

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

### **Determinación de la Matriz Origen-Destino para el cantón Santa Isabel dentro del Plan de Movilidad Santa Isabel 2020-2030 utilizando un Modelo Matemático Estocástico**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil


#### **Autores:**

Juan José Luzuriaga Orellana

Marco Josué Uguña Pesantez


#### **Director:**

Elina María Ávila Ordoñez

ORCID:  0000-0003-1135-3154

#### **Co-Director:**

Nora Patricia Cazorla Vanegas

ORCID:  0000-0002-6730-3773

**Cuenca, Ecuador**

2023-09-04

## Resumen

El cantón Santa Isabel está desarrollando un plan de movilidad para mejorar la calidad del transporte a nivel económico y social. En este contexto, resulta fundamental contar con una matriz que resuma la generación y atracción de viajes desde distintas zonas de origen hasta zonas de destino. Esta matriz brinda ventajas como: conocer el volumen de viajes, clasificar vías, evaluar la capacidad del transporte, diseñar infraestructuras y evaluar su impacto en la movilidad. La metodología se basa en un modelo matemático estocástico (MME), el cual consta de tres componentes principales: datos de entrada (población, área de estudio, etc.), análisis de variables dependientes e independientes (pronóstico de la demanda y distribución de viajes) y la información (matrices OD). El MME se basa en el Modelo Clásico de Transporte, especialmente en las etapas 1 y 2: Generación de Viajes y Distribución de Viajes. Estas etapas proporcionan el número de viajes realizados y la identificación de sus zonas de origen y destino. Para la primera etapa, se utilizan características sociodemográficas de la población en la zona de origen y la atracción se calcula a partir de la oferta de viajes en la zona de destino. En cuanto a la etapa de distribución de viajes, se emplea el modelo de gravedad. Como resultados, se obtienen matrices OD desagregadas por motivo de viaje y periodo, así como una matriz OD agregada. Estas matrices identifican principales zonas de producción y atracción de viajes, así como periodos de alta y baja demanda.

*Palabras clave:* movilidad, pronóstico demanda, distribución de viajes



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

The city hall of Santa Isabel is currently developing a mobility plan to improve the quality of transportation on both economic and social fronts. A crucial aspect within this context is the construction of a matrix summarizing the generation and attraction of trips from various origin zones to destination zones. This matrix yields several advantages, including the identification of traffic volume, road classification, assessment of transport capacity, infrastructure design, and impact evaluation on mobility. The methodology employed relies on a stochastic mathematical model (MME in Spanish) comprising three key components: input data (population, study area, etc.), analysis of dependent and independent variables (demand forecast and trip distribution), and information generation (OD matrices). The MME draws on the Classical Transportation Model, specifically focusing on stages 1 and 2: Trip Generation and Trip Distribution. These stages provide the number of trips made and identify their corresponding origin and destination zones. For the first stage, sociodemographic characteristics of the population in the origin zone are used, and attraction is calculated based on the travel supply in the destination zone. As for trip distribution, the gravity model is employed. The outcomes yield disaggregated OD matrices categorized by trip purpose and period, as well as an aggregated OD matrix. These matrices identify key production and attraction zones for trips and periods of high and low demand.

*Keywords:* mobility, demand forecast, travel distribution



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>8</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	10
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivo General .....	12
1.2.2 Objetivos específicos .....	12
1.3 ALCANCE .....	12
1.4 ZONA DE ESTUDIO .....	12
<b>2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 TRANSPORTE .....	15
2.1.1 Evolución Urbana y Transporte .....	15
2.1.2 Modelos de Transporte .....	17
2.2 MODELO CLÁSICO DE TRANSPORTE .....	19
2.2.1 Definiciones.....	19
2.2.2 Etapas del Modelo Clásico .....	20
2.2.2.1 Generación de Viajes.....	20
2.2.2.2 Distribución de Viajes.....	22
2.2.2.3 Reparto Modal.....	26
2.2.2.4 Asignación de Viajes.....	27
2.2.3 Ventajas y desventajas del Modelo Clásico .....	27
2.2.4 Matriz OD .....	27
2.2.5 Métodos Tradicionales para la obtención de una matriz OD.....	28
2.2.6 Utilidad de la matriz OD.....	29
2.3 NORMATIVA.....	30
<b>3 MODELO MATEMÁTICO ESTOCÁSTICO (MME).....</b>	<b>31</b>
3.1 DEFINICIONES .....	31
3.1.1 Datos de Entrada .....	32
3.1.2 Análisis de Variables .....	32
3.1.3 Información .....	32

