



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE PLANEACIÓN
DE LA DEMANDA EN SERVICIOS
INDIVIDUALES DE PASAJEROS TIPO TAXI**

Alejandro Grisales Gallo

Carlos Andrés Posada Jiménez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2020



Diseño de estrategias de planeación de la demanda en servicios individuales de pasajeros
tipo taxi

Alejandro Grisales Gallo

Carlos Andrés Posada Jiménez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Logística Integral

Asesor Temático:
Jorge Andrés de la Cuesta Herrera, (Especialista en Logística Integral)

Asesor Metodológico:
Gloria Milena Osorno (Magíster en Ingeniería)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Medellín, Colombia
2020

Diseño de estrategias de planeación de la demanda en servicios individuales de pasajeros tipo taxi. ¹

Alejandro Grisales ²Carlos Posada. ³

Resumen:

La planeación del TPI (Transporte Público Individual) de vehículos Taxi o Ride-Share ⁴, depende en un alto porcentaje de la disponibilidad y ubicación de estos en el área de cubrimiento, además se ve fuertemente afectada por variables adicionales como lo son el mes, el día de la semana y el rango horario en el que se generan los servicios. La empresa evaluada es una compañía de TPI ubicada en la ciudad de Brookhaven, Ga, EE. UU que tiene presencia en el área perimetral de Atlanta Ga y presenta falencias en la lectura de su demanda; además año tras año desde su fundación viene prácticamente duplicando el número de servicios y más de un 99% de estos provienen de llamadas telefónicas. Desde la dirección de la organización se tiene la idea de implementar estrategias que permitan mejorar la planeación de la demanda e impactar positivamente el nivel de servicio, ya que se evidencio que las variables mencionadas inciden directamente en la lectura de la demanda.

Palabras clave: Planeación de demanda, Transporte Individual de pasajeros, modelos de pronóstico.

¹ Monografía Especialización en Logística Integral. Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia.

Asesor Temático: Jorge Andres de la Cuesta. Grupo Familia

Asesor Metodológico: Gloria Osorno. Profesora, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia

² Jefe de Operación Logística Ok taxi LLC.

³ Gerente Logístico Ragged S.A

⁴ Ride Share: Vehículo tradicional sin avisos que puede operar por plataformas digitales.

1. Introducción

Las empresas de transporte de pasajeros requieren que sus taxis estén en los sitios, momentos y en las cantidades requeridas de acuerdo con la cantidad de llamadas. Lograr satisfacer los requerimientos de los clientes en el tiempo esperado por ellos, es cada vez más complejo de cumplir para las compañías. Hoy en día los usuarios de servicios de transporte son cada vez más exigentes, están mejor informados y tienen a la mano otras plataformas ofreciendo el servicio de transporte en un menor tiempo y con mejor calidad en el servicio. Por lo anterior y en el afán de satisfacer a los clientes, la compañía ofrece un mejor servicio de recogida en tiempo y calidad tratando de fidelizarlos y que perduren en el tiempo, con el riesgo de que el incumplimiento de la promesa de servicio juegue en contra de los intereses de ésta.

Garantizar el cubrimiento total de los viajes y mantener un alto nivel de servicio son los resultados principales que espera obtener el personal encargado de coordinar la operación de despacho además de balancear la carga operativa de las unidades para sostener su fidelización con la compañía.

La compañía actualmente tiene dificultades para la atención oportuna de los servicios y se basa en unas reglas de despacho definidas para la asignación como lo son el móvil más cercano, que pertenezca al área, que este en el orden de turno, que hable el mismo idioma del cliente y en algunas ocasiones que tenga la capacidad y espacio requerido por éste. Al no contar con métodos de planeación y de relocalización de las unidades se presentan a menudo situaciones con zonas con

sobreoferta de móviles disponibles y a su vez zonas con sobredemanda de servicios y sin unidades para cubrirlos.

El objetivo general del presente trabajo es diseñar algunas estrategias para la planeación de la demanda de la compañía, iniciando específicamente con el diagnóstico de la problemática del despacho de taxis en función del nivel de servicio, continuando con la definición de las variables y parámetros que afectan el proceso de planeación y formulando estrategias para planear la demanda a partir de las variables identificadas.

El desarrollo de este proyecto se basó fundamentalmente en analizar diferentes modelos de pronósticos de la demanda que se pudieran adaptar a la compañía y definir el más apropiado para su aplicación de acuerdo con la simulación de estos y su comportamiento. También se encontraron como debilidades para trabajar en un futuro proyecto, la relocalización de las unidades por zona geográfica y la deficiencia en el registro de las llamadas no efectivas por cubrimiento o faltante de móvil.

Este documento consta de 6 secciones, en la segunda se encuentra el marco conceptual y teórico, con las principales definiciones de modelos matemáticos que se evaluaron, en la tercera sección se expone la metodología aplicada y en la cuarta sección se discuten los resultados obtenidos.

2. Marco conceptual y teórico

En esta sección se expone el marco conceptual con las variables importantes en la planeación de demanda en TPI y el marco teórico con la definición de los modelos matemáticos usados para pronosticar la demanda.

2.1 Marco conceptual

En el sector de transporte y en especial en el TPI (Transporte Público Individual) es demasiado importante tener en cuenta que la demanda de servicios de movilidad de pasajeros tiene altas variaciones por variables predecibles e impredecibles como la temporada, el día de la semana, la hora, el lugar, el estado del tiempo, el tráfico del momento, etc. Dichas variaciones generan en algunos casos exceso de móviles que generan una oferta más alta de lo requerido y en otros casos ausencia de móviles generada cuando la demanda supera a la oferta de servicios. Buscando suavizar los efectos del desbalanceo entre exceso y ausencia de taxis se hace la planeación de la demanda que permite obtener un pronóstico acertado con el fin de optimizar los recursos físicos, minimizar las variaciones y mejorar el nivel de servicio.

La necesidad de hacer una debida planeación hace que la compañía en estudio requiera un modelo de pronóstico adecuado que se acomode de la mejor forma posible al impacto de las variables en el comportamiento de la demanda.

2.2 Marco teórico

“Los modelos cuantitativos de pronósticos son modelos matemáticos que se basan en datos históricos. Estos modelos suponen que los datos históricos son relevantes para el futuro.” [1]

Una serie de tiempo se puede definir como “una secuencia de valores de una variable ordenados en el tiempo” [2] estas series de tiempo sirven para encontrar fenómenos de estacionalidad, tendencia, irregularidad y ciclicidad en los procesos, adicionalmente de reconocer los fenómenos que se quieren estudiar en diversas actividades.

Modelo matemático lineal de pronóstico: Este modelo que tiene por estructura la ecuación:

$$y = mx + b \quad (1)$$

allí se correlacionan los datos de la serie de tiempo con un crecimiento lineal, donde basados en datos históricos se plantea una pendiente o tasa de crecimiento del modelo “m” y un valor inicial teórico para un periodo 0 llamado “b”. usualmente se utiliza un proceso de regresión lineal para encontrar la ecuación de mayor ajuste con relación a la serie de tiempo, la cual es “una técnica estadística que consiste en calcular en forma de función matemática” [3] las correlaciones de los estudiados.

