	Z _{AE006-P2}	Z _{AE006-P3}	Z _{AE006-P4}	Z _{AE006-P5}	Z _{AE006-P6}
AE007	X _{AE007-P1}	X _{AE007-P2}	X _{AE007-P3}	X _{AE007-P4}	X _{AE007-P5}	X _{AE007-P6}
	Y _{AE007-P1}	Y _{AE007-P2}	Y _{AE007-P3}	Y _{AE007-P4}	Y _{AE007-P5}	Y _{AE007-P6}
	Z _{AE007-P1}	Z _{AE007-P2}	Z _{AE007-P3}	Z _{AE007-P4}	Z _{AE007-P5}	Z _{AE007-P6}

Fuente: Elaboración Propia (2020)

El modelo se encuentra sujeto a las siguientes restricciones:

Restricciones de capacidad de almacenamiento:

Con estas restricciones se busca que el modelo asegure que la función objetivo se calcule considerando que todas las cantidades de posiciones piso no exceda la capacidad en los almacenes externos.

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE001-Pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE001-Pi} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE001-Pi} \leq \text{Capacidad}_{AE001}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE002-Pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE002-Pi} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE002-Pi} \leq \text{Capacidad}_{AE002}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE003-Pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE003-Pi} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE003-Pi} \leq \text{Capacidad}_{AE003}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE004-Pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE004-Pi} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE004-Pi} \leq \text{Capacidad}_{AE004}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE005-Pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE005-Pi} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE005-Pi} \leq \text{Capacidad}_{AE005}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE006-p_i} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE006-p_i} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE006-p_i} \leq \text{Capacidad}_{AE006}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{AE007-p_i} + \sum_{i=1}^5 Y_{AE007-p_i} + \sum_{i=1}^5 Z_{AE007-p_i} \leq \text{Capacidad}_{AE007}$$

Restricciones de Capacidad de almacenamiento

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Restricciones de necesidades por planta:

Esta restricción garantiza que se cumplan las necesidades de almacenamiento en los grupos de clasificación de materiales.

$$\sum_{i=1}^7 X_{AE00i-p_1} + \sum_{i=1}^7 Y_{AE00i-p_1} + \sum_{i=1}^7 Z_{AE00i-p_1} \geq \text{Necesidad}_{p_1}$$

$$\sum_{i=1}^7 X_{AE00i-p_2} + \sum_{i=1}^7 Y_{AE00i-p_2} + \sum_{i=1}^7 Z_{AE00i-p_2} \geq \text{Necesidad}_{p_2}$$

$$\sum_{i=1}^7 X_{AE00i-p_3} + \sum_{i=1}^7 Y_{AE00i-p_3} + \sum_{i=1}^7 Z_{AE00i-p_3} \geq \text{Necesidad}_{p_3}$$

$$\sum_{i=1}^7 X_{AE00i-p_4} + \sum_{i=1}^7 Y_{AE00i-p_4} + \sum_{i=1}^7 Z_{AE00i-p_4} \geq \text{Necesidad}_{p_4}$$

$$\sum_{i=1}^7 X_{AE00i-p_5} + \sum_{i=1}^7 Y_{AE00i-p_5} + \sum_{i=1}^7 Z_{AE00i-p_5} \geq \text{Necesidad}_{p_5}$$

Restricciones de necesidades por plantas

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Restricciones no negativas: Todas las variables deben ser mayores o iguales a cero.

Restricciones enteras: Todos los valores deben ser números enteros.

Donde su función objetivo:

$$\text{Min: } Z = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^5 \text{Costo Alm}_{AE00i-p_j} + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^5 \text{Costo transp}_{AE00i-p_j}$$

Función objetivo modelo de optimación

Fuente: Elaboración Propia (2021)

El modelo planteado consideró:

La asignación de posiciones piso en los almacenes externos está asociada a ubicar el lote completo por característica de material. Esto permite que sea almacenado en las mismas condiciones de calidad asociada a los grupos de materiales.

Para resolver la asignación de lote completo, se recurrió a un modelo binario, que busca el tamaño del

lote y lo compara con la capacidad disponible en los almacenes externos, cumpliendo las restricciones de necesidades y capacidades definidas. Una vez se cumplen las condiciones, el modelo asigna la posición al almacén externo que minimice el costo de almacenamiento y transporte.

Definida la ubicación del lote en el modelo, se cuantifica la cantidad de posiciones piso de transporte, para calcular la cantidad de camiones requeridos para el traslado desde el almacén externo hacia la planta de manufactura.

La función objetivo emplea los datos calculados de ubicación, tamaño del lote y cantidad de camiones para estimar los costos de almacenamiento y transporte.