3.2	VALIDACIÓN DE UN MODELO.....	32
3.3	LIMITACIONES .....	33
3.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	33
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>35</b>
4.1	OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA .....	35
4.1.1	Recolección de datos .....	35
4.1.2	Delimitación y zonificación del área de estudio .....	36
4.1.3	Población y Proyección Poblacional .....	39
4.1.4	Motivos de Viaje.....	43
4.1.5	Franjas Horarias .....	44
4.1.6	Hábitos de la Población .....	45
4.1.7	Levantamiento e Inventario de Atractores .....	46
4.1.7.1	Nivel de Atracción .....	47
4.1.7.2	Proceso de levantamiento de datos .....	48
4.1.7.3	Inventario y análisis de atractores .....	49
4.1.8	Red de Infraestructura .....	52
4.2	ANÁLISIS DE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES .....	53
4.2.1	Cálculo de Probabilidades .....	53
4.2.2	Pronóstico de la Demanda .....	56
4.2.3	Distribución de Viajes .....	56
<b>5</b>	<b>PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
5.1	RESULTADOS MATRICES OD DESAGREGADAS .....	58
5.2	RESULTADO MATRIZ OD AGREGADA .....	63
5.3	VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LA MATRIZ OD .....	65
5.4	LIMITACIONES .....	65
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>70</b>

**Índice de figuras**

Figura 1. Provincia del Azuay.....	13
Figura 2. Cantón Santa Isabel.....	14
Figura 3. Modelo Clásico de Transporte o Modelo de cuatro pasos/etapas.....	20
Figura 4. Ejemplos de Funciones de Fricción.....	25
Figura 5. Distribución Gamma como una representación de un patrón típico de la DLV.....	26
Figura 6. Representación de una Matriz OD General.....	28
Figura 7. Esquema Modelo Matemático Estocástico.....	31
Figura 8. Clasificación del suelo del Cantón Santa Isabel.....	37
Figura 9. Zonas funcionales de movilidad.....	38
Figura 10. Saldos netos de migración internacional por edad y sexo en los años 2005 - 2010 .....	42
Figura 11. Red Vial del cantón Santa Isabel.....	53

### Índice de tablas

Tabla 1. Información secundaria recopilada. Elaboración Propia. ....	36
Tabla 2. Tasas específicas de fecundidad relativas promedio .....	40
Tabla 3. Tasa Global de Fecundidad por año.....	40
Tabla 4. Probabilidad de Muerte de Hombres y mujeres por edad y año .....	41
Tabla 5. Población 2010 y Población 2023 proyectada, por cada zona de movilidad. ....	43
Tabla 6. Resumen de Frecuencia Semanal de Actividades por Edad y Sexo. ....	45
Tabla 7. Número de atractores por tipo y zona.....	50
Tabla 8. Oferta por Motivo Laboral.....	51
Tabla 9. Oferta por Motivo Educación.....	51
Tabla 10. Oferta por Motivo Compras. ....	51
Tabla 11. Oferta por Motivo Recreación. ....	51
Tabla 12. Oferta por Motivo Otros.....	51
Tabla 13. Probabilidad de que un hombre salga por trabajo, por rango etario y nivel de instrucción. ....	54
Tabla 14. Probabilidad de que una mujer salga por trabajo, por rango etario y nivel de instrucción. ....	55
Tabla 15. Probabilidad de que un hombre salga por educación, por rango etario y nivel de instrucción. ....	55
Tabla 16. Probabilidad de que una mujer salga por educación, por rango etario y nivel de instrucción. ....	55
Tabla 17. Demanda Pronosticada por Zona y Motivo de Viaje. ....	57
Tabla 18. Matriz OD Motivo Laboral.....	58
Tabla 19. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Laboral. ....	59
Tabla 20. Matriz OD Motivo Educación.....	60
Tabla 21. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Educación. ....	60
Tabla 22. Matriz OD Motivo Compras.....	61
Tabla 23. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Compras.....	61
Tabla 24. Matriz OD Motivo Recreación. ....	62
Tabla 25. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Recreación.....	62
Tabla 26. Matriz OD Motivo Otros.....	63
Tabla 27. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Otros. ....	63
Tabla 28. Matriz OD Agregada.....	64
Tabla 29. Viajes Totales por día de la semana y franja horaria. ....	64

