ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

Determinación de vehículos de apoyo con demanda estocástica

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Logística y Transporte

Presentado por:

Darío Tigrero

Roxana Calligana

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico en primer lugar a Dios y a mi hermana que desde el cielo siempre me acompaña y me da fortaleza para cumplir todas mis metas y anhelos. A mi mama que es lo que más amo junto a mi tía las cuales han sido incondicionales en todo momento motivándome a ser una mejor persona.

Roxana Calligana

Dedicado a todos mis seres queridos, presentes y ausentes, mi familia, mis amigos, mis compañeros, profesores y externos que, con sus consejos y mentorías, hicieron posible este anhelado proyecto.

Darío Tigrero

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a Dios y a todos los mentores y profesores que formaron parte de mi carrera universitaria, a mi compañero de tesis y en especial a José Espinales por confiar en mí, por toda su paciencia, por su apoyo incondicional durante todos estos años y por motivarme a ser cada día mejor. A mi mama por guiarme y por ser mi pilar desde niña.

Roxana Calligana

Un logro más, alcanzado con el apoyo de Dios y mi familia, a mis tíos: Manuel, Viviana y Cecilia Tigrero, quienes me han dado un hogar desde antes de que tan siquiera pudiera agradecerles. También a la mujer que, desde hace casi 8 años ha conocido mis fracasos y me ha dicho sin juzgar, levántate, tú puedes. María Benavides. Ustedes y mis ganas de ser mejor cada día me han llevado hasta aquí. Finalmente, gracias a las personas que no menciono en estas líneas pero que de alguna manera creyeron en mí.

Darío Tigrero

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Darío Tigrero* y Roxana Calligana damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Roxana Calligana

Darío Tigrero

EVALUADORES

Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALFREDO RONQUILLO FRANCO

M.Sc. Carlos Ronquillo

PROFESOR DE LA MATERIA

Firmado electrónicamente por:
DAVID ANTONIO DE SANTIS BERMEO

M.Sc. David De Santis

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En el presente proyecto se propone la optimización de contratación y asignación de vehículos auxiliares, mediante la utilización de modelos probabilísticos. Para lograrlo se ejecutó un análisis cuantitativo a los datos de la demanda estocástica de una empresa de transporte de carga, específicamente al número de clientes visitados con la finalidad de obtener información acerca del comportamiento de sus clientes a través de dos enfoques, uno que consideró los días de la semana y el otro que consideró la fecha de dichos días seccionándolos en 4 periodos por mes. Este procedimiento fue la base para la obtención un modelo distribución de probabilidad, con el cual se generaron números aleatorios que completaron la serie de tiempo que se formó a partir de la demanda semanal. Finalmente se realizó un procedimiento para la obtención del mejor modelo de serie de tiempo con el que se pronosticó valores esperados e intervalos con un 95% de confianza. Los resultados mostraron patrones de comportamiento semanal y mensual, además si se toma como referencia la semana pronosticada y se realiza un cálculo del valor total mensual y anual, en el primero se genera un ahorro de $720 mensuales y $8630 anuales

Palabras Clave: optimización, modelos probabilísticos, demanda estocástica, pronósticos, serie de tiempo.

ABSTRACT

This project proposes the optimization of hiring and allocation of auxiliary vehicles, through the use of probabilistic models. To achieve this, a quantitative analysis of the stochastic demand data of a cargo transportation company was carried out, specifically the number of clients visited with the purpose of obtaining information about the behavior of its clients through two approaches, one that considered the days of the week and another that considered the date of those days, sectioning them into 4 periods per month. This procedure was the basis for obtaining a probability distribution model, with which random numbers were generated to complete the time series formed from the weekly demand. Finally, a procedure was carried out to obtain the best time series model with which expected values and intervals were predicted with 95% confidence. The results showed patterns of weekly and monthly behavior, in addition, if the forecast week is taken as a reference and a calculation of the total monthly and annual value is made, in the first a saving of $720 per month and $8630 per year is generated.

Keywords: optimization, probabilistic models, stochastic demand, forecasting, time series.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES V
RESUMEN I
ABSTRACT II
ÍNDICE GENERAL III
ÍNDICE DE FIGURAS V
ÍNDICE DE TABLAS VI
CAPÍTULO 1 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 3
1.4 OBJETIVOS 5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL 5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
1.5 MARCO TEÓRICO 6
1.5.1 PROCESOS ESTOCASTICOS ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1.5.2 PRUEBA DE NORMALIDAD 6
1.5.3 DISTRIBUCIÓN NORMAL O GAUSSIANA 6
1.5.4 PRUEBA DE KOLMOGÓROV-SMIRNOV 7
1.5.5 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE 7
1.5.6 INDICADORES DE GESTIÓN 8
1.5.7 CONCEPTOS SOBRE DEMANDA 8
1.5.8 CONCEPTOS SOBRE CRITERIOS 9
1.6 ESTADO DEL ARTE 10
CAPITULO 2 11
2. METODOLOGIA 11
2.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 12
2.1.1 RESUMEN DE ENFOQUES 13
2.1.2 MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES Y DEPURACIÓN DE LOS DATOS 14
2.1.3 MODELOS DE SERIES DE TIEMPO 22
2.2 DETERMINACIÓN DE VEHÍCULOS 28
2.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACION RECOPILADA 29
2.4 INFORMACIÓN RELEVADA DE REGISTROS HISTÓRICOS 34
2.5 ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA 36

2.6 USO DE SOFTWARE 37
2.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES 38
2.8 CRONOGRAMA DE TRABAJO 39
CAPITULO 3 40
3. ANALISIS DE RESULTADOS 40
3.1 COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA 40
3.2 MODELO DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD 41
3.3 PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA DE CLIENTES 42
3.4 CLIENTES Y VEHICULOS AUXILIARES 43
3.5 ANÁLISIS DE COSTOS 45
3.6 ENTREGABLES 46
CAPITULO 4 47
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 47
4.1 CONCLUSIONES 47
4.2 RECOMENDACIONES 48
5. ANEXOS 49
5.1 Anexo 1: Preguntas para entrevista con el gerente de Transcar S.A 49
5.2 Anexo 2: Interfaz de carga enfoque I 50
5.3 Anexo 3: Interfaz de carga enfoque II 52
5.4 Anexo 4: Lista de posibles distribuciones para enfoque I 53
5.5 Anexo 5: Hectolitros transportados para las camionetas asignarse. 53
5.6 Anexo 6: Comparación de propuesta Vs actualidad 54
BIBLIOGRAFÍA 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Distribuciones de probabilidad que más se ajustan a los datos.....16
Figura 2.2. Comportamiento de los datos del enfoque 1, a los diferentes modelos. 17
Figura 2.3. Código que genera datos aleatorios. 18
Figura 2.4. Modelos de distribución para el enfoque 2 20
Figura 2.5. Comportamiento de los datos del enfoque 2, a los diferentes modelos. 21
Figura 2.6. Grafica de los datos de los dos enfoques.....23
Figura 2.7. Gráfica los componentes de la serie, enfoque 1. 24
Figura 2.8. Gráfica de las funciones ACF y PACF de la serie del enfoque 1. 25
Figura 2.9. Gráfica de los pronósticos de los mejores modelos del enfoque 1. 27
Figura 2.10. Gráfica de los pronósticos de los mejores modelos del enfoque 1. 27
Figura 2.11. Resumen de viajes por semana. 30
Figura 2.12. Comportamiento por periodos del mes 1 y 2, enfoque 1 en gráfico 3D, semana, día, visitas31
Figura 2.13. Gráfica demanda vs día de la semana de los meses septiembre y octubre. 31
Figura 2.14. Comportamiento por periodos del mes 1 y 2, enfoque 2 en gráfico 3D. 33
Figura 2.15. Comportamiento de la demanda promedio vs periodo.....33
Figura 2.16. Productividad camionetas. 35
Figura 2.17. Cronograma de trabajo.....39
Figura 3.1. Gráfico del modelo de distribución de probabilidad. 41
Figura 3.2. Gráfico de número de vehículos necesarios vs Hectolitros transportados. 44
Figura 5.1. Gráfico del comportamiento diario por semana.....50
Figura 5.2. Gráfico 3D del comportamiento diario por mes. 51
Figura 5.3. Comportamiento promedio por día.....51
Figura 5.4. Gráfico 3D del comportamiento del primer mes. 52
Figura 5.5. Comportamiento promedio por periodo. 52
Figura 5.6. Distribuciones para enfoque I. 53
Figura 5.7. Camioneta para usarse como apoyo por día con sus respectivos hectolitros a transportar. ...53
Figura 5.8. Gráfica comparativa de costos actual VS propuesta 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Resumen de clientes visitados por día. 15
Tabla 2.2. Resumen de parámetros calculados del modelo de distribución normal del enfoque 1 18
Tabla 2.3. Data depurada del enfoque 1, semana 5 19
Tabla 2.4. Resumen de visitas a clientes por semana según el día, semanas 1 y 2. 20
Tabla 2.5. Data depurada, enfoque II, semana 1 21
Tabla 2.6. Tabla de evaluación de los modelos de serie de tiempo 28
Tabla 2.7. Tabla de categorización de clientes 28
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores 28
Tabla 2.7. Tabla de valores y supuestos calculados 29
Tabla 2.8. Tabla de variación porcentual entre días, según el numero promedio de viajes por día obtenido de los meses septiembre y octubre. 32
Tabla 2.9. Clientes críticos 35
Tabla 3.1. Incremento porcentual entre el primer y último semanal, enfoque II 40
Tabla 3.2. Cuadro comparativo entre los modelos y sus respectivos errores. 42
Tabla 3.3. Cuadro comparativo entre los modelos y sus errores. 42
Tabla 3.4. Intervalos de confianza de los modelos. 43
Tabla 3.5. Tabla de pronósticos diario de vehículos auxiliares. 45

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el transporte es un punto muy importante y representativo de la cadena de suministro ya que impacta en más de la mitad de los costos de la logística de las empresas. El reparto de pedidos juega un papel crucial, sin embargo, lograr una correcta gestión de distribución es una tarea que tiene tanto o mayor grado de complejidad e importancia. En un país cada vez más competitivo como Ecuador, donde su índice de desempeño logísticos en el año 2018 es de 2,88 en un rango de escala del 1 al 5, siendo 5 la mejor calificación (Banco Mundial, 2018), uno de los factores diferenciadores que dan mayor solvencia y crecimiento a las industrias indiferente del sector, es su estrategia de gestión de la cadena de suministros. Parte indispensable dentro de dicha gestión es el transporte de carga y dentro de dicha gestión se encuentra el problema de asignación de transporte.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para el caso, TRANSCAR.S. A, es una entidad que forma parte de un grupo empresarial dedicado al transporte de carga en el territorio nacional ecuatoriano, de manera especial en la ciudad de Guayaquil. Entre dicho grupo se encuentran empresas que ofrecen servicios de transporte complementarios al mismo. Específicamente la empresa en cuestión es una organización que ofrece entre su gama de servicios la administración de flotas, el cual va dirigido a varias empresas de la provincia del Guayas. En particular el proyecto es basado en el servicio que se presta a uno de los clientes más importantes de su cartera, el cual es líder nacional en venta de bebidas con moderación. Un estudio del dimensionamiento de las compañías de carga pesada por transporte terrestre, en sus diferentes modales por carretera reveló, aproximadamente el 47,62% del reparto es dado en camiones, ahora bien, en la provincia de Guayas el porcentaje es 35,73% (Ortega, 2014), sin embargo, hay un problema tras fondo.

No todos los sectores de la provincia del Guayas y siendo más específicos de la ciudad de Guayaquil, cuentan con la infraestructura vial y seguridad necesaria, puesto que no es de mucha facilidad poder acceder a dichos lugares con camiones de alto tonelaje. En algunos otros casos, la flota propia de las organizaciones no se abastece para demandas crecientes o en picos, por ello algunas empresas subcontratan el servicio de transporte de última milla a través de la gestión de flota.

El servicio de gestión de flotas no cuenta con un servicio de optimización de rutas, ya que las rutas de sus camiones son previamente definidas por el cliente a través de un sistema implementado por el mismo, cual en teoría genera rutas optimizadas, pero al ser generadas por un servidor extranjero, no considera a profundidad aspectos como: Geográficos y demográficos de la zona, mientras los clientes receptores de la mercadería, están ubicados en diferentes puntos de la ciudad de Guayaquil y la provincia del Guayas. La empresa de transporte de carga pesada cuenta con camiones de diferente tonelaje entre ellos camiones de 8 a 10 toneladas para hacer los repartos de la organización contratante. Por su parte se presenta un problema de accesibilidad para los vehículos por sus dimensiones, su equipamiento para terrenos complicados, por lo que recurren a la contratación de vehículos más versátiles. En promedio utilizan dos camionetas al día, las cuales, si una de ellas es asignada, la misma realiza en promedio dos viajes por cada camión con un determinado número de clientes, esto depende mucho de la demanda y la compra que haya realizado cada cliente.

Las restricciones municipales son otros de los factores que tienen repercusiones al momento de las entregas. “La carga y descarga de productos y mercaderías en zonas de alto impacto de tráfico en la ciudad, se aplica restricción de 10:00 a 17:00 locales si la longitud del camión es mayor a 7,5 metros.” (El Universo, 2019) de modo que en estos casos especiales se realiza un trasbordo en el cual se traspasa la mercadería desde el camión hacia una camioneta, el problema radica en que dichas camionetas no tienen una metodología de asignación eficiente, esto se refleja en un conflicto para la planificación de las entregas y el cumplimiento de los pedidos. Se podría inferir que la variabilidad de la demanda puede producir situaciones adversas, una en donde la capacidad de entrega contratada es mucho mayor la demanda y se genera una subutilización de vehículos generando costos adicionales por contrataciones

innecesarias, y el caso contrario donde la demanda excede a la capacidad de reparto y por lo tanto se da lugar a incumplimientos en la promesa de entrega.

Otro de los conflictos que genera esta problemática, con el uso de vehículos auxiliares son los indicadores, los cuales se ven afectados por la situación descrita y uno de estos es el indicador de entrega en rango, este indicador mide la efectividad de visita en el punto de venta, explicando a breves rasgos el indicador, a través de una plataforma con GPS se ubica a el camión en el instante de la entrega dentro de un perímetro, sin embargo, los vehículos auxiliares no cuentan con dicho dispositivo, de modo que cuando la mercadería se entrega, el camión no se encuentra en la cercanía del sitio, afectando el indicador y el mismo tiene un impacto financiero en los ingresos de la compañía.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La mayor parte de las PYMES, pequeñas y medianas empresa tiene un denominador común en cuanto a algunos de sus procesos y es que sus modelos de negocio son regularmente tradicionalista, en algunos casos poco eficiente y no solo eso, también muestran resiliencia a las nuevas metodologías debido a que se tiene un rendimiento medianamente aceptable en la industria que desempeñan, en el caso en cuestión por ejemplo la asignación de los vehículos auxiliares se dan a según el criterio del supervisor de rutas y los resultados muestran que existe una problemática debido a que no se ha realizado un estudio previo el cual determine de manera asertiva el número de vehículos que necesitan, afectando así a la calidad del servicio no solo de la empresa de transporte sino al prestigio de cumplimiento de la empresa contratante.

Se ha dado el caso en que la cantidad de vehículos auxiliares contratados no abastece se genera retrasos en las entregas y perdidas para ambas instituciones ya que la TRANSCAR.S. A genera ganancias por mercadería entregada y si no es entregada, la transportación no es cancelada por parte de la empresa contratante. Se comprende entonces que la problemática amerita un análisis exhaustivo el cual fundamente, ayude y de soporte a las decisiones operacionales, tácticas y estratégicas que se toman para la determinación de los vehículos auxiliares necesarios para la operación y planificación efectiva, por ello con el estudio se espera revelar medidas las cuales produzcan una

mejora en la situación actual, dejando de tomar decisiones a criterio personal, para empezar a tomarlas con fundamentos matemáticos y estadísticos que lo sustenten como una opción viable.