Modelo matemático exponencial de pronóstico: El modelo exponencial busca encontrar una correlación con una función exponencial según la ecuación:

$$y = pi * e^{ce*t} \quad (2)$$

donde el periodo inicial “pi” se multiplica por un factor exponencial relacionado con cada periodo, por un coeficiente exponencial “ce”.

“La regresión exponencial es un método que permite encontrar la ecuación de la función exponencial que mejor se ajuste a un grupo de datos y de esta manera poder estimar valores futuros de su variable Dependiente (Y)” [4]. Es así como este modelo muestra un crecimiento a nivel exponencial de sus datos según cada periodo de tiempo, logrando una curva acelerada que se acerca a una función exponencial.

Modelo matemático geométrico de pronóstico: El Modelo geométrico pretende conocer la tendencia de crecimiento de los datos usando una razón entre 2 periodos analizados, este comprende la ecuación:

$$y = pi * (1 + rc)^t \quad (3)$$

donde el periodo inicial “**pi**” se afecta por la razón de crecimiento “**rc**” elevada al periodo a pronosticar “**t**”. En la ecuación anterior “**rc**” se calcula a partir de la ecuación:

$$rc = \sqrt[t]{\frac{pf}{pi}} - 1 \quad (4)$$

donde se relacionan directamente dos periodos, uno final “**pf**” y otro inicial “**pi**”

Coefficiente de correlación: Se puede definir como “una medida estadística de la bondad del ajuste o fiabilidad del modelo estimado a los datos” (6)

3. Metodología

En la compañía analizada se pensó en definir un modelo de planeación de demanda que permita a los encargados de la operación tener una proyección más cercana de la concentración de las llamadas con el fin de lograr una mejor relocalización de las unidades teniendo en cuenta las variables que realmente impactan el proceso, para ellos se definieron 3 etapas, diagnostico, identificación de variables y definición de estrategias.

3.1 Diagnostico

En esta etapa del proyecto se buscó evaluar el estado actual de la compañía con respecto a la manera como proyectan en el tiempo la demanda de servicios que se obtendrá en el corto y mediano plazo y de este modo definir los puntos débiles que se pueden atacar y/o mejorar con el fin de mejorar este proceso y a su vez el nivel de servicio de la compañía.

Se construyo la Matriz DOFA del proceso interno - de recepción, asignación y despacho de móviles, encontrando como foco del proyecto trabajar en el cuadrante de las debilidades sin desconocer variables de los otros cuadrantes, En la **Tabla 1** se puede observar la matriz DOFA construida.

MATRIZ DOFA	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
1. Experiencia en el medio	1. Software Desactualizado
2. Tamaño de la operación	2. Drivers Nuevos
3. Preparación del Personal de Despacho	3. Fidelización de Drivers
4. Fidelización de Clientes	4. No registro de llamadas sin cobertura
	5. No analisis eficiente de la operación
	6. No hay Lectura de demanda
	7. No hay seguimiento de ubicación de taxis.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
1. Necesidad de transporte Creciente	1. Gran Competencia
2. Mercado de Clientes Americanos	2. Drivers que se llevan clientes
3. Gran Terreno de Expansión	3. Volatilidad del Mercado
	4. Clima

Tabla 1. Matriz DOFA proceso logístico. Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se realizó un diagrama de causa efecto que se puede visualizar en la **Figura 1**, identificando las variables de mayor peso que podrían tener incidencia en la definición del problema de la compañía. Aunque sobre todas estas variables se tienen oportunidades de mejora, se evidencia que el tema de la planeación de la operación directamente conectado con la demanda tiene impacto grande en la mejora del nivel de servicio.

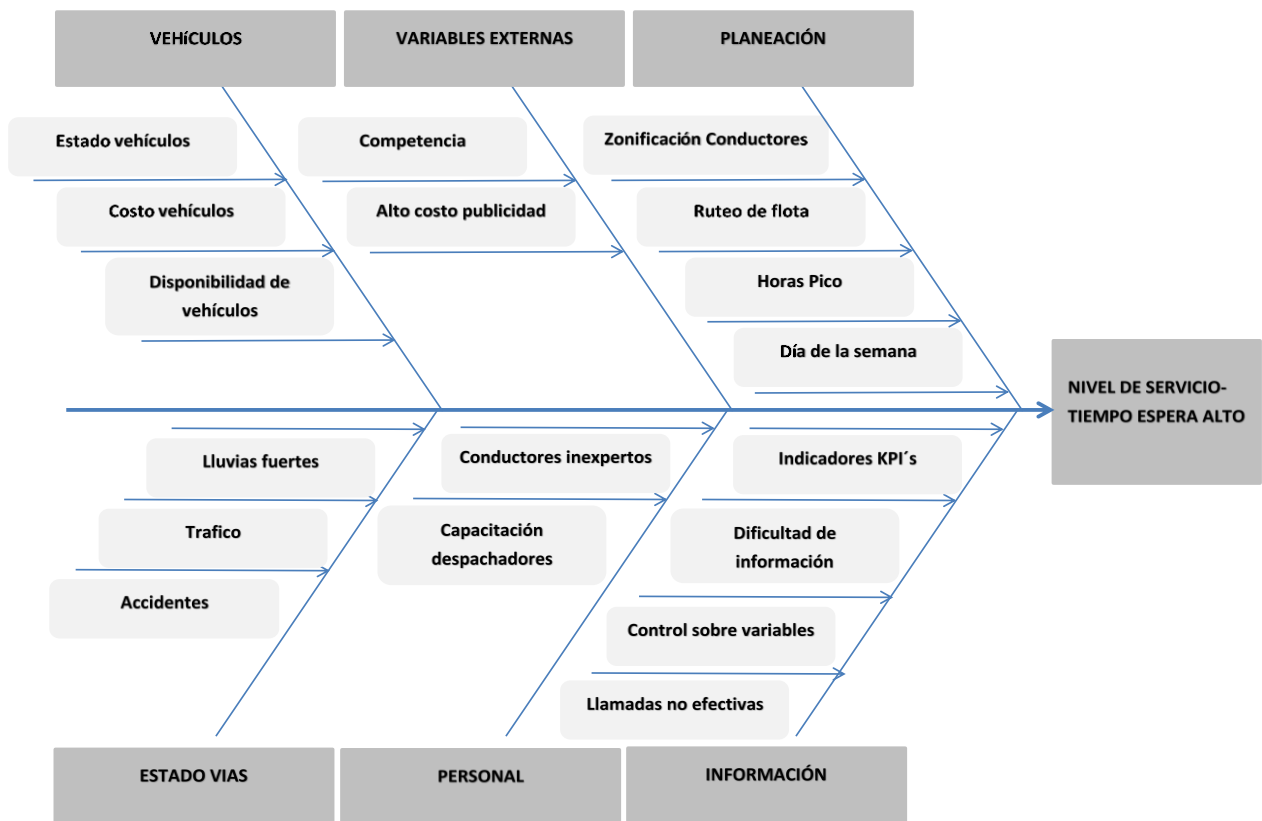


Figura 1. Diagrama Causa Efecto Variables de despacho. Fuente: Elaboración Propia

3.2 Identificación de Variables

Después de realizado el diagnóstico y haber definido la planeación de la demanda como la variable macro que más impacto tiene en el cumplimiento del nivel de servicio, se procedió a analizar la información de los últimos 4 años de operación con el fin de identificar las variables que más incidencia tienen en el comportamiento de los datos. En la **Tabla 2** se puede observar las llamadas efectivas por mes en los últimos 4 años donde se puede concluir que el mes es una variable importante para el pronóstico o modelo debido ya que presenta estacionalidad dependiendo del mes del año.