### **Dedicatoria**

*El presente trabajo de titulación lo dedico a las personas que me han acompañado a lo largo de mi vida estudiantil, quienes han sido mi pilar. Su comprensión y amor me permitieron culminar esta etapa en mi vida.*

*A mis padres quienes con su amor, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido lograr una meta más en mi vida.*

*A mi hermana y mi sobrino por su cariño y compañía, por darme impulso y apoyo en los momentos más difíciles.*

*A mi abuelita Julia por su amor y sabiduría, por compartir conmigo y siempre brindarme sus dos manos.*

*Marco Josué Uguña Pesantez*



### **Agradecimientos**

*Quiero tomar un momento para expresar mi más sincero agradecimiento a mis queridos padres, quienes me han brindado amor incondicional y apoyo a lo largo de mi vida.*

*También a mis hermanos, compañeros de aventuras desde siempre, por estar siempre a mi lado.*

*A mis amigos y compañeros cercanos, no puedo agradecerles lo suficiente por su amistad leal y su presencia constante en mi vida. Juntos hemos compartido risas, desafíos y momentos inolvidables que atesoro profundamente.*

*Juan José Luzuriaga Orellana*

*Agradezco a la Universidad de Cuenca por su excelente formación académica, profesional y personal.*

*A los docentes que han sido parte de este proceso con su valiosa enseñanza.*

*A nuestras directoras, Elina Ávila y Patricia Cazorla, que sin su apoyo y guía este trabajo no sería posible. Gracias por compartir sus conocimientos.*

*A mi amigo y compañero de trabajo de titulación, Juan José, por su amistad, apoyo y experiencias a lo largo de nuestra vida universitaria.*

*A los amigos de la vida y los que conocí a lo largo de la carrera universitaria por las increíbles experiencias, compartir su conocimiento y por su ayuda en momentos difíciles*

*Y a mis familiares, que siempre están presentes en cada experiencia*

*Marco Josué Uguña Pesantez*

## 1 Introducción

### 1.1 Antecedentes y Justificación

Ecuador es un país en desarrollo con respecto al transporte y movilidad, por lo que no cuenta con sistemas de planificación eficientes, lo que se ve reflejado en el tráfico, contaminación y el rápido deterioro de la infraestructura. De acuerdo con Verastegui (2011), el desarrollo socio-económico que han experimentado las áreas urbanas en los últimos años es el motivo que ha contribuido a un aumento en la movilidad y en la demanda de viajes entre los distintos sectores de la ciudad. El transporte es un sector estratégico para la economía del Ecuador, un motor que promueve actividades particulares y productivas del país, ya que las personas requieren moverse por motivos laborales, educativos, turísticos y otros (INEC, s/f).

Santa Isabel es un cantón perteneciente a la provincia del Azuay, que actualmente se encuentra desarrollando un plan de movilidad con el que busca un alto desarrollo productivo, turístico y comercial, que eleve la calidad de vida de sus habitantes para el año 2030. Debido a su gran superficie (827 km<sup>2</sup>) y su población relativamente baja, el centro cantonal se encuentra muy distanciado de los centros parroquiales lo que genera una alta demanda de movilidad en sus habitantes. De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Santa Isabel 2020-2030, los principales motivos de movilidad hacia el centro cantonal son: para abasto de productos (53%), trabajo/educación (19%) y por trámites y servicios (18%) (GADMSI, 2020).