Cuando se requiere encontrar una solución óptima para un tipo de problema específico, es necesario desarrollar un minucioso modelado del problema y una escogencia adecuada del algoritmo para su resolución, entendiendo que la selección del algoritmo tiene repercusión en el nivel de confianza que se pueda tener en la solución si corresponde a un óptimo global.

Asimismo, cuando por otra parte, el problema no puede ser resuelto por los métodos clásicos como la programación lineal o no lineal, el método evolutivo permite encontrar una solución cuando fallan los métodos anteriores [13]. El modelo evolutivo, implementado en Analytic Solver Platform, consta de dos algoritmos alternativos, cada uno de los cuales tiene varias variaciones. El modelo evolutivo es bastante diferente de los otros modelos de Analytic Solver Platform tanto en su diseño como en su aplicación. Puede ser utilizado en algunos de los problemas de optimización más difíciles, sin embargo, el modelo evolutivo no produce soluciones óptimas garantizadas [13].

El modelo evolutivo es particularmente adecuado para modelos que contienen funciones no suavizadas en la función objetivo o en las restricciones. Estos modelos no son adecuados para los modelos lineales o no lineales [13]. Un procedimiento de solución que es adecuado para funciones no suavizadas proporciona más flexibilidad en el modelado de los permitidos por los modelos lineales y no lineales. En particular, se pueden usar funciones IF, así como otras funciones no

suavizadas como valor absoluto (ABS), mínimo (MIN), máximo (MAX), y búsqueda de tabla (VLOOKUP).

El modelo evolutivo [13] realiza una búsqueda sistemática con elementos aleatorios, comparando las soluciones encontradas en el camino y conservando las mejores. Eventualmente se detiene cuando percibe que no avanza en la búsqueda de mejores soluciones. La mejor solución que encuentra puede no ser la óptima, aunque puede ser una muy buena solución. Este tipo de procedimiento se llama procedimiento heurístico, lo que significa que es un procedimiento sistemático para identificar buenas soluciones, aunque en ocasiones no garantiza que sea una solución óptima.

Validación del modelo propuesto

El modelo propuesto fue validado [4] utilizando una simulación de las variables para calcular la función objetivo de la optimización. A tal fin se ejecutó una prueba piloto con un tamaño de treinta (30) replicaciones para poder determinar la cantidad de iteraciones necesarias para poder validar el modelo propuesto. En la siguiente tabla se muestra las treinta (30) iteraciones y sus resultados.

Posteriormente, se calculó el coeficiente de variación [7] con los valores de las iteraciones. El resultado obtenido fue comparado con el rango de variabilidad aceptable de $\pm 5\%$ de porcentaje de validación. Esto se realizó utilizando la ecuación 1.

Tabla XXV: Replicaciones del modelo de optimización con su respectivo costo total (USD)

Numero de Replicación	Costo Total (\$)	Numero de Replicación	Costo Total (\$)	Numero de Replicación	Costo Total (\$)
1	1069	11	1029	21	1098
2	1082	12	1000	22	1034
3	1009	13	1014	23	1146
4	1034	14	1031	24	1150
5	1014	15	1123	25	1042
6	997	16	1097	26	1078
7	1125	17	1078	27	1070
8	1060	18	1108	28	976
9	987	19	1094	29	1012
10	1105	20	1027	30	1124

Fuente: Elaboración Propia (2021)

$$S = 49,50 \quad \bar{X} = 1.060,43$$

$$CV = \frac{49,50}{1.060,00} \times 100\% = 4,66\%$$

El resultado obtenido en el coeficiente de variación (CV=4,66%) evidencia que el modelo propuesto se encuentra dentro del límite de $\pm 5\%$ de aceptación para su uso. Esto permite validar el modelo propuesto de optimización.

Determinación del número de replicaciones

Para determinar el número de replicaciones necesarias [14], bajo las condiciones anteriormente planteadas y dado que es una variable aleatoria, se utilizó un método recomendado por Law (2000), en el cual se realiza una muestra piloto de 30 replicaciones, que va a permitir obtener los datos requeridos para calcularlas.

En la tabla XXV expuesta anteriormente se evidencian las replicaciones del modelo de optimización que se utilizaron para el estudio.

Luego de tener los datos de las replicaciones del modelo, se utilizó la Herramienta, Input Analyzer del simulador Arena, para determinar a qué distribución se ajustaban los datos.