LLAMADAS 2016-2019				
Mes	2016	2017	2018	2019
Ene	6.412	6.412	20.770	36.363
Feb	7.005	7.005	19.774	35.142
Mar	7.864	7.864	25.731	43.284
Abr	8.400	8.400	26.786	43.390
May	9.119	9.119	27.926	48.147
Jun	8.511	8.511	27.435	47.400
Jul	10.073	10.073	31.268	54.360
Ago	9.594	9.594	34.172	60.542
Sep	9.442	9.442	40.855	60.536
Oct	10.750	10.750	36.347	62.196
Nov	10.800	10.800	36.477	64.754
Dic	12.378	12.378	42.953	72.092
Total	110.348	221.516	370.494	628.206

Tabla 2. Llamadas efectivas 2016-2019. Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se identificó que, aunque el mes daba un norte del comportamiento de la información, se debían identificar más variables que ayudaran al entendimiento detallado de dicho comportamiento y se visualizó la ubicación geográfica de las llamadas como otra variable

de fuerte impacto. En la **Figura 2** se puede observar el área de operación de la compañía dividido en las respectivas zonas y códigos postales con los que se analizará la información.

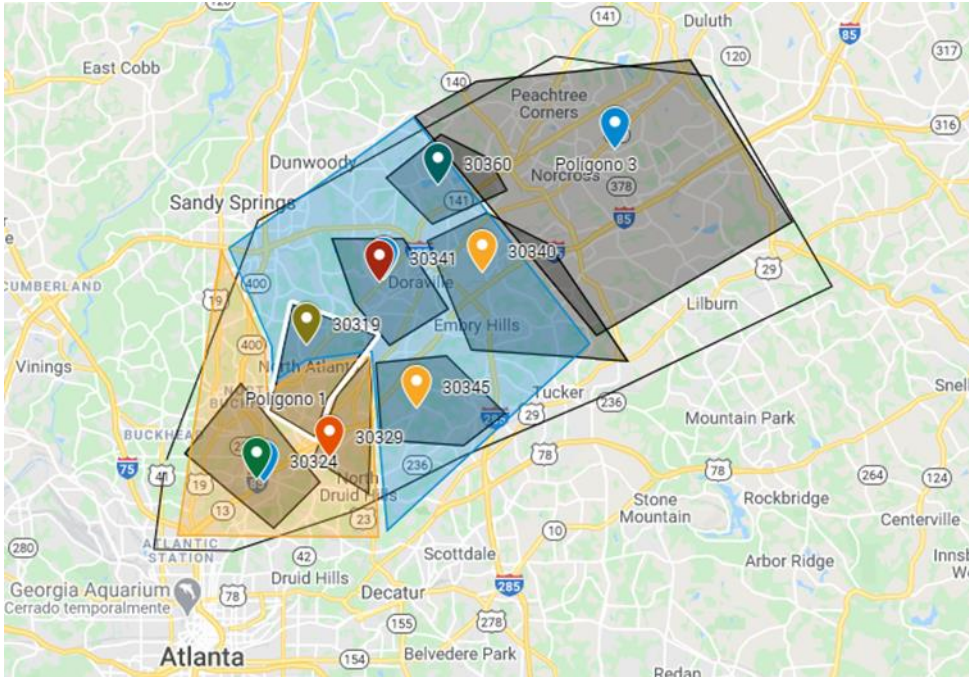


Figura 2. Mapa Georreferenciado de zonas y códigos postales. Fuente: Elaboración Propia

Teniendo la información separada por zona y a su vez dentro de las zonas por código postal, se puede observar que hay zonas y códigos postales donde se concentran con más fuerza los servicios requeridos y en donde se debe concentrar buena parte de la estrategia de servicio; y a su vez hay zonas y códigos postales con bajo requerimiento de servicios, pero con una oportunidad alta de penetración de mercado. En la **Tabla 3** se puede observar el comportamiento de llamadas efectivas para los años 2018 y 2019 distribuido por zonas y códigos postales.

LLAMADAS EFECTIVAS 2019 POR ZONA Y CODIGO POSTAL						
2018 Y 2019						
BARRIO/ZONA RESIDENCIAL	COD POSTAL	ZONA	TOTAL 2018	TOTAL 2019	% 2018	% 2019
CHAMBLEE	30341	1	109.795	198.203	30%	32%
NE PLAZA	30329	2	85.590	129.820	23%	21%
PLAZA FIESTA	30345	1	59.636	97.613	16%	16%
FARMERS MARKET DORAVILLE	30340	3	44.156	89.877	12%	14%
TOWN BROOKHAVEN	30319	2	31.844	42.113	9%	7%
WINTERS CHAPEL	30360	3	10.146	22.786	3%	4%
LENOX	30324	2	8.824	12.580	2%	2%
PLAZA LATINA	30071	4	1.826	5.553	0%	1%
OTROS	-	-	18.677	29.661	5%	5%
TOTAL			370.494	628.206	100%	100%

Tabla 3. Llamadas efectivas por zona, código postal 2018 y 2019. Fuente: Elaboración propia

Continuando con el análisis, se evidenció que aun existía mucha información para el detalle al que se había llegado y que se debía identificar variables de la información con el fin de visualizar mejor su comportamiento. En la **Tabla 4** se puede visualizar la demanda de servicios efectivos para el año 2019 separado además de zona y código postal, por el día de la semana en el cual se realizaron las llamadas. Se toma solo la información de 2019 ya que como se evidencia en la **Tabla 3** la participación por zona y código postal para ambos años es muy similar.

