



**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICE-RECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
VALERA EDO. TRUJILLO**

**MODELO MATEMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL
PROCESO DE MANEJO DE LOS LISTINES, EN EL TERMINAL DE
PASAJEROS DE LA CIUDAD DE VALERA, ESTADO TRUJILLO**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Grado de
Ingeniero en Computación

Autor: Alberto José Medina Álvarez
C.I. 14.148.550

Tutor: Dr. Iván Pérez

Valera, 05 de Marzo de 2018

DEDICATORIA

A mis padres Fanny Álvarez y Alberto Medina

A mis hermanos Fanny medina y pedro medina

A mi cuñado Gerardo Tigrera

A mi hijo Savier Alejandro medina peña

A mis sobrinos Albert Daniel, José Daniel, Sarai Elena y Geraldine Elena

A mis tíos, primos y abuelos

Muy especialmente a mi tía Irene que me guía y cuida desde el cielo junto a mis abuelos tíos y primos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Vale de Momboy, por la oportunidad de estudiar en sus aulas, gracias por el conocimiento...

A mi Tutor, Dr. Iván Pérez, por su guía y paciencia ante tantas dificultades.

A todos aquellos que de alguna manera han contribuido con este trabajo.

Muchas Gracias...

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de tutor del Trabajo de Grado Titulado “**MODELO MATEMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE MANEJO DE LOS LISTINES, EN EL TERMINAL DE PASAJEROS DE LA CIUDAD DE VALERA, ESTADO TRUJILLO**”, presentado por el ciudadano Alberto José Medina Álvarez, portador de la Cédula de Identidad N° 14.148.550 para optar al Grado de Ingeniero en Computación. Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Valera, a los 03 días del mes de marzo de dos mil dieciocho.

Dr. Iván Pérez
Tutor

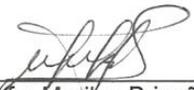


**VICERRECTORADO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

VEREDICTO

Nosotros, Prof. Iván Pérez, Prof. Sergio Díaz y Profa. Marilyn Briceño, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: **“MODELO MATEMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE MANEJO DE LOS LISTINES EN EL TERMINAL DE PASAJEROS DE LA CIUDAD DE VALERA, ESTADO TRUJILLO”**, que presenta el Bachiller **ALBERTO JOSÉ MEDINA ALVAREZ**, portador de la Cédula de Identidad N° **14.148.550**, nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **VEINTE (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Mombay, referente a la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero de Computación.

En fe de lo cual firmamos, en Valera a los quince (15) días del mes de marzo de dos mil dieciocho (2018).



Profa. Marilyn Briceño
C.I. 13.205.436
JURADO



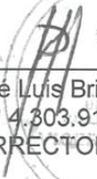
Prof. Iván Pérez
C.I. 4.884.756
TUTOR



Prof. Sergio Díaz
C.I. 10.400.530
PRESIDENTE DEL JURADO



Profa. Claribel Silva
C.I.- N° 12.540.703
DECANA



Prof. José Luis Briceño
C.I.- N° 4.303.914
VICERRECTOR

ÍNDICE GENERAL

	Pp.	
DEDICATORIA		ii
AGRADECIMIENTO		iii
APROBACIÓN DEL TUTOR		iv
ÍNDICE GENERAL		v
RESUMEN		vi
INTRODUCCIÓN		1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA		3
Planteamiento del Problema		3
Interrogantes de Investigación		6
Objetivos de la Investigación		6
Objetivo General		6
Objetivos Específicos		6
Justificación de la Investigación		7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO		8
Antecedentes de Investigación		8
Bases Teóricas		13
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		30
Tipo de Investigación		30
Diseño de Investigación		32
Técnicas e Instrumentos		33
Población y Muestra		34
Variables de Investigación		35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN		38
Presentación y Análisis		38
CAPÍTULO V. DISEÑO DEL MODELO		45
Desarrollo del Modelo		45
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		52
BIBLIOGRAFÍA		53

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICE-RECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
VALERA EDO. TRUJILLO**

**MODELO MATEMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL
PROCESO DE MANEJO DE LOS LISTINES, EN EL TERMINAL DE
PASAJEROS DE LA CIUDAD DE VALERA, ESTADO TRUJILLO**

Autor: Alberto Medina

Tutor: Dr. Iván Pérez

Fecha: marzo, de 2018

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación, consistió en Diseñar un modelo matemático para la optimización de costos en el proceso de manejo de los listines, en el terminal de pasajeros de la ciudad de Valera, Estado Trujillo. Fue una investigación de naturaleza cuantitativa. El estudio se desarrolla con un tipo de investigación de campo-aplicada. Con un diseño modalidad proyecto factible. Se aplicó como técnica diagnóstica un cuestionario breve para conocer la situación real del problema, aplicado a 14 personas, entre conductores, personal administrativo y director del terminal. Se revisó la teoría relacionada con modelos matemáticos y se seleccionó la programación no lineal para su diseño, utilizando el software LINGO, por ser una herramienta de fácil aplicación. Entre las conclusiones alcanzadas, las principales son el alcance satisfactorio en la optimización de los costos en los procesos de listines, tal proceso mejoró altamente en la administración de los talonarios de listines, asegurando el abastecimiento de los mismos previendo la probabilidad de que las empresas de transporte se queden sin existencia de los mismos.

Palabras Clave: Modelo Matemático, Listines, Optimización

INTRODUCCIÓN

Actualmente gran parte de las instituciones que ofrecen servicios de transporte, tal como el Terminal de Pasajeros de la ciudad de Valera estado Trujillo, presentan deficiencia en cuanto a la prestación de servicios y por ello, deben aplicarse estrategias para optimizar la eficiencia, en el caso que ocupa esta investigación es el proceso de adquisición y manejo de los listines, necesarios para el egreso de las unidades del transporte hacia las diferentes rutas del territorio nacional.

Por ello, se llevó a cabo un modelamiento matemático, aplicado a través del software LINGO. Por medio de esto se analizaron los costos y las soluciones para optimizarlos. Para ello, el modelo matemático propuesto podría minimizar tiempo y costos a las empresas de transporte, por lo cual se recomienda su aplicación. Para alcanzar el objetivo general, el trabajo de grado se estructuró en seis (6) capítulos, como sigue:

Capítulo I, corresponde al Problema de Investigación y contiene el planteamiento

del problema, donde se asienta, de manera macro, la delimitación clara y precisa del objeto de la investigación que se realiza, en este caso el análisis del desarrollo de la personalidad según el orden del nacimiento, presentando algunas posiciones acerca del tema y la fundamentación de la existencia de la problemática. Luego de expuesto el planteamiento del problema se elaboraron las interrogantes de investigación las cuales generan los objetivos de la misma, posteriormente se presenta la justificación e importancia del estudio desde diferentes puntos de vista.

Capítulo II, que corresponde al Marco Teórico, que contiene los antecedentes de la investigación, los cuales, en el caso que ocupa la presente investigación, aunque se realizó una exhaustiva revisión tanto a nivel nacional como internacional no se ubicaron suficientes trabajos relacionados con el tema en estudio, sin embargo, se presentan aquellos

encontrados y que se tomaron como referentes. Posteriormente, se presentan las bases teóricas, las cuales se derivan de las variables en estudio.

Capítulo III, que se define como el Marco Metodológico, compuesto por la naturaleza de la investigación, dentro de este punto se inserta el tipo de investigación, tipo de estudio y diseño del estudio, también corresponde a esta parte de la investigación la población y la muestra, las técnicas de recolección de información, el instrumento a aplicarse para la recolección de datos y la técnica de análisis.

Capítulo IV: Se refiere a los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento, presentando estos resultados de forma visual a través de cuadros de frecuencia y gráficos con porcentajes, además del análisis cualitativo de los datos obtenidos.

Capítulo V: Se presenta el diseño del modelo.

Capítulo VI: Se presentan las conclusiones a las cuales se llegó. Estas conclusiones se organizaron de acuerdo a los objetivos de la investigación. Igualmente se elaboraron las recomendaciones, posteriormente, se presentan las referencias bibliográficas utilizadas para dar apoyo teórico a la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El diseño y la aplicación de estrategias para mejorar la eficiencia del sistema de transporte extraurbano en cualquier lugar del mundo, pueden dar lugar a una reducción potencial de la demora, retraso y los costos que implica los procesos exigidos por estas instituciones. Estas estrategias incluyen las mejoras en los tiempos y los costos de tales procesos que, generalmente presentan problemas en su funcionamiento.

Estos problemas también se evidencian en los terminales de pasajeros venezolanos, tal es el caso del Terminal de la ciudad de Valera, estado Trujillo, donde el manejo y emisión de listines para el egreso de las unidades que conforman el transporte extraurbano, que constantemente se movilizan en este terminal de pasajeros, se realiza con retardo e ineficientemente, lo cual genera contratiempos en el manejo de los costos debido a la lentitud con la cual se movilizan las unidades.

Es de destacar que, en la actualidad, se puede apreciar que los procesos en este terminal se convierten en complejos, conllevando a una mayor dificultad en la toma de decisiones, producto de la mala administración o la falta de estrategias que ocurre dentro del mismo, aunado a la crisis que actualmente vive el país. Esto genera la necesidad de poseer herramientas para tomar decisiones de forma eficiente y eficaz en cada una de las acciones que el terminal realiza para atender al gran número de usuarios que transitan por sus instalaciones.

En este sentido, es necesario facilitar a los pasajeros, conductores y

Unidades de transporte, su tránsito por el terminal. Las tecnologías de la información y la comunicación, sin duda, juegan un papel crucial en esta labor. Con un uso inteligente y práctico de las mismas, se mejora considerablemente la experiencia de estos actores cuando transitan por una institución de este tipo.

Una opción estratégica para mejorar el proceso de elaboración, llenado y el manejo de los listines en el Terminal de Pasajeros de Valera, y en cualquier organización, es el diseño y aplicación de un modelo matemático, a través del uso de las TIC, que controle los costos que implica la emisión de estos listines, digitalice estos procesos y los haga más fáciles. Por otra parte, como esto se realiza manualmente, resulta sumamente ineficaz en la medida que aumenta la cantidad de individuos que utilizan los servicios de la institución.

De modo que, se busca encontrar un modelo matemático que permita determinar con cierto grado de precisión, el costo mensual que debe afrontar el Terminal de Pasajeros en todo lo relacionado con los listines. Por lo cual hay que, primeramente, estudiar tales costos, estableciendo cuáles son los más significativos, la incidencia de estos costos en el presupuesto general de la institución y de los sujetos privados y finalmente se construirá un modelo matemático utilizando regresión lineal considerando los factores principales en base a regresores cualitativos.