Esta necesidad de movilidad en el cantón exige un sistema óptimo de planificación de transporte y una eficiente infraestructura. Esto último no se ve reflejado en el territorio, ya que según el PDOT Santa Isabel 2020-2030 las vías asfaltadas representan únicamente el 7% del total de vías, frente a caminos de tierra y vías lastradas que representan un 66% y 25%, respectivamente (GADMSI, 2020). Además, es importante destacar que el cantón dispone de servicios de transporte público ofrecidos por compañías de taxis y camionetas, pero no cuenta con un servicio público de autobuses. No obstante, se está considerando la posibilidad de implementar dicho servicio en sectores y horarios específicos.

En este contexto, es necesario un estudio de la movilidad en el cantón Santa Isabel, y la adopción de un sistema de planificación del transporte. Como señala Miralles-Guasch (1998), la movilidad se entiende como el conjunto de desplazamientos realizados por individuos, de manera alterna o continua, para acceder a los distintos bienes y servicios de una determinada región. Por otro lado, el objetivo principal de la planificación del transporte

urbano es prever y controlar cómo la oferta y la demanda de servicios de transporte evolucionan, con el fin de optimizar el bienestar general de la sociedad, tomando en cuenta también los intereses particulares de los usuarios (Verastegui, 2011).

Es indispensable el uso de un modelo que represente el transporte de manera confiable y que ayude en la toma de decisiones para la planificación. En el presente estudio se toma como base el Modelo Clásico de Transporte o Modelo de cuatro pasos/etapas, haciendo énfasis en las etapas 1 y 2. Estas se centran en la obtención de la oferta, la demanda, y una matriz que resume los viajes entre puntos de origen y destino conocida como matriz Origen-Destino (OD). Como afirma Bocanegra (2005), una matriz OD se encarga de resumir los flujos del tránsito entre los distintos sectores de un área de estudio. Las etapas 3 y 4 corresponden a la repartición modal y la asignación de viajes respectivamente, los cuales quedan fuera del alcance del presente trabajo. Desde el punto de vista de Verastegui (2011), la matriz OD junto con la asignación de viajes son factores primordiales en la representación del funcionamiento de un sistema de transporte.

La matriz OD tiene como utilidad determinar el volumen de viajes entre dos zonas geográficas, lo que contribuye a la clasificación y distinción de las vías en principales, secundarias y terciarias. Las vías principales son aquellas con un mayor flujo de viajes, mientras que las vías secundarias o terciarias presentan volúmenes más bajos. En situaciones en las que se observe una demanda y oferta significativas entre dos zonas, existe la posibilidad de redefinir las vías de transporte secundarias que las conectan como rutas principales. En caso de que no exista conexión entre las zonas, también se puede considerar la viabilidad de establecer nuevas vías de comunicación.

La matriz OD puede ser agregada o desagregada según distintos criterios, como periodos de tiempo o modos de transporte, dependiendo de los objetivos de cada estudio. Un ejemplo de su aplicación se encuentra en un sistema de transporte público, ya que facilita la identificación de trayectos potenciales al conocer las zonas de destino más relevantes. Además, ayuda a determinar los horarios y la cantidad de unidades necesarias para satisfacer la demanda.

Tradicionalmente las matrices OD se estiman a partir de encuestas de hogar aplicadas a una muestra dentro del área de estudio, esto llega a ser prohibitivamente caro y difícil si se busca obtener resultados confiables (Bocanegra, 2005). Estas encuestas recopilan información de puerta en puerta referente a desplazamientos diarios, destino, motivo, modo de transporte, etc., lo que implica una gran cantidad de recursos económicos y humanos. El presente trabajo de titulación utilizará un modelo matemático estocástico desarrollado por el

grupo de Investigación, Modelos, Análisis y Simulaciones, del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Cuenca, el cual hace uso de la oferta en las distintas zonas del área de estudio para estimar y distribuir la demanda de la población, lo cual permite un ahorro tanto económico como de tiempo en la obtención de matrices OD.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar la matriz OD para el cantón Santa Isabel mediante el uso de un modelo matemático estocástico.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Zonificar los principales destinos del cantón Santa Isabel a partir del análisis de fuentes primarias y secundarias.
2. Inventariar los atractores y generadores de viajes del cantón Santa Isabel.
3. Aplicar un modelo matemático estocástico ya desarrollado para determinar la demanda de viajes.
4. Obtener la matriz OD utilizando el modelo matemático estocástico.
5. Revisar y calibrar el funcionamiento de la matriz OD.