Cabe destacar que las demandas de los clientes son un punto importante dentro de la toma de decisiones, pese a ello, se considera que la variable más importante de este problema es la asignación y esta no solo depende de manera exclusiva de medidas cuantitativas que analicen su comportamiento numérico, sino también se rige bajo parámetros cualitativo para determinar en qué medida se vuelve necesaria la asignación de más o menos vehículos, validando así la necesidad y priorización de los clientes con la debida justificación ya que si se está realizando asignación de camionetas a clientes donde los camiones podrían llegar sin problemas, se estaría utilizando recursos de manera ineficiente además de que se producen impactos negativos en los indicadores operacionales.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Respecto del trabajo investigativo que se desarrolla, se espera poder desarrollar una metodología la cual permita que el personal encargado tanto de la asignación, como de la contratación tengan la facilidad de entendimiento y comprensión del trabajo realizado. No solo aplicar modelos matemáticos o probabilísticos sino también mostrando como se llegó a los mismos, que parámetros se consideró para el diseño y que información fue determinante para poder plantear la solución. Si bien es cierto la resolución del problema amerita el uso de conocimientos avanzados de ingeniería, sin embargo, también es cierto que para que la solución pueda ser evaluada y tenga posibilidades de una mejora continua, su interpretación debe ser intuitiva y con información que permita la toma de decisiones. Por ello, lo que se espera como resultado final del proyecto es una interfaz que sea intuitiva, basada en un algoritmo que procese datos históricos y revele información verificada, la cual permita pronosticar

prudentemente la contratación de vehículos auxiliares para la operabilidad de las entregas sin mayores problemas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar la contratación de vehículos auxiliares a través del análisis de modelos probabilísticos, ajustado a la demanda de Transcar.S. A, con la finalidad de mitigar la ineficacia de la asignación de vehículos auxiliares a clientes.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener información relevante mediante la realización de un análisis a los datos proporcionados con el fin de conocer la situación actual del servicio y dar seguimiento a las rutas consideradas críticas.

2. Plantear diferentes modelos de distribución de probabilidad que puedan ser aplicables al problema, mediante el ajuste a la demanda de Transcar.S. A, los cuales permitan establecer el modelo de distribución que más se aproxime acorde al enfoque estudiado.

3. Evaluar los modelos de asignación propuestos a través de la medición de la efectividad de sus pronósticos y métrica de sus errores, con el propósito de validar y justificar los resultados obtenidos con la metodología planteada.

4. Diseñar una interfaz en Python que le facilite al usuario realizar un análisis interpretativo del comportamiento de la demanda e implementar un algoritmo en R que le permite realizar pronóstico de la demanda

1.5 MARCO TEÓRICO

Para un mejor entendimiento de las metodologías de resolución que se aplicaran en la presente, se torna crucial que se tenga conocimiento de algunos conceptos fundamentales.

1.5.1 PRUEBA DE NORMALIDAD

En estadística, este tipo de pruebas son empleadas con el objetivo de garantizar si un grupo de datos está correctamente modelado por una distribución normal y, a su vez, calcular la probabilidad de una variable aleatoria subyacente para que esta se distribuya normalmente. (Phuc, 2022b)

1.5.2 DISTRIBUCIÓN NORMAL O GAUSSIANA

Se considera que una variable aleatoria *X* se expone como un resultado numérico asignado al resultado de un ensayo aleatorio, el cual se puede identificar como un resultado indeterminado. Este resultado numérico dentro de una distribución de probabilidad se asigna como un valor posible de X.

Por lo tanto, la distribución normal está determinada por la siguiente función de probabilidad. Véase ecuación 1.1

Donde *f* (*x*) es conocida como función de densidad de probabilidad, esta nos permite calcular la probabilidad de que la variable *X* adquiera una estimación entre *a* y *b*, anexando la función *f* (*x*) entre los extremos *a* y *b*.

$$\boldsymbol{f(x)} = \frac{\mathbf{1}}{\sqrt{\mathbf{2\pi^2}}} \mathrm{e}^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma}} \tag{1.1}$$

Al mismo tiempo, se define como μ la media y σ^2 la varianza de la distribución la misma que ocurre de manera precisa y aproximada en las estadísticas generales.

En otras palabras, la distribución normal se singulariza por su simetría alrededor de la media con tendencia a caer en cero en ambas direcciones. Lo cual significa que identificar valores máximos o mínimos dentro del promedio puede ser poco probable.

1.5.3 PRUEBA DE KOLMOGÓROV-SMIRNOV

Hipótesis para contrastar:

H_0: Los analizados siguen una distribución normal

H_1: Los analizados no siguen una distribución normal

Estadístico de Contraste:

$$D = \sup_{1 \le i \le n} \left| \widehat{F_n}(X_i) - F_0(X_i) \right| \quad (1.2)$$

*En la ecuación (1.3), se calcula D que es la mayor diferencia absoluta observada entre la frecuencia acumulada observada $\widehat{F_n}(X_i)$ y la frecuencia acumulada teórica $F_0(X_i)$, obtenida a partir de la distribución de probabilidad que se muestra en la hipótesis nula.

Donde:

X_i Es el i-ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).

$\widehat{F_n}\ (X_i)$ Es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que xi.

$F_o\ (X)$ Es la probabilidad de observar valores menores o iguales que xi cuando H0 es cierta.

1.5.4 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Esta prueba estima si las muestras empleadas para establecer la distribución empírica se originan a partir de una distribución teórica específica. Se puede hacer una primera evaluación de datos comparando la ADF experimental con la ADF de la distribución teórica propuesta. Si las dos DFA no están sesgadas, es probable que las muestras se extraigan de la distribución teórica propuesta. (Taha, 2012)

1.5.5 INDICADORES DE GESTIÓN

Como definición general, un indicador permite centrarnos en mejoras estratégicas y operativas que proporcionan una base analítica para la toma de decisiones, y así enfocarnos en lo que más importa. Por lo tanto, los indicadores de gestión se definen, asimismo como un medio para medir si una empresa u organización, o incluso un proyecto, logra sus objetivos estratégicos establecidos. Utilizando diferentes niveles de éxito donde los indicadores clave de alto nivel pueden centrarse en el rendimiento general de la organización, mientras que los indicadores de nivel inferior pueden centrarse en procesos o empleados de cada departamento, como servicio al cliente, finanzas o gestión de talentos. (Roncancio, 2019)

1.5.6 CONCEPTOS SOBRE DEMANDA

Se puede decir que la demanda se conecta a una necesidad del consumidor de obtener bienes y servicios y pagar un precio por un bien o servicio en particular, manteniendo constantes todos los demás factores que implica un bien o servicio donde un aumento en el precio podría reducir la cantidad demandada y viceversa.

Pronósticos de demanda

El pronóstico de la demanda es el proceso en el que se utilizan los datos históricos de ventas para desarrollar una estimación de un pronóstico esperado de la demanda de los clientes (Coca-Carasilla, 2011); un pronóstico de la demanda va a depender directamente del comportamiento que presentan los datos históricos utilizados. Este comportamiento se puede aplicar de tal manera que se cumplan las premisas de la muestra y se puedan ajustar a la realidad.

La demanda es un punto clave en este proyecto ya que es una de las variables importantes analizar es por eso por lo que hay que seleccionar el tipo de demanda a trabajar.

Demanda determinística y constante con el tiempo

Este tipo de demanda es la más ideal, debido a que se mantiene durante todos los periodos del horizonte de planeación. De forma aproximada, si a lo largo del tiempo

es constante y tiene un coeficiente de variación menor al 20%, entonces se lo puede considerar de este tipo (Taha, 2012).

Demanda determinística y variable con el tiempo

Si resulta visible que la demanda a lo largo del tiempo varía, y el coeficiente de variación permanece por debajo del 20%, entonces se la puede considera determinística y variable (Taha, 2012).

Demanda probabilística y estacionaria a lo largo del tiempo

Si se observa que la demanda aproximadamente es constante, pero su coeficiente de variación es mayor al 20% entonces se la pude considerar de tipo probabilística y estacionaria a lo largo del tiempo (Taha, 2012).

Demanda probabilística y no estacionaria a lo largo del tiempo

Contrariamente a los tipos de demandas anteriores, si los promedios y coeficientes de variación son claramente variables en el tiempo, resulta ser del tipo probabilística y no estacionario, lo cual se apega mucho más a la realidad (Taha, 2012).

1.5.7 CONCEPTOS SOBRE CRITERIOS

El Criterio de información de Akaike (AIC)

El AIC fue expuesto por Akaike (1974) a manera de un estimador insesgado asintótico de la información de Kullback-Leibler esperada, mediante un modelo ajustado y el modelo real. Este estimador es una medida de comparación entre modelos con diferentes cantidades de estructura donde los valores más cercanos a cero indican un mejor ajuste y ahorro como mejor modelo como medida de comparación.

Criterio de información Bayesiano

El criterio de información Bayesiana (BIC) planteado por Schwarz en (1978) es uno de los métodos más empleados para la selección de modelos. Al seleccionar varios modelos con propiedades similares el modelo con el BIC más bajo es el modelo más adecuado (Ato y López 1996).

1.6 ESTADO DEL ARTE

La presente investigación está orientada a la optimización a través del análisis de la situación actual, el planteamiento, validación de un modelo de distribución de probabilidad estadístico con datos estocásticos, para que surjan ideas, propuestas y otras medidas que representen una mejora en aspectos de utilización de recursos, mejoramiento de indicadores y reducción de costos; ya que se ha mencionado otras medidas, la investigación realizada por (Gumuskaya et al., 2021) ”Integrating stochastic programs and decision trees in capacitated barge planning with uncertain container arrivals” sugiere el uso de árboles de decisión como una medida para mitigar el problema de desbalance entre la oferta de muelles en un puerto y la demanda de buques lo cual debidamente aplicado podría ser también adaptado a la problemática descrita.

El problema de la determinación de vehículos adicionales con demandas aleatorias toma como datos de entrada las rutas preestablecidas y el patrón de demanda para la ruta específica, la cual tiende a variar. Citando a (Phuc, 2022a) en su investigación “Stochastic Programming For Order Allocation And Production Planning” indica que se han desarrollado algunos enfoques para resolver problemas estocásticos, los más comunes son los métodos de búsqueda aleatoria, la aproximación estocástica, y la aproximación promedio de la muestra. Partiendo de esta investigación, es elemental seguir acoplando este tipo de información al proyecto en marcha, ya que se requiere establecer estudios relacionados a demandas de clientes, a través de datos históricos para descubrir metodologías que permitan asignaciones más efectivas que permitan cumplir con la respectiva distribución de los productos.

(Phuc, 2022a) Menciona que “El problema se puede resolver directamente mediante un equivalente determinista”. En un escenario más amplio, se aplica la búsqueda aleatoria combinada con la aproximación promedio de la muestra. Para este modelo que ellos plantean en la investigación, su propósito principal es considerar simultáneamente el efecto de las decisiones sobre el costo total esperado, donde el resultado es globalmente óptimo, ya que la primera etapa considera los impactos en todos los escenarios, en la segunda etapa los resultados incluyen información esencial como: el número de contrataciones y el total de horas extra en cada escenario de la demanda del cliente bajo algunas limitaciones y restricciones de recursos.

CAPITULO 2

2. METODOLOGIA

En la empresa Transcar.S. A se detectó la necesidad tomar medidas respecto del manejo de recursos, pues específicamente algunas de las entregas se han tenido que manejar con vehículos auxiliares, y no solo los vehículos de carga pesada. Por ello, la propuesta del presente proyecto fue realizar pronósticos de la demanda que diariamente se atendió la última semana del mes de octubre a través de modelos probabilísticos de series de tiempo. El número de clientes que se atienden con vehículos auxiliares tiene un impacto importante en los costos operacionales, calidad de servicio e indicadores de gestión del transporte. Por esto, se esperó que los pronósticos y la información obtenida ayuden a realizar una mejor planificación respecto del número de contratos que se realizan y como gestionar mejor las asignaciones de los mencionados vehículos. En este capítulo se explica que herramientas, conceptos, campos claves, datos e información y procesos que se utilizaron para el desarrollo la solución.

Análisis de los datos

Previo al planteamiento de la solución fue menester que la base de datos suministrada por la empresa sea analizada, filtrada y hasta cierto punto modificada con la finalidad de cumplir con el objetivo de extraer información que sea de utilidad para el diseño de la solución y la ejecución del diseño. Además, también en este se realizaron algunos gráficos de pertinencia y relevancia para los eslabones siguientes de la investigación.

Enfoques y modelos de distribución de probabilidad

El presente proyecto planteó una metodología experimental por lo que se consideraron distintas variaciones a factores como: Diferentes enfoques de análisis de los datos, los cuales generaron diferentes modelos de distribución de probabilidad. El objetivo de tener varios modelos con varios enfoques fue, que el abanico de opciones permita mayores posibilidades de encontrar un modelo ajustado, cumpliendo así con el propósito de encontrar buenos modelos que ejemplifiquen de manera muy aproximada el comportamiento de la demanda de Transcar.S. A.

A partir de la información procesada se obtuvo una serie de tiempo la cual tuvo que ser depurada de datos aberrantes; por su parte también fue necesario llenar datos faltantes, dichos datos fueron generados aleatoriamente, pero bajo el régimen de probabilidades de ocurrencia del modelo de distribución hallado en el proceso antecesor.

Modelos probabilísticos de series de tiempo

Para poder pronosticar la demanda, se tuvo que depurar la data, con esto se logró tener una serie de tiempo la cual sería la base para el desarrollo de la siguiente etapa que es la generación de modelos de series de tiempo, mismas que tuvieron por objetivo generar los pronósticos, para ello se realizó la respectiva validación de los modelos, pero además de las validaciones teóricas se dio un paso más allá con su valoración.

Evaluación de pronósticos

Cada uno de los modelos de series de tiempo que se encontraron, pasaron por un conjunto de pruebas para poder determinar de manera rigurosa, cual es el modelo que tuvo una mejor cercanía con la realidad y comparándolos también con los otros modelos. Sin embargo, el verdadero reto fue verificar la confiabilidad de los pronósticos, cuantificar su nivel de exactitud o desaciertos, para ello se calculó el promedio de los errores y la suma de los errores a través de los datos reales de la última semana del mes de octubre.

2.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

El camino que se planteó para mitigar esta problemática radica en el número de clientes que se atiende y cuantas camionetas se requiere para atenderlos, por ello, los procedimientos a seguir se orientaron en la búsqueda de estas variables. Por otra parte, surgió la pregunta: ¿Con que frecuencia? Puesto que si bien es cierto se podría pensar en pronósticos mensuales o semanales, los análisis bajo estas circunstancias podrían estar pasando por alto un dato importante, y es que un cliente puede ser atendido varias veces en el mismo periodo, tema que se soluciona con un análisis

diario. Cabe mencionar también que reducir el periodo de análisis, posibilita la obtención de mejores resultados ya que se reduce sesgos en los análisis realizados.

Se propuso entonces la creación de un modelo probabilístico que mediante datos históricos previamente filtrados, purificados y depurados a criterio del investigador, el cual ejemplifique el comportamiento diario de la demanda estocástica de clientes con sus respectivas probabilidades. Posteriormente mediante de series de tiempo, se generen pronósticos con un alto nivel de efectividad.

La empresa Transcar.S. A facilitó para la presente dos documentos, uno de ellos contenía registros de la planificación de transporte donde se detallaban datos como nombre del cliente, número de facturas de transporte, identificador del camión, etc. El segundo documento fue la base para la obtención de los modelos de solución, ya que contenía los registros de cada uno de los viajes realizados en vehículos auxiliares asignados a su correspondiente fecha, con datos desde el mes de septiembre hasta octubre.

Ahora bien, se tenía los datos de cada registro diario, pero no se tenía parámetros aplicados en la data que ayuden o faciliten el análisis y obtención de la información a partir de ellos. Por esto se creó en la hoja datos dos nuevos campos, los cuales dividían la data de dos maneras semejantes, pero con diferentes enfoques: Campo “Semana Dia” y campo “Semana Num Día”. Elementalmente la función de estos dos nuevos campos fue dividir los registros diarios en semanas o periodos, mediante conceptos diferentes.