LLAMADAS EFECTIVAS 2019 POR ZONA, CODIGO POSTAL Y DÍA DE LA SEMANA													
CLASIFICACIÓN			DIAS LABORABLES					FIN DE SEMANA		TOTALES			
BARRIO/ZONA RESIDENCIAL	COD POSTAL	ZONA	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL	%
CHAMBLEE	30341	1	26.486	24.839	22.534	22.277	24.262	34.689	43.116	120.398	77.805	198.203	32%
NE PLAZA	30329	2	17.658	16.045	14.943	14.396	17.598	24.149	25.031	80.640	49.180	129.820	21%
PLAZA FIESTA	30345	1	12.529	12.122	10.760	10.580	12.258	18.263	21.101	58.249	39.364	97.613	16%
FARMERS MARKET DORAVILLE	30340	3	12.144	11.551	10.648	10.930	11.518	15.400	17.686	56.791	33.086	89.877	14%
TOWN BROOKHAVEN	30319	2	5.816	5.544	5.624	5.323	6.246	6.890	6.670	28.553	13.560	42.113	7%
WINTERS CHAPEL	30360	3	2.980	2.731	2.374	2.394	2.996	4.471	4.840	13.475	9.311	22.786	4%
LENOX	30324	2	1.785	1.794	1.692	1.600	1.761	2.062	1.886	8.632	3.948	12.580	2%
PLAZA LATINA	30071	4	747	733	704	691	819	958	901	3.694	1.859	5.553	1%
OTROS	-	-	3.909	3.718	3.581	3.592	4.103	5.250	5.508	18.903	10.758	29.661	5%
TOTAL			84.054	79.077	72.860	71.783	81.561	112.132	126.739	389.335	228.113	628.206	100%

Tabla 4. Llamadas efectivas por zona, código postal y día de la semana 2019. Fuente: Elaboración propia

Con la información de la **Tabla 4** se pudo concluir que la demanda de servicios tiene más peso en los días de fin de semana que en los días entre semana siendo esta también una variable muy importante para definir un modelo o una estrategia de planeación de acuerdo con el día de la semana donde será la demanda proyectada.

La participación de las llamadas por día de la semana en cada código postal tiene un comportamiento muy similar para cada día de la semana. Por lo anterior se puede visualizar que independiente de la zona y el código postal el comportamiento de la demanda es muy similar para cada día y se concluye que, con obtener la demanda proyectada en un modelo para cada código postal, se podría calcular para cada día de la semana utilizando la participación para cada día que se puede observar en la **Tabla 5**.

PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN POR DÍA DE LA SEMANA 2019									
BARRIO/ZONA RESIDENCIAL	COD POSTAL	ZONA	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SAB	DOM
CHAMBLEE	30341	1	13%	13%	11%	11%	12%	18%	22%
NE PLAZA	30329	2	14%	12%	12%	11%	14%	19%	19%
PLAZA FIESTA	30345	1	13%	12%	11%	11%	13%	19%	22%
FARMERS MARKET DORAVILLE	30340	3	14%	13%	12%	12%	13%	17%	20%
TOWN BROOKHAVEN	30319	2	14%	13%	13%	13%	15%	16%	16%
WINTERS CHAPEL	30360	3	13%	12%	10%	11%	13%	20%	21%
LENOX	30324	2	14%	14%	13%	13%	14%	16%	15%
PLAZA LATINA	30071	4	13%	13%	13%	12%	15%	17%	16%
OTROS	-		13%	13%	12%	12%	14%	18%	19%

Tabla 5 . Porcentaje de participación por día de la semana, zona y código postal 2019. Fuente: Elaboración propia

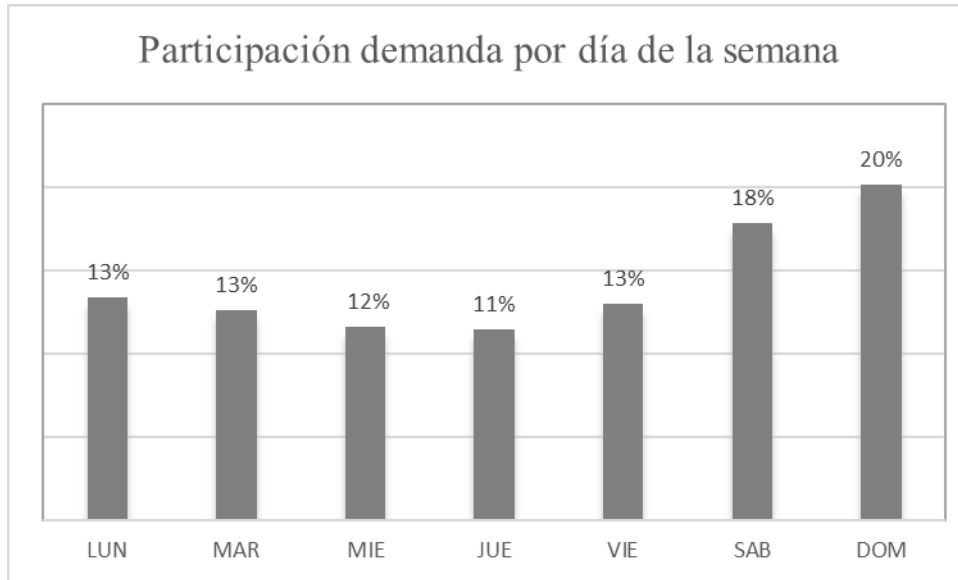


Figura 3. Participación de la demanda por día de la semana 2019. Fuente: Elaboración Propia

Después de evidenciar la importancia para el análisis en el día de la semana se prosiguió revisando el comportamiento de los datos clasificándolos por rango horario. En la **Tabla 6** se puede observar el comportamiento de las llamadas efectivas para el año 2019 separando por rangos de horas. Inicialmente se concluye que los datos se concentran en su mayoría entre las 5:00 am y las 9:00 p.m.

LLAMADAS EFECTIVAS 2019 POR DIA DE LA SEMANA Y RANGO HORARIO											
HORA	DIAS LABORABLES					FIN DE SEMANA		TOTALES			
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL	TOTAL
0:00 - 5:00	6.336	4.538	4.796	4.629	5.131	8.343	12.669	25.430	21.012	46.442	
5:00 - 9:00	15.341	15.075	14.361	14.153	14.499	14.069	14.813	73.429	28.882	102.311	
9:00 - 13:00	17.157	16.150	14.115	13.459	13.903	21.780	31.126	74.784	52.906	127.690	
13:00 - 17:00	21.229	19.742	17.862	17.373	18.906	25.652	33.480	95.112	59.132	154.244	
17:00 - 21:00	18.840	18.289	16.499	16.848	21.073	30.636	27.378	91.549	58.014	149.563	
21:00 - 0:00	5.151	5.283	5.227	5.321	8.049	11.652	7.273	29.031	18.925	47.956	
TOTAL	84.054	79.077	72.860	71.783	81.561	112.132	126.739	389.335	238.871	628.206	

Tabla 6. Llamadas Efectivas por día de la semana y rango horario 2019. Fuente: Elaboración propia

Luego se definió analizar el comportamiento de la demanda en el rango horario para cada zona definida. Para efectos del informe se mueven los datos detallados de la zona 1 como se puede observar en la **Tabla 7**. La zona 1 es la que presento mayor demanda para 2019 con el 47% de las llamadas efectivas.