## **1.3 Alcance**

El presente estudio tiene como objetivo analizar la movilidad en el cantón Santa Isabel. Debido a que la mayoría del territorio del cantón es rural, se limitará a analizar la movilidad existente dentro de la región urbana de la cabecera cantonal, así como la movilidad desde otras zonas urbanas hacia la cabecera cantonal, excluyendo el análisis en el sentido contrario. Además, para la obtención de los resultados se llevará a cabo un muestreo de la población. Cabe destacar que el alcance del estudio se encuentra limitado geográfica y metodológicamente a lo anteriormente mencionado.

## **1.4 Zona de estudio**

El estudio se realizó en el cantón Santa Isabel, el cual pertenece a la provincia del Azuay (Figura 1), al sur del Ecuador. Está conformado por las parroquias Santa Isabel, Abdón Calderón, San Salvador de Cañaribamba, Shaglli y El Carmen del Pijilí. De acuerdo con el Plan de Uso y Gestión de Suelos (PUGS) Santa Isabel 2021-2032, la parroquia San Salvador de Cañaribamba es relativamente nueva siendo creada en el año 2011 (GADMSI, 2021). Por otro lado, la parroquia El Carmen del Pijilí presenta inconsistencias en los límites

con el cantón Camilo Ponce Enríquez, motivo por el cual no se considera dentro del presente estudio.



*Figura 1. Provincia del Azuay. Fuente: GAD Municipal Santa Isabel. Elaboración Propia.*

Su centro cantonal se encuentra ubicado en la parroquia Santa Isabel la cual tiene una extensión de 615 Ha. En la Figura 2 se puede observar la ubicación geográfica de la cabecera cantonal y las cabeceras parroquiales.