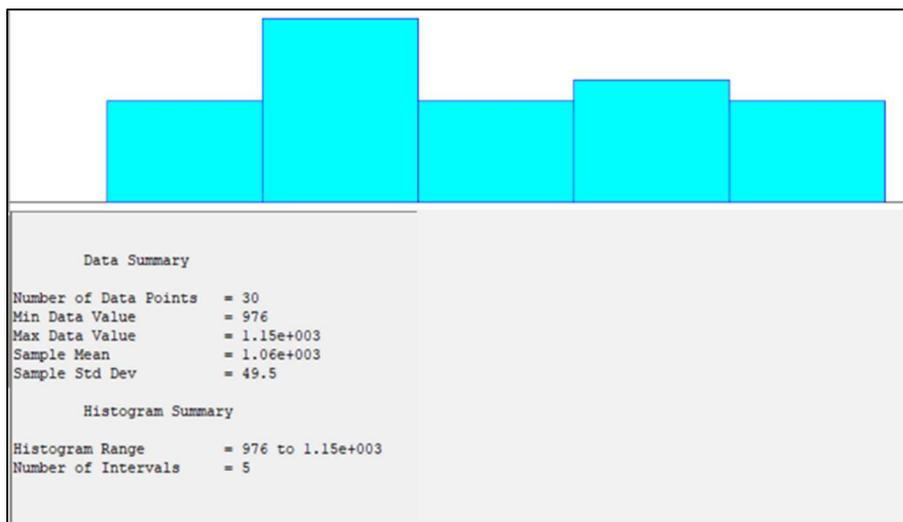


Figura 8: Ajuste 1 de datos a una distribución determinada por parte de la herramienta Input Analyzer
Fuente: Elaboración Propia (2021)

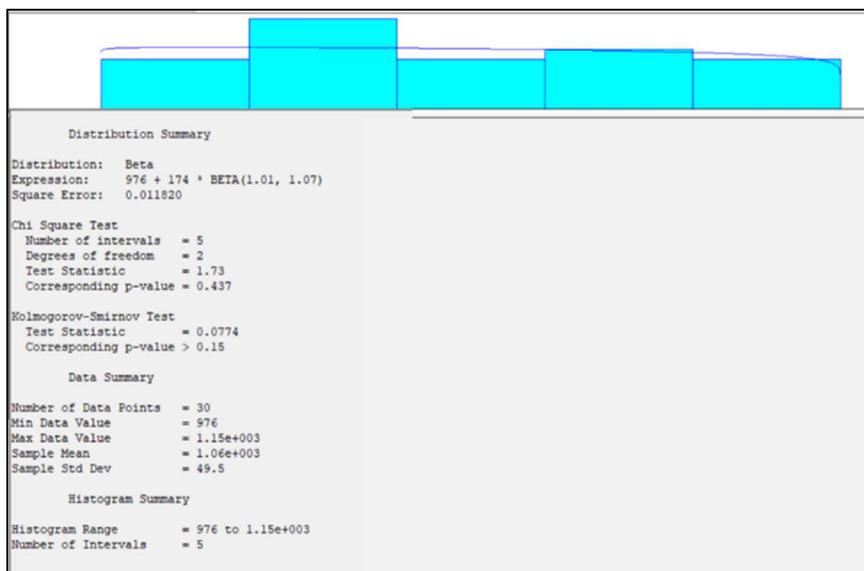


Figura 9: Ajuste 2 de datos a una distribución determinada por parte de la herramienta Input Analyzer
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Las pruebas de ajuste realizadas en el input Analyzer, mostraron que los datos no corresponden a una distribución normal si no a una distribución beta.

Aunque el estudio de los datos no se ajusta a una distribución normal, Law y Kelton mostraron que la

ecuación #4 puede ser extendido su uso a cualquier distribución y que la ley de los grandes números (teorema del límite central) comienza a funcionar (en la práctica) utilizando una cantidad de 10 replicaciones, realizar una mayor cantidad afecta en una muy pequeña medida los intervalos de confianza calculados. Una vez obtenida esta muestra de 30

datos, se procedió a calcular el número de la muestra necesaria de observaciones (n), utilizando la Ecuación 4 [14]. Con un valor de confianza del 95% y para un margen de error de 5%.

Ecuación 2. Determinación del número de replicaciones necesarias

n= Tamaño de la muestra que se desea determinar.

$$t_{n-1, 1-\alpha/2}=2,045 \quad S^2(m)= 2.449,97$$

$$\bar{X}(m)= 1.060,43 \quad \varepsilon= 0,05 \quad \alpha= 0,95$$

$$n(m) = \left(\frac{S^2 * t_{n-1, 1-\alpha/2}}{\bar{X}(m) * \varepsilon} \right)^2 = \left(\frac{2.449,97 * 2,045}{1.060,43 * 0,05} \right)^2$$

$$n = 4$$

Dado que la prueba piloto fue ejecutada con 30 replicaciones, el resultado obtenido para el número de replicaciones es 4, no hay necesidad que recalculer la cantidad de replicaciones [14]. El resultado arrojado por el coeficiente de variación [7] está dentro del rango del ±5% evitando la desviación y validando el modelo.