LLAMADAS EFECTIVAS POR HORA 2019-ZONA 1											
HORA	DIAS LABORABLES					FIN DE SEMANA			TOTALES		
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL	
0:00	5:00	2.624	1.899	2.152	1.885	2.090	3.409	5.572	10.650	8.981	19.631
5:00	9:00	7.105	6.834	6.605	6.537	6.548	6.856	7.317	33.629	14.173	47.802
9:00	13:00	8.329	7.871	6.675	6.402	6.573	10.622	16.549	35.850	27.171	63.021
13:00	17:00	9.678	9.091	8.105	7.794	8.356	11.974	17.323	43.024	29.297	72.321
17:00	21:00	9.238	9.148	7.779	8.129	10.062	15.234	14.423	44.356	29.657	74.013
21:00	0:00	2.041	2.118	1.978	2.110	2.891	4.857	3.033	11.138	7.890	19.028
TOTAL		39.015	36.961	33.294	32.857	36.520	52.952	64.217	178.647	117.169	295.816

Tabla 7. Llamadas Efectivas por rango horario 2019-Zona 1. Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 8** se tiene la participación de la demanda en la zona 1, para cada día de la semana. Se puede concluir que solo el domingo es el día que presenta un cambio notable en la participación concentrándose más el peso entre 9.00 a.m. y 9:00 p.m. a diferencia de los otros días que tienen más participación desde las 5:00 a.m.

PARTICIPACIÓN LLAMADAS EFECTIVAS POR HORA 2019-ZONA 1											
HORA	DIAS LABORABLES					FIN DE SEMANA			TOTALES		
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL	
0:00	5:00	7%	5%	6%	6%	6%	6%	9%	6%	8%	7%
5:00	9:00	18%	18%	20%	20%	18%	13%	11%	19%	12%	16%
9:00	13:00	21%	21%	20%	19%	18%	20%	26%	20%	23%	21%
13:00	17:00	25%	25%	24%	24%	23%	23%	27%	24%	25%	24%
17:00	21:00	24%	25%	23%	25%	28%	29%	22%	25%	25%	25%
21:00	0:00	5%	6%	6%	6%	8%	9%	5%	6%	7%	6%
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 8. Participación llamadas Efectivas por rango horario 2019-Zona 1. Fuente: Elaboración propia

Se puede visualizar que, aunque la variable rango horario tiene un peso también muy importante el comportamiento de la demanda, es prácticamente el mismo independiente de la zona evaluada. Se puede concluir que con solo obtener la demanda por cada zona y código postal se podría calcular la demanda por rango horario utilizando el porcentaje de participación de la **Tabla 9**.

PARTICIPACIÓN LLAMADAS EFECTIVAS POR HORA Y POR ZONAS 2019						
HORA DEL VIAJE		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	GENERAL
0:00	5:00	7%	9%	7%	6%	7%
5:00	9:00	16%	17%	15%	16%	16%
9:00	13:00	21%	19%	20%	20%	20%
13:00	17:00	24%	24%	24%	25%	25%
17:00	21:00	25%	22%	25%	26%	24%
21:00	0:00	6%	9%	9%	7%	8%

Tabla 9. Participación llamadas Efectivas por rango horario 2019 para todas las zonas. Fuente: Elaboración propia

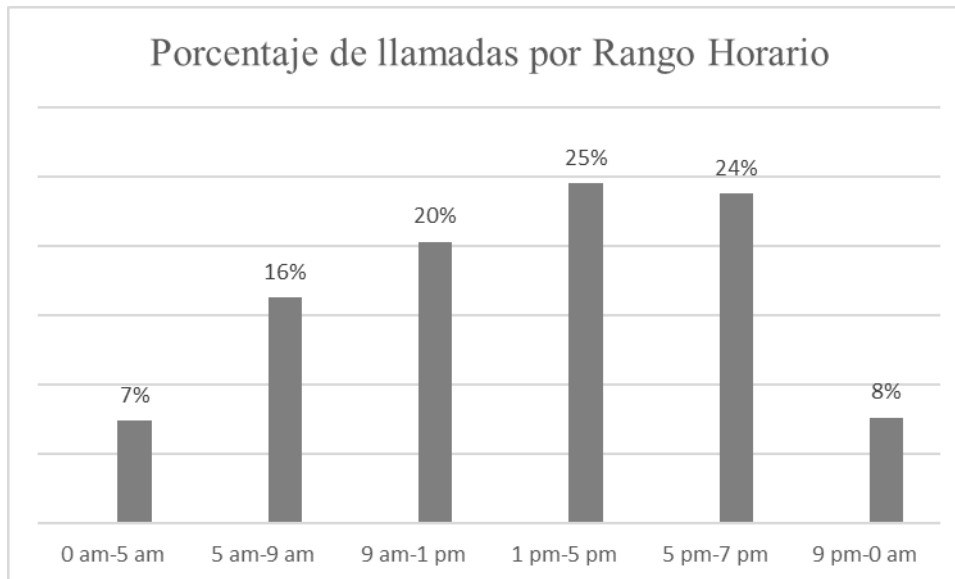


Figura 4. Participación de llamadas por rango horario. Fuente: Elaboración Propia

3.3 Definición de estrategias

Como resultado del diagnóstico realizado y del análisis del comportamiento de la información para los años estudiados, se visualizan tres posibles estrategias en las que la compañía debería enfocar todos sus esfuerzos con el fin de lograr atender con un nivel de servicio óptimo el crecimiento que viene presentando en los últimos años. La primera sería la relocalización de los móviles inscritos, la segunda sería la implementación de un control para hacerle seguimiento a las llamadas no efectivas y la tercera la definición de un modelo matemático para la proyección de la demanda futura basado en los datos históricos y el comportamiento de estos. Por efectos del alcance del proyecto y de los objetivos de corto plazo de la compañía, el desarrollo de este proyecto se enfocó en la tercera estrategia dejando abiertas para la dirección las otras dos estrategias para un futuro proyecto.

3.3.1 Relocalización de los taxis

En la **Tabla 10** se observa que no hay equilibrio entre la cantidad de taxis asignados y la demanda de cada zona. Lo anterior llevaría a hacer un estudio para ver si hay zonas con sobrantes o faltantes de taxis y con estos mismos hacer una relocalización en función de la demanda para cada una de estas zonas.