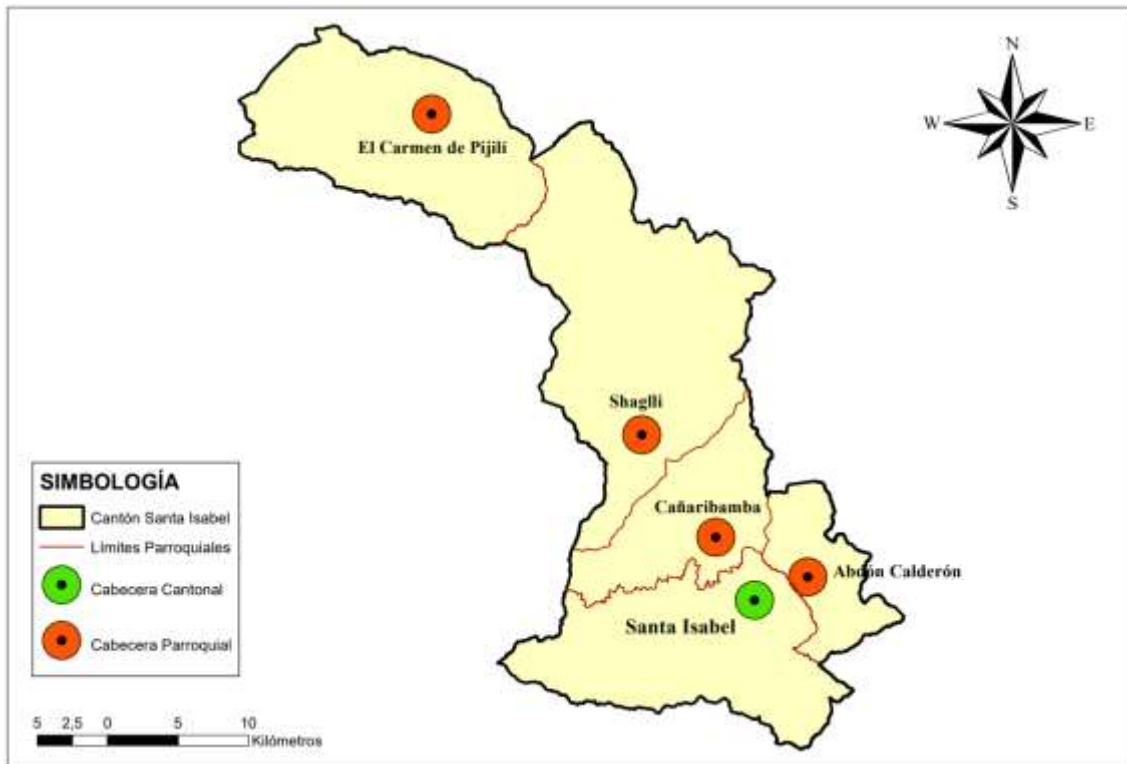


Figura 2. Cantón Santa Isabel. Fuente: GAD Municipal Santa Isabel. Elaboración Propia.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Transporte

#### 2.1.1 Evolución Urbana y Transporte

El desarrollo urbano ha sido uno de los temas más relevantes para el crecimiento y la evolución de las ciudades en el mundo. Inicialmente el diseño y construcción de ciudades tenía como protagonista la dimensión humana, dando prioridad a espacios públicos, caminos exclusivos para peatones y sobre todo desempeñaba la función de una ciudad como lugar de encuentro para los ciudadanos. Sin embargo, Gehl (2010) afirma que durante las últimas décadas el protagonismo ha pasado a manos del automóvil, pues la planificación urbana se centra en acomodar su uso creciente en la ciudad. La causa principal de este cambio es la gran expansión que han experimentado las urbes, pues ha provocado la necesidad de desplazamientos por parte de sus habitantes para satisfacer demandas de distintas índoles.

Entre los motivos más comunes para transportarse están aquellos relacionados a la actividad económica, ya que implica tanto viajes personales en busca de alimento o empleo, así como viajes para el intercambio comercial de bienes y productos (Garber y Hoel, 2020). Para alcanzar sus objetivos, los habitantes han adoptado distintos modos de transporte (tanto públicos como privados) lo cual trae como consecuencia el estudio y análisis del transporte urbano. El transporte motorizado ha sido un impulsor clave del desarrollo urbano pues ha supuesto la construcción de carreteras y la oferta de servicios de transporte público (que están en continua expansión) permitiendo a las personas desplazarse mayores distancias y a velocidades más elevadas que en épocas pasadas. Según Sinha y Labi (2007), la calidad del sistema de transporte simboliza la prosperidad económica y la capacidad de competir en un contexto global de una región o país, pues estas instalaciones facilitan la movilidad y accesibilidad para personas, bienes y servicios, desempeñando así un papel crucial en el proceso de producción económica.

Como señalan Miralles-Guasch y Cebollada (2009), el estudio de los transportes y la movilidad ha sufrido una evolución a lo largo de las décadas. A partir de los años 80, el sujeto de estudio dentro del transporte en la ciudad aumentó pues se dejó de considerar únicamente a los vehículos privados y se incluyeron todos los medios de transporte (privados y públicos). A finales del siglo XX e inicios del siglo XXI los estudios pasan a considerar las ciencias sociales, las telecomunicaciones y el uso de suelos para definir los desplazamientos de la población. En este punto, los objetos de estudio pasan a ser nuevamente los habitantes, quienes realizan los desplazamientos, y los medios de

transporte pasan a ser instrumentos que permiten la movilidad. Esto permite que se puedan considerar a la bicicleta y el caminar como medios de transporte.

Por otro lado, aunque el uso de automóviles deriva en muchos beneficios, estos también traen consigo varias desventajas. Es común que los habitantes en la mayoría de ciudades se vean afectados por el ruido, la contaminación, los obstáculos y el riesgo de accidentes que causan los vehículos. Además, otros aspectos como la reducción de espacios públicos, daños en los paisajes naturales, cambio en el medio ambiente, y el alto consumo de recursos energéticos son consecuencias de los vehículos, las construcciones y la infraestructura como tal (Gehl, 2010) (Garber y Hoel, 2020).