- Escenario de Almacenamiento # 3 Volumen # 1

En la Tabla XXVI se mostrará para el volumen #1 la ubicación de los lotes más económica encontrada por el modelo.

La siguiente tabla muestra la asignación de posición y cantidades por lote para cada una de las plantas para el volumen #1.

Tabla XXVI: Asignación de posición y cantidades de lote (Pos. Piso) para el volumen #1

Cod. Almacén	Nombre del almacén	Tipo de material	Posiciones a ubicar					Cantidades de posiciones a ubicar (Pos, Piso)					Total, Posiciones
			RP01	RP02	RP05	RP06	RP09	RP01	RP02	RP05	RP06	RP09	
AE001	COLNORTE	Preformas / Botella Soplada / Latas	1	0	0	0	0	14	0	0	0	0	
AE001	COLNORTE	Cartón / Plástico / Tapas	1	1	0	0	0	18	72	0	0	0	
AE001	COLNORTE	Materia Prima	1	0	0	0	1	28	0	0	0	3	135
AE002	EVARISTO	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	1	0	0	0	0	18	0	0	0	
AE002	EVARISTO	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE002	EVARISTO	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
AE003	ALTOMAC	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE003	ALTOMAC	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE003	ALTOMAC	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE004	AEROCAY	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE004	AEROCAY	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE004	AEROCAY	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE005	SNACK	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE005	SNACK	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	1	0	0	0	0	30	0	0	
AE005	SNACK	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
AE006	GUARACARUMBO	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	1	0	0	0	0	59	0	
AE006	GUARACARUMBO	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	1	0	0	0	0	42	0	
AE006	GUARACARUMBO	Materia Prima	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	101
AE007	ORIENTE	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	1	0	1	0	0	2	0	17	
AE007	ORIENTE	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	52	
AE007	ORIENTE	Materia Prima	0	1	1	0	0	0	8	2	0	0	81

Fuente: Elaboración Propia (2021)

La siguiente tabla muestra el costo (USD) de la operación logística del modelo de optimización para el volumen #1.

Tabla XXVII: Costo Logístico (USD) Escenario de Almacenamiento #3 Volumen # 1

Costo Total	\$1.098
Costo de almacenamiento	\$661
Costo de Transporte	\$437

Fuente: Elaboración Propia (2021)

• Escenario de Almacenamiento # 3 Volumen # 2

La siguiente tabla muestra la asignación de posición y cantidades por lote para cada una de las plantas para el volumen#2.

Tabla XXVIII: Asignación de posición y cantidades de lote (Pos. Piso) para el volumen # 2

Cod. Almacén	Nombre del almacén	Tipo de material	Posiciones a ubicar					Cantidades de posiciones a ubicar (Pos, Piso)					Total, Posiciones
			RP01	RP02	RP05	RP06	RP09	RP01	RP02	RP05	RP06	RP09	
AE001	COLNORTE	Preformas / Botella Soplada / Latas	1	1	0	0	0	20	5	0	0	0	
AE001	COLNORTE	Cartón / Plástico / Tapas	1	0	0	0	0	27	0	0	0	0	
AE001	COLNORTE	Materia Prima	1	1	0	1	0	42	5	0	0	0	99
AE002	EVARISTO	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE002	EVARISTO	Cartón / Plástico / Tapas	0	1	0	0	0	0	128	0	0	0	
AE002	EVARISTO	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128
AE003	ALTOMAC	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE003	ALTOMAC	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE003	ALTOMAC	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE004	AEROCAY	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE004	AEROCAY	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE004	AEROCAY	Materia Prima	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AE005	SNACK	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	
AE005	SNACK	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	1	0	0	0	0	34	0	0	
AE005	SNACK	Materia Prima	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	37
AE006	GUARACARUMBO	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	1	0	0	0	0	99	0	
AE006	GUARACARUMBO	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	1	0	0	0	0	65	0	
AE006	GUARACARUMBO	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164
AE007	ORIENTE	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	17	
AE007	ORIENTE	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	55	
AE007	ORIENTE	Materia Prima	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	75

Fuente: Elaboración Propia (2021)

La siguiente tabla muestra el costo (USD) de la operación logística del modelo de optimización para el volumen #2.