2.1.1 RESUMEN DE ENFOQUES

Enfoque I

“Semana Dia” dividió al mes en cuatro semanas considerando cada lunes como un nuevo inicio de semana y el sábado como el fin de cada periodo semanal, es decir en este enfoque se analizará la semana sin considerar el número que corresponde a ese día, por ejemplo: El primer lunes del segundo mes analizado es el lunes 4 de octubre, por lo tanto, para el análisis, el primer periodo de ese mes inicia lunes y no el viernes 1 de octubre.

Enfoque II

Cambiando de enfoque el campo “Semana Num Día” también dividió al mes en periodos semanales, pero este no consideró qué día de la semana, sino que se rigió bajo el número de días que tiene el mes, seccionando los días de la siguiente manera:

1. Primer periodo de 1 al 7
2. Segundo periodo del 8 al 15
3. Tercer periodo del 16 al 23
4. Cuarto periodo del 24 hasta el 30 o 31

2.1.2 MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES Y DEPURACIÓN DE LOS DATOS

Cabe destacar que, para resumen del proceso, en el enfoque 1 se explica lo más a detalle posible los procesos que se han seguido para el análisis de los dos enfoques, ya que se siguió un esquema similar para ambos. En el enfoque se dará explicaciones resumidas y con información relevante.

Desarrollo de Enfoque I

Una vez explicados estos campos nuevos de la base de datos, se procedió a hacer uso de tablas dinámicas, herramienta que forma parte de paquete de Excel. Se realizaron tablas dinámicas con cada enfoque, en la tabla Serie Dia, se organizó las variables de modo que se pueda visualizar cuantos pedidos se transportaron por día y por periodo semanal. Esto se logró a través del conteo de códigos validados, variable la cual certifica que el cliente ha sido visitado. En la tabla 2.1, se detalla cuantos clientes fueron atendidos en cada día específico del mes.

Tabla 2.1. Resumen de clientes visitados por día.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

Cuenta de Validar código	Mes		
SEMANAº	September	October	Total general
⊞1	229		229
⊞2	239		239
⊞3	284		284
⊞4	208	78	286
⊟5		193	193
Monday			
Tuesday		28	28
Wednesday		22	22
Thursday		64	64
Friday		56	56
Saturday		23	23
⊞6		242	242
⊞7		247	247
⊞8		294	294
Total general	960	1054	2014

Modelo de distribución de probabilidad, enfoque 1

A partir de los datos obtenidos de la tabla, la cual contenía registros históricos del comportamiento de la demanda, el siguiente paso fue la búsqueda de modelos de distribución de probabilidades que se ajusten a los datos obtenidos; para ello se utilizó el software R y se determinó el modelo que más se ajusta a los datos.

Con el uso la función “fitcon”, la cual viene incluida en el paquete de librerías “rriskDistributions”, dicha función analiza los datos y prueba los diferentes modelos de distribución de probabilidad para datos continuos, y revela cuales son los que mejores se ajustan. Al aparecer en orden de prioridad con esta función se determinó que los posibles modelos fueron la Normal y la Cauchy véase en la figura 2.1, se ajustó los datos a ambos modelos para así poder determinar el modelo adecuado.

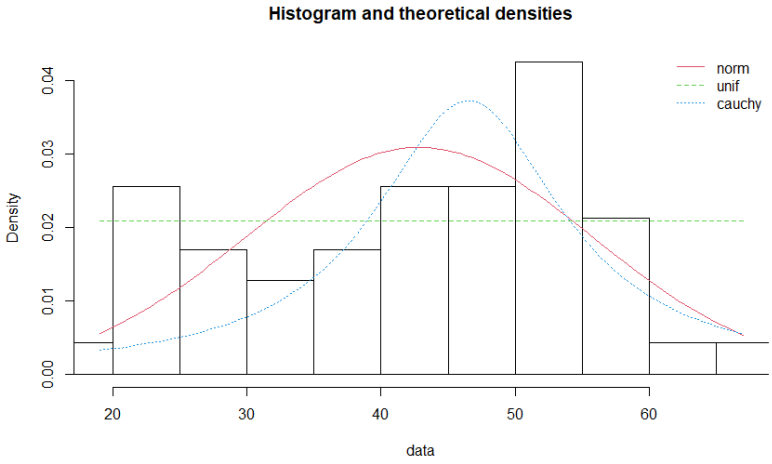


Figura 2.1. Distribuciones de probabilidad que más se ajustan a los datos.

Fuente: Elaborado por autores.

Para la obtención del modelo adecuado que se ajuste a la serie de datos, se realizó una comparación de AIC de ambos modelos mediante Goodness-of-fit criterio a con un 394.72 para la normal y un 415.28 para la Cauchy luego se realizó el Shapiro-Wilk normality test, el cual fue mayor a 0.05 con lo que se concluyó que la distribución es una normal con parámetros $N(u = 42.85106, \delta = 12.91375\ )$. Se realizó una comparación de gráficos Q-Q como se muestra en la figura 2.2. para verificar el comportamiento de los datos hacia una distribución normal.

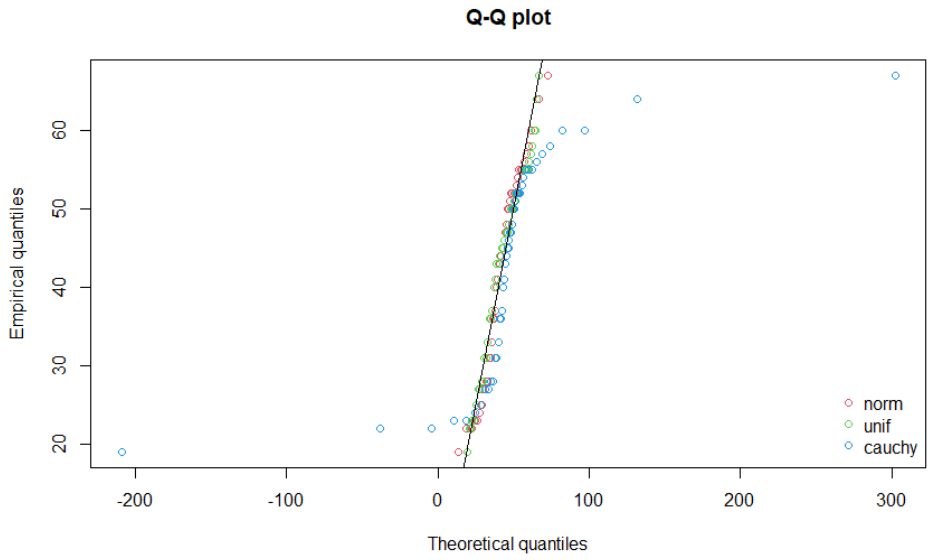


Figura 2.2. Comportamiento de los datos del enfoque 1, a los diferentes modelos.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

Depuración de los datos históricos, enfoque I

Debido a que se encontró que uno de los días del mes de octubre no tenía registro de pedidos en la data, exactamente el lunes 4 de octubre del 2021 y ante la posibilidad de tener datos aberrantes. Se decidió hacer una depuración mediante los criterios de limites superiores e inferiores obtenidos a partir de las fórmulas de rango intercuartílico.

Se calcularon limites superior e inferior para definir un rango aceptable de los datos a través del bloque de ecuaciones 2.1.

$$Limite\ superior = Quartil3 + 1.5 * (Quartir3 - Cuartil1) \quad (2.1)$$
$$Limite\ inferior = Quartil1 - 1.5 * (Quartir3 - Cuartil1)$$

Las ecuaciones vistas previamente sirven para calcular los límites de los datos registrados, de modo que si algún dato esta fuera de este rango, será considerado como aberrante. Algo importante de mencionar es que, si los datos no exceden los

valores de los límites, entonces los limites considerados serán el valor máximo y el valor mínimo de la data.

Tabla 2.2. Resumen de parámetros calculados del modelo de distribución normal del enfoque 1

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

ESTADISTICOS DEL MODELO	
Q1	31
Q3	52,5
LQINF	-1,25
LQSUP	84,75
MEDIA	41,95833
DESV.EST	14,16857
IC95SUP	45,9255296
IC95INF	37,9911304

Posterior a este proceso se implementó un algoritmo Python, el cual sirvió para generar los datos que ayudarían a culminar la depuración de la data, el algoritmo solicitaba como parámetros cuantos números aleatorios se deseaba generar, preguntaba si los números solicitados tienen el mismo rango. Luego por cada rango diferente solicitada los parámetros del modelo de distribución de probabilidad, que en el caso del enfoque 1, distribución normal, los parámetros a ingresar fueron media y desviación estándar.

```
import numpy as np
k = int(input(print("Ingrese cuantos modelos de distribucion necesita: ")))
for j in range(k):
    n = int(input(print("Ingrese cuantos numeros desea generar con la distribucion",j+1,": ")))
    print("Ingrese los parametros la distribucion normal del numero")
    media = float(input("Media: "))
    desv = float(input("Desviacion estandar: "))
    numero = numero = np.random.normal(media, desv, n)
    print(numero)
```

Figura 2.3. Código que genera datos aleatorios.

Fuente: Elaborado por autores.

Ya que no se encontraron datos aberrantes, el análisis para el enfoque I dio como resultado la necesidad de generar un solo número que se comporte como el resto de los datos de la serie, y fue ubicado en la respectiva casilla del dato faltante. Finalmente se obtuvo una serie de tiempo la cual fue la base de datos para los modelos de series de tiempo y para los pronósticos.

Tabla 2.3. Data depurada del enfoque 1, semana 5
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

5	Lunes	**39**
5	Martes	28
5	Miércoles	22
5	Jueves	64
5	Viernes	56
5	Sábado	23

Desarrollo de Enfoque II

Como se explicó en el enfoque 1, la metodología para el desarrollo del enfoque II es muy similar, tomando en cuenta que la depuración de la data en esta ocasión tuvo más peso que en el anterior, debido a factores como: Las faltantes en los registros. Estos incrementaron debido a que los primeros días del mes de septiembre no estaban estipulados en la base de datos, por ello desde el 1 hasta el 5 de septiembre no se tenían registros, pues la base de datos inicio un lunes 6 de septiembre. Por otra parte, tampoco se encontró datos aberrantes. Lo descrito se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Resumen de visitas a clientes por semana según el día, semanas 1 y 2.

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

SEMANA	DIA	HISTORICO
1	01-sep	
	02-sep	
	03-sep	
	04-sep	
	06-sep	27
	07-sep	44
2	08-sep	45
	09-sep	47
	10-sep	43
	11-sep	23
	13-sep	24
	14-sep	46
	15-sep	43

La tabla anterior describe el conteo de los clientes por semana y por día bajo el enfoque II, como se puede observar existían datos faltantes, los cuales fueron llenados con la depuración de la data.

Modelo de distribución de probabilidad, enfoque 2

Se utilizo la serie de datos encontrada para realizar la búsqueda del modelo de distribución adecuado. Donde el mejor modelo estuvo entre distribución normal y la distribución Cauchy mostrado en la figura 2.4

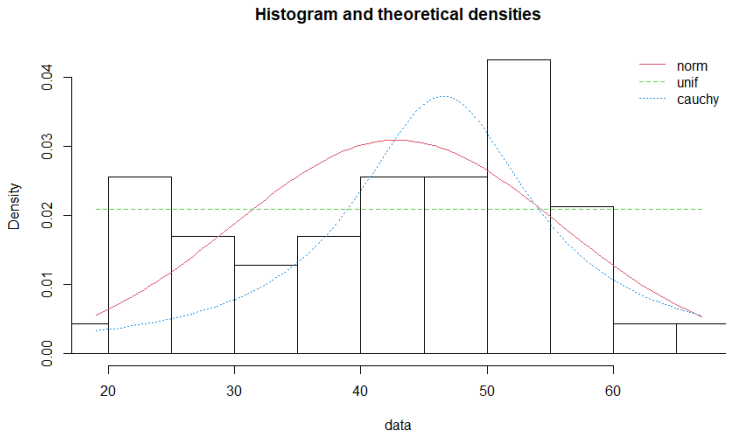


Figura 2.4. Modelos de distribución para el enfoque 2

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

Se observa dos mejores modelos, para elegir el correcto se realizó el Goodness-of-fit criterio, donde indica que el modelo con menor AIC es el que se ajusta a los datos, por ende, el modelo que se ajusto fue el de la distribución normal

con $N(u = 42.85106, \delta = 12.91375)$ Para comprobar que los datos se ajustan a una normal se realizó el grafico Q-Q mostrado en la figura 2.5.

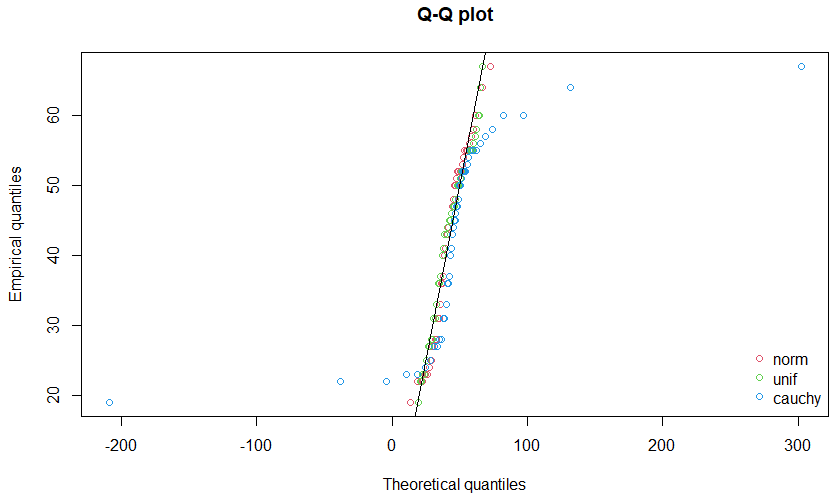


Figura 2.5. Comportamiento de los datos del enfoque 2, a los diferentes modelos.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

Depuración de los datos históricos, enfoque II

Debido a que la base de datos iniciaba el lunes 6 de septiembre, no se consideraron los primeros días laborables de septiembre, por ello los datos faltantes corresponden a miércoles, jueves, viernes y sábado de la semana anterior. Según este enfoque los mencionados pertenecen a la semana 1; por otra parte, en el mes de octubre se tiene un dato faltante ya mencionado en el enfoque I, correspondiente al lunes 4 de octubre.

Tabla 2.5. Data depurada, enfoque II, semana 1
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

SEMANA	DIA	HISTORICO
1	01-sep	50
	02-sep	63
	03-sep	29
	04-sep	44
	06-sep	27
	07-sep	44

Por ello se dio uso de nuevo del código generador de números aleatorios, pero esta vez se tuvo que generar varios datos y un modelo de distribución de probabilidad distinto; el resultado final fue el mostrado en la tabla 2.5

2.1.3 MODELOS DE SERIES DE TIEMPO

Como paso final para el diseño de la solución, se propuso la utilización de modelos matemáticos para series de tiempo, con la finalidad de poder hacer pronósticos basados en los datos de los dos diferentes enfoques planteados, para ello se utilizó la herramienta R. La explicación de cada uno de estos modelos y el porqué de su selección son la esencia del presente apartado y se explican a continuación:

El proceso se dividió en cuatro etapas:

1. Análisis de sensibilidad y comportamiento de la serie.
2. Establecimiento de los parámetros y planteamiento de modelos SARIMA.
3. Generación de pronósticos con los tres mejores modelos encontrados.
4. Evaluación de la efectividad de los modelos.

Análisis de sensibilidad y comportamiento de la serie.

En primera instancia se graficó la serie para obtener ideas generales del comportamiento de los datos, para posteriormente validar características como: Estacionariedad, estacionalidad y comportamiento de los valores residuales. La figura

2.6, presenta las series de tiempo de los dos enfoques que se han manejado a lo largo del proyecto, pero de manera visual.