Se realizarán pruebas estadísticas, de las cuales se espera que arrojen resultados satisfactorios poniendo de manifiesto la facilidad del modelo. Se desarrollará un software de aplicación sencillo de utilizar, el que se pondrá a disposición de la institución Terminal de Pasajeros de la ciudad de Valera en el estado Trujillo con el fin de que sea considerado para mejorar estos procesos. La programación no lineal, según Risa (2009):

Es aquella donde las variables de decisión se expresan como funciones no lineales ya sea en la función objetivo y/o restricciones de un modelo de optimización. Esta característica particular de los modelos no

lineales permite abordar problemas donde existen economías o deseconomías de escala o en general donde los supuestos asociados a la proporcionalidad no se cumplen. (p. 65).

Por otro lado, se entiende que este modelo matemático, es una herramienta para la investigación de operaciones en cuanto a optimización y tiene un papel importante para la toma de decisiones en determinada situación de la vida diaria de las empresas. Igualmente, se debe tener en cuenta que el modelo de programación lineal tiene componentes básicos que deben ser tomados en cuenta al momento de su desarrollo; primero entender el problema; definir las variables de decisión, definir el objetivo de programación (la meta-Maximizar-minimizar), establecer las restricciones (Recursos limitados), por último incorporar la información a Excel Solver o Risk y resolverlo. Dependiendo de los resultados se tomarán decisiones.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea en esta investigación la propuesta de un modelo matemático para optimizar el costo en el uso de los listines en el terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo, tomando diferentes variables que inciden en este proceso, tales como tiempo de respuesta a los pasajeros, a los conductores y al cumplimiento de las salidas de las unidades, lo cual genera una pérdida de recursos financieros y disminuye la eficiencia de la institución y las ganancias de los actores implicados.

Dicho modelo busca ser una herramienta tecnológica que ayude a la empresa, Terminal de Pasajeros de Valera y/o personas que lo utilizan, a optimizar el proceso administrativo (planear, organizar, dirigir y controlar) así como la toma de decisiones. Al desarrollar este trabajo de grado, la meta se enfoca hacia la propuesta del diseño del modelo matemático de optimización de costos en un proyecto real, con el fin de observar su comportamiento, ventajas, dificultades y falencias contribuyendo así al proceso de construcción del mismo.

Interrogantes de la Investigación

1. ¿Cuál es la eficiencia del sistema de manejo de listines que se utiliza en la actualidad en el Terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo?
2. ¿Qué factores se deben tomar en cuenta para desarrollar el modelo matemático para la optimización de costos en el proceso de manejo de listines en el Terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo?
3. ¿Qué nivel de eficacia se obtiene de la aplicación de un modelo matemático para lograr mejoras y optimización en el rendimiento del manejo de los listines en el Terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Diseñar un modelo matemático para la optimización de costos en el proceso de manejo de los listines, en el terminal de pasajeros de la ciudad de Valera, Estado Trujillo

Objetivos Específicos

1. Evaluar la eficiencia del sistema de manejo de listines que se utiliza en la actualidad en el Terminal de pasajeros de Valera, estado Trujillo.
2. Desarrollar el modelo matemático para la optimización de costos en el proceso de manejo de listines en el Terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo.
3. Evaluar el nivel de eficacia del modelo para obtener mejoras y optimización en el rendimiento del manejo de los listines en el Terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo.

Justificación e Importancia de la Investigación

El propósito de esta investigación es optimizar los costos en el proceso de manejo de los listines, en el Terminal de Pasajeros de la ciudad de Valera, Estado Trujillo, para lograr este objetivo se desarrolla un modelo matemático, el cual pretende eliminar los efectos negativos del actual sistema manual que se lleva a cabo en esta institución. Finalmente, se evaluará la eficiencia del modelo y si cubre las expectativas esperadas. De manera que, el estudio se justifica y es importante, debido a diferentes puntos de vista:

Desde la perspectiva teórica, el trabajo propuesto busca, mediante la aplicación de un modelo matemático de optimización de los costos, ofrecer esta propuesta y dar conclusiones y recomendaciones para mejorar el proceso del manejo de listines en el Terminal de Pasajeros de la ciudad de Valera.

Desde el punto de vista práctico, según los objetivos planteados se pretende aportar un nuevo sistema para el manejo de los listines a través de un modelo matemático computarizado, que ayude a optimizar los costos y para la toma de decisiones. Además se pretende colaborar en la estructuración de un nuevo conocimiento a través de un modelo matemático.

De igual forma, representa un aporte metodológico puesto que proporciona instrumentos innovadores que sirve de apoyo a futuros estudios relacionados con las variables estudiadas y a su vez refuerza la línea de investigación que enmarca esta investigación, la cual busca optimizar, a través de un instrumento basado en las TIC, la optimización de los costos en el proceso de manejo de los listines, en el terminal de pasajeros de la ciudad de Valera, Estado Trujillo

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de Investigación

Los antecedentes son esenciales para ubicar las diferentes posturas que han tomado otros investigadores, así pues, tomando en cuenta lo dicho por Balestrini (2006), los antecedentes son, simplemente, “Aquellos trabajos y estudios que anteceden al que se está elaborando, generalmente manejan las mismas variable, es decir, aquellos trabajos donde se hayan manejado las mismas variables o se hallan propuestos objetivos similares” (p. 38). Estos sirven también de guía al investigador y le permiten hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trato el problema en esa investigación.

Son pocos las investigaciones en institución superior que han desarrollado el tema sobre el diseño de un modelo matemático, sin embargo, en este sentido, se toman referentes teóricos, además, investigaciones a nivel superior encontradas que dan base y aportes a la investigación que se realiza.

En primer lugar, de acuerdo a la indagación realizada por el autor de la presente investigación, se destaca que, en el área industrial, muchas empresas importantes del país de diferentes sectores (Comercial, Industrial, Manufacturera y de servicios), desde 1991 utilizan este tipo de herramientas para apoyar sus procesos en la toma de decisiones (Velásquez, 2003).

Otras experiencias a nivel de usuario final se tienen prototipos en fase de desarrollo (Beltrán et al, 2004. Saldaña et al, 2003, Velásquez, 2003). Hernández et al 2004, desarrollaron una modelación matemática de

producción y distribución determinística aplicada a una empresa de suministros médicos para la optimización de servicios, producción y cadenas de abastecimientos. Como Shapiro (2004, p. 1) lo menciona,

Los modelos de optimización son herramientas necesarias y deseables para identificar decisiones efectivas. Son las únicas herramientas capaces de analizar las complejas interacciones de las decisiones tomadas a lo largo de los procesos que se presentan en las empresas, de una forma holística (p. 63)..

Esto justifica aún más la utilización de modelos matemáticos como herramientas básicas para la toma de decisiones en la optimización de costos. Igualmente indica que la programación lineal, con el pasar del tiempo se ubica como un elemento importante en el desarrollo de la construcción de modelos de optimización. Los conceptos matemáticos deben ser desglosados y ajustados al tema empresarial, de tal forma que permitan ganar tiempo y realizar análisis de diferentes escenarios, para tomar decisiones con probabilidades de error muy bajas.

Por otra parte, la investigación realizada por Carrero (2017). Diseño de un Modelo Matemático para la Minimización de costos de producción y de contaminantes químicos en la Planta CORELAB. Maracaibo, Estado Zulia. Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniero en Computación. Universidad Rafael Beloso Chacín. La misma tuvo como objetivo general diseñar un modelo matemático que permitiera reducir los costos de producción en una planta de fundición de estaño, lo cual permitiría la reducción de contaminantes.

Fue una investigación de campo, modalidad proyecto factible. Utilizando como metodología básica para el diseño como referencia el modelo de Kim y Lewis (1987), que fue adaptado a la empresa bajo estudio. La problemática que motivó esta investigación provino de las insuficientes técnicas cuantitativas para realizar la programación de producción en fundiciones, al

no tomar en cuenta el efecto del trabajo de un lote sobre otros lotes. Luego de probar el modelo, los resultados indicaron un ahorro estimado de S/.3 314 964 anuales, de 23% en el uso del horno y un menor contenido de contaminantes químicos.

En relación a lo antes expuesto, se puede decir que el estudio mencionado tiene relación con la actual investigación, ya que se basa en el diseño de un modelo matemático para la Minimización de costos de producción y de contaminantes químicos, evidenciándose la importancia que tiene la aplicación de estos modelos para minimizar los costos de las empresas.

Igualmente, Velásquez (2017), Realizó un estudio titulado Diseño de un Modelo Matemático Aplicado a la Planeación de la Producción y Distribución de Productos Plásticos en la empresa Pandock de Venezuela, para la Universidad Alonso de Ojeda, Ciudad Ojeda, estado Zulia para optar al título de Ingeniero en Computación. Su objetivo general fue Diseñar un Modelo Matemático Aplicado a la Planeación de la Producción y Distribución de Productos Plásticos en la empresa Pandock de Venezuela.

Para alcanzar dicho objetivo se realizó una investigación de campo, aplicada, con apoyo documental y con un diseño descriptivo, dentro de la modalidad proyecto factible. Para recoger la información que permitiría conocer la situación de la planeación estratégica, la producción y distribución de los productos de la empresa, se aplicó un instrumento tipo encuesta, seleccionando 20 sujetos entre gerentes, empleados del área administrativa (producción y ventas) y obreros.

De la aplicación de este instrumento se produjo el diseño y aplicación del modelo matemático y se alcanzaron las siguientes conclusiones: una herramienta que sin lugar a duda ayuda a agilizar la toma de decisiones en la organización y permite la gestión eficaz de la cadena de abastecimiento. Se diseñó un modelo matemático de programación lineal, teniendo en cuenta las condiciones de operación actual de la compañía. Por medio de este se logró

presentar una propuesta de minimizar los costos asociados en la cadena de abastecimiento, incluyendo la producción, almacenamiento y distribución. Este modelo incluye 3150 variables de decisión, y 885 restricciones, con una función objetivo la cual consiste en minimizar los costos totales.

Con respecto a la validación del modelo se determinó mediante un coeficiente de variación de un 0.66% que el modelo propuesto se ajusta a la descripción de la operación actual de la cadena. Se realizó el respectivo análisis de las variables resultantes logrando concluir que el modelo cumple con las restricciones de capacidad, demanda, inventarios, balance de plantas, despachos y vida útil de producto. Convirtiéndose de esta forma en una herramienta rápida y económica para la toma de decisiones alrededor de la empresa objeto de estudio.

Al analizar el plan de producción y la red de distribución actual comparándola con el modelo propuesto se puede concluir que la producción para minimizar los costos actuales se debe realizar desde la planta de Antioquia. Los despachos deben realizarse en un 92% directamente desde la planta y el 8% restante se maneja desde la sede de la empresa en La Yaguara, Caracas.. De esta manera se logra la minimización de los costos de los procesos de producción, inventarios y distribución, optimizando los recursos de la compañía. El aporte a la investigación que se realiza consiste en que proporciona una amplia perspectiva y una revisión teórica muy relevante de las variables y su fundamentación permitiendo problematizar su estudio y apoya el material teórico para la misma.