Tabla XXVIII: Costo Logístico (USD) Escenario de Almacenamiento #3 Volumen # 2

Costo Total	\$1.802
Costo de almacenamiento	1200
Costo de Transporte	602

Fuente: Elaboración Propia (2021)

• Escenario de Almacenamiento # 3 Volumen # 3

Tabla XXVIII: Asignación de posición y cantidades de lote (Pos. Piso) para el volumen # 3

Cod. Almacén	Nombre del almacén	Tipo de material	Posiciones a ubicar					Cantidades de posiciones a ubicar (Pos, Piso)					Total, Posiciones
			RP01	RP02	RP05	RP06	RP09	RP01	RP02	RP05	RP06	RP09	
AE001	COLNORTE	Preformas / Botella Soplada / Latas	1	0	0	0	0	30	0	0	0	0	
AE001	COLNORTE	Cartón / Plástico / Tapas	1	0	0	0	0	38	0	0	0	0	
AE001	COLNORTE	Materia Prima	1	0	0	0	0	61	0	0	0	0	129
AE002	EVARISTO	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE002	EVARISTO	Cartón / Plástico / Tapas	0	1	0	0	0	0	133	0	0	0	
AE002	EVARISTO	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
AE003	ALTOMAC	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE003	ALTOMAC	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE003	ALTOMAC	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE004	AEROCAY	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE004	AEROCAY	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AE004	AEROCAY	Materia Prima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE005	SNACK	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	
AE005	SNACK	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	1	0	0	0	0	41	0	0	
AE005	SNACK	Materia Prima	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	48
AE006	GUARACARUMBO	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	1	0	1	0	0	20	0	149	0	
AE006	GUARACARUMBO	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	1	0	0	0	0	98	0	
AE006	GUARACARUMBO	Materia Prima	0	1	0	1	0	0	15	0	0	0	282
AE007	ORIENTE	Preformas / Botella Soplada / Latas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	19	
AE007	ORIENTE	Cartón / Plástico / Tapas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	60	
AE007	ORIENTE	Materia Prima	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	82

Fuente: Elaboración Propia (2021)

La siguiente tabla muestra el costo (USD) de la operación logística del modelo de optimización para el volumen #3.

Tabla XXIX: Costo Logístico (USD) Escenario de Almacenamiento #3 Volumen # 3

Costo Total	\$2.466
Costo de almacenamiento	\$1.533
Costo de Transporte	\$933

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Costo Beneficio

En las siguientes tablas se observará el costo beneficio de los escenarios de almacenamiento por los volúmenes de demanda.

Los costos toman en cuenta toda la operación logística de los almacenes externo en conjunto con el transporte desde las instalaciones externas hasta las diferentes plantas productoras.

Tabla XXX: Costo Beneficio Volumen #1

Costo Beneficio Volumen #1			
Propuesta	Costo (\$)	Beneficio	Consideraciones
Escenario de Almacenamiento #1	1.134	<ul style="list-style-type: none"> Resguardo de materiales cercanos a la planta para evitar retrasos o interrupciones en la producción. Mayor control del inventario por parte del personal de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> El segundo Escenarios de almacenamiento menos costoso. Cada planta posee su almacén externo independiente de las otras. Mayor cantidad de infraestructura para almacenamiento. Este escenario es representación de la operación actual en base a experticia.
Escenario de Almacenamiento #2	1.678	<ul style="list-style-type: none"> Resguardo de materiales en una sola instalación de almacenamiento. Factibilidad de implementar escenarios de optimización de los inventarios debido a la integración en una sola instalación de todas las necesidades nacionales, redundando en disminución del costo del inventario. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios de almacenamiento más costoso. Se requiere mayor planificación, a fin de evitar stock out por causa del incremento del tiempo de viaje.
Escenario de Almacenamiento #3	1.098	<ul style="list-style-type: none"> Menor costo en la solución para la operación de almacenamiento y transporte de materiales. Garantiza un mayor control y eficacia de los inventarios organizados por tipo de material. 	<ul style="list-style-type: none"> Es el escenario de almacenamiento de menor costo. Provee una herramienta de evaluaciones de escenarios que optimiza el costo de almacenamiento y el de transporte. El almacenamiento del inventario se calcula por tipo de material que contemplen las mismas normas de calidad para el resguardo y almacenamiento de los materiales.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se puede observar en la relación costo beneficio que el escenario de almacenamiento #3 es el más económico, este consistió en un modelo de optimización, basado en una función objetivo de minimización del costo total de la operación logística de almacenamiento y transporte desde los almacenes externos, hacia las diferentes plantas productoras.