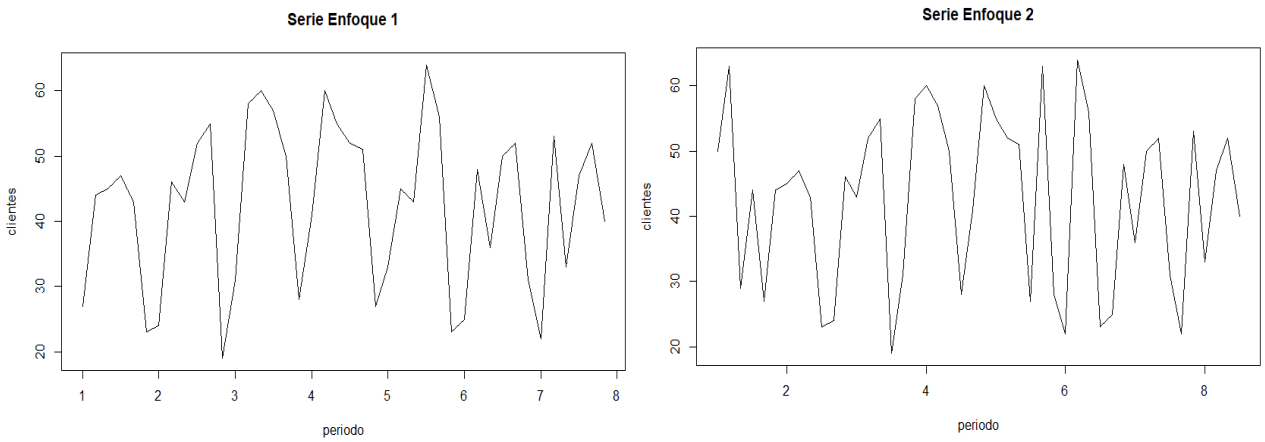


Figura 2.6. Grafica de los datos de los dos enfoques.
Fuente: Datos históricos proporcionados por la empresa. Elaborado por autores

Por el método de observación se puede sugerir que los tres modelos no tienen una tendencia clara pues sus medias parecieran ser estable en términos generales, sin embargo, su varianza no, por lo que se sospecha de un modelo estacional, en cuyo caso se puede utilizar modelos ARIMA(p,d,q).

En la figura 2.7 se verificó la estacionalidad, se descompuso la serie del enfoque 1 en tendencia, estacionalidad y aleatoriedad mediante el comando “decompose”

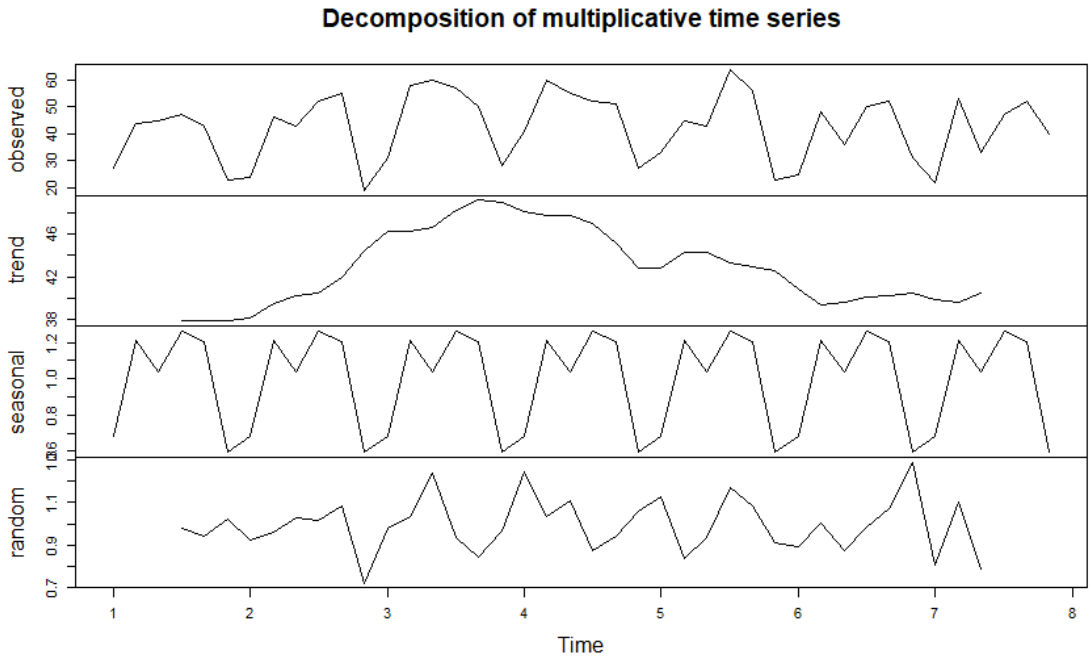


Figura 2.7. Gráfica los componentes de la serie, enfoque 1.
Fuente: Elaborado por autores

Establecimiento de los parámetros del modelo, basados en lo que sugiere la teoría.

Como se aprecia en la figura 2.7, en el apartado “Seasonal”, se pudo observar que la serie de tiempo si tiene un comportamiento estacional, en cuyo caso el modelo podría ser un Sarima(p,d,q)(P, D, Q).

Se tiene entonces los parámetros (p,d,q), donde “p” representa los valores autorregresivos, “d” representa el número de diferenciaciones para que sea estacionaria la serie y “q” representa las medias móviles del modelo. Por otra parte (P, D, Q) son parámetros similares, pero estos últimos definen la estacionalidad.

El parámetro de autorregresivos es establecido por el análisis de la autocorrelación parcial PACF, (No considera dependencia entre retardos) y el parámetro de medias móviles es fijado por el análisis de la autocorrelación simple ACF. (Villavicencio, 2011)

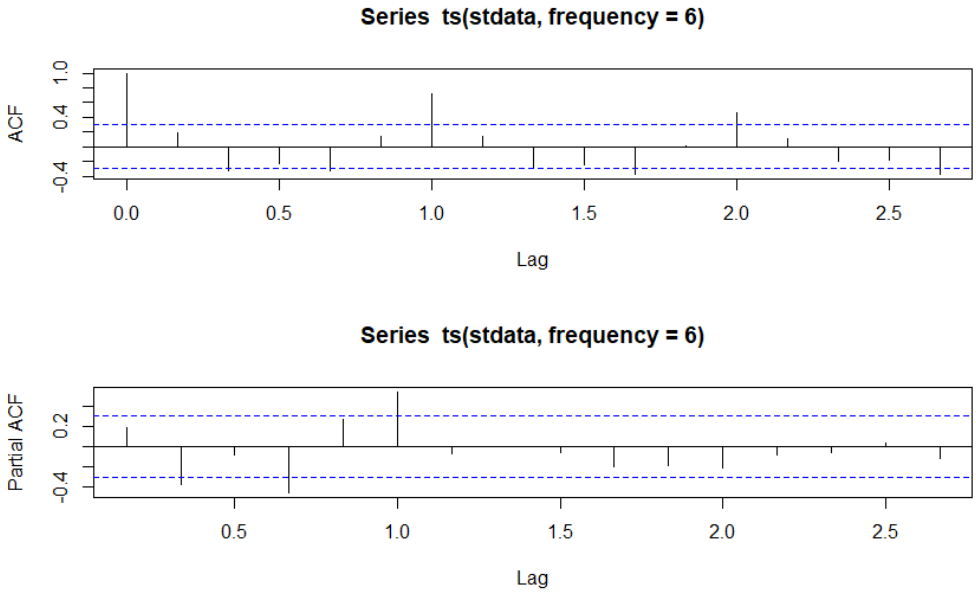


Figura 2.8. Gráfica de las funciones ACF y PACF de la serie del enfoque 1.
Fuente: Datos históricos proporcionados por la empresa. Elaborado por autores

La Figura 2.8 muestra que en la función de autocorrelación parcial como mucho tres valores autorregresivos que sobresalen del rango y en la función de autocorrelación parcial se muestran como máximo cuatro medias móviles que sobresalen. Por ello la teoría sugiere un modelo ARIMA (3, d,4).

Para determinar el valor del parámetro d, se usó la función “ndiffs()”, la cual muestra cuantas veces se debe diferenciar la serie para que se logre estacionariedad, al mismo tiempo se usó otra función similar para determinar el parámetro D, diferenciaciones estacionales y los resultados fueron d=0, D=1. Hasta el momento entonces el modelo sugerido por la teoría es ARIMA (3,0,4) (P,1, Q). Finalmente se utilizó la función “autoarima ()” para determinar los valores sugeridos de P y Q, los cuales resultaron como P=0, Q=1.

Además de los modelos presentes se realizó un tercer modelo el cual considero un método de prueba y error para los parámetros teniendo en cuenta las sugerencias teóricas y del R, por lo que el tercer modelo obtenido fue ARIMA (3,0,4) (0,1,1). Cabe destacar que, en su mayoría, los modelos sugeridos tenían valores aceptables de AIC,

criterio de información de Akaike y BIC, pero más allá de eso, se consideró la efectividad de sus pronósticos a través la suma de los errores y el promedio de los errores con los datos reales para elegir al mejor modelo.

Para el enfoque I, el mejor modelo encontrado fue el modelo autoarima, SARIMA (0,0,1) (0,1,1) con AIC 270.96 y un BIC 275.70

Para el enfoque II, el mejor modelo encontrado fue SARIMA (0,0,1) (0,1,2) con un de AIC 302.46 y un BIC de 309.20

Generación de pronósticos y evaluación de su efectividad.

La generación de pronósticos se realizó con la finalidad de evaluar la efectividad de los modelos de series de tiempo y además poner a prueba los modelos probabilísticos encontrados. Para ello se utilizó la función “Forecast” de R, recordando que mientras más alejado sea el pronóstico, menos fiabilidad tiene por la naturaleza del método.

El proceso que se siguió fue la de eliminar la última semana de la serie, para poder usar esos mismos datos como reales y hacer comparaciones que evalúen los pronósticos. Recordando que se tiene dos enfoques y por cada modelo se seleccionó a los 3 mejores. Los gráficos mostrados a continuación en las figuras 2.9, 2,10, muestran el comportamiento de los pronósticos generados.

ENFOQUE I

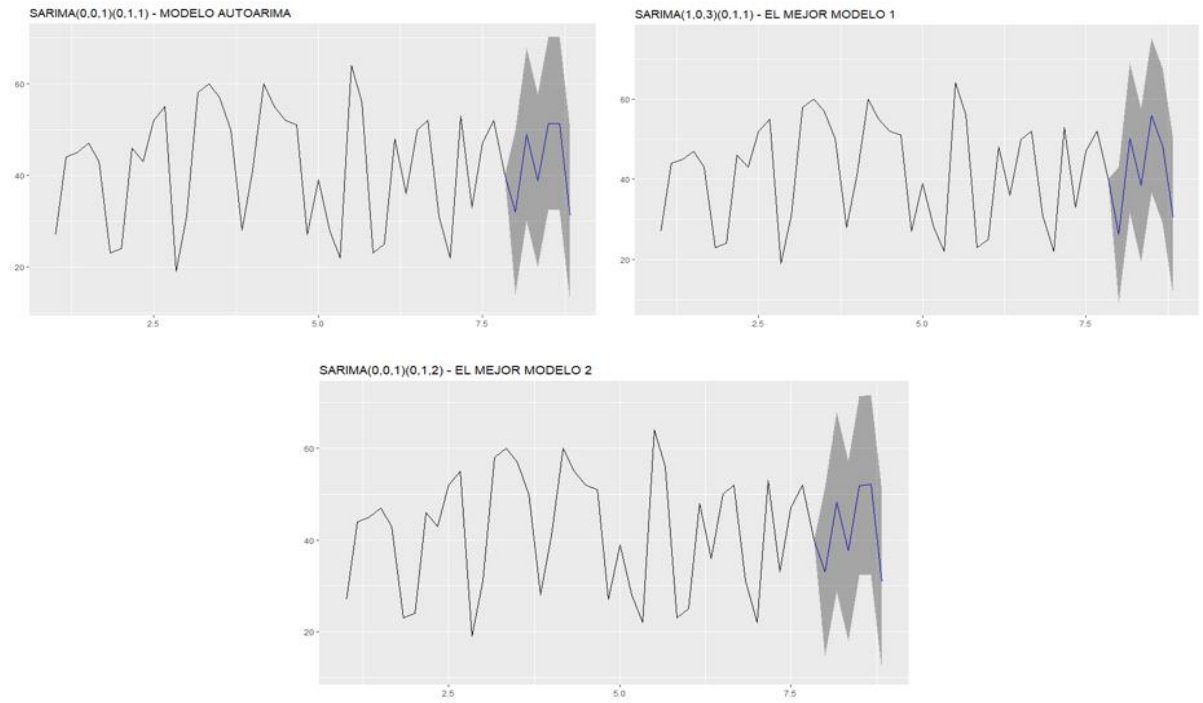


Figura 2.9. Gráfica de los pronósticos de los mejores modelos del enfoque 1.
Fuente: Datos históricos proporcionados por la empresa. Elaborado por autores

ENFOQUE II

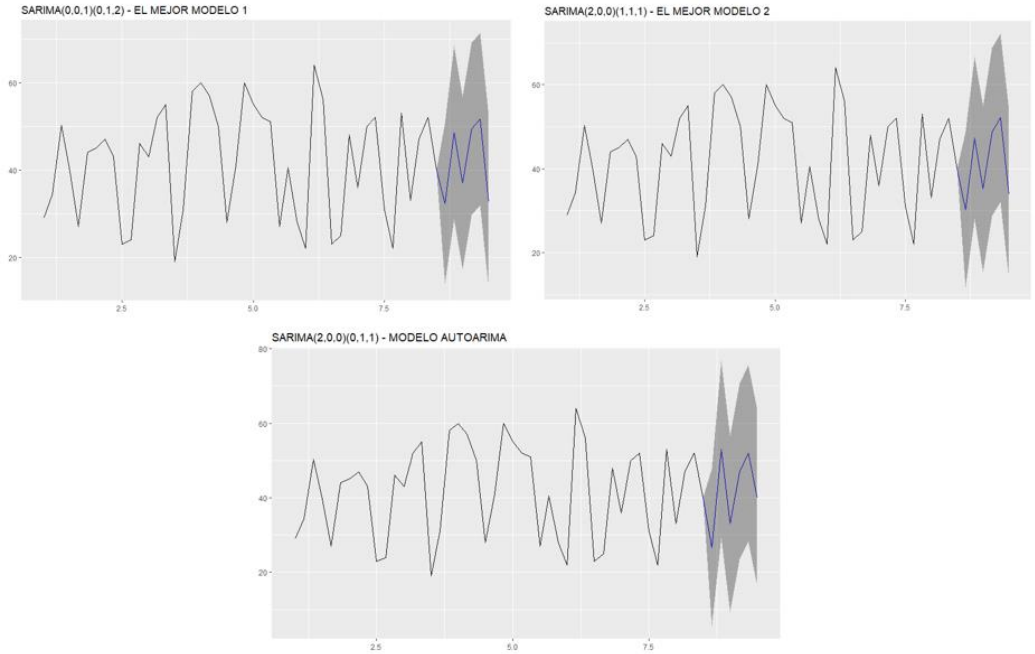


Figura 2.10. Gráfica de los pronósticos de los mejores modelos del enfoque 1.
Fuente: Datos históricos proporcionados por la empresa. Elaborado por autores

Para poder evaluar el asertividad de los modelos, se comparó cada uno de ellos con los valores como se muestra en la tabla 2.6, a través del cálculo de la suma de

los errores y el promedio para cada pronostico, de esta forma se pudo argumentar que los modelos de pronósticos se acercaban a la realidad.

Tabla 2.6. Tabla de evaluación de los modelos de serie de tiempo
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

SEMANA NUM DIA							
DIA	V_REAL	M1	EM1	M2	EM2	M3	EM3
lunes	36	26	10	33	3	32	4
martes	37	50	13	48	11	49	12
miercoles	54	39	15	38	16	39	15
jueves	67	56	11	52	15	51	16
viernes	55	48	7	52	3	51	4
sabado	45	30	15	31	14	31	14
SUMA TOTAL ERRORES		71		**63**		64	
PROMEDIO DE LOS ERRORES		11.8		**10.5**		10.7	

2.2 DETERMINACIÓN DE VEHÍCULOS

Para poder determinar el número de vehículos necesarios, se procedió a categorizar a los clientes en tres tipos, de acuerdo con el promedio del volumen diario transportado, la tabla 2.7 muestra los detalles de la categorización y el porcentaje de participación de cada categoría en el promedio ponderado final.