Méndez (2016). Propuesta del Diseño del Algoritmo Matemático Mixto para Optimizar Tiempo y Costo de Proyectos, en la Empresa Núñez, Constructores Civiles, C.A.El objetivo principal se enfoca hacia la aplicación del algoritmo de optimización de tiempo y costo en un proyecto real, con el fin de observar su comportamiento, ventajas, dificultades y falencias contribuyendo así al proceso de construcción del mismo. Para tal objetivo se decidió visualizar su comportamiento en el sector de la construcción ya que

las empresas que desarrollan proyectos como urbanizaciones u obras civiles manejan proyectos complejos compuestos por múltiples actividades que pueden ser clasificadas como probabilísticas o determinísticas.

Al iniciar la aplicación se realiza un análisis de las diferentes actividades que componen el proyecto, se determinan sus tiempos de ejecución dependiendo del tipo de actividad y se asignan costos de ejecución. Durante la misma se habla de la posposición, variable importante en este tipo de proyectos. Para aplicar el algoritmo de optimización de tiempo y costo de tiempo y costo de proyectos se sigue paso a paso las indicaciones de elaboración. Luego de la aplicación se alcanzaron las siguientes conclusiones:

Se aplicó el algoritmo matemático para la optimización de tiempo y costo de proyectos mixtos satisfactoriamente en el proyecto Sabana de Tierra Buena, facilitado por Triada Limitada, generando resultados positivos ante el análisis del grupo de trabajo; la evaluación del algoritmo ha de servir en el afianzamiento de los conceptos teóricos del modelo

La principal recomendación hecha al algoritmo de optimización de tiempo y costo radica en la implementación en el mismo de la variable posposición, ya que como se observó durante la aplicación, los proyectos con gran cantidad de actividades hacen uso de esta. Así mismo al aplicar el algoritmo se encontró que hay actividades que pueden ser definidas de forma probabilística y otras de forma determinística en un mismo proyecto, lo que hace validero el modelo generado por el matemático colombiano José Gregorio Medina, ya que se convierte en una herramienta de análisis, planeación y toma de decisiones para proyectos de este tipo.

Las investigaciones reseñadas anteriormente, que se establecen como antecedentes para esta investigación, sirven de aporte al presente estudio partiendo de los fundamentos teóricos que sirvieron para organizar la teoría y la estructura de la investigación pudiéndose constatar la presencia de los aspectos considerados más relevantes acerca del Modelado Matemático. A

través de los estudios citados, es posible evidenciar los aspectos que guardan estrecha relación con esta investigación y sus variables.

Bases Teóricas

Modelación Matemática

Un modelo es una representación matemática simplificada de una realidad compleja. Modelar es la acción de construir un modelo, de encorsetar la realidad. Implica la relación entre dos figuras (no necesariamente encarnadas por personas únicas sino por equipos): el modelador (encargado de la especificación y desarrollo del modelo) y el experto sobre la realidad (conocedor del problema real). La mayoría de las veces, el desarrollo de un modelo puede involucrar a un equipo multidisciplinar compuesto por matemáticos, estadísticos, ingenieros, economistas, psicólogos, etc. que aportan diferentes perspectivas y conocimiento en la representación de la realidad (Pérez, Gómez y Marbán, 2002).

Es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. Diccionario de la lengua española (Real Academia Española). Un modelo es una representación matemática simplificada de una realidad compleja (puede involucrar un equipo multidisciplinario), precisa (formulada mediante expresiones matemáticas) y simplificada (las simplificaciones introducidas son válidas en un cierto ámbito de utilización del modelo, no debe utilizarse fuera de ese ámbito. Permite mantener un equilibrio entre representación detallada y capacidad de obtener resultados numéricos). Éste debe equilibrar la necesidad de contemplar todos los detalles con la factibilidad de encontrar técnicas de solución adecuadas.

Un modelo debe equilibrar la necesidad de contemplar todos los detalles

con la factibilidad de encontrar técnicas de solución adecuadas. Un modelo es, en definitiva, una herramienta de ayuda a la toma de decisiones. Por esta razón, sus resultados deben ser inteligibles y útiles. Modelar se puede entender simultáneamente como ciencia y como arte. Es una ciencia pues se basa en un conjunto de procesos estructurados: análisis y detección de las relaciones entre los datos, establecimiento de suposiciones y aproximaciones en la representación de los problemas, desarrollo o uso de algoritmos específicos de solución.

Para Ortega (2013) “Es un arte porque materializa una visión o interpretación de la realidad no siempre de manera unívoca. Cada persona imprime su estilo en el modelo mismo y en la especificación, en el desarrollo y en la documentación” (p. 45). Características tales como elegancia o simplicidad pueden atribuirse a un modelo. El desarrollo de un modelo es una creación hecha con ayuda de ciencias básicas o herramientas de apoyo. Entre los beneficios explícitos o implícitos, tanto para el modelador como para el experto, derivados del proceso de modelado además del modelo en sí mismo, se pueden mencionar:

- Ayuda a establecer un diálogo con intercambio de información entre el modelador y el experto
 - Organiza los datos, la información disponible sobre el sistema
 - Organiza, estructura y mejora la comprensión del sistema Internaliza la estructura organizativa de la empresa
 - Permite compartir supuestos y resultados entre el modelador y el experto
 - Proporciona un entorno ágil para el análisis y la sensibilidad Indica la dirección de mejora en las decisiones

Según lo dicho, por Schrage y Williams (2009) los modelos de optimización, es decir, aquellos donde existe un conjunto de variables de decisión que deben maximizar/minimizar una función objetivo sometidas a un conjunto de restricciones. Los modelos de programación lineal son más

utilizados que todos los otros tipos de optimización juntos y abarcan cualquier tipo de actividad humana como micro y macroeconomía, finanzas, marketing, economía de la energía, organización de la producción, planificación de la operación, selección de procesos, asignación de tareas, ingeniería química, forestal, agrónoma, comercio internacional, desarrollo económico, etc.

Beneficios Del Modelado

Entre los beneficios explícitos o implícitos, tanto para el modelador como para el experto, derivados del proceso de modelado además del modelo en sí mismo, se pueden mencionar:

- Ayuda a establecer un diálogo con intercambio de información entre el modelador y el experto
 - Organiza los datos, la información disponible sobre el sistema
 - Organiza, estructura y mejora la comprensión del sistema
 - Internaliza la estructura organizativa de la empresa
 - Permite compartir supuestos y resultados entre el modelador y el experto
- Proporciona un entorno ágil para el análisis y la sensibilidad
- Indica la dirección de mejora en las decisiones

Etapas en el Desarrollo de un Modelo

Las etapas que componen el ciclo de vida de un modelo son las siguientes: 1. Identificación del problema 2. Especificación matemática y formulación 3. Resolución 4. Verificación, validación y refinamiento 5. Interpretación y análisis de resultados 6. Implantación, documentación y mantenimiento

Identificación del problema. Consiste en la recolección y análisis de la

información relevante para el problema, en el intercambio de información entre el modelador y el experto, en establecer una relación simbiótica y una estrecha coordinación entre ambos. Los problemas reales suelen estar definidos en términos vagos e imprecisos. Se debe hacer la tarea de traducción o interpretación en frases precisas, convertibles en ecuaciones matemáticas. En esta etapa se establecen y documentan los supuestos realizados que en etapas posteriores deberán ser validados.

Formulación de hipótesis y simplificaciones. que ayudan a comprender mejor el problema, permitiendo que el problema sea tratable computacionalmente. Esta etapa es fundamental para que las soluciones proporcionadas y las conclusiones obtenidas sean útiles, las decisiones adoptadas sean correctas. Los datos suelen ser vitales para conseguir un realismo o aplicabilidad en las soluciones. A menudo representan el cuello de botella del proceso de modelado.

Especificación matemática y formulación. Escritura matemática del problema de optimización, definiendo sus variables (junto con sus límites), formulaciones de las relaciones existentes entre variables y parámetros (restricciones), su función objetivo, sus parámetros, sus datos de entrada. En esta etapa se analiza el tamaño del problema, la estructura de la matriz de restricciones, su tipo (LP, MIP, NLP). Es una etapa de creación donde se debe prestar especial atención a la precisión en la formulación y a la escritura de las ecuaciones que describen el problema.

Desarrollo de modelos reducidos. que permitan hacer pruebas iniciales y comprobar si el planteamiento es adecuado. En LP (programación lineal) la elección de una formulación de un problema, aunque importante, no afecta de manera significativa la resolución del mismo. Sin embargo, en NLP (programación no lineal) o MIP (programación entera mixta) la elección de la formulación es crucial. Pueden existir diversas alternativas de modelado que afectan de manera fundamental en la resolución del mismo, existiendo un desarrollo cada vez mayor en la reformulación de problemas.

En problemas MIP la calidad de una formulación se mide por la cercanía entre la envoltura convexa del poliedro de soluciones enteras factibles y la del poliedro del problema MIP relajado linealmente. La caracterización de un problema LP según su tamaño resulta difícil y ha sufrido un gran cambio desde los recientes desarrollos de algoritmos simplex mejorados y, sobre todo, desde la aparición de los métodos de punto interior.

Actualmente se puede afirmar que los códigos de optimización lineal implantan algoritmos muy eficientes, son fiables y numéricamente robustos y están ampliamente disponibles. En lo referente a MIP o NLP ni siquiera se pueden dar criterios generales de tamaño ya que la dificultad de resolución no tiene por qué estar ligada al tamaño del problema, puede ser incluso preferible reformular un problema aunque aumenten las dimensiones, para lograr una resolución más eficiente.

Resolución. Selección de un lenguaje de programación o de modelado adecuado, desarrollo de una interfaz con el sistema de información. Se trata de implantar un algoritmo de obtención de la solución numérica (muy próxima a la matemática) óptima o cuasi óptima. El algoritmo puede ser de propósito general (método simplex) o específico. Puede haber diferentes métodos de solución de un problema o diferentes implantaciones de un mismo método. El tiempo de resolución de un problema también puede depender drásticamente de cómo esté formulado. La solución óptima debe ser suficientemente satisfactoria, debe ser una guía de actuación para el experto.

Verificación, validación y refinamiento. Esta etapa conlleva la eliminación de los errores en la codificación, es decir, conseguir que el modelo haga lo que se ha especificado matemáticamente en la etapa anterior mediante su escritura en un lenguaje informático (depurar y verificar). Es necesario comprobar la validez de las simplificaciones realizadas a través de los resultados obtenidos, incluso contrastando éstos con situaciones reales ya transcurridas (validar) o comprobando que los resultados son coherentes con respecto a lo que sucedería en la realidad. Esta etapa de verificación,

validación y comprobación da lugar a nuevas necesidades de refinamiento en el modelado para mejorar la capacidad de representación del sistema.