LLAMADAS EFECTIVAS VS TAXIS INSCRITOS POR ZONA 2019												
ZONA	TAXIS	% TAXIS	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL
1	60	29%	39.015	36.961	33.294	32.857	36.520	52.952	64.217	178.647	117.169	295.816
2	68	33%	25.259	23.383	22.259	21.319	25.605	33.101	33.587	117.825	66.688	184.513
3	64	31%	15.124	14.282	13.022	13.324	14.514	19.871	22.526	70.266	42.397	112.663
4	16	8%	747	733	704	691	819	958	901	3.694	1.859	5.553
total	208	100%	80.145	75.359	69.279	68.191	77.458	106.882	121.231	370.432	228.113	598.545

ZONA	TAXIS	% TAXIS	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	TOTAL DL	TOTAL FS	% DEMANDA
1	60	29%	49%	49%	48%	48%	47%	50%	53%	30%	20%	49%
2	68	33%	32%	31%	32%	31%	33%	31%	28%	20%	11%	31%
3	64	31%	19%	19%	19%	20%	19%	19%	19%	12%	7%	19%
4	16	8%	0,9%	1,0%	1,0%	1,0%	1,1%	0,9%	0,7%	1%	0%	1%
total	208	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	62%	38%	100%

Tabla 10. Llamadas efectivas y participación vs taxis inscritos por zona 2019. Fuente: Elaboración propia

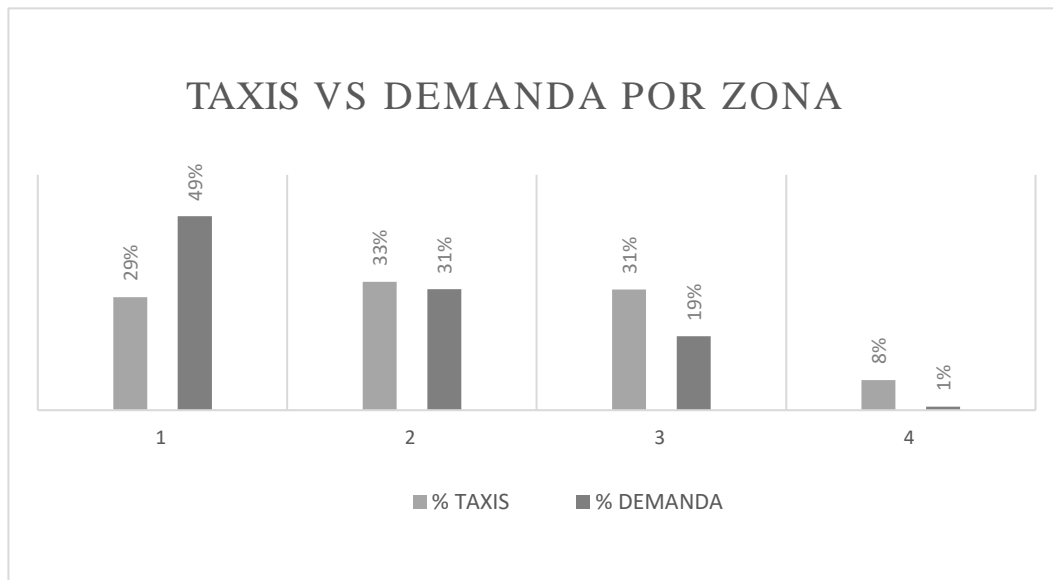


Figura 5. Porcentaje de taxis inscritos vs demanda por zona. Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Estrategia de llamadas no atendidas

Toda la información con la que se definieron las variables y con la que se definió la estrategia de aplicación de modelos, es de llamadas que se vuelven efectivas, es decir, llamadas que fueron servicio. Dentro del diagnóstico se evidenció que hay una serie de

llamadas que no se registran y no son efectivas bien sea porque vienen de zonas sin cubrimiento o que aun teniendo cubrimiento la zona no había la unidad disponible para atenderla. Estas llamadas deben quedar registradas y obviamente deben tener seguimiento porque tienen una incidencia directa en el nivel de servicio.

3.3.3 Definición de modelos.

Para analizar el comportamiento de la demanda se analizó las series de tiempo registradas identificando correlaciones con modelos conocidos, los cuales buscan representar y predecir una posible demanda futura, En la **Figura 6** se puede observar la serie de tiempo de la información histórica comparada con los modelos aplicados.

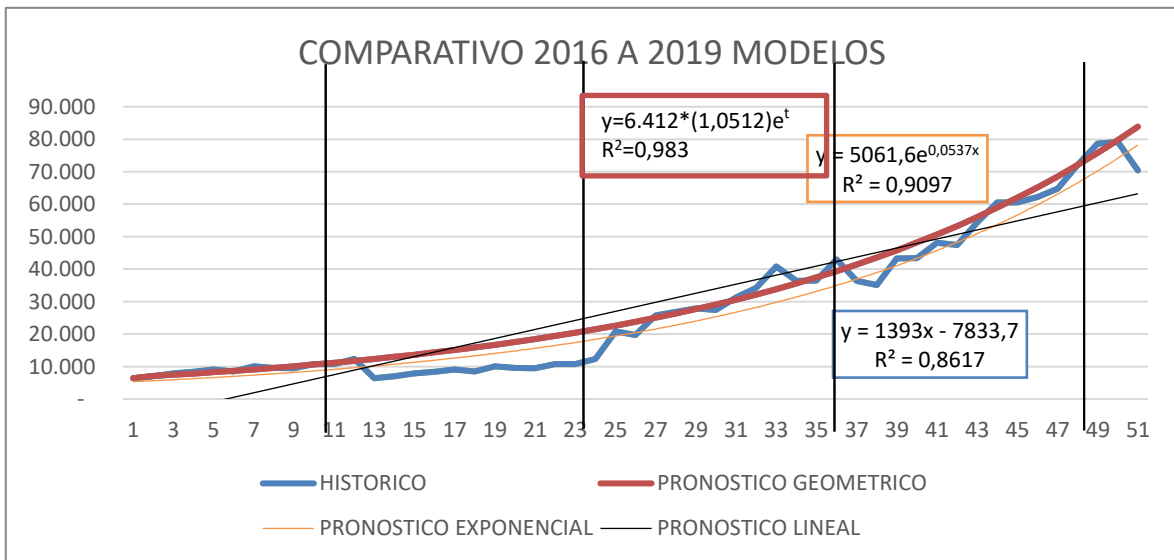


Figura 6. Serie de tiempo de servicios realizados entre años 2016 hasta 2020 vs modelos de pronóstico aplicados. Fuente: Elaboración propia

Modelo lineal

Este modelo está basado en la ecuación (1), donde para la serie de datos actual se identificó la ecuación:

$$y=16743 + 1989.5*t. \quad (5)$$

Esta se relaciona con una tasa de crecimiento “m” de **1989,5** y un intercepto o valor inicial “b” de **16743** para el periodo 0.

El modelo anterior fue desarrollado a través de un proceso de regresión lineal, donde se encontró un R^2 de **0.93**, que indica una alta correlación entre los datos históricos y el modelo lineal planteado.

Se concluye de este modelo que, a pesar de que tiene un buen grado de correlación con los datos, se puede encontrar un modelo que se ajuste aún más a la serie de tiempo estudiada.

Modelo exponencial:

Para este modelo en específico desarrollado sobre la ecuación (2), se encuentra la función:

$$y = 21160*e^{0.0493*t} \quad (6)$$

del cual se conoce un R^2 de **0,94**. Este coeficiente de correlación es mayor que el modelo anterior y su grafica parece mostrar un mayor ajuste a la tendencia de los datos aunque el cambio tan alto en la demanda de los últimos dos años afecta un poco este coeficiente de correlación.