Por estos motivos, en la actualidad muchas ciudades están intentando reducir el uso de vehículos automotores y promover alternativas más sustentables mejorando la calidad del transporte público y abriendo espacios exclusivos para el uso de bicicletas o para caminar. A este cambio se lo conoce como desarrollo sostenible y ha sido adoptado en la planificación de la mayoría de ciudades alrededor del mundo. De igual manera, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha incluido dentro de la Agenda 2030 la sostenibilidad del transporte como una de sus metas:

De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad. (Naciones Unidas, 2018)

Algunos de los beneficios que aporta un desarrollo sostenible es la reducción del tráfico, el ruido, y la mejora de la calidad del aire y, por tanto, la salud de los habitantes. Sin embargo, la implementación de un sistema de transporte sostenible en una ciudad puede ser un proceso complejo y costoso. Para alcanzar estos objetivos se deben implementar o crear nuevas estrategias que, como señala Verastegui (2011), deberían incluir no solo una variedad de soluciones paliativas, sino también el aprovechamiento de tecnologías y estructuras innovadoras, las cuales son uno de los rasgos más importantes de los medios de transporte. Además, se deben incorporar políticas públicas que fomenten el cambio de hábitos de la ciudadanía.

Teniendo en cuenta la evolución del sujeto de estudio y la búsqueda de un enfoque sostenible, emerge un nuevo paradigma de movilidad que analiza los complejos patrones de desplazamiento, abarcando distintos motivos y modalidades de transporte. El término movilidad urbana engloba una visión más amplia de la realidad socioeconómica y espacial



de los individuos en comparación con el término transporte. Mientras que el transporte se centra exclusivamente en la oferta y demanda, expresada en cantidad de infraestructuras y medios de transporte, así como en el número de viajes por persona por día según el motivo, el modo, el itinerario y el tiempo, la movilidad urbana considera además factores como la edad, el género y la categoría sociolaboral de las personas (CEPAL, 2003). Este nuevo modelo promueve la igualdad de acceso a los servicios y oportunidades para todos los habitantes, incluyendo aquellos que no tienen acceso a un automóvil. Además, ayuda a incrementar la interacción social y comunitaria alentando a las personas a caminar, ir en bicicleta o utilizar el transporte público.

A medida que la sociedad progresa, la movilidad también lo hace. Cada vez aumentan los viajes requeridos, crecen los motivos para realizar viajes y, a medida que las ciudades se expanden y dispersan, los viajes llegan a ser más largos y durar mayor tiempo. Por este motivo, en este nuevo modelo ya no se consideran únicamente el trabajo y estudio como principales causantes de la movilidad, sino que se incluyen desplazamientos con objetivos de abastecimiento, visitas, ejercicios, turismo, entre otras actividades que poco a poco se han incorporado al modelo.

En resumen, podemos observar que todas las actividades necesarias que incluyen trabajo, educación, ocio, abastecimiento, turismo, entre otras, son las que generan la necesidad de desplazamientos por parte de los habitantes. Para satisfacer estas necesidades existe el sistema de transporte que no solo involucra los modos de transporte, sino que también la infraestructura. La interacción entre las actividades y el sistema de transporte es lo que produce los patrones de flujos, compuesto por viajes en distintos modos de transporte, por distintas rutas y en varios horarios que, finalmente, generan un equilibrio entre la oferta y demanda de transporte (Verastegui, 2011). La distribución del uso y ocupación del suelo es lo que determina las rutas, el tiempo del viaje y la opción de elegir un modo de transporte.

La gran cantidad de viajes que se pueden realizar, los varios modos de transporte que existen, las distintas rutas posibles entre origen y destino, entre otras, hacen del estudio de la movilidad muy complejo, lo que requiere de muchos recursos para la obtención de datos y mucho tiempo para su recolección, análisis e interpretación. Debido a esta complejidad es indispensable el uso de un modelo que represente el transporte de manera confiable, permita hacer predicciones y que ayude en la toma de decisiones para la planificación.

### **2.1.2 Modelos de Transporte**

Ortúzar y Willumsen (2011), definen un modelo como una simplificación de la realidad, esencialmente una representación del sistema de interés, el cual se utiliza para lograr

mayor claridad conceptual acerca de la realidad, reduciendo su complejidad y variedad a niveles que permitan comprenderla y analizarla de forma adecuada. Por tanto, un modelo es esencial en la planificación y diseño de sistemas de transporte eficientes y efectivos que satisfagan las necesidades de una población en constante crecimiento.