Interpretación y análisis de los resultados. Esta etapa consiste en proponer soluciones. Permite conocer en detalle el comportamiento del modelo al hacer un análisis de sensibilidad en los parámetros de entrada, estudiar diferentes escenarios plausibles de los parámetros, detectar soluciones alternativas cuasi óptimas pero suficientemente atractivas, comprobar la robustez de la solución óptima.

Implantación, documentación y mantenimiento. Ésta es una etapa fundamental del desarrollo de un modelo para garantizar su amplia difusión. La documentación ha de ser clara, precisa y completa. El manual de usuario debe incluir la especificación técnica funcional, matemática e informática. El propio código debe incluir una buena documentación para facilitar la tarea del mantenimiento. Piénsese que la mayor parte del ciclo de vida de un modelo no está en el desarrollo sino en la fase de uso y mantenimiento. En esta etapa se incluye también la tarea de formación para los usuarios del modelo.

Diseño y Solución del Modelo Matemático

Las etapas del estudio de Investigación y diseño del modelo matemático son las siguientes, de acuerdo a lo planteado por Muñoz, Fabián y Santos (2016):

a. Definición del problema de interés y recolección de los datos relevantes. En esta etapa se realizará el estudio del sistema actual de la empresa y se presentara el problema a analizar, se definirán los objetivos del sistema es decir que se desea optimizar, se identificarán las restricciones y las variables implicadas, de igual manera se realizará la recolección de datos relevantes del problema, datos que permitan la comprensión del problema y aporten a la formulación correcta del problema.

b. Formulación de un modelo matemático representando el problema. Esta

consiste en la toma de decisión del modelo a utilizar para representar el sistema. El modelo debe relacionar las variables de decisión con los parámetros y restricciones del sistema. Los parámetros (o cantidades conocidas) se obtendrán a partir de datos pasados.

c. Desarrollo de un procedimiento basado en un software para a derivar una solución al problema a partir del modelo. Una vez que se tiene el modelo, se procede a derivar una solución matemática empleando un software para resolver problemas y ecuaciones.

d. Análisis de resultados. Se realiza un análisis de los resultados arrojados por el modelo y se compararan con los costos actuales del sistema, y verificar si el modelo si logra mejorar los costos relevantes de la operación. Este análisis estará apoyado en la comparación de la situación actual con los resultados obtenidos, y así analizar si es viable o no la estructuración de la nueva configuración. Después de definir el problema de optimización, se entrega a un solucionador, es decir a un tipo de algoritmo inmerso en un programa de computador, el cual mediante una serie de pasos y reglas lógicas, se encarga de buscar una solución que se acerque al objetivo, al mismo tiempo que cumpla con las restricciones impuestas.

Modelación Matemática para la Optimización

La optimización a través del modelado es una herramienta adecuada al diseño de redes, en el cual se toman decisiones importantes que consideran muchos aspectos logísticos, relacionadas al número, localización y tamaño de los almacenes en la red logística. Según Hiller (2010) “Los problemas de optimización se originan cuando se debe tomar la decisión de asignar de la mejor manera, es decir de forma óptima, recursos limitados a actividades que compiten entre sí por ellos, con el fin de alcanzar mejores resultados” (p. 118).

En la optimización de la cadena de abastecimiento encontramos un sin

número de variables complejas que se deben tener en cuenta para la toma de decisiones de planeación en busca de la minimización de costos, Hiller (ob.cit.) “para el análisis de estas variables y la solución de estos problemas se emplean modelos matemáticos los cuales enmarcan la técnica de programación lineal para la optimización, ayudan en la toma de decisiones industriales y en la simulación para resolver situaciones problemáticas complejas en logística, manufactura, almacenamiento, transporte y redes de distribución” (p. 126).

Los modelos describen la relación entre variables de decisión, restricciones y objetivos, su presentación más usual es en forma de un conjunto de ecuaciones matemáticas, en donde el modelo ha de representar el sistema real para el cual se desea tomar decisiones. Esta es una investigación de operaciones. La Investigación de Operaciones usa el método científico para explorar e investigar los problemas que deben ser solucionados. En particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de datos pertinentes, continua con la construcción del modelo matemático, posteriormente su validación, y las respectivas conclusiones /soluciones, las cuales se espera que sean validas también para el problema real.

La investigación de operaciones se puede definir como la aplicación de métodos científicos en la mejora de la efectividad en las operaciones, decisiones, la principal característica consiste en construir un modelo del sistema del cual se pueden predecir y comparar los resultados de diversas estrategias, decisiones, el objetivo es ayudar a los responsables a determinar su política y actuaciones en forma científica.

Lenguajes de Modelado

Las principales alternativas actuales para el desarrollo de modelos de optimización suelen ser:

- Lenguajes de programación de propósito general (C, C++, Java, Visual Basic, FORTRAN 90) que llaman a una biblioteca de optimización Tienen sentido cuando el tiempo de solución es crítico o el modelo es ejecutado con mucha frecuencia o cuando se necesitan interfaces a medida para la entrada de datos o salida de resultados o cuando el modelo tiene que ser integrado en otra aplicación o se necesitan algoritmos de optimización específicos

- Lenguajes o entornos de cálculo numérico o simbólico (hojas de cálculo, lenguaje para cálculo numérico intensivo, como MATLAB, o para cálculo simbólico, como Maple o Mathematica, etc.) Como ventajas específicas se pueden mencionar: su facilidad de uso, su integración total con la hoja de cálculo, la familiaridad con el entorno que facilita la explicación del modelo y de sus resultados, así como la facilidad de presentación de resultados gráficos.

Sin embargo, no introducen una buena práctica de programación, presentan la dificultad de su desarrollo, verificación, validación, actualización, documentación y en general, el mantenimiento del modelo y no permiten modelar problemas complejos o de gran tamaño. Los lenguajes de cálculo numérico o simbólico no son específicos de problemas de optimización pero facilitan la manipulación numérica o simbólica de matrices y vectores.

- Lenguajes algebraicos de modelado (GAMS, AMPL, AIMMS, XPRESS-MP, MPL) Son las alternativas más complejas y potentes por su capacidad de indexación de las variables y ecuaciones, permiten cambiar sin dificultad las dimensiones del modelo, de forma natural separan datos de resultados. Permiten la detección de errores de consistencia en la definición y verificación del modelo. Desde el punto de vista del usuario simplifican drásticamente su mantenimiento.

Métodos de Optimización

Los métodos de optimización se pueden clasificar en: métodos clásicos

(que son los algoritmos que habitualmente se explican en los libros de optimización) y métodos metaheurísticos (que aparecieron ligados a lo que se denominó inteligencia artificial e imitan fenómenos sencillos observados en la naturaleza). Dentro de los primeros se encuentra la optimización lineal, lineal entera mixta, no lineal, estocástica, dinámica, etc.

En el segundo grupo se incluyen los algoritmos evolutivos (genéticos entre otros), el método del recocido simulado (simulatedannealing), las búsquedas heurísticas (método tabú, búsqueda aleatoria, avariciosa, etc.) o los sistemas multiagente. De forma muy general y aproximada se puede decir que los métodos clásicos buscan y garantizan un óptimo local mientras que los métodos metaheurísticos tienen mecanismos específicos para alcanzar un óptimo global aunque no garantizan su alcance. En la siguiente tabla se muestran las expresiones matemáticas generales de algunos tipos de problemas de optimización dentro de los métodos clásicos. Los problemas se distinguen por el carácter de las funciones que intervienen (lineales o no lineales) y de las variables (reales/continuas o enteras/discretas).

Programación no lineal <i>(non linear programming)</i> NLP	$\min_x f(x)$ $g(x) = 0$ $h(x) \leq 0$ $l \leq x \leq u$ $f : R^n \rightarrow R \quad g, h : R^n \rightarrow R^m$
Programación lineal <i>(linear programming)</i> LP	$\min_x c^T x$ $Ax = b$ $x \geq 0$ $x \in R^n, c \in R^n, A \in R^{m \times n}, b \in R^m$
Programación lineal entera mixta <i>(mixed integer programming)</i> MIP	$\min_x c^T x + d^T y$ $Ax + By = b$ $x, y \geq 0$ $x \in Z^n, y \in Z^l, c \in R^n, d \in R^l$ $A \in R^{m \times n}, B \in R^{m \times l}, b \in R^m$
Programación cuadrática <i>(quadratic programming)</i> QP	$\min_x c^T x + \frac{1}{2} x^T Q x$ $Ax = b$ $x \geq 0$ $x \in R^n, c \in R^n, A \in R^{m \times n}, Q \in R^{n \times n}, b \in R^m$

Optimización Lineal (Lp)

La programación lineal (LP) es la aplicación clásica por excelencia y la más desarrollada de la optimización. En cada momento se están ejecutando miles de aplicaciones basadas en LP. Los modelos de LP son más utilizados que todos los otros tipos de optimización juntos. Abarcan cualquier tipo de actividad humana como economía, finanzas, marketing, organización de la producción, planificación de la operación, selección de procesos, asignación de tareas, etc.

Su importancia se debe a la existencia de técnicas potentes, estables y robustas para encontrar el óptimo que han permitido su uso en multitud de aplicaciones. Se utiliza en situaciones que pueden presentarse utilizando, expresiones lineales (que no incluyan productos de variables) y variables continuas. Sea el siguiente problema de programación lineal genérico en forma estándar:

$$\begin{aligned} \min_{x_j} z &= \sum_j c_j x_j \\ \sum_j a_{ij} x_j &= b_i \\ x_j &\geq 0 \end{aligned}$$

Las variables reciben también el nombre de actividades, decisiones o columnas. Las restricciones se denominan también recursos o filas. La programación lineal se sustenta en las siguientes hipótesis sobre las ecuaciones y variables que conforman el problema matemático:

- Proporcionalidad: La contribución de cada actividad (variable) x_j al valor de la función objetivo z es proporcional al nivel de la actividad, $c_j x_j$. La contribución de cada actividad x_j al valor de la parte izquierda de cada restricción es proporcional al nivel de la actividad, $a_{ij} x_j$.
- Aditividad: Cada ecuación en un problema LP es la suma de las contribuciones individuales de las respectivas actividades.

- Divisibilidad: Cualquier variable puede tomar cualquier valor, no tiene que ser necesariamente entero, que satisfaga las restricciones incluyendo las de no negatividad.

- Certidumbre: Los parámetros (constantes) de un problema LP se suponen conocidos con certidumbre (pueden ser estimaciones, pero éstas se tratan como valores conocidos).