Modelo geométrico:

Específicamente para este modelo que surge de la ecuación (3) encontramos que el periodo inicial analizado fue diciembre de 2016, con un valor de 6.412 viajes realizados en 48 periodos, adicionalmente se toma como periodo final diciembre de 2019 con un valor 72.092 viajes realizados, según la ecuación:

$$y = 6.412 * (1 + 0.051)^t \quad (7)$$

donde se conoce un R^2 de 0.983, el cual es el más ajustado a la serie de tiempo. Este modelo se acomoda más a la estacionalidad que presenta en algunos meses la demanda y se puede ver en su coeficiente de correlación.

En la **Tabla 11** se puede observar el pronóstico mensual de la demanda del año 2020 para los tres modelos y su respectivo coeficiente de correlación.

MES	2020		
	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	LINEAL
ENERO	75.819	72.574	66.481
FEBRERO	79.739	76.242	68.470
MARZO	83.862	80.095	70.460
ABRIL	88.198	84.143	72.449
MAYO	92.758	88.395	74.439
JUNIO	97.554	92.862	76.428
JULIO	102.598	97.555	78.418
AGOSTO	107.903	102.485	80.407
SEPTIEMBRE	113.482	107.664	82.397
OCTUBRE	119.350	113.105	84.386
NOVIEMBRE	125.521	118.820	86.376
DICIEMBRE	132.011	124.825	88.365
TOTAL 2020	1.218.801	1.158.763	929.073
COEFICIENTE DE CORRELACION	0,98	0,94	0,93

Tabla 11. Pronóstico de la demanda 2020 y coeficiente de correlación para los tres modelos aplicados. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se realizó un ejercicio comparativo por código postal teniendo en cuenta una selección del 95% de los datos debido a que la categoría “otros”, no se encuentra zonificada. Para este ejercicio se utiliza el modelo geométrico que fue el escogido con los datos de los años 2018 y 2019 ya que los datos de los años anteriores no se encontraban

zonificados, De esta simulación se obtienen los resultados reflejados en la **Tabla 12** y la **Tabla 13**.

Proyección demanda primer semestre 2020 discriminado por código postal

BARRIO	COD POSTAL	ZONA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
CHAMBLEE	30341	1	24.341	25.812	27.372	29.026	30.780	32.640
NE PLAZA	30329	2	14.820	15.379	15.960	16.563	17.189	17.839
PLAZA FIESTA	30345	1	10.846	11.408	11.999	12.620	13.274	13.961
FARMERS MARKET DORAVILLE	30340	3	12.165	13.060	14.020	15.051	16.158	17.346
TOWN BROOKHAVEN	30319	2	3.927	4.024	4.123	4.225	4.329	4.436
WINTERS CHAPEL	30360	3	3.326	3.586	3.866	4.168	4.494	4.845
LENOX	30324	2	1.646	1.714	1.785	1.858	1.935	2.014
PLAZA LATINA	30071	4	984	1.122	1.279	1.459	1.663	1.897
TOTAL	-	-	72.055	76.105	80.404	84.971	89.822	94.979

Tabla 12. Pronóstico de la demanda a través de modelo de pronóstico geométrico para el primer semestre del año 2020 desagregado por código postal. Fuente: Elaboración propia

Proyección demanda segundo semestre 2020 discriminado por código postal

BARRIO	COD POSTAL	ZONA	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
CHAMBLEE	30341	1	34.613	36.705	38.923	41.275	43.769	46.414
NE PLAZA	30329	2	18.513	19.212	19.938	20.691	21.473	22.284
PLAZA FIESTA	30345	1	14.685	15.445	16.245	17.087	17.972	18.902
FARMERS MARKET DORAVILLE	30340	3	18.622	19.991	21.461	23.039	24.734	26.552
TOWN BROOKHAVEN	30319	2	4.545	4.658	4.773	4.891	5.011	5.135
WINTERS CHAPEL	30360	3	5.224	5.632	6.072	6.547	7.058	7.610
LENOX	30324	2	2.097	2.184	2.274	2.367	2.465	2.566
PLAZA LATINA	30071	4	2.162	2.466	2.812	3.206	3.655	4.168
TOTAL	-	-	100.461	106.292	112.497	119.102	126.137	133.632

Tabla 13. Pronóstico de la demanda a través de modelo de pronóstico geométrico para el primer semestre del año 2020 desagregado por código postal. Fuente: Elaboración propia.

La diferencia en el total contra el pronóstico mensual radica como se informó anteriormente en la parte de la data que no estaba zonificada.

Igualmente se definió que la demanda tendrá un comportamiento según el día de la semana y la ventana de tiempo como se muestra en la **Tabla 14**:

ene-20		DIAS LABORABLES					FIN DE SEMANA		TOTALES		
HORA DEL VIAJE		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL
12:00 a. m	5:00 a. m	8%	6%	7%	6%	6%	7%	10%	7%	9%	7%
5:00 a. m	9:00 a. m	18%	19%	20%	20%	18%	13%	12%	19%	12%	16%
9:00 a. m	1:00 p. m	20%	20%	19%	19%	17%	19%	25%	19%	22%	20%
1:00 p. m	5:00 p. m	25%	25%	25%	24%	23%	23%	26%	24%	25%	25%
5:00 p. m	9:00 p. m	22%	23%	23%	23%	26%	27%	22%	24%	24%	24%
9:00 p. m	12:00 a. m	6%	7%	7%	7%	10%	10%	6%	7%	8%	8%

Tabla 14. Estimación de distribución de la demanda por franja horaria según día de la semana en porcentaje. Fuente: Elaboración propia

Para realizar una discriminación del pronóstico del modelo a nivel de las variables de franja horaria y día de la semana, se realiza una relación por participación con los datos propuestos en la **Tabla 14**.

Para efectos del informe la proyección de la demanda al nivel de las variables de día de la semana y rango horario solo se aplica para el mes de enero de 2020. Se aplicó de manera similar para cada uno de los meses restantes. Esta proyección se puede visualizar en la **Tabla 15**.