El escenario #1 de almacenamiento se posiciona como la segunda opción más económica para la operación logística de almacenamiento y transporte

de materiales. Este escenario es con el que la empresa opera actualmente, este escenario se desarrolló sin utilizar técnicas de optimización, utilizando la experticia de la Gerencia de Almacenes y Materiales, sin utilizar técnicas de optimización.

El escenario #2 para el primer volumen de demanda es el más costoso, aunque tiene oportunidades como la factibilidad de implementar escenarios de optimización de los inventarios debido a la integración en una sola instalación de todas las necesidades nacionales, redundando en disminución del costo del

inventario. Se reduciría a una sola instalación de almacenamiento y con esto se tendría un solo equipo de trabajo que ayudaría a estar mejor organizado. Adicionalmente, al contar con un inventario consolidado entre las diferentes plantas, se tiene mayor control de la rotación de los materiales, evitando el vencimiento de los mismos por paradas o cambios en la producción en alguna de las plantas. Para segundo escenario se requiere mayor

planificación, a fin de evitar stock out por causa del incremento del tiempo de viaje.

Para el volumen #1 se seleccionó el escenario #3, esta decisión se basó en la sistematización de la solución, esta última encontrada por un método de optimización y representa el menor costo de los tres escenarios.

Tabla XXXI: Costo Beneficio Volumen #2

Costo Beneficio Volumen #1			
Propuesta	Costo (\$)	Beneficio	Consideraciones
Escenario de Almacenamiento #1	1.801	<ul style="list-style-type: none"> Resguardo de materiales cercanos a la planta para evitar retrasos o interrupciones en la producción. Mayor control del inventario por parte del personal de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios de almacenamiento menos costoso. Cada planta posee su almacén externo independiente de las otras. Mayor cantidad de infraestructura para almacenamiento. Este escenario es representación de la operación actual en base a experticia.
Escenario de Almacenamiento #2	2.808	<ul style="list-style-type: none"> Resguardo de materiales en una sola instalación de almacenamiento. Factibilidad de implementar escenarios de optimización de los inventarios debido a la integración en una sola instalación de todas las necesidades nacionales, redundando en disminución del costo del inventario. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios de almacenamiento más costoso. Se requiere mayor planificación, a fin de evitar stock out por causa del incremento del tiempo de viaje.
Escenario de Almacenamiento #3	1.805	<ul style="list-style-type: none"> Menor costo en la solución para la operación de almacenamiento y transporte de materiales. Garantiza un mayor control y eficacia de los inventarios organizados por tipo de material. 	<ul style="list-style-type: none"> El Escenario de almacenamiento comparte el menor costo con el escenario de almacenamiento#1 Provee una herramienta de evaluaciones de escenarios que optimiza el costo de almacenamiento y el de transporte. El almacenamiento del inventario se calcula por tipo de material que contemplen las mismas normas de calidad para el resguardo y almacenamiento de los materiales.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se puede observar en la relación costo beneficio el escenario # 1 y el escenario #3 poseen relativamente el mismo costo de almacenamiento y transporte. La Empresa desde hace cuatro (4) años, se vio en la necesidad de ajustar sus espacios de almacenamiento según el decrecimiento de sus volúmenes de venta, esto se realizó bajo la experticia de la Gerencia de Almacenes y Materiales, sin costo

beneficio del volumen # 1 el escenario de almacenamiento # 2 tiene oportunidades como la factibilidad de implementar escenarios de optimización de los inventarios debido a la integración en una sola instalación de todas las necesidades nacionales, redundando en disminución del costo del inventario. Se reduciría a una sola instalación de

utilizar técnicas de optimización. El tercer escenario es un modelo de optimización, basado en una función objetivo de minimización del costo total de la operación logística de almacenamiento y transporte desde los almacenes externos, hacia las diferentes plantas productoras. El segundo escenario para el segundo volumen de demanda resulta ser el más costoso, aunque como se mencionó en el

almacenamiento y con esto se tendría un solo equipo de trabajo que ayudaría a estar mejor organizado. Adicionalmente si se cuenta con un inventario consolidado entre las diferentes plantas, se tiene mayor control de la rotación de los materiales, evitando el vencimiento de los mismos por paradas o cambios en la producción en alguna de las plantas.

Para segundo escenario se requiere mayor planificación, a fin de evitar stock out por causa del incremento del tiempo de viaje.