Optimización Lineal Entera Mixta (MIP)

Se utiliza en situaciones que pueden representarse utilizando, expresiones lineales (que no incluyan productos de variables) y variables continuas, variables enteras (para representar niveles discretos de decisión) y variables binarias (para representar decisiones alternativas). Con este enfoque se puede plantear cualquier problema pero el tamaño de los problemas que se puede resolver es menor (10^4 variables). Solamente debe utilizarse cuando no sea posible el enfoque lineal. Ejemplos de programación lineal son los siguientes:

- Método de ramificación y acotamiento (branch and bound)
- Método de ramificación y corte (branch and cut)

Programación No Lineal (NLP)

Se utiliza en situaciones que deben representarse utilizando, expresiones no lineales (por ejemplo producto de variables) y variables continuas. En general, es difícil garantizar que la solución sea óptima (a excepción de la programación cuadrática). Los algoritmos de solución son poco potentes, y sólo es posible abordar problemas de pequeño tamaño. Normalmente es posible reformularlos como problemas MLIP. De forma general, el problema de programación no lineal (no linear programming NLP) se plantea como

$$\min_x f(x)$$

$$g_i(x) \leq b_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$x \in R^n, \quad f(x): R^n \rightarrow R \quad y \quad g_i(x): R^n \rightarrow R$$

Los problemas de NLP se presentan de muchas formas distintas y no existe un único algoritmo o método para resolverlos. En su lugar, se han desarrollado algoritmos para unas clases o tipos especiales de NLP. La resolución de los problemas de programación no lineal es, en general, más difícil y computacionalmente más costosa que un problema de programación lineal de tamaño equivalente. Los NLP se clasifican en:

Sin restricciones

- No requieren derivadas
 - Métodos de coordenadas cíclicas, Hooke y Jeeves y Nelder y Mead
- Requieren primeras derivadas
 - Métodos de máximo descenso, gradiente conjugado
- Requieren segundas derivadas
 - Métodos de Newton y cuasi-Newton

Con restricciones

- Métodos factibles
 - Método del gradiente, Newton y cuasi-Newton reducido
 - Programación cuadrática secuencial
- Métodos de penalización
 - Métodos de penalización y barrera
 - Método del lagrangiano aumentado

Programación Lineal

La Programación Lineal corresponde a un algoritmo a través del cual se

resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El objetivo primordial de la Programación Lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando una función objetivo también lineal. Para Ramos (2017):

La programación lineal es un conjunto de técnicas racionales de análisis y de resolución de problemas que tiene por objeto ayudar a los responsables en las decisiones sobre asuntos en los que interviene un gran número de variables. El nombre de programación lineal no procede de la creación de programas de ordenador, sino de un término militar, programar, que significa realizar planes o propuestas de tiempo para el entrenamiento, la logística o el despliegue de las unidades de combate (p. 99).

Aunque parece ser que la programación lineal fue utilizada por G. Monge en 1776, se considera a L. V. Kantoróvich uno de sus creadores. La presentó en su libro *Métodos matemáticos para la organización y la producción* (1939) y la desarrolló en su trabajo *Sobre la transferencia de masas* (1942). Kantoróvich recibió el premio Nobel de economía en 1975 por sus aportaciones al problema de la asignación óptima de recursos humanos.

La investigación de operaciones en general y la programación lineal en particular recibieron un gran impulso gracias a los ordenadores. Uno de los momentos más importantes fue la aparición del método del simplex. Los resultados y el proceso de optimización se convierten en un respaldo cuantitativo de las decisiones frente a las situaciones planteadas. Decisiones en las que sería importante tener en cuenta diversos criterios administrativos como:

Aplicaciones

La programación lineal constituye un importante campo de la optimización por varias razones, muchos problemas prácticos de la investigación de operaciones pueden plantearse como problemas de programación lineal. Algunos casos especiales de programación lineal, tales como los problemas de flujo de redes y problemas de flujo de mercancías se consideraron en el desarrollo de las matemáticas lo suficientemente importantes como para generar por si mismos mucha investigación sobre algoritmos especializados en su solución.

Una serie de algoritmos diseñados para resolver otros tipos de problemas de optimización constituyen casos particulares de la más amplia técnica de la programación lineal. Históricamente, las ideas de programación lineal han inspirado muchos de los conceptos centrales de la teoría de optimización tales como la dualidad, la descomposición y la importancia de la convexidad y sus generalizaciones. Del mismo modo, la programación lineal es muy usada en la microeconomía y la administración de empresas, ya sea para aumentar al máximo los ingresos o reducir al mínimo los costos de un sistema de producción.

Resolución de Problemas

El primer paso para la resolución de un problema de programación lineal consiste en la identificación de los elementos básicos de un modelo matemático, estos son:

- Función Objetivo
- Variables
- Restricciones

El siguiente paso consiste en la determinación de los mismos, para lo cual se debería seguir la siguiente metodología:



Pasos a seguir

Función Objetivo

La función objetivo tiene una estrecha relación con la pregunta general que se desea responder. Si en un modelo resultasen distintas preguntas, la función objetivo se relacionaría con la pregunta del nivel superior, es decir, la pregunta fundamental. Así por ejemplo, si en una situación se desean minimizar los costos, es muy probable que la pregunta de mayor nivel sea la que se relacione con aumentar la utilidad en lugar de un interrogante que busque hallar la manera de disminuir los costos. La función objetivo puede ser:

$$Max! = \sum_{i=1}^N f_i \times X_i$$

ó

$$Min! = \sum_{i=1}^N f_i \times X_i$$

Donde:

- f_i = coeficientes son relativamente iguales a cero.

Variables

Similar a la relación que existe entre objetivos específicos y objetivo general, se comportan las variables de decisión respecto a la función objetivo, puesto que estas se identifican partiendo de una serie de preguntas derivadas de la pregunta fundamental. Las variables de decisión, son en teoría, factores controlables del sistema que se está modelando, y como tal, estas pueden tomar diversos valores posibles, de los cuales se precisa conocer su valor óptimo, que contribuya con la consecución del objetivo de la función general del problema.

VARIABLES DE DECISIÓN, PARTEN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO

MINIMIZAR los costos de mtto. Y de ordenar

¿Qué cantidad de productos deben ordenarse por período?

¿Qué nivel de inventario deberá mantenerse al final de cada período?

¿En cuales períodos deberá ordenarse, y en cuales no?

Restricciones

Cuando se habla de las restricciones en un problema de programación lineal, nos referimos a todo aquello que limita la libertad de los valores que

pueden tomar las variables de decisión. Las restricciones pueden ser de la forma:

Tipo 1:

$$A_j = \sum_{i=1}^N a_{i,j} \times X_i$$

Tipo 2:

$$B_j \leq \sum_{i=1}^N b_{i,j} \times X_i$$

Tipo 3:

$$C_j \geq \sum_{i=1}^N c_{i,j} \times X_i$$

Donde:

- **A** = valor conocido a ser respetado estrictamente;
- **B** = valor conocido que debe ser respetado o puede ser superado;
- **C** = valor conocido que no debe ser superado;
- **j** = número de la ecuación, variable de 1 a **M** (número total de restricciones);
- **a**; **b**; y, **c** = coeficientes técnicos conocidos;
- **X** = Incógnitas, de 1 a **N**;
- **i** = número de la incógnita, variable de 1 a **N**.

En general no hay restricciones en cuanto a los valores de **N** y **M**. Puede ser **N = M**; **N > M**; ó, **N < M**.

Sin embargo si las restricciones del **Tipo 1** son **N**, el problema puede ser determinado, y puede no tener sentido una optimización.

Los tres tipos de restricciones pueden darse simultáneamente en el mismo problema.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

Tipo de Investigación

El presente estudio es de naturaleza cuantitativa. Este tipo de investigación, según Rodríguez (2009), “Recoge y analiza datos sobre variables y estudio las propiedades, los fenómenos y datos cuantitativos” (p. 99). Respecto a las posibilidades que brinda a la tarea investigativa la utilización del enfoque cuantitativo, la más importante es su capacidad para operar con las variables definidas.

El estudio se desarrolla con un tipo de investigación de campo-aplicada. En cuanto a la investigación de campo, Arias (2006), afirma que se refiere a “la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna” (p. 31). Se considera que cumple los requisitos de este tipo de investigación pues se apoya en informaciones que provienen, entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones directas en las organizaciones objeto del estudio.

En este sentido, la investigación se ajusta también a este tipo de modelo investigativo, motivado a que se busca sistematizar e interpretar la información que es directamente obtenida de la realidad dentro de la institución educativa superior objeto de estudio. Es importante resaltar que, la investigación de campo se apoya en un marco teórico de trabajos, tesis, información y libros publicados por diversos medios impresos, audiovisuales y electrónicos. Ballestrini (2006), refuerza lo dicho, para ella, es una investigación de campo porque:

Permite establecer una interacción entre objetivos y la realidad de la situación de campo, observar y recolectar los datos directamente de la realidad, en su situación natural, profundizar en la comprensión de los hallazgos encontrados con la aplicación de los instrumentos y proporcionarle al investigador una lectura de la realidad objeto de estudio (p.76).

La investigación es aplicada, porque tendrá como fin principal resolver el problema planteado en un corto periodo de tiempo, además de buscar confrontar la teoría con la realidad. Según Arias (2006) “Se orienta a la producción de conocimientos y métodos que vengan a mejorar o hacer mucho más eficiente el sector productivo de bienes o servicios, buscando imprimir en la vida del humano promedio bienestar” (p. 46).

Diseño de Investigación

El diseño, es la estrategia adoptada por el investigador para responder al problema planteado, el mismo se corresponde con la modalidad Proyecto Factible. Es un proyecto factible pues, este tipo de modalidad tiene que ver con la elaboración de una propuesta viable, destinada atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico. El Manual de Tesis de Grado y Especialización, Maestría y Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2010), plantea que:

Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades (p. 16).

Al respecto, Álvarez (2002) sostiene que el proyecto factible se ubica en el grupo de las investigaciones cuya finalidad es la mejora, las cuales como

paso previo pueden implicar otro tipo de investigaciones “(...) ya que no se puede proponer una mejora si no se conoce el estado actual de la situación, en esta textura se ubican: el proyecto factible, la investigación-acción, los proyectos de planificación y desarrollo, etc.” (p. 68).

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Según Arias (2006) las técnicas “... son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (p. 53), la selección de ella depende de la investigación a realizar y de los objetivos propuestos. El estudio se circunscribe al diseño de un modelo matemático para optimizar los costos en el proceso de manejo de listines del Terminal de Pasajeros de la ciudad de Valera, por indagaciones realizadas por el autor de esta investigación, conoce el problema descrito ya en el capítulo I, por lo cual no sería necesaria la indagación utilizando otras técnicas.

Sin embargo, para cumplir con la fase de diagnóstico que exige el proyecto factible, el responsable de este estudio utiliza la encuesta y la observación directa como técnicas de recolección de datos. La encuesta fue breve, 5 preguntas básicas para que los encuestados de manera puntual, seleccionaran las opciones elaboradas por el autor de la investigación, lo cual proveerá de una idea de lo que perciben estos acerca del problema.

Para ello, se hace necesario utilizar un formulario ordenado en forma de interrogatorio, compuesto por preguntas que tienen la intención de obtener información acerca de las variables que se investigan, por ello, el investigador considera utilizar un cuestionario, el cual, según Hurtado (2010), “es el instrumento de la encuesta y de recogida de datos rigurosamente estandarizado que operacionalizan las variables objeto de observación e investigación, por ello las preguntas de un cuestionario son los indicadores” (p. 223).