Tabla 2.7. Tabla de categorización de clientes
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

PARAMETROS	VALORES	L_INFERIOR	L_SUPERIOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE	CATEGORIA	PROMEDIO_VOL_DIARIO_CATEGORIA
RANGO	15.84	0	5.28	2918	98.71%	Estándar	0.64
CATEGORIAS	3	5.29	10.57	35	1.18%	Silver	6.75
AMPLITUD	5.28	10.58	15.86	3	0.10%	Premium	13.49

Posteriormente se calculó el volumen ponderado promedio, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$Promedio\ de\ volumen\ diario\ por\ cliente = \sum_{categoria} Promedio\ vol\ diario\ categoria * porcentaje\ de\ participacion \quad (2.2)$$

Una vez calculado dicho promedio del volumen diario transportado, se calculó el peso promedio transportado por día, considerando la densidad del objeto transportado. Finalmente, asumiendo una capacidad de carga del vehículo de 1000 kg, una frecuencia promedio de 3 viajes diarios y los pronósticos del número de clientes diarios, ahora ya se cuenta con la información necesaria para determinar el número de vehículos necesarios para cumplir con la transportación de la mercadería**.** La tabla 2.7 muestra lo valores calculados y supuestos.

Tabla 2.7. Tabla de valores y supuestos calculados
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

VIAJES DIARIOS POR VEHICULOS	3	VIAJES/VEHICULO
CAPACIDAD_TRANSPORTE	1000	KG
DENSIDAD_CARGA	1010	KG/M3
PROMEDIO_VOL_DIARIO_CLIENTE	0.07	M3
PROMEDIO_CARGA_DIARIA_CLIENTE	72.918	KG

Para el proceso final de la determinación de vehículos, se utilizaron las siguientes formulas:

$$Hlts\ calculados = promedio\ vol\ dia\ cliente * numero\ de\ clientes\ dia \tag{2.3}$$

$$Peso\ calculado = promedio\ carga\ dia\ cliente * numero\ de\ clientes\ dia \tag{2.4}$$

$$Viajes\ por\ dia = \frac{Peso\ calculado}{Capacidad\ de\ carga} \tag{2.5}$$

Finalmente, para determinar el número de vehículos requeridos se aplicó la fórmula:

$$Numero\ de\ vehiculos\ auxiliares = \frac{Viajes\ por\ dia}{Viajes\ por\ dia\ por\ vehiculo} \tag{2.6}$$

2.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACION RECOPILADA

Enfoque 1

Se realizó en análisis de gráficos respectivo a través de un algoritmo implementado en el lenguaje Python, este enfoque se lo analizó de manera independiente un día de la semana a la vez, es decir de lunes a sábado, de modo que de la data proporcionada se extrajo la mayor cantidad de información relevante. Durante este proceso se cambió el formado del archivo proporcionado, de formato “xlsx” a formado “csv” esto con el propósito de facilitar la manipulación de los campos en el código que se implementó.

Una vez se desarrolló el programa, se encontró, como se muestra en la figura 2.11 se graficó el comportamiento diario de los datos cada semana de los dos meses y se identificó que una de las semanas del mes de octubre no tiene registrada la demanda diaria, sin embargo, no tiene mayor afectación a la distribución encontrada. Por otra parte, se notó que las ultimas semanas de cada mes son las más altas, es decir tienen un ligero incremento; además los lunes y sábados tienden a caer.

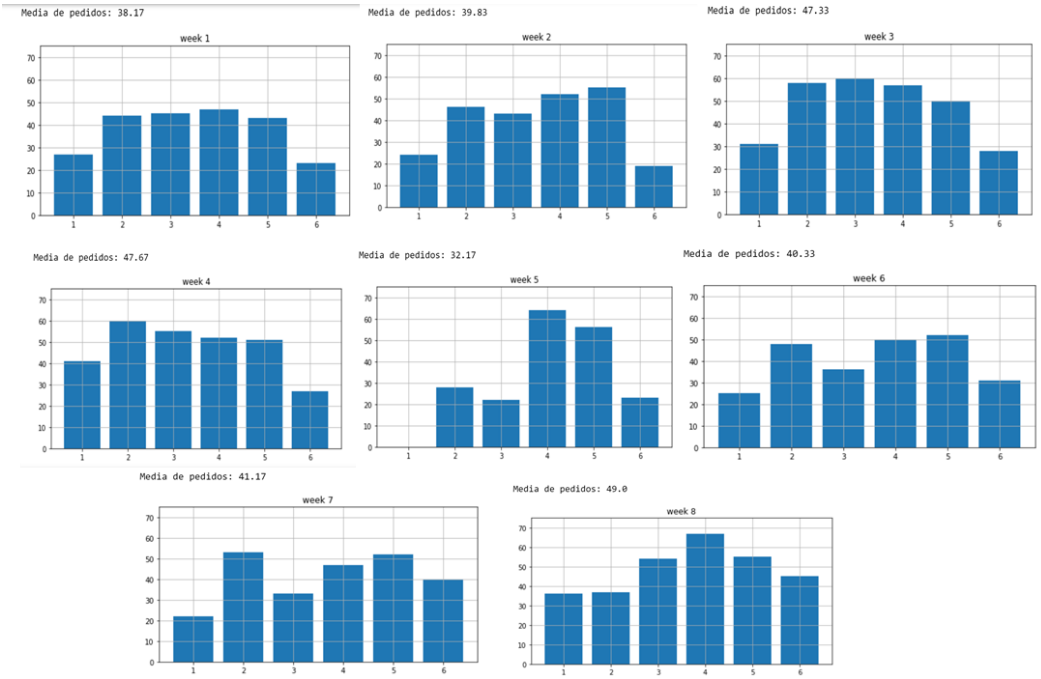


Figura 2.11. Resumen de viajes por semana.
Fuente: Datos históricos proporcionados por transcar. Elaborado por autores.

La figura 2.12, se la realizo con el fin de visualizar y analizar el comportamiento diario por meses.

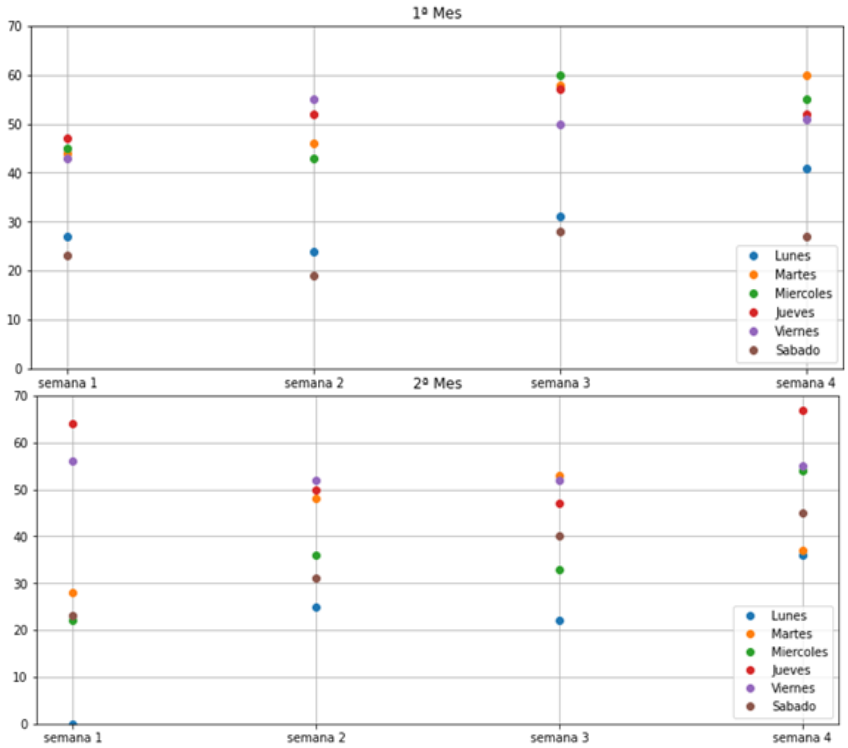


Figura 2.12. Comportamiento por periodos del mes 1 y 2, enfoque 1 en gráfico 3D, semana, día, visitas.

Fuente: Datos históricos proporcionados por transcar. Elaborado por autores

La figura 2.13, muestra el comportamiento promedio de los datos en los dos meses analizados, en función de los días.

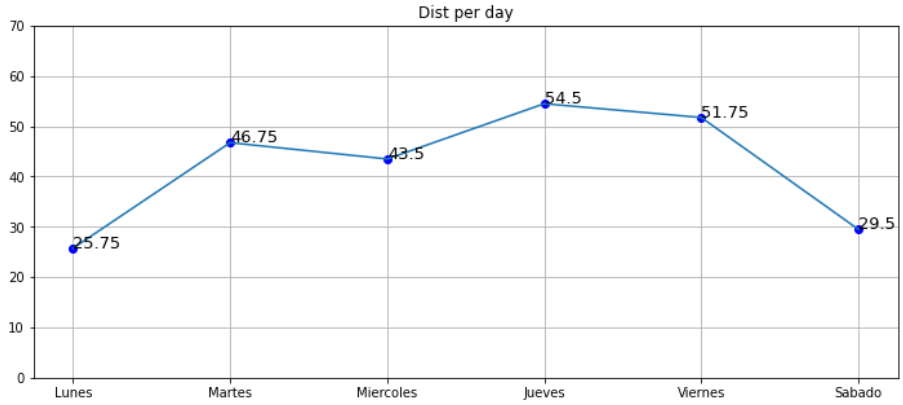


Figura 2.13. Gráfica demanda vs día de la semana de los meses septiembre y octubre.

Fuente: Datos históricos proporcionados por la empresa. Elaborado por autores

Para profundizar más en el grafico mostrado 2.13, se realizó la tabla 2.7, la cual detalla la variación porcentual entre días de acuerdo con el comportamiento promedio por día.

Tabla 2.8. Tabla de variación porcentual entre días, según el numero promedio de viajes por día obtenido de los meses septiembre y octubre.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

PROMEDIO	demanda	103	187	174	218	207	118
demanda	Variacion %	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado
103	lunes	0.00%	81.55%	68.93%	111.65%	100.97%	14.56%
187	martes	-44.92%	0.00%	-6.95%	16.58%	10.70%	-36.90%
174	miercoles	-40.80%	7.47%	0.00%	25.29%	18.97%	-32.18%
218	jueves	-52.75%	-14.22%	-20.18%	0.00%	-5.05%	-45.87%
207	viernes	-50.24%	-9.66%	-15.94%	5.31%	0.00%	-43.00%
118	sábado	-12.71%	58.47%	47.46%	84.75%	75.42%	0.00%

Para el cálculo de cada porcentaje se utilizó la fórmula 2.2

$$Variacion\ porcentual = \frac{Promedio\ dia\ actual - Promedio\ dia\ precedente}{Promedio\ dia\ precedente} \quad (2.7)$$

Enfoque 2

Este enfoque cuenta con 4 periodos por mes los cuales se mencionaron anteriormente y siguen un análisis diferente al enfoque anterior, sin embargo, en la figura 2.14 se observa el comportamiento en los 8 periodos que pertenecen a los dos meses analizados. Se obtuvo que en los periodos del segundo mes presentaron mayor demanda.

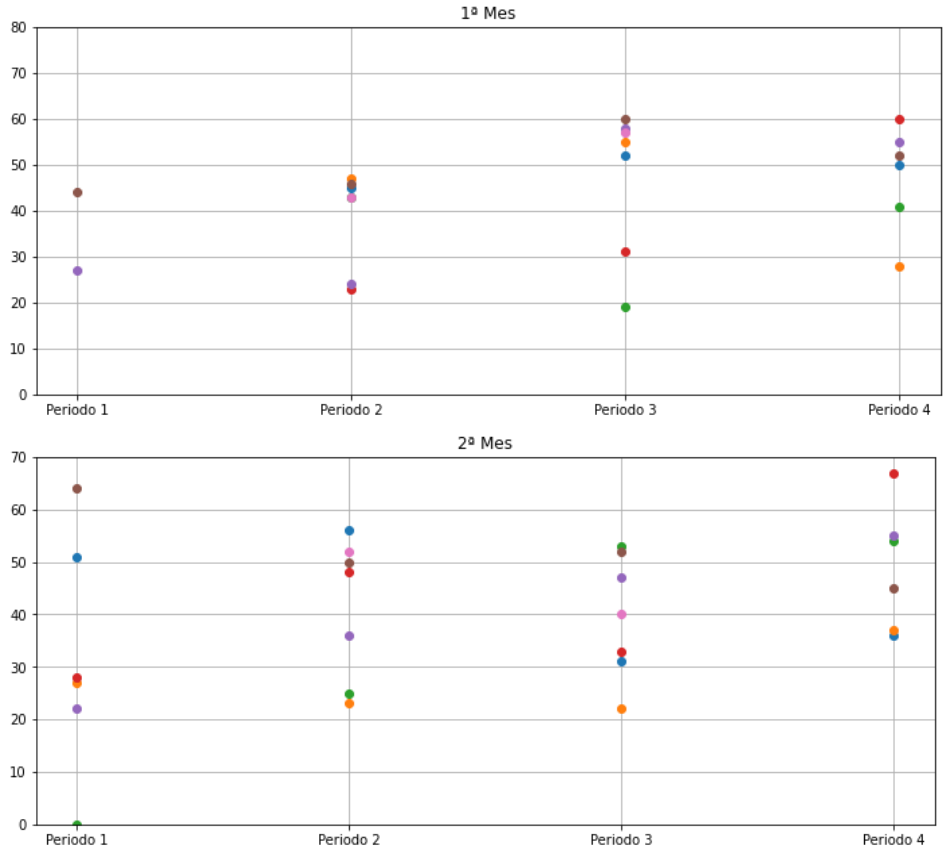


Figura 2.14. Comportamiento por periodos del mes 1 y 2, enfoque 2 en gráfico 3D.

Fuente: Datos históricos proporcionados por transcar. Elaborado por autores.

Se muestra en la figura 2.15. El comportamiento de la demanda promedio de cada periodo semanal durando los dos meses analizados.

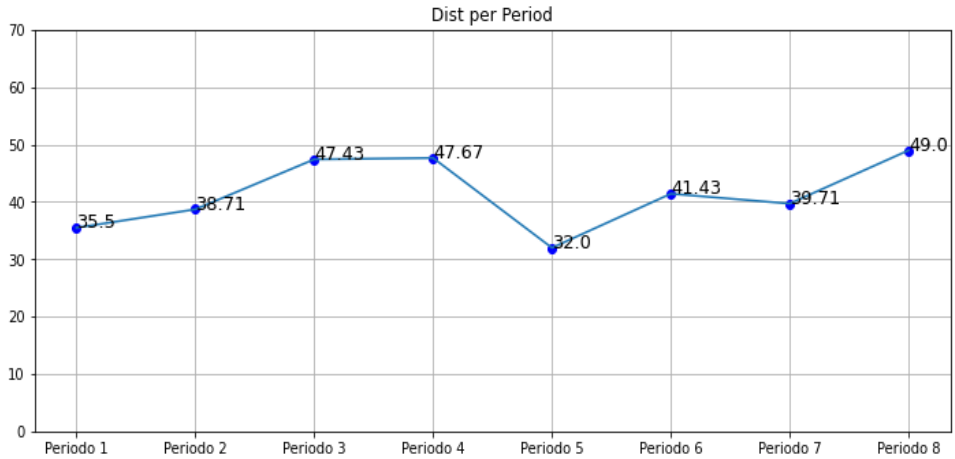


Figura 2.15. Comportamiento de la demanda promedio vs periodo

Fuente: Datos históricos proporcionados por transcar. Elaborado por autores.

Por último, se obtuvo la variación de los enfoques y así poder determinar cuánto es la diferencia tanto en días, como en periodos dependiendo del enfoque analizarse. En la tabla 2.7 se observó que existe mayor variación de demanda los martes en enfoque I y en enfoque II la mayor variación la tiene el periodo 2.

2.4 INFORMACIÓN RELEVADA DE REGISTROS HISTÓRICOS

Durante el análisis de la data proporcionada se observó que en promedio considerando ambos meses, los lunes y los sábados son los días con menor demanda, esto considerando el enfoque I.