Aunque los escenarios # 1 y el escenario #3 poseen relativamente el mismo costo, la mejor opción de almacenamiento sería la tercera propuesta o tercer escenario, esto se debe a que fue desarrollado mediante un modelo de optimización capaz de minimizar los costos de la operación buscando las mejores ubicaciones para el resguardo de los

materiales de cada planta, el resultado obtenido es un mínimo global que representa el costo para Venezuela de la operación logística en estas instalaciones. La construcción del primer escenario se desarrolló bajo la experticia de la Gerencia de Almacenes y Materiales sin utilizar ninguna técnica de optimización, buscando un óptimo local para cada planta, esto en un horizonte de mediano plazo puede incrementar los costos de la operación y afectar la ejecución homologada de los procesos de almacenamiento y resguardo en almacenes externos

Tabla XXXII: Costo Beneficio Volumen #3

Costo Beneficio Volumen #1			
Propuesta	Costo (\$)	Beneficio	Consideraciones
Escenario de Almacenamiento #1	2.494	<ul style="list-style-type: none"> Resguardo de materiales cercanos a la planta para evitar retrasos o interrupciones en la producción. Mayor control del inventario por parte del personal de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios de almacenamiento menos costoso. Cada planta posee su almacén externo independiente de las otras. Mayor cantidad de infraestructura para almacenamiento. Este escenario es representación de la operación actual en base a experticia.
Escenario de Almacenamiento #2	4.188	<ul style="list-style-type: none"> Resguardo de materiales en una sola instalación de almacenamiento. Factibilidad de implementar escenarios de optimación de los inventarios debido a la integración en una sola instalación de todas las necesidades nacionales, redundando en disminución del costo del inventario. 	<ul style="list-style-type: none"> Escenarios de almacenamiento más costoso. Se requiere mayor planificación, a fin de evitar stock out por causa del incremento del tiempo de viaje.
Escenario de Almacenamiento #3	2.466	<ul style="list-style-type: none"> Menor costo en la solución para la operación de almacenamiento y transporte de materiales. Garantiza un mayor control y eficacia de los inventarios organizados por tipo de material. 	<ul style="list-style-type: none"> El Escenario de almacenamiento comparte el menor costo con el escenario de almacenamiento#1 Provee una herramienta de evaluaciones de escenarios que optimiza el costo de almacenamiento y el de transporte. El almacenamiento del inventario se calcula por tipo de material que contemplen las mismas normas de calidad para el resguardo y almacenamiento de los materiales.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Para el volumen de demanda #3 se puede observar en la relación costo beneficio que existe una diferencia porcentual equivalente al 1% entre el escenario # 1 y el escenario #3. El escenario de almacenamiento # 1 fue realizado bajo la experticia de la Gerencia de Almacenes y Materiales, sin utilizar técnicas de optimización y el tercer escenario es un modelo de optimización, basado en una función objetivo de minimización del costo total de la operación logística de almacenamiento y transporte desde los almacenes externos, hacia las diferentes plantas productoras.

El escenario seleccionado es el #3, el racional de esta selección se basa en el uso de una técnica de optimación, que busca minimizar el costo de la operación logística nacional, logrando obtener un

mínimo de costo global y establecer estrategias de administración homologas para todos los almacenes externos.

Para el caso del segundo escenario nuevamente para el volumen # 3 es el más costoso de todos, al igual que sería el más costoso en implementar debido a que se debe trasladar todas las necesidades de las plantas hasta el centro de distribución.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio de los procesos actuales de la operación de almacenamiento y transporte desde los almacenes externos hasta las plantas productoras, donde se pudo caracterizar los requerimientos de cada uno de

los escenarios de crecimiento escalonado, además, se utilizaron diagramas de flujo para representar el funcionamiento de los procesos de acarreo y recepción de materiales de empaque y materias primas desde los almacenes externos hasta las plantas productoras.

- Así mismo se identificaron los requerimientos que se debían cumplir en la elaboración de los escenarios de demanda, como las necesidades de almacenamiento en metros cuadrados y posiciones piso, así como también las necesidades de producción en posiciones piso calculadas a través de la Herramienta de Estimación de Metros Cuadrados. Adicionalmente se determinó que la planta RP01 y la planta RP06 por tener los proveedores de materiales cercanos a ellas solo debían resguardar sus necesidades en los almacenes cercanos a ellas como son Colnorte y Guaracarumbo.
- Se analizaron las necesidades operativas contra la disponibilidad de recursos, por medio de un instrumento que permitió definir los requisitos optativos y los indispensables para los escenarios de almacenamiento. En donde se evidencia en cuales casos La Empresa actualmente cumple con los requerimientos para iniciar cada una de las operaciones de los escenarios de almacenamiento, requisitos como espacio de almacenamiento, si deben acarrear las necesidades o no a instalaciones diferentes a donde se resguardan hoy en día, disponibilidad de un sistema de acarreo a las plantas, disponibilidad de un sistema de acarreo nacional, dimensionado al volumen de la necesidad de producción, que garantice un flujo continuo de las movilizaciones de material y disminuya los lead times de los traslado, La Empresa cumple en su mayoría con los requerimientos para iniciar operaciones para el escenario de almacenamiento #1 y en el escenario de almacenamiento # 3.
- Seguidamente se definieron los tres escenarios de almacenamiento de materiales para los tres escenarios de volúmenes de demanda escalonada. El primer escenario de almacenamiento, es el que actualmente es usado para la operación por La Empresa, este