Población y Muestra

Existe divergencia entre diferentes autores que definen la población como el universo y otros como marco muestral; por cuanto, para los efectos de la investigación se considera la población como un universo, que de acuerdo con Sabino (2006), se refiere: “al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación” (p. 34).

Para Morles (citado por Arias, 2006), la población viene a ser “...los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación” (p. 49), específicamente la población a estudiar es el total de usuarios que transitan diariamente el terminal, el personal administrativo del terminal de pasajeros y los conductores de las líneas extraurbanas, cuya cantidad, sumándola, es infinita, por lo cual no se expresa en números.

La muestra, por su parte, es definida por Sabino (ob.cit.) como: “una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo” (p.122). De tal manera que para la selección de la muestra representativa, se empleó el muestreo intencional, el cual, para Sabino (ob.cit.) es totalmente válido, pues el investigador coloca en la selección su propia experiencia y capacidad para define como el procedimiento: “...donde el investigador no procede a ciegas, pues no tiene una idea del error que está introduciendo en sus apreciaciones”. Igualmente, la define Sabino (ob.cit.), como la que:

Escoge sus unidades no en forma fortuita sino completamente arbitraria, designando a cada unidad según características que para el investigador resulten de relevancia y la muestra es entonces aquella resultante de la selección exhaustiva por parte del que puedan servirle de base teórica a la investigación (p.124).

Con este tipo de muestreo el investigador no procede a ciegas, pues no tiene una idea del error que está introduciendo en sus apreciaciones,

igualmente, de manera que se selecciona una cantidad considerada por él como un número manejable de sujetos. En el caso de esta investigación, la muestra de estudio lo constituyen 14 (Catorce) personas.

Cuadro 1. Muestra

N°	Sujetos	Fi
01	Conductores extraurbanos	7
02	Personal Administrativo del Terminal	6
03	Director del Terminal	1
		14

Elaborado por: Medina, 2018

Variables de Investigación

Para el desarrollo de los objetivos de la presente investigación, es de vital importancia determinar cuáles son las variables que guían la consecución de estos, para lo cual existe la necesidad de plantear y definir el aspecto teórico de la misma. Se puede definir a las variables, como elementos o factores que pueden ser clasificados en una o más categorías, las cuales pueden ser medidas o cuantificadas, según su propiedad o características. Para Hernández y otros (2010), las variables son:

Una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse. Ejemplo el género, la motivación intrínseca hacia el trabajo, el atractivo físico, el aprendizaje de conceptos, la religión la resistencia de un material, la agresividad verbal, la personalidad autoritaria, la cultura fiscal... Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llega a relacionarse con otras variables, es decir, si formar parte de una hipótesis o una teoría. (p.93)

En tal sentido, un sistema de variables consiste, en identificar y operacionalizar las variables del estudio, mediante el desarrollo de cuadros,

donde además de los objetivos específicos, se identifiquen las variables y se operacionalicen. Arias, (2006), explica que “un sistema de variables es el conjunto de características cambiantes que se relacionan según su dependencia y función en una investigación” (p.103). Conforme a lo señalado se procede a la identificación y operacionalización de las variables con lo cual se busca definir los aspectos más relevantes dentro de la investigación.

Definición Operacional de las Variables

Operacionalmente, las variables representan el desglosamiento de las mismas en aspectos cada vez más sencillos que permiten la máxima aproximación para poder medirla. La operacionalización expresa Méndez (2009) “es el proceso de llevar una variable desde un nivel abstracto a un plano más concreto” (p.20). Su función básica es precisar al máximo el significado que se le otorga a una variable en un determinado estudio. En el siguiente cuadro número 2, se presenta la operacionalización de las variables.

Cuadro 2. Operacionalización de las Variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Ítem
Modelo Matemático para la Optimización	Técnica/Matemática	1. Identificación del problema 2. Especificación matemática y formulación 3. Resolución 4. Verificación, validación y refinamiento 5. Interpretación y análisis de resultados	Modelo	
Manejo actual de los listines en el Terminal de Pasajeros de Valera	Diagnóstica/Administrativa	Eficiencia del sistema actual Costos de inversión en el proceso de elaboración y manejo de listines Tiempo de respuesta Necesidad de optimización los costos a través de un sistema computarizado basado en un modelo matemático.	Encuesta	1, 2 3 4 5

Elaborado por: Medina, 2018

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Presentación y Análisis de los Resultados de la Indagación

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos del breve instrumento de medición aplicado para diagnosticar la situación, se analizan las respuestas provistas por la muestra, las cuales permitieron corroborar la necesidad de diseñar un modelo matemático para optimizar costos en el manejo de los listines en el Terminal de Pasajeros de Valera.

Ítem 1. El sistema de manejo de listines en el Terminal de Valera cumple con las exigencias requeridas por los usuarios y las unidades de transporte.

Cuadro 2. Cumplimiento de las exigencias a través del sistema de listines

Nº	Opciones	Fi	%
01	Sí	3	21%
02	No	11	79%
TOTAL		14	100%

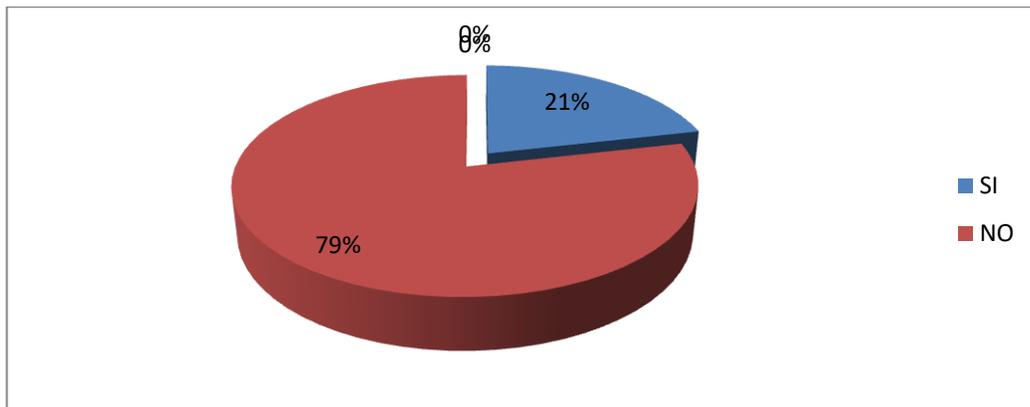


Gráfico 1. Cumplimiento de las exigencias a través del sistema de listines

Fuente: Datos extraídos de la aplicación del instrumento

Análisis: En este caso, las personas a quienes se les solicitó su opinión, respondieron de forma muy polarizada, el 79% lo hizo de forma negativa, el 21% respondió que Sí, por lo cual, las respuestas a este ítem muestran que la mayoría de los usuarios y personal del Terminal de Pasajeros, piensa que el sistema actual de manejo de listines en el Terminal de Valera No cumple con las exigencias requeridas por los usuarios y las unidades de transporte.

Ítem 2. El manejo actual de listines permite una movilización rápida de usuarios y unidades de transporte

Cuadro 3. Movilización rápida de usuarios y unidades de transporte por medio del sistema actual

Nº	Opciones	Fi	%
01	Sí	2	14%
02	No	12	86%
TOTAL		14	100%

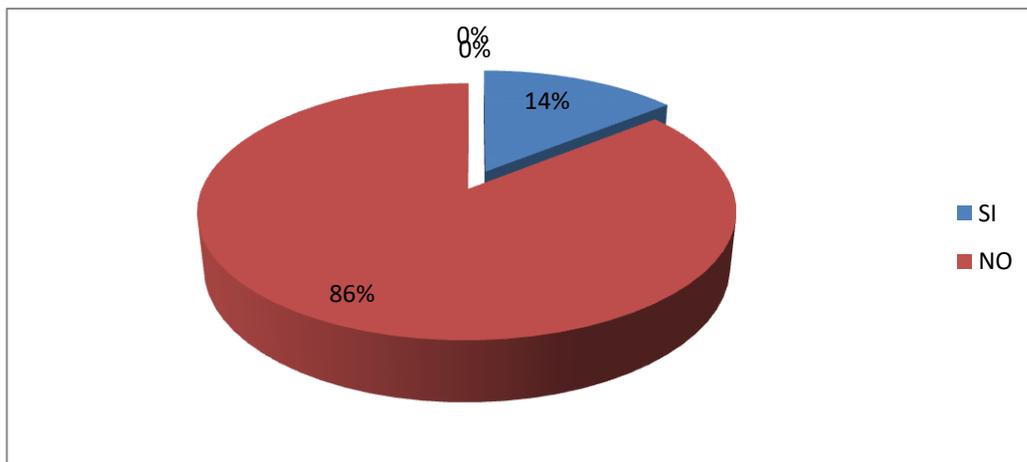


Gráfico 2. Movilización rápida de usuarios y unidades de transporte por medio del sistema actual

Fuente: Datos extraídos de la aplicación del instrumento

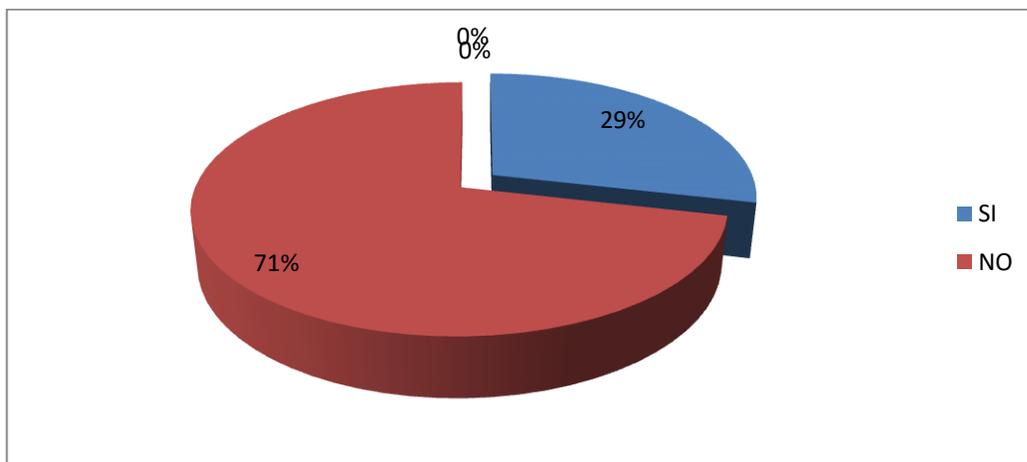
Análisis: En relación al ítem referido al manejo actual de listines permite una movilización rápida de usuarios y unidades de transporte, se puede percibir que el 86% respondió que No hay una movilización rápida de usuarios y unidades de transporte, mientras que sólo el 14% respondió que Sí.