Se pudo notar que una misma semana puede relacionar dos meses consecutivos, de manera que el fin de mes culminante se anexa con la primera semana de mes entrante en una misma semana, esta fue una de las razones que motivo a la creación del enfoque II, para examinar de manera excluyente el comportamiento al inicio del mes y al final del mes concluyente.

Dentro de los dos meses se evidenció que el día de mayor relevancia, es decir el que presenta mayor demanda promedio es el jueves. En los gráficos 2.13 y 2.15 donde se detalla el comportamiento por periodos del mes 1 y 2, se evidenció que los datos no tienen mayor dispersión, es decir cada día mantuvo un rango similar. Por otro lado, de los 8 periodos analizados considerando enfoque II, se obtuvo que los periodos del segundo mes, es decir octubre tienen mayor de visitas a clientes.

De la tabla 2.7, se confirmó con fundamentos numéricos que existe un incremento considerable de lunes a martes, por su parte también existe un decremento sustancial de viernes a sábado. Por ello los lunes y sábados son los días con menos movimiento de viajes.

De la tabla 2.4 resumen de visitas a clientes por semana según el día, semanas 1 y 2**.** Mediante las tablas dinámicas se evidenció que existían datos faltantes y que los últimos periodos o semanas del mes tenían valores altos que en las primeras dos semanas. Se obtuvo que durante la distribución que se realizó, los datos tienen un comportamiento suave, es decir no existen picos para este enfoque. De los dos enfoques analizados se tuvo que no hay mucha variabilidad con respecto a sus medias

y a su comportamiento, de tal manera que el modelo ajustable fue una normal con parámetros ya indicados anteriormente.

De la data proporcionada se analizó que tan productiva son las camionetas de apoyo mediante un diagrama de pastel mostrado en la figura 2.16, la camioneta EGCA6990 es la más productiva atendiendo a un 6% más de clientes que la otra, sin embargo, no es tan evidente un desequilibrio entre las mismas.

Figura 2.16. Productividad camionetas.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

Otra información importante que se obtuvo es que los clientes eran muy diversos y que rara vez se repetían en la misma semana e inclusive en el mes. Se muestra en la tabla 2.8 los clientes críticos, esto se lo realizó con la finalidad de conocer los clientes que se atienden con mayor frecuencia ya que a la final son los que en realidad necesitan prioridad con la camioneta de apoyo

Tabla 2.9. Clientes críticos

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

NOMBRE	VISITAS ACUM
Rodriguez Burgos, Jacinta Narcisa	34
Rodriguez Tacle, David Ruperto	15
Tomala Aristega, Felix Napoleon	15
Bermeo Torres, Genesis Lucero	13
Coronel Bravo, Johnny Luciano	13
Manjarres Villamar, Wendy Priscila	13
Merino Soledispa, Rosa Elvira	13
Yuqui Benalcazar, Kleber Salomon	13
Saiteros Rojas, Ana Maria	12
Urumendi Zavala, Tania Nathaly	12
Yuqui Vallejo, Carlos Arturo	12
Loja Figliole, Luz Esperanza	11
Ortiz Quito, Sergio Orlando	11
Pantoja Rodriguez, Luisa Veronica	11
Vargas Intriago, Elvis David	11
Cordero Franco, Jean Carlos	10
Goyes Perez, Pedro Jaime	10
Huertas Ruiz, Cecilia Pilar	10
Nachipucha Ortiz, Thiago Gregorio	10
Ordonez Viera, Mariana Sofia	10

2.5 ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Para esta etapa se desarrolló un cuestionario con 5 preguntas las cuales ayudaron a darse una idea de no solo el problema de la gestión de las camionetas, sino de sus causas y por qué su utilización es necesaria. Las preguntas fueron aplicadas al gerente de logística de la empresa Transcar.S. A pues él ha sido el mentor de este proyecto en el tema de orientarnos y empaparnos de aspectos más generales sobre el tema que quisa no se habría podido detectar solo con un análisis numérico de la situación.

La entrevista tuvo como pilares:

1. El uso de vehículos auxiliares como un problema para la empresa y sus causas.
2. Recursos que se utilizan para la realización de dicha actividad.
3. Medidas que se han tomado para mitigar el problema.

De la misma se obtuvo que por ejemplo algunas de las limitantes en el tema logístico son las restricciones municipales, restricciones que tienen que ver el tamaño del vehículo, el peso máximo de los vehículos que circulen por ciertas avenidas, los

horarios en los que se puede realizar carga y descarga de mercadería y que estas fueron las causas trasfondo de las asignaciones pues apalearon las mismas sin embargo ahora el tema radico en que modelos o bajo que consideraciones se utilizarían estos nuevos recursos y de allí la necesidad de optimización.

2.6 USO DE SOFTWARE

En el desarrollo de este proyecto se utilizaron los softwares, Python, R, Microsoft Excel, los cuales facilitaron el análisis y manejo de datos:

- Microsoft Excel: Los datos proporcionados para el proyecto con los tres enfoques analizarse van a ser almacenados en hojas de cálculo Excel. Los autores (Gardey-Perez, 2021), manifiestan el cálculo de datos contenidos en tablas, modos de vista o autovalores. Dentro de las funciones que tiene este software fueron de utilidad para el manejo de importación y análisis de la data. Este software se lo utilizo para enlazarlo con r studio y con python.
- Python: Es un lenguaje de programación de propósito general, que es otra forma de decir que puede ser usado para casi todo (Katz, 2016). Lo más importante es que se trata de un lenguaje interpretado que ayudó a realizar el análisis de la data para así determinar el comportamiento de la demanda, y además fue la base de uno de los entregables del presente proyecto pues dicho análisis es necesario para poder tener ideas generales del modelo a utilizar y determinar parámetros.
- R: Es un software de tipo estadístico que proporcionó ayuda al momento de aplicar varios modelos de distribución con el comportamiento de la demanda previamente obtenida de Python. Una parte de las librerías usadas en el proyecto ya eran de conocimiento de los autores y algunas otras surgieron con el avance de este, dichas librerías fueron obtenidas de base de publicaciones de RStudios. (Probabilisticos, 2018). Además, este fue el lenguaje en el que se desarrolló el programa de pronósticos, el segundo entregable.

2.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES

Se considera la importancia de la confidencialidad con los involucrados en las respectivas entrevistas realizadas, así como también de las personas que brindaron la información, la cual fue necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Por otro lado, en cuanto a la seguridad y bienestar del transportista la empresa ejecuta las leyes de seguridad social, el código de trabajo, el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores. Dentro del campo legal que autoriza la ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial la empresa mantiene los permisos de operación como el seguimiento de licencias no caducadas a sus transportistas, así mismo las matrículas de los vehículos se las mantienen al día ya que al no poseer la matrícula vigente y el adhesivo de revisión correspondiente no podrá circular por el territorio ecuatoriano. También se acatan a la ordenanza donde la restricción vehicular para la carga y descarga es de 10:00 am a 17:00 pm. (UNIVERSO, 2019)

Un punto importante que se maneja con mucha cautela son los límites de velocidad a los que el transportista se debe acoger al momento de la distribución de la carga ya que es de suma importancia para la empresa acatar estos límites por el bienestar de la carga y del conductor, donde en zona urbana el límite máximo es de 40 Km/h, en zona perimetral y rectas en carreteras es de 70 Km/h mientras que en curvas en carreteras es de 40 Km/h.

Por último, la seguridad es un tema de alta consideración para la empresa y que tiene en cuenta que actualmente el índice de peligrosidad es alto debido al incremento de robos, muertes violentas entre otros. Se considera que, en muchas zonas de la ciudad de guayaquil según la fuente de la fiscalía general del estado, anuncia que a comparación del año pasado se tiene que el de mayor incremento es el de los tipos de robos y de robos a vehículos, es por ello que las empresas deben tener rutas establecidas dentro de las cuales se pueda salvaguardar la integridad física de los trabajadores, como también de la mercadería y de los recursos de la empresa.

2.8 CRONOGRAMA DE TRABAJO

En la figura 2.17 el cual muestra el cronograma de trabajo, se detalla todas las actividades realizadas con el fin de llevar un control sobre cada proceso que presentó el desarrollo del proyecto. Se observa distintos colores para las semanas y su respectivo estado completado.

Tareas	Fecha de inicio	Fecha final	Días	Estado	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Levantamiento de información																								
1.1 Entrevista con el gerente de la empresa tanscar	15-sep	15-sep	0	Completado																				
1.2 Inducción por parte de la empresa transcar	29-sep	29-sep	0	Completado																				
1.2 Descripción de la problemática y propuesta de solucion	04-oct	14-oct	10	Completado																				
1.3 Recepción y análisis de datos historicos de la empresa transcar	29-sep	15-nov	47	Completado																				
2. Desarrollo de modelos																								
2.1 Estructuración de la data y ajuste a la misma	08-nov	14-nov	6	Completado																				
2.2 Clasificacion de la data en tres enfoque importantes	16-nov	19-nov	3	Completado																				
2.3 Analisis de la data en python	16-nov	21-nov	5	Completado																				
2.4 Establecimiento de modelos en R para los enfoques I y II	22-nov	27-nov	5	Completado																				
2.3 Establecimiento de pronosticos a los enfoques I y II	20-nov	28-nov	8	Completado																				
2.5 Determinacion de modelos Arima, Sarima para los enfoque I y II	28-nov	30-nov	2	Completado																				
3. Analisis de modelos																								
3.1 Elaboración de pronósticos para la ultima semana de Octubre	02-dic	05-dic	3	Completado																				
3.2 Comparación de modelos encontrados	06-dic	10-dic	4	Completado																				
3.3 Elaboración de Interfaz de usuario para el modelo de distribucion	14-dic	25-dic	11	Completado																				
3.4 Análisis de data que contiene los hectolitros entregados	29-dic	10-ene	12	Completado																				
3.5 Determinar número de camionetas para clientes pronosticados	15-ene	20-ene	5	Completado																				
3.6 elaboración de conclusiones y recomendaciones	22-ene	28-ene	6	Completado																				

Figura 2.17. Cronograma de trabajo.
Fuente: Elaborado por autores.

CAPITULO 3

3. ANALISIS DE RESULTADOS

Como se mostró en la metodología, cada proceso es indispensable para el siguiente, por lo que en cada subproceso se pudieron observar resultados de interés para los investigadores, por ello se seccionó el análisis de resultados en tópicos.

3.1 COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA

Los enfoques en primera instancia se utilizaron para tener variedad en los modelos, sin embargo, ambos revelaron información que se considera de utilidad para la toma de decisiones de los contratos que se prestarán a las camionetas.

En el enfoque I, por ejemplo, se determinó que los picos de demanda semanal son regularmente los jueves con un valor promedio de 54 clientes atendidos, complementariamente se encontró que los lunes y sábado son los días con menor demanda con un valor promedio de 26 y 29 clientes respectivamente.

Cambiando al enfoque II, se encontró que el periodo semanal con mayor demanda promedio es el último periodo de cada mes, es decir el comprendido desde el 23 hasta el 30 o 31 del mes en análisis. Además, el periodo con menor demanda promedio es el primero, comprendido desde el 1 hasta el 7. La tabla 3.1 muestra los valores de septiembre y octubre con sus respectivos incrementos entre los periodos mencionados.

Tabla 3.1. Incremento porcentual entre el primer y último semanal, enfoque II

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

mes	periodo 1	periodo 4	incremento
septiembre	35.5	47.67	34.28%
octubre	32	49	53.13%

En cuanto a los clientes, se determinó que, la demanda fue muy variada y distinta cada semana, pues se realizaban 1 o 2 visitas al mes a la mayoría de los clientes, unos pocos clientes tenían altas frecuencias de visita, por ejemplo: Los clientes más visitados en los dos meses analizados tuvieron 34, 15 y 15 visitas acumuladas, por lo que a criterio de los investigadores son clientes que requieren especial atención.

3.2 MODELO DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD

En cuanto a la distribución estadística que tuvo la demanda de clientes de Transcar, se pudo notar que la distribución normal lideró en ambos enfoques tanto gráficamente, como a nivel de sus parámetros, el resultado fue la misma distribución de probabilidad para ambos enfoques $N(u = 42.85106, \delta = 12.91375\ )$, lo cual tiene sentido tomando en cuenta que son los mismos datos, pero organizados de maneras diferentes.

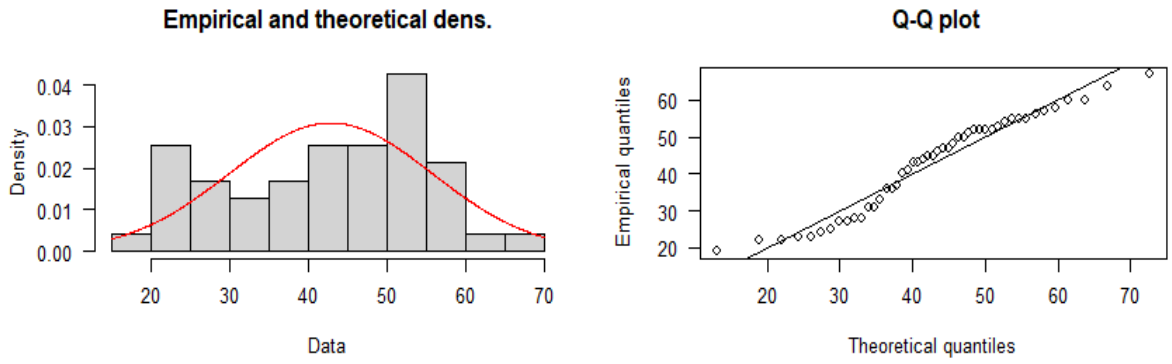


Figura 3.1. Gráfico del modelo de distribución de probabilidad.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores.

3.3 PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA DE CLIENTES

El modelo SARIMA (0, 0,1) (0, 1,1) perteneciente al enfoque I, tuvo un porcentaje medio del error de 21,36% un porcentaje menor que el modelo SARIMA (0, 0,1) (0, 1,2) que fue ligeramente mayor con un 0,74% más. En las tablas 3.2. y 3.3. Se muestra un cuadro comparativo entre los modelos y sus errores, además se muestra parámetros de los errores calculados para el mejor modelo.

Tabla 3.2. Cuadro comparativo entre los modelos y sus respectivos errores.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

ENFOQUE I										
SEMANA	DIA	V_REAL	M1	EM1	MARG_EM1	EFECTIVIDAD	M2	EM2	M3	EM3
8	25-Oct	36	32	4	10.23%	90%	30	6	27	9
	26-Oct	37	49	12	31.17%	131%	47	10	53	16
	27-Oct	54	37	17	31.44%	69%	35	19	33	21
	28-Oct	67	49	18	26.35%	74%	49	18	47	20
	29-Oct	55	52	3	6.18%	94%	52	3	52	3
	30-Oct	45	33	12	27.23%	73%	34	11	40	5
AIC			302.5				302.7		306.5	
BIC			309.2				311.2		309.9	
SUMA TOTAL ERRORES			65				67		74	
DESVIACION ABS MEDIA			10.9				11.2		12.4	
% DE ERROR MEDIO ABS			22.10%							

Tabla 3.3. Cuadro comparativo entre los modelos y sus errores.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

ENFOQUE II									
DIA	V_REAL	M1	EM1	M2	EM2	M3	EM3	MARG_EM3	EFECTIVIDAD
lunes	36	26	10	32	4	33	3	8.08%	92%
martes	37	50	13	49	12	48	11	30.58%	131%
miercoles	54	39	15	39	15	38	16	30.37%	70%
jueves	67	56	11	51	16	52	15	22.59%	77%
viernes	55	48	7	51	4	52	3	5.33%	95%
sabado	45	30	15	31	14	31	14	31.19%	69%
AIC		270.6		270.9		271.0			
BIC		280.1		277.3		275.7			
SUMA TOTAL ERRORES		71		64		63			
DESVIACION ABS MEDIA		11.8		10.7		10.5			
		% DE ERROR MEDIO ABS				21.36%			

Ahora bien, como se trata de modelos probabilísticos para una demanda estocástica, ningún modelo tiene garantías de 100% de efectividad en sus pronósticos. Sin embargo, si se considera intervalo de confianza generado por los mejores modelos, todos cumplieron con el requisito de que los valores reales estén dentro del rango estimado, por lo que, aunque no todos los pronósticos fueron beneficiosamente acertados, se puede afirmar que a efectividad de los intervalos de confianza es muy acertada pues tuvieron un 100% de efectividad. La tabla 3.4. adjunta muestra los respectivos intervalos de confianza de cada modelo.