escenario fue construido por la experticia de la Gerencia de Almacenes y Materiales, sin utilizar técnicas de optimización. El segundo escenario, es un sistema de almacenamiento externo no analizado por La Empresa anteriormente, debido a esto en el portafolio de almacenes externos con que cuenta La Empresa no hay existencia de variedad de instalaciones que cumplan con los criterios de selección, elegidos por la Gerencia de Almacenes y Materiales. Para el tercer escenario de almacenamiento se desarrolló un modelo de simulación capaz de minimizar los costos de almacenamiento y transporte, en donde se tomó en consideración en la asignación de las posiciones piso en los almacenes externos, a ubicar los lotes completos por característica de material, para validar que los materiales sean almacenados en las mismas condiciones de calidad asociada a los grupos de materiales, adicionalmente se recurrió para la resolución de la asignación de lotes de materiales a un modelo binario, que busca el tamaño del lote y lo compara con la capacidad disponible en los almacenes externos, cumpliendo las restricciones de necesidades y capacidades definidas. Una vez se cumplen las condiciones, el modelo asigna la posición al almacén externo que minimice el costo de almacenamiento y transporte.

- Se realizó la evaluación costo beneficio para cada uno de los escenarios de volumen escalonado, de forma cuantitativa se mostró el costo de la operación logística tercerizada junto con el transporte desde los almacenes externos hasta las plantas productoras, así como también de forma cualitativa, donde se generan los beneficios y las consideraciones de cada escenario de almacenamiento, siendo el escenario # 3 la mejor propuesta para los tres (3) escenarios de volumen de demanda.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la factibilidad de implementar una metodología de optimización de almacenamiento, esto permitirá establecer una frecuencia de evaluación de las distintas instalaciones disponibles, restricciones existentes y los costos actualizados. Esta metodología traerá como resultado mantener

la existencia de materia prima y material de empaque en las instalaciones que resulten más económica.

- Se recomienda ampliar el portafolio de almacenes externos con otras operadoras logísticas, buscando mejores ofertas económicas y de disponibilidad de espacio, adicionalmente contengan otros métodos de almacenamiento diferente que brinden mejor uso del espacio horizontal y vertical.
- Realizar una jornada de información para capacitar al personal involucrado en los procesos de almacenamiento y transporte de materiales, tanto en el corporativo como en las diferentes plantas productoras, mediante cursos y entrenamientos, para hacer el correcto uso de la información y de las herramientas propuestas en este trabajo de grado, a fin de tener un mayor control y disminuir costos en la operación; además de crear un ambiente de cambio trabajando por la mejora continua.

- [12] Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. (5ta edición). México: Pearson Educación.
- [13] Morgan. (1991). *Foundations of Genetic Algorithms*. Goldberg, D. E., Deb, K.
- [14] Law, A. &. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill.

REFERENCIAS

- [1] Barrera, J. H. *Metodología de la Investigación*. Caracas: Quirón Ediciones. 2010.
- [2] Arias, F. G. *El proyecto de investigación*. Editorial Episteme. 2012.
- [3] Sampieri, R. H., Lucio, C. F., & Baptista, M. d. *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill. 2010.
- [4] Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones*. México: PEARSON EDUCACIÓN
- [5] Empresa. Intranet. Octubre de 2020
- [6] TRACC (2020). Variabilidad de la demanda: 5 medidas a tomar en tiempos de crisis. Disponible en: <https://traccsolution.com/es/blog/variabilidad-de-demanda/>
- [7] Murray R. Spiegel, L. J. *Estadística*. Mc Graw Hill. 2009
- [8] Peterson, R. &. (1979). *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*. New York: Wiley and Sons.
- [9] Winston, W. L. (2006). *Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos*. Thomson.
- [10] Anaya, J. (2007). *Lógica Integral*. Madrid: ESIC EDITORIAL.
- [11] Nevado Peña, D., López Ruiz, V., Pérez Carballo, J., & Zaratiegui, J. R. (s.f.). *Cómo Gestionar el Binomio Rentabilidad-Productividad*. Madrid: Wolters Kluwer España, S.A.