Los listines, que son exigidos por la Ley, deberían ser procesados de manera segura, para que la movilización en el terminal de pasajeros sea rápida y la atención al usuario se haga con más eficiencia y eficacia.

Ítem 3. LosCostos de inversión en el proceso de elaboración y manejo de listines no están en concordancia con la eficiencia que resulta de ello.

Cuadro 4. Discordancia entre los costos de inversión y el proceso de listines

Nº	Opciones	Fi	%
01	Sí	4	29%
02	No	10	71%
TOTAL		14	100%



Cuadro 3. Discordancia entre los costos de inversión y el proceso de listines
Fuente: Datos extraídos de la aplicación del instrumento

Este ítem relacionado con losCostos de inversión en el proceso de elaboración y manejo de listines no están en concordancia con la eficiencia que resulta de ello, fue respondido por el 71% de la muestra seleccionada de forma negativa, mientras que el 29% opinó que Sí.

Esto corrobora que el sistema actual no responde a las exigencias del Terminal de Pasajeros de Valera, lo cual incluye a su personal, usuarios y conductores de las rutas extraurbanas. Por lo cual, el mejoramiento del mismo puede ser una alternativa para su transformación.

Ítem 4. El tiempo de respuesta tanto para los usuarios como los conductores de las unidades extraurbanas, en todos los pasos dentro del proceso de elaboración y manejo de los listines, permite brindar un servicio eficiente.

Cuadro 5. Servicio eficiente a través del tiempo de respuesta

Nº	Opciones	Fi	%
01	Sí	0	0%
02	No	14	100%
TOTAL		14	100%

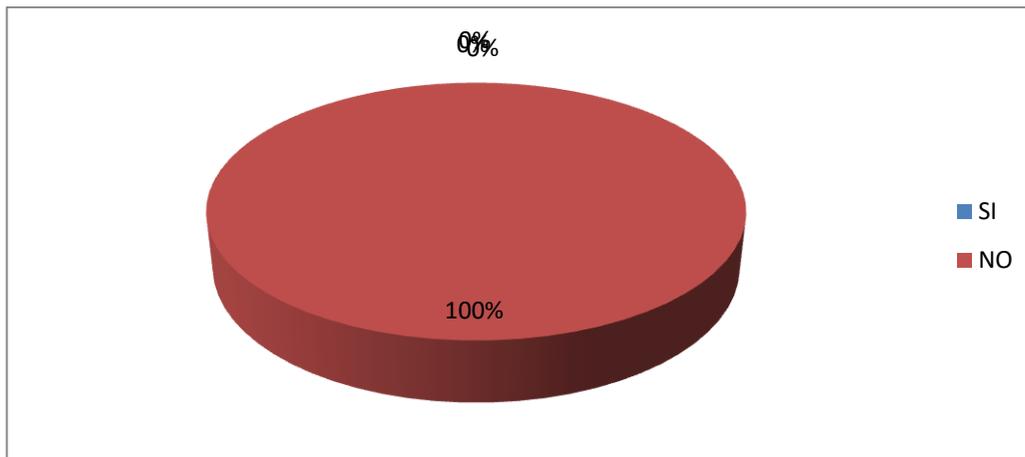


Gráfico 4. Servicio eficiente a través del tiempo de respuesta

Fuente: Datos extraídos de la aplicación del instrumento

Análisis: El total absoluto de la muestra (100%), respondió negativamente a este ítem, que tiene que ver con si el tiempo de respuesta tanto para los usuarios como los conductores de las unidades extraurbanas, en todos los pasos dentro del proceso de elaboración y manejo de los listines, permite brindar un servicio eficiente, mientras que ningún encuestado seleccionó la opción Sí.

De nuevo la muestra responde de forma negativa, lo cual demuestra que no hay eficiencia pues el tiempo de respuesta no es el esperado en un

proceso que permita la movilización rápida de las unidades de transporte y sus usuarios.

Ítem 5. Es necesario optimizar los costos que acarrea el manejo de listines a través de un sistema computarizado basado en un modelo matemático.

Cuadro 6. Necesidad de optimización de los costos en el manejo de listines

Nº	Opciones	Fi	%
01	Sí	14	100%
02	No	0	0%
TOTAL		14	100%

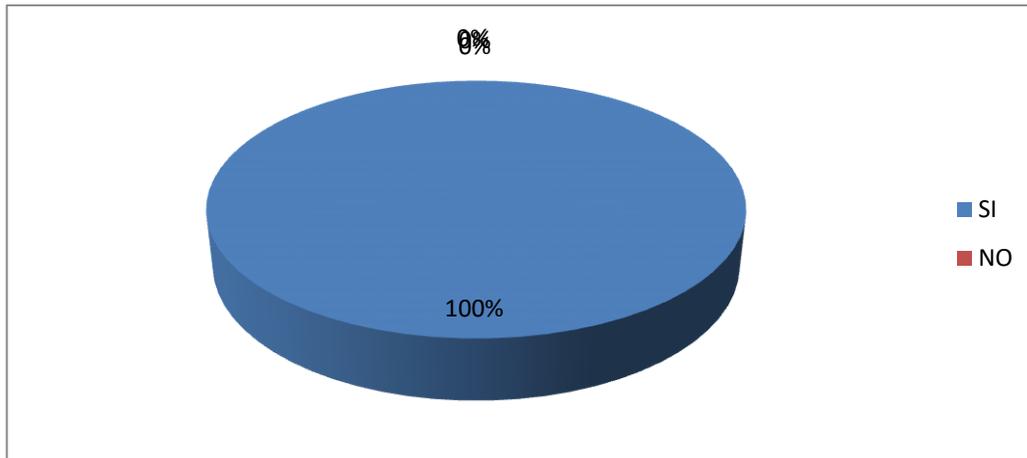


Gráfico 5. Necesidad de optimización de los costos en el manejo de listines
Fuente: Datos extraídos de la aplicación del instrumento

Análisis: el total de la muestra (100%), respondió de forma afirmativa, que es necesario optimizar los costos que acarrea el manejo de listines a través de un sistema computarizado basado en un modelo matemático. Esto sugiere, de forma categórica, que el modelo matemático sería de gran ayuda en la optimización de los costos que carrea el proceso que se da en el manejo de los listines.

Es notable percibir que la mayoría de las personas a quienes se les indagara para conocer su opinión acerca de los factores positivos que rodean el proceso de manejo de los listines en el Terminal de Pasajeros de Valera opina que éste no funciona, no es eficiente y, por tanto, no permite brindar un buen servicio a los usuarios del mismo.

Esto permite, al autor de esta investigación, corroborar que existe la necesidad de realizar el diseño de un modelo matemático, basado en la programación lineal, para ofrecer un sistema computarizado que maneje, por sí mismo, las etapas de este proceso, desde su llenado hasta el control que se debe presentar a las autoridades competentes.

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL MODELO MATEMÁTICO

Desarrollo del Modelo

Determinación de los Costos del Manejo de Listines

Los costos involucrados en la administración de los listines en el Terminal de Valera son: costo de ordenar (C_o), costo de compra (C_c), costo de almacenamiento de los talonarios (C_h) y el costo por escasez (C_s) (faltantes). Para asignar el C_o a cada unidad (Talonario), se tomaron en cuenta los gastos involucrados al realizar los pedidos, como por ejemplo los gastos de personal relativos al tiempo que se invierte en realizar el pedido o la tarifa del teléfono.

Los productos se clasificaron en tipo I y tipo II, según la forma en la que se realizan su orden o pedido: los productos tipo I, luego de ser solicitados, llegan directamente al local donde se almacenan, lo que implica que es el proveedor o tipografía quien se encarga de enviarlos, por lo que el gerente o administrador de la institución solo emplea el tiempo en efectuar una llamada telefónica, invirtiendo 2 minutos por cada producto. Por su parte, los productos de tipo II se compran en librerías y se improvisa y es un empleado asignado por el gerente del terminal quien se encarga de comprarlos y de ir a buscarlos, por lo que se le asignan en promedio 36 minutos a cada producto. En cuanto al C_c , como no se realiza descuento en función de las cantidades adquiridas, este se obtuvo sumando los productos obtenidos del valor unitario del artículo por la cantidad de artículos del pedido. El C_h se refiere al “costo de mantener una unidad de inventario durante un periodo” (Winston,

2004, p. 847), y para su cálculo se debe multiplicar el Cc del producto por su tasa de almacenamiento.

Para determinar la tasa de almacenamiento de cada caja de listines se deben sumar las siguientes seis tasas: la de almacenamiento físico, la de retorno de capital, la de obsolescencia de material, la asociada al consumo eléctrico, la asociada al pago de contribuciones y, finalmente, la de transporte, manipulación y distribución a cada línea de transporte. Estas son las tasas que representan el problema y deben estar expresadas en porcentaje (Benítez, 2012). El Cs se obtuvo restando el precio de venta menos el precio de compra de cada producto, ya que este, según Nahmías (2007) se refiere a “la venta perdida, que incluye la utilidad perdida que se hubiese tenido por la venta” (p. 192). Esto aplica porque cada línea hace un aporte por el costo de los listines que les son distribuidos.

Aplicación del modelo

Para establecer el modelo se debieron conocer los parámetros donde se trabajó; para ello se determinó la clasificación de los listines por empresa de transporte que hacen vida en el Terminal de Pasajeros de Valera más relevantes. El comportamiento de la demanda de los listines, que son las empresas de transporte extraurbano se aprecia en la tabla 1. La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov ayudó a verificar si el comportamiento de la demanda —de aquellos listines con demanda probabilística— posee una distribución de tipo normal. Por medio del software XLSTAT se confirmó que todos los productos con esta condición poseen este tipo de distribución. Para el cálculo de esta se utilizó un nivel de significación de un 5% ($\alpha = 0.05$).