Tabla 3.4. Intervalos de confianza de los modelos.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

IC CON NIVEL DE CONFIANZA DE 95%					
RANGO M1		RANGO M2		RANGO M3	
Lo 95	Hi 95	Lo95	Hi 95	Lo 95	Hi 95
14	51	12	49	10	55
29	68	28	67	25	71
17	57	15	55	15	61
30	69	29	69	22	68
32	71	32	72	24	70
13	52	14	54	19	64

IC CON NIVEL DE CONFIANZA DE 95%					
RANGO M1		RANGO M2		RANGO M3	
Lo 95	Hi 95	Lo95	Hi 95	Lo 95	Hi 95
9	43	15	51	14	50
32	69	29	68	30	69
19	58	18	57	20	58
37	75	32	71	31	70
29	68	33	72	32	70
11	50	11	51	12	50

3.4 CLIENTES Y VEHICULOS AUXILIARES

Respecto de los clientes, la categorización realizada mostró que la mayoría de los clientes son de categoría “estándar” manejando un volumen de hectolitros en un rango de entre 0.01 y 5.28, siendo esta la categoría que representa el 98.71% de la demanda total. Sin embargo, el promedio de Hectolitros para esta categoría tiene un valor de 0.64 Hectolitros.

Luego de conversaciones con representantes de la empresa, se evidenció que al menos uno de los clientes premium podrías ser atendidos con vehículos de carga pesada mientras que está siendo atendido con vehículos livianos.

Los vehículos auxiliares según los registros tienen una equilibrada asignación del número de clientes con una diferencia del 6%, lo cual da una pauta de que al menos los viajes asignados han sido equilibrados.

Recordando que las contrataciones de camionetas son diarias, los cálculos reflejaron que el lunes, miércoles y sábado de la semana pronosticada se pudo suplir la demanda de transporte con mínimo una sola camioneta, por otro lado, el resto de los días basta con dos camionetas. Mientras tanto, regularmente la empresa de utiliza dos vehículos diariamente para toda la semana e inclusive en algunos casos hasta tres. La figura 3.2 muestra el numero de vehiculos que la investigacion y el desarrollo de la presente pronosticó.

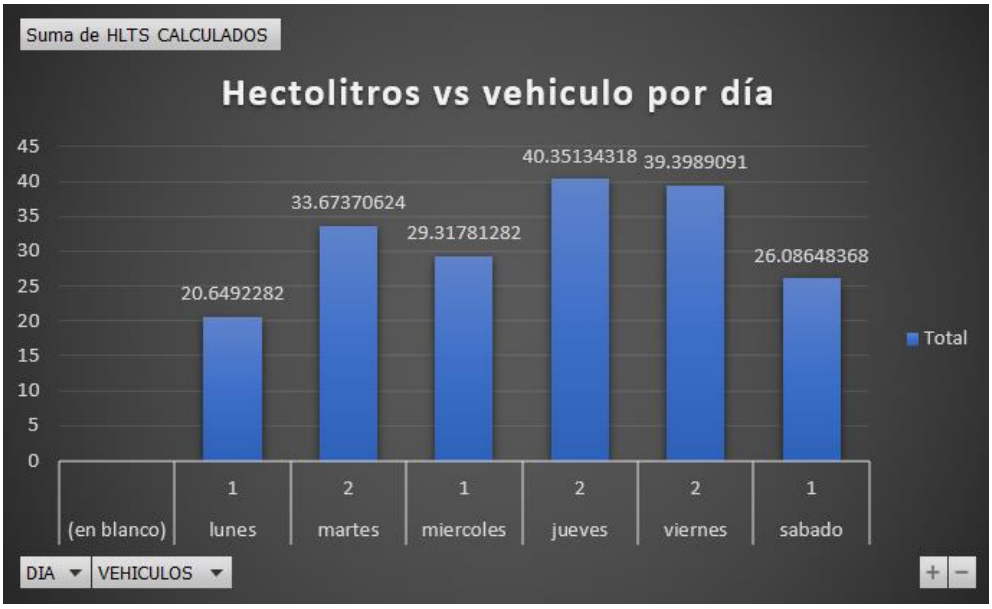


Figura 3.2. Gráfico de número de vehículos necesarios vs Hectolitros transportados.

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

3.5 ANÁLISIS DE COSTOS

SITUACION ACTUAL

La empresa Transcar.S. A actualmente maneja diferentes rutas, sin embargo, cada ruta es cubierta por dos camionetas las cuales generalmente son suficientes para suplir la demanda estocástica según detalla, las cuales tiene un costo de $60 el día, por lo que entonces el costo operativo de las camionetas es de $120 diario. Por otra parte, considerando que cada vehículo auxiliar tiene un ayudante y el costo diario del personal de apoyo es de $15, el costo operativo semanal finalmente suma $810.

SITUACION PROPUESTA

Mediante el pronóstico del número de vehículos auxiliares se determinó que algunos de los días de la semana no necesariamente requerían las dos camionetas para cubrir la demanda. Para el análisis se escogió a la semana 4 del mes de noviembre como referencia, donde se determinó que los días: 1, 3 y 6 solo requerían de un solo vehículo auxiliar lo cual tiene un impacto positivo en los costos, ya que se desiste de 3 días de pago tanto de alquiler de camioneta, como personal de apoyo. En valor monetario, el costo operativo semanal, incluyendo las mencionadas modificaciones en la contratación de los vehículos suma un valor total de $630 semanal.

Tabla 3.5. Tabla de pronósticos diario de vehículos auxiliares.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

PRONOSTICOS DIARIO DE VEHICULOS AUXILIARES							
DIA	#CLIENTES	HLTS CALCULADOS	PESO CALCULADO	VIAJES POR D	VEHICULOS	COSTO_DIA_NETO	ACTUAL
lunes	29	20.6	2085.6	3	1	$ 60.00	120
martes	47	33.7	3401.0	4	2	$ 120.00	120
miercoles	41	29.3	2961.1	3	1	$ 60.00	120
jueves	56	40.4	4075.5	5	2	$ 120.00	120
viernes	55	39.4	3979.3	4	2	$ 120.00	120
sabado	36	26.1	2634.7	3	1	$ 60.00	120

3.6 ENTREGABLES

Dentro de este campo se pueden abarcar varios aspectos, como la entrega de modelos de distribución, un análisis de comportamiento de la demanda, pronósticos generados, pero más allá de lo mencionado, lo más destacable de los entregables son la interfaz de Python y los códigos implementados en R studio.

Para el análisis del comportamiento de la demanda se lo realizo en el programa Python mediante una interfaz en donde el usuario suba un archivo .csv y al cargarlo se observe el comportamiento diario de la demanda. Debido a la demanda estocástica analizada, se realizó pronósticos las cuales permiten definir el comportamiento que tendrá la demanda y así poder hacer la correcta asignación de la camioneta.

Para la generación de los pronósticos se creó un código en R, el cual permite al analista de la demanda contemplar el comportamiento de serie de tiempo, para definir parámetros y generar buenos modelos a partir de ello, lo que finalmente se refleja en pronósticos de la demanda

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Si se toma como referencia la semana pronosticada y se realiza un cálculo del valor total mensual y anual, en el primero se genera un ahorro de $900 mensuales y $10800 anuales.
- Por los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados muestran a la propuesta como un proyecto viable cuya metodología de desarrollo podría ser replicada en industrias con características similares
- Los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los pronósticos coincidieron con lo previsto por la teoría pues los mejores modelos fueron exactamente los mismos mencionados en el apartado de metodología. Sin embargo, ya con la evaluación de los pronósticos se pudo determinar que enfoque más acertado fue el modelo del enfoque I

4.2 RECOMENDACIONES

Los modelos de pronóstico obtenidos y los datos generados a partir de estos, por sí solos se acercan a la realidad, sin embargo, la decisión táctica debe tomarse de la mano del análisis del comportamiento de la demanda para una mejor efectividad.

En las investigaciones realizadas se evidenció que, en más de un proyecto con características similares, los modelos a usarse fueron los generados por el autoarima. Sin embargo, se sugiere no confiarse a usar este método como el mejor, sino más bien realizar análisis respectivos de parámetros, pues es probable que se encuentre mejores modelos.

Durante el desarrollo de los modelos de pronóstico se observó, que si se tenía todos posibles parámetros todos estos podrían ser probados en un sin número de combinaciones y hacerlo manualmente no pareciera ser la mejor opción. Por dicha razón crear un algoritmo que minimicen el tiempo en la ejecución del proceso de prueba y error, iterando todos los valores podría ser una opción viable y aplicable que podría mejorarla eficiencia de la presente.

4.3 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA EMPRESA

El proyecto se desarrolló con éxito, se obtuvo muy buenos comentarios por parte del gerente general y de logística, sin embargo, se detectó una vulnerabilidad de este en el campo aplicativo y es que entre los supuestos del proyecto asume que los clientes pueden ser visitados simultáneamente, sin embargo, las ubicaciones geográficas podrían generar este supuesto no se cumpla. Lo cual concluyó en la sugerencia de buscar incorporar no solo numero de clientes y volumen transportado, sino también sectorizaciones geográficas.

Otra sugerencia realizada fue que, en el análisis de costo, se buscara realizar una proyección en la que se muestre de manera más sencilla los ahorros que se hubieran presentado mes a mes durante los periodos analizados, con el fin de poder valores reales, además de los aproximados.

5. ANEXOS

5.1 Anexo 1: Preguntas para entrevista con el gerente de Transcar S.A

La presente entrevista muestra un cuestionario de preguntas las cuales fueron aplicadas al Gerente de logística de la empresa Transcar.S.A y sus respuestas están escritas de manera literal.

1. ¿Considera usted que la gestión de asignación actual representa una problemática para la empresa?, justifique.

Si es que la pregunta se refiere a la asignación de camionetas, este no sería un problema al contrario una solución, debido a que la ciudad de Guayaquil cuenta con un sin número de restricciones logísticas y que las camionetas por su modelo estructural se vuelve un medio versátil para paliar este tipo de restricciones logísticas.

2. ¿Cuáles son las causas que motivan la utilización de estos vehículos de apoyo?

Las causas para activar este tipo de vehículo responden a las diversas restricciones logísticas, por ejemplo: En el sector Urdesa no está permitido el libre tránsito de vehículos mayores a 7.5TON de capacidad de carga, debido a que las calles son adoquinadas. También hay temas que responden a ventanas horarias de clientes y que requieren este tipo de emplazamientos operativos.

3. ¿Qué medidas cree usted que se podrían tomar como plan para erradicar o mitigar dicha problemática?

Erradicar no, sin embargo, es encontrar un modelo de gestión eficiente de este tipo de vehículo.

4. ¿En promedio, cuántos vehículos de apoyo utilizan para el reparto de productos al día y cuantos viajes en promedio realiza cada uno de ellos?

En promedio se usan de manera permanente dos camionetas al día, y en viajes por camión realizan entre 2 o 1 viaje, con un determinado número de clientes, esto depende mucho de la demanda y la compra que haya realizado cada cliente.

5. ¿Cómo impacta en los indicadores financieros el uso de vehículos auxiliares destinados para el reparto de productos?, ejemplifique indicadores.

No tiene un impacto en indicadores financieros, sin embargo, si tiene impacto en indicadores operacionales, por ejemplo: El indicador de entrega en rango, el cual mide la efectividad de visita en el punto de venta; las camionetas no cuentan con un dispositivo de administración de rutas como lo tiene el camión, este dispositivo no se puede duplicar la ruta para este tipo de clientes. Este indicador de operaciones, al no cumplirlo, sí tiene un impacto financiero en los ingresos de la compañía.

5.2 Anexo 2: Interfaz de carga enfoque I

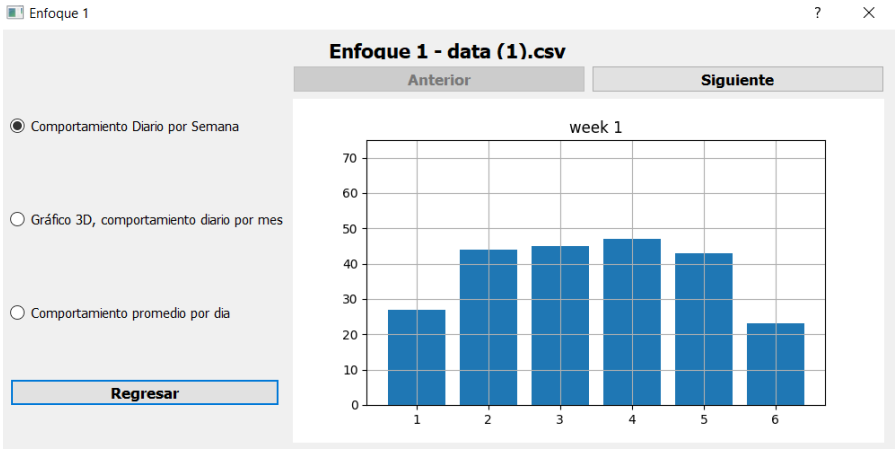


Figura 5.1. Gráfico del comportamiento diario por semana.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

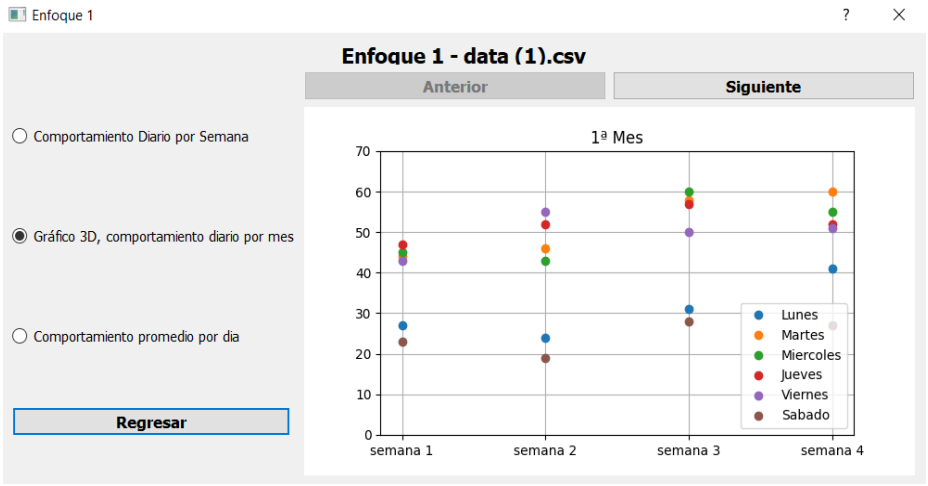


Figura 5.2. Gráfico 3D del comportamiento diario por mes.

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

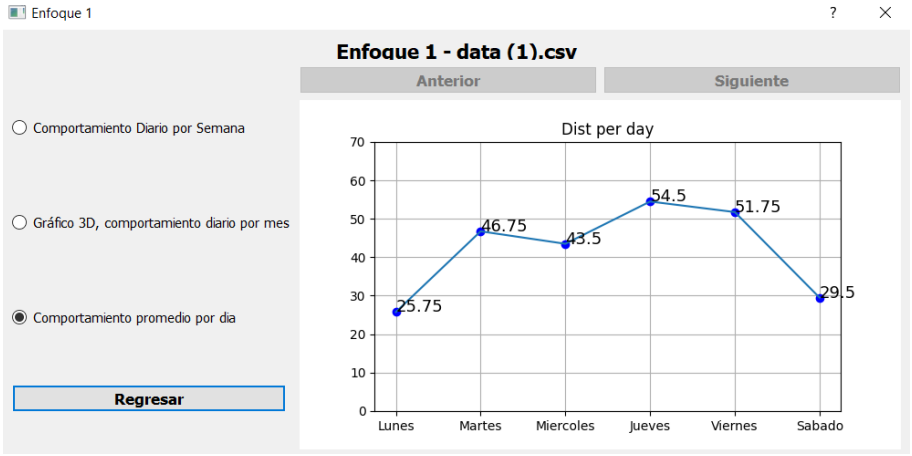


Figura 5.3. Comportamiento promedio por día.

Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

5.3 Anexo 3: Interfaz de carga enfoque II

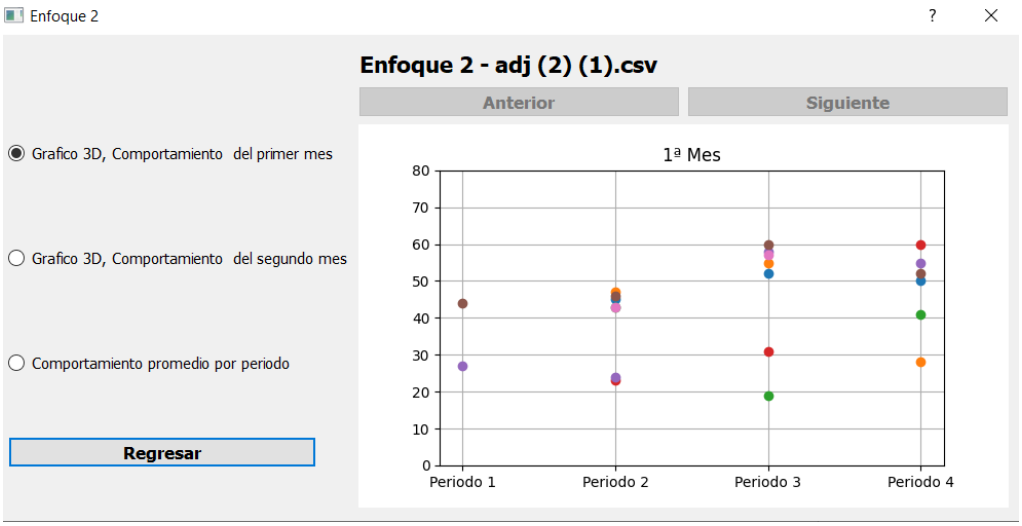


Figura 5.4. Gráfico 3D del comportamiento del primer mes.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

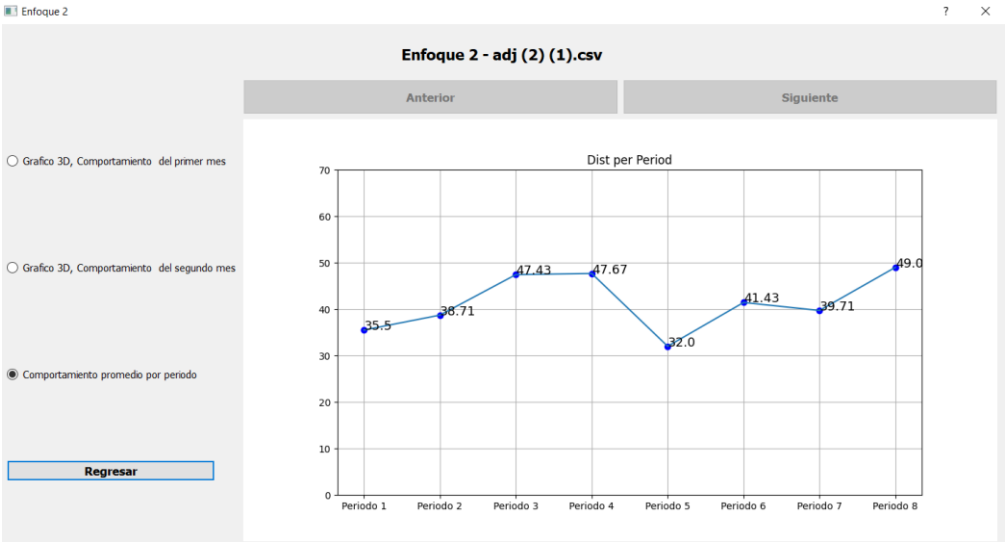
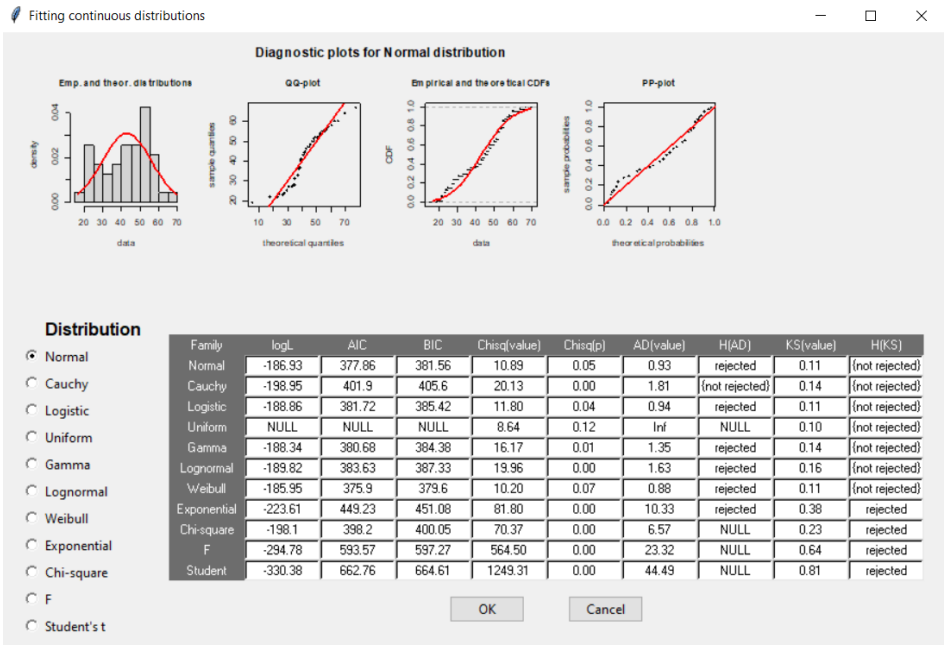


Figura 5.5. Comportamiento promedio por periodo.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

5.4 Anexo 4: Lista de posibles distribuciones para enfoque I



Family	logL	AIC	BIC	Chisq(value)	Chisq(p)	AD(value)	H(AD)	KS(value)	H(KS)
Normal	-186.93	377.86	381.56	10.89	0.05	0.93	rejected	0.11	{not rejected}
Cauchy	-198.95	401.9	405.6	20.13	0.00	1.81	{not rejected}	0.14	{not rejected}
Logistic	-188.86	381.72	385.42	11.80	0.04	0.94	rejected	0.11	{not rejected}
Uniform	NULL	NULL	NULL	8.64	0.12	Inf	NULL	0.10	{not rejected}
Gamma	-188.34	380.68	384.38	16.17	0.01	1.35	rejected	0.14	{not rejected}
Lognormal	-189.82	383.63	387.33	19.96	0.00	1.63	rejected	0.16	{not rejected}
Weibull	-185.95	375.9	379.6	10.20	0.07	0.88	rejected	0.11	{not rejected}
Exponential	-223.61	449.23	451.08	81.80	0.00	10.33	rejected	0.38	rejected
Chi-square	-198.1	398.2	400.05	70.37	0.00	6.57	NULL	0.23	rejected
F	-294.78	593.57	597.27	564.50	0.00	23.32	NULL	0.64	rejected
Student	-330.38	662.76	664.61	1249.31	0.00	44.49	NULL	0.81	rejected

Figura 5.6. Distribuciones para enfoque I.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

5.5 Anexo 5: Hectolitros transportados para las camionetas asignarse.

Etiquetas de fila	Suma de HLTS CALCULADOS
⊞ (en blanco)	
⊟ lunes	**20,65**
1	20,6492282
⊟ martes	**33,67**
2	33,67370624
⊟ miercoles	**29,32**
1	29,31781282
⊟ jueves	**40,35**
2	40,35134318
⊟ viernes	**39,40**
2	39,3989091
⊟ sabado	**26,09**
1	26,08648368
Total general	**189,4774832**

Figura 5.7. Camioneta para usarse como apoyo por día con sus respectivos hectolitros a transportar.
Fuente: Datos históricos proporcionados por Transcar. Elaborado por autores

5.6 Anexo 6: Comparación de propuesta Vs actualidad

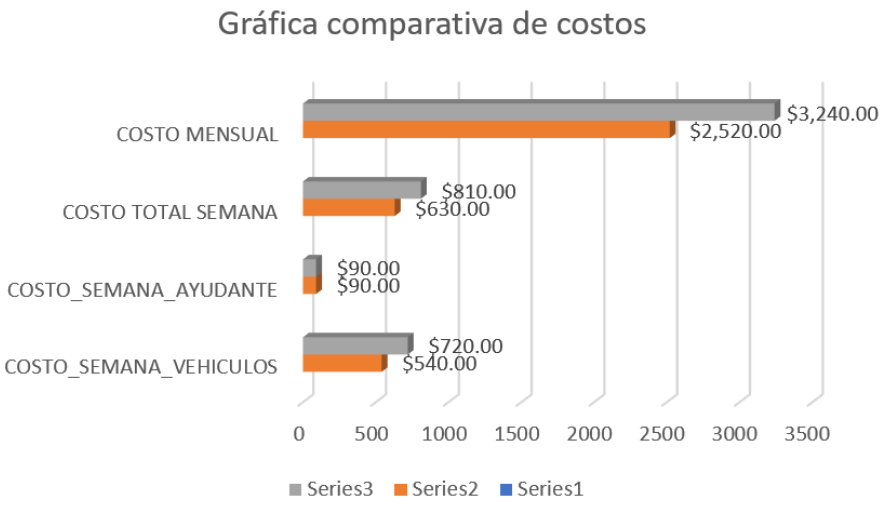


Figura 5.8. Gráfica comparativa de costos actual VS propuesta
Fuente: Datos históricos proporcionados por **Transcar. Elaborado por autores**

BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial. (2018). *Índices de desempeño logístico Ecuador*. Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?locations=EC&name_desc=false

El Universo. (octubre de 2019). *ATM autorizó ingreso sin restricción de horario para transporte de productos y materia prima*. Obtenido de , https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/08/nota/7552496/atm-autorizo-ingreso-restriccion-horario-transporte-productos/

Gabriel Martínez – Ministro de transporte y obras públicas. (30 de Marzo de 2020). *PROTOCOLO DE CORREDORES.* Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/06/01_04_2020-PROTOCOLO-DE-CORREDORES-LOGISTICOS-_FINAL-V1.pdf

Ortega, J. F. (2014). *Dimensionamiento de las compañias de transporte de carga pesada Ecuador.* Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8085/DIMENSIONAMIENTO%20DE%20LAS%20COMPA%C3%91%C3%8DAS%20DE%20TRANSPORTE%20DE%20CARGA%20PESADA%20EN%20EL%20ECUADOR..pdf?sequence=1

Probabilisticos, M. (21 de agosto de 2018). *RPubs*. Obtenido de https://rpubs.com/modelos_inst/complementaria2

UNIVERSO, E. (8 de octubre de 2019). *EL UNIVERSO*. Obtenido de https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/08/nota/7552496/atm-autorizo-ingreso-restriccion-horario-transporte-productos/

Villavicencio, J. (2011). Introduccion a series de tiempo.

Gumuskaya, V., van Jaarsveld, W., Dijkman, R., Grefen, P., & Veenstra, A. (2021). Integrating stochastic programs and decision trees in capacitated barge planning with uncertain container arrivals. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *132*. https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103383

Huang, K., An, K., Correia, G. H. D. A., Rich, J., & Ma, W. (2021). An innovative approach to solve the carsharing demand-supply imbalance problem under demand uncertainty. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *132*. https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103369

Phuc, P. N. K. (2022a). Stochastic programming for order allocation and production planning. *Computer Systems Science and Engineering*, *40*(1), 75–85. https://doi.org/10.32604/CSSE.2022.017793

Phuc, P. N. K. (2022b). Stochastic programming for order allocation and production planning. *Computer Systems Science and Engineering*, *40*(1), 75–85. https://doi.org/10.32604/CSSE.2022.017793

Taha, H. A. (2012). Investigación de operaciones (Novena ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.

Coca-Carasilla, A. (2011). La demanda. Una perspectiva de marketing: reflexiones conceptuales y aplicaciones. Revista Perspectivas, (28), 171-19. http://www.scielo.org.bo/pdf/rp/n28/n28a08.pdf.

Roncancio, G. (19 de agosto del 2021). *Indicadores de gestión: tipos y ejemplos*. https://gestion.pensemos.com/indicadores-de-gestion-tipos-y-ejemplos

Fontanelli, Oscar, Mansilla, Ricardo, & Miramontes, Pedro. (2020). Distribuciones de probabilidad en las ciencias de la complejidad: una perspectiva contemporánea. *Inter disciplina*, *8*(22), 11-37. Epub 15 de enero de 2021.https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2020.22.76416

Blomberg, C. (2007). § 18 - STOCHASTIC PROCESSES. In C. Blomberg (Ed.), *Physics of Life* (pp. 178–182). Elsevier Science B.V. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-044452798-1/50018-X

Coleman, R. (1974). What is a Stochastic Process? In *Stochastic Processes* (pp. 1–5). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-9796-3_1

Bugayko, D., & Shevchenko, O. (2020). *Indicators of air transport sustainable development*. *1*, 6–18. https://doi.org/10.46783/smart-scm/2020-4-1

Banco Mundial. (2018). *Índices de desempeño logístico Ecuador*. Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?locations=EC&name_desc=false

El Universo. (octubre de 2019). *ATM autorizó ingreso sin restricción de horario para transporte de productos y materia prima*. Obtenido de , https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/08/nota/7552496/atm-autorizo-ingreso-restriccion-horario-transporte-productos/

Gabriel Martínez – Ministro de transporte y obras públicas. (30 de Marzo de 2020). *PROTOCOLO DE CORREDORES.* Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/06/01_04_2020-PROTOCOLO-DE-CORREDORES-LOGISTICOS-_FINAL-V1.pdf

Ortega, J. F. (2014). *Dimensionamiento de las compañias de transporte de carga pesada Ecuador.* Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8085/DIMENSIONAMIENTO%20DE%20LAS%20COMPA%C3%91%C3%8DAS%20DE%20TRANSPORTE%20DE%20CARGA%20PESADA%20EN%20EL%20ECUADOR..pdf?sequence=1

Probabilisticos, M. (21 de agosto de 2018). *RPubs*. Obtenido de https://rpubs.com/modelos_inst/complementaria2

UNIVERSO, E. (8 de octubre de 2019). *EL UNIVERSO*. Obtenido de https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/08/nota/7552496/atm-autorizo-ingreso-restriccion-horario-transporte-productos/

Villavicencio, J. (2011). Introduccion a series de tiempo.

Banco Mundial. (2018). *Índices de desempeño logístico Ecuador*. Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?locations=EC&name_desc=false

El Universo. (octubre de 2019). *ATM autorizó ingreso sin restricción de horario para transporte de productos y materia prima*. Obtenido de , https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/08/nota/7552496/atm-autorizo-ingreso-restriccion-horario-transporte-productos/

Gabriel Martínez – Ministro de transporte y obras públicas. (30 de Marzo de 2020). *PROTOCOLO DE CORREDORES.* Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/06/01_04_2020-PROTOCOLO-DE-CORREDORES-LOGISTICOS-_FINAL-V1.pdf

Ortega, J. F. (2014). *Dimensionamiento de las compañias de transporte de carga pesada Ecuador.* Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8085/DIMENSIONAMIENTO%20DE%20LAS%20COMPA%C3%91%C3%8DAS%20DE%20TRANSPORTE%20DE%20CARGA%20PESADA%20EN%20EL%20ECUADOR..pdf?sequence=1

Probabilisticos, M. (21 de agosto de 2018). *RPubs*. Obtenido de https://rpubs.com/modelos_inst/complementaria2

UNIVERSO, E. (8 de octubre de 2019). *EL UNIVERSO*. Obtenido de https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/08/nota/7552496/atm-autorizo-ingreso-restriccion-horario-transporte-productos/

Villavicencio, J. (2011). Introduccion a series de tiempo.

Rosas, Ely, Figueroa, Franyelis, Moya, Jennifer, & Bracho, Nelson. (2014). Modelo estadístico para asociar variables del alumno con su rendimiento escolar. *Saber*, *26*(3), 326-334. Recuperado en 01 de febrero de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622014000300012&lng=es&tlng=es.