ENERO 2020.		DIAS LABORABLES					FIN DE SEMANA		TOTALES		
HORA DEL VIAJE		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL DL	TOTAL FS	TOTAL
12:00 a. m.	5:00 a. m.	727	521	550	531	589	957	1.453	2.917	2.410	5.327
5:00 a. m.	9:00 a. m.	1.760	1.729	1.647	1.623	1.663	1.614	1.699	8.422	3.313	11.735
9:00 a. m.	1:00 p. m.	1.968	1.852	1.619	1.544	1.595	2.498	3.570	8.578	6.068	14.646
1:00 p. m.	5:00 p. m.	2.435	2.264	2.049	1.993	2.169	2.942	3.840	10.909	6.782	17.692
5:00 p. m.	9:00 p. m.	2.161	2.098	1.892	1.932	2.417	3.514	3.140	10.501	6.654	17.155
9:00 p. m.	12:00 a. m.	591	606	600	610	923	1.336	834	3.330	2.171	5.501
TOTALES		9.641	9.070	8.357	8.233	9.355	12.861	14.537	TOTAL	TOTAL	72.055

Tabla 15. Estimación de distribución de la demanda por franja horaria según día de la semana en datos nominales para enero de 2020. Fuente: Elaboración propia

4. Resultados y discusión:

De las etapas de diagnóstico e identificación de variables, se pudo concluir que la falencia principal de la compañía estaba en no tener un modelo que le ayudara a proyectar la demanda futura dejando como proyecto futuro las otras estrategias de relocalización de unidades y de análisis de llamadas no efectivas

4.1 Diagnostico

Como resultados del diagnóstico, se identificó la proyección de la demanda futura como la falencia principal para mejorar el nivel de servicio en la planeación de la operación. Se identifico que no se tiene un plan definido de relocalización de taxis, de ruteo, de cubrimiento geográfico y horario de acuerdo con la demanda.

4.2 Variables

Del análisis del comportamiento de la demanda según los datos históricos de la compañía, se identificaron las variables de mayor impacto para el análisis de la demanda futura. De la variable mes se obtiene que aunque hay un crecimiento casi exponencial, hay una leve estacionalidad en algunos meses del año (de junio a agosto y de noviembre a diciembre); de la variable día de la semana se identifica que hay más participación en las llamadas los días que son fin de semana con un 32% de estas solo entre sábado y domingo; de la variable rango horario se concluyó que el 70% de las llamadas se dan entre las 9:00 am y las 9:00 pm; de la variable ubicación geográfica se concluyó que el 80% de los servicios se dan en 4 de los 8 códigos postales definidos.

Debido a la estacionalidad que se evidencia en el comportamiento de la demanda histórica mes a mes se llega a la definición del modelo geométrico por tener un coeficiente de correlación más acertado a dicha estacionalidad.

El comportamiento de la demanda histórica en las variables día de la semana, hora y día de la semana, además de acomodarse al modelo definido por su coeficiente de correlación, lleva adicionalmente a concluir la importancia de hacer una estrategia futura de relocalización y fidelización de taxis en función de estas variables con lo pronosticado por el modelo.

4.3 Estrategias

Las estrategias que se definieron fueron: el análisis de localización de unidades por zonas, el registro de servicios no atendidos y la predicción de la demanda según un modelo matemático.

La estrategia de análisis de localización de unidades surgió de la revisión de la demanda que hay por zona y la cantidad de unidades inscritas en cada zona. Se identificó que al tener el 49% de las llamadas en la zona 1 y solo el 29% de los taxis inscritos y el 19% de las llamadas en la zona 3 y el 33% de los taxis inscritos, se evidencia una distribución incorrecta de las unidades que atienden estas áreas. Por lo anterior se debe gestionar una política de localización y fidelización de unidades por zona, para garantizar el mayor cubrimiento de la demanda.

Las llamadas no efectivas son las que no generan un registro de servicio en el sistema, bien sea por falta de cubrimiento en la zona o falta de unidades disponibles para atender el servicio en el tiempo establecido. Según lo anterior el registro de servicios no atendidos como estrategia se basa en obtener datos sobre los motivos de la no prestación del servicio. A partir de esta estrategia se espera encontrar zonas no atendidas y horarios donde se dificulta la atención del cliente para hacer una medición real del nivel de servicio de la compañía que solo con las llamadas efectivas está en niveles altos.

Finalmente, la estrategia de predicción de la demanda se basó en el análisis histórico de demanda que tiene registrada la compañía, donde usando variables claves como mes, día de semana, hora y localización geográfica y apoyándose en el modelo matemático definido se pudo llegar a una proyección más acertada de la demanda para el año 2020 al nivel de las

variables ya mencionadas. Esta estrategia es el norte por el que se debe enfocar la compañía para en mediano plazo poder enganchar las estrategias anteriormente mencionadas y no desarrolladas.

Los modelos que se simularon fueron: modelo lineal, modelo exponencial y modelo geométrico.

De los anteriores modelos, el modelo geométrico fue el modelo con mayor grado de ajuste a los datos, teniendo en cuenta un ajuste del 98% sobre los datos históricos.

Por lo anterior se escogió este modelo como el más adecuado para predecir la demanda, obteniendo así una información inicial sobre la cual trabajar para el año 2020.

5. Conclusiones

La compañía a través del diagnóstico muestra falencias en la captura de datos, debido al software implementado, llevando esto no conservar registro de demanda no atendida, así como tiempo de servicio, nivel de servicio y picos de demanda. Esto genera una oportunidad de mejora muy importante relativa al desarrollo de nuevas tecnologías que permitan mejorar el registro y uso de la información.

Adicionalmente se concluye que las variables analizadas como son ubicación geográfica, día de la semana y franja horaria permiten un análisis completo de la operación, es allí donde se debe centrar la atención para el control de los procesos y las estrategias a implementar de relocalización de vehículos, así como la estrategia de planeación de la demanda, estas tienen definitivamente un impacto directo en el nivel de servicio de la organización.

Definitivamente al analizar los registros de la operación encontramos en la serie de tiempo cierta tendencia de crecimiento exponencial, sin embargo, por un fenómeno de estacionalidad se concluyó que el modelo geométrico debe ser el horizonte sobre la cual la compañía puede empezar a predecir y analizar la demanda en el corto y mediano plazo.

Finalmente se considera que puede ser una propuesta para un desarrollo futuro la fidelización de los conductores en las zonas de relocalización de mayor demanda para mejorar el cubrimiento por turno y la estrategia de registro que permita conocer en detalle los servicios no efectivos con el fin de poder calcular un nivel de servicio real.

6. Agradecimientos

Agradecemos a la empresa analizada por permitirnos conocer su operación y usar datos reales en la simulación del proyecto, a nuestras familias, a Gloria Osorno y Jorge Andrés de la Cuesta por todo su conocimiento, compromiso y apoyo, y a la Universidad de Antioquia que nos abrió sus puertas para este gran paso en nuestras vidas profesionales.

7. Referencias

- [1] M. Morales, R. Pineda, D. Rosas y O. Juarez, «Plan maestro,» Google sites, [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/planmaestroitcg/5-1-necesidad-del-pronostico>. [Último acceso: 05 Mayo 2020].
- [2] j. Sanchez, «Aplicaciones prácticas de los métodos estadísticos para pronósticos en series de tiempo,» *Revista universidad EAFIT*, vol. 91, pp. 81-95, 2012.
- [3] R. Montero, Modelos de regresion lineal multiple, Granada: Universidad de Granada, 2016.
- [4] W. Kluwer, «Guias Juridicas,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/coeficientededeterminacion>. [Último acceso: 05 Mayo 2020].