Cuadro 7. Resumen del comportamiento de la demanda de los listines por empresa autobusera y carros por puesto

Empresa	Coefficiente de Variabilidad	Tipo de Demanda
Expresos Valera	0,097	Determinística
Expresos Occidente	0,185	Determinística
Línea La Floresta	0,167	Determinística
Expresos Mérida	0,233	Probabilística normal
Expresos Alianza	0,205	Probabilística normal
Transporte Barinas	1,512	Probabilística normal
Línea La Responsable	8,883	Probabilística normal
Unión Conductores Líneas Unidas	0,316	Probabilística normal
Asoc. Cooperativa Fraternidad	0,596	Probabilística normal
Asoc. Civil Línea Panamericana	8,022	Probabilística normal
Transporte Las Delicias	1,096	Probabilística normal
Línea Alberto Adriani	0,253	Probabilística normal
Línea Libertad	0,282	Probabilística normal

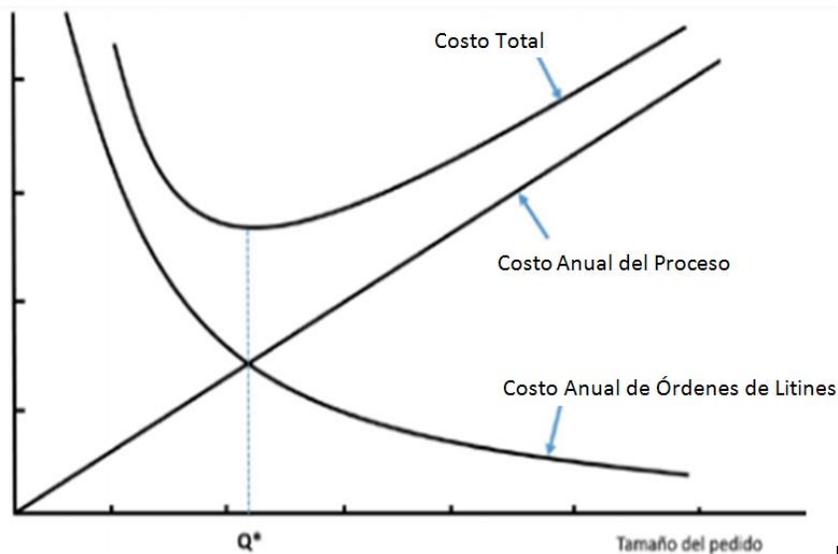
Por otro lado, fue necesario conocer los costos del producto. Los costos de estos productos fueron realizados teniendo en cuenta que existen dos tipos de costos de orden (en relación con la diligencia que se efectúa en cada uno de ellos), mientras que el costo de almacenamiento se lleva a cabo en función de la tasa de almacenamiento; este último se calculó con base al trabajo de Benítez (2012). Lead time: es el tiempo que ocurre desde que una orden es puesta en el sistema hasta el día en que el cliente desea el material en su sitio (Leadtimes). Los C_c y C_s están en términos unitarios (Bs./unidad); el C_o se plantea por cada orden efectuada (Bs./orden) y el C_h está dado el costo unitario del producto y el porcentaje de almacenamiento trimestral que posee (Bs./unidad/trimestre). El lead time se determinó a partir de los datos entregados por el terminal y corresponde a los días que demoran los proveedores en suministrarlos.

Cuadro 8. Resumende los Costos

Producto	Costo Compra	Costo Ordenar	Costo Almacenamiento	Costo Escasez	Lead Time (Días)
Listín	3000	1800	370	3500	5

El modelo matemático construido expresa una programación no lineal, la cual consta de una función no lineal perteneciente a la función objetivo, que busca minimizar los Ch y Co , dado que la función de costo total es la suma de una ecuación lineal (Ch) más una ecuación no lineal (Co) (figura 1) mientras que las restricciones de caducidad, presupuesto y almacenamiento son funciones lineales. Las variables decisión del modelo y los parámetros asociados se presentan a continuación:

Figura 1. Costo Total del Proceso de Manejo de Listine



Variable Decisión:

Q: unidades del talonario de listines a solicitar

R: unidades del talonario de listines, momento en el cual se debe efectuar el reorden, dependiente de Q,

Ch: costo de almacenar los talonarios (Bs./unidad/trimestre).

Co: costo de ordenar los talonarios (Bs./orden).

D: cantidad de demanda I (Unidad).

E[X]: esperanza de demanda durante el lead time del talonario (unidades).

CAD: tiempo de caducidad del talonario de listines (días/total trimestre).

Los listines no poseen caducidad.

CC: costo de compra (Bs./unidad).

PC: presupuesto total de compra

A: área utilizada por una caja del producto en el almacén (M^2 por unidad)

$\sigma[X]$: desviación estándar de la demanda durante el lead time de los talonarios (unidades)

Cb: costo por escasez del producto (Bs. Por unidad)

Se aplicaron ecuaciones de función objetivo las cuales expresaron la función que minimiza la sumatoria de los Ch y de los Co en un periodo de un trimestre. Se tomó en cuenta el periodo de duración de los talonarios, pero estos no tienen una caducidad cercana, pueden durar años, la compra inicial de talonarios no debe sobrepasar el presupuesto total que se tiene asignado para estos por la administración del terminal. La cantidad de cajas de talonarios no debe sobrepasar el área total de las repisas asignadas para tal fin.

La cantidad total de cajas de talonarios por unidad de volumen no debe sobrepasar el volumen total del espacio en donde se almacenan dichas cajas. Se obtuvieron los puntos de reorden de cada talonario con demanda

probabilística, por parte de las empresas de transporte. El autor comprobó que el software trabaja con un 95% de confiabilidad para el desarrollo de sus cálculos.

Por último, se declara la no negatividad de las variables en estudio. Para aplicar el modelo matemático se utilizó el software LINGO en su versión 14.0, desarrollado por la empresa de optimización LINDO Systems Inc. LINGO (Linear, INteractive, and General Optimizer), es un lenguaje de modelación matemática, que provee un entorno en el cual se puede desarrollar, correr y modificar modelos matemáticos. LINGO es una herramienta fácil de utilizar para desarrollar grandes modelos de optimización lineal y no lineal.

En adelante se presentan los resultados finales encontrados en el modelo propuesto.

Cuadro 9. Cuadro comparativo de las cantidades a solicitar por empresa

Empresa	Q actual [unidad]	Q propuesta [unidad]	Punto de reorden actual [unidad]	Nuevo punto de reorden [unidad]
Expresos Valera	50	140	15	16
Expresos Occidente	45	95	15	16
Línea La Floresta	8	78	14	14
Expresos Mérida	45	138	12	110
Expresos Alianza	26	87	7	42
Transporte Barinas	45	106	7	10
Línea La Responsable	30	90	5	12
Unión Conductores Líneas Unidas	30	76	5	7
Asoc. Cooperativa Fraternidad	30	98	4	8
Asoc. Civil Línea Panamericana	25	81	9	19
Transporte Las Delicias	9	56	5	23
Línea Alberto Adriani	5	79	5	30
Línea Libertad	25	66	12	41

Se puede apreciar en el cuadro 9 que la cantidad a solicitar por parte de todas las empresas de transporte aumenta, variando desde un 114% hasta un 680%. Todas las empresas presentan una alta variación en relación con las cantidades a solicitar. El resultado arrojado por el software indica que es mejor elevar las cantidades a solicitar, con el fin de disminuir los pedidos hechos continuamente; además el tener mayor cantidad de unidades de talonarios de listines evita la pérdida de tiempo que posee la situación actual. Los resultados obtenidos en costos, que representó la variación de Q, se pueden resumir de la siguiente manera, donde varían los C_o y C_h , como un resumen de los costos totales.

Se puede apreciar, que el costo total disminuyó en un 40% aproximadamente, lo cual se debe a que los costos de ordenar son muy altos en relación con los costos de almacenamiento; por ende, conviene aumentar las cantidades a solicitar de cada uno de las empresas de transporte, con el fin de evitar comprar reiteradas veces a un alto costo y así privilegiar los bajos costos de almacenamiento. A su vez, esto impide las pérdidas al aumentar las unidades a solicitar.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se aplicó el modelo matemático para la optimización costos de los procesos de adquisición y manejo de listines satisfactoriamente en el Terminal de Pasajeros de Valera, estado Trujillo, generando resultados positivos, así, la evaluación del modelo puede servir en el afianzamiento de los conceptos teóricos del modelo.

De los resultados arrojados por el modelo propuesto se puede inferir que dicho modelo mejoró aproximadamente en un 53% la administración de los talonarios de listines. De igual modo, el modelo asegura que el 95% de la demanda es abastecida, esto para los talonarios de listines con un comportamiento probabilístico.

Asimismo, se propone a las empresas aumentar el volumen de la cantidad de talonarios a ordenar, debido a que los Co son muy altos en relación con los Ch. Finalmente, los resultados entregados por LINGO son óptimos locales (buenas soluciones pero no la mejor), lo que deja la opción de investigar otras alternativas de solución con otros programas informáticos.

La principal recomendación hecha al modelo de optimización de tiempo y costo radica en la implementación en el mismo de la variable posposición. Asimismo, al aplicar el modelo se encontró que hay actividades que pueden ser definidas de forma probabilística y otras de forma determinística en un mismo pedido, lo que hace valedero el modelo, ya que se convierte en una herramienta de análisis, planeación y toma de decisiones para actividades de este tipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, B. (2002). Proceso Metodológico en la Investigación. 5ª edición. Maracaibo: EDILUZ
- Arias, F. (2006), El Proyecto de Investigación, Caracas, Editorial Espíteme
- Balestrini A., M. (2006) Como se elabora un Proyecto de investigación. Caracas. OBL Edit.
- Beltrán, N. (2004).Administración de Operaciones. Manufactura y servicios. Ed. 8 Bogotá Colombia: Mc Graw Hill.
- Benítez, R. (2012). Influencia de los costos de mantenimiento en la toma de decisiones. La Habana: Centro de Inmunología Molecular.
- Hillier, F. (2010) Introducción a la investigación de operaciones. 9ª edición. México. Mc Graw Hill.
- Hurtado, J. (2000) Metodología de Investigación Holística (5ª. Ed.). Caracas: Editorial SYPAL
- Méndez, C. (2007). Metodología. Diseño y Desarrollo Proceso de Investigación. México: Me Graw – Hill
- Muñoz, M., Fabián, S. y Santos, R. (2016). Administración de operaciones. 8ª edición. México D. F.: Pearson Educación.
- Nahmias, S. (2007). Análisis de la producción y las operaciones (5ª ed.). México D. F.: McGraw-Hill Interamericana.

- Ortega, R. (2013). Modelos Matemáticos. Granada. Ediciones de la Universidad de Granada.
- Pérez, S., Gómez, F. y Marbán, J. (Modelos Matemáticos y Procesos Dinámicos: Un Primer Contacto. Madrid. Espasa
- Ramos, E. (2017) Programación Lineal y Entera. 2ª edición. Madrid. Ediciones Académicas
- Risa, J. (2009). Introducción a la probabilidad y estadística. México: Thompson Editores
- Rodríguez, J. (2009). Como Hacer Un Proyecto De Investigación. (2da. ed.). Caracas: Carhel (Libro digital en PDF)
- Sabino, C. (2006). Metodología de la Investigación. 7ª edición. Caracas. Editorial Panapo
- Saldaña, J. (2003). La optimización en Operaciones. Barcelona. Universidad de Barcelona.
- Shapiro, F. (2004). Física sin Matemáticas. México. Pearson Educación
- Schrage y Williams (2009) La multicolinealidad en econometría. Diagnóstico y corrección del problema. México: SITESA
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2009). Manual de trabajos de grados de Maestrías y tesis Doctorales. Caracas. Ediciones FEDEUPEL

Velásquez, M. (2003). Gerencia Estratégica para la Toma de Decisiones. México. McGrawHill.

Winston, W. (2004). Investigación de operaciones: Aplicaciones y algoritmos (4ª ed.). México D. F.: Thompson.