Dentro de un modelo, un viaje se define como el movimiento desde un origen a un destino y generalmente se describe en términos de sus orígenes, destinos, propósitos, tiempos de ocurrencia, modos de viaje y rutas (Banks, 1998). Un viaje se considera como una derivación de la demanda, es decir, que los viajes se producen debido a las actividades que hay en el destino y, por lo tanto, viajar es simplemente un medio para un fin. La demanda se origina de la necesidad o satisfacción de llegar a un destino. Esto ha dado lugar a variables del modelo que describen el atractivo de las zonas de destino, así como las características de las zonas de origen (Meyer, 2016).

Un aspecto importante en los modelos, es que intentan explicar el comportamiento de los viajes utilizando la idea de “utilidad” empleada en economía, lo que se refiere a la indiferencia del consumidor entre varias opciones alternativas o entre sus distintos atributos. En términos de transporte, esta utilidad se refiere a que un individuo realizará un viaje solo si la utilidad asociada al viaje es mayor a la utilidad asociada a no viajar. De igual manera, si se considera que existen varias posibilidades de viajes, aquella con la mayor utilidad será la seleccionada (Banks, 1998).

Un individuo que realizará un viaje puede elegir entre los distintos modos de transporte de acuerdo a la utilidad. La utilidad de un modo de transporte está asociada con cosas tales como el costo de viaje, la conveniencia, el tiempo de viaje, la disponibilidad del modo, entre otros. Como afirma Meyer (2016), un viajero compara la utilidad entre distintos modos y elige el que brinde la mayor utilidad de acuerdo a sus intereses. Existen aspectos externos (como evitar el tráfico, librarse de accidentes o simplemente disfrutar del clima/paisaje) que harán que las personas seleccionen modos de transporte que no maximicen la utilidad. Por estos motivos, existe cierta incertidumbre que se debe considerar en un modelo de transporte (Meyer, 2016).

El objetivo del modelo es representar los viajes, pero al considerar un único origen y un único propósito de viaje, existen cientos de posibles combinaciones de tiempo, destino, modo y ruta, lo que hace que su modelado sea impráctico. Por este motivo, los modelos buscan simplificar esta complejidad estratificando los viajes en pocas categorías, por propósitos y por horas del día (Banks, 1998). Como ejemplo, los propósitos pueden categorizarse en trabajo, educación y ocio, y las horas del día en horas pico y horas valle.

Para cada combinación es importante conocer el número de viajes realizados, su origen y destino, el modo de transporte usado, y la ruta seguida. Siguiendo estos pasos se origina el Modelo Clásico de Transporte o Modelo de 4 etapas/pasos que consiste en: generación de viajes, distribución de viajes, repartición modal y asignación de viajes.

Los modelos se pueden clasificar de acuerdo a su nivel de detalle en: agregados y desagregados. El *modelo agregado* estima la demanda de un conjunto de viajeros como respuesta de futuros cambios de las condiciones, mientras que el *modelo desagregado* se basa en la suposición de que el viajante busca maximizar su utilidad, por lo que se modelan sus decisiones de manera individual y posteriormente se recopilan para obtener la demanda agregada prevista (Sinha y Labi, 2007). Aunque incluir un mayor nivel de detalle en los modelos puede mejorar su precisión, es probable que aumenten los costos de recolección y análisis de datos. Así mismo, la cantidad de datos a ser analizados crecerán haciendo necesaria la aplicación de metodologías como Big Data para asegurar un manejo apropiado de los datos y generar la información de forma eficiente

Los modelos también pueden clasificarse según su carácter en deterministas y estocásticos, basándose en su naturaleza probabilística. Los *modelos deterministas* asumen que los datos son perfectos para predecir la demanda de viajes. Por otro lado, los *modelos estocásticos* utilizan una variable aleatoria o probabilística para justificar errores causados por el uso de datos inexactos o imperfectos (Sinha y Labi, 2007).

## **2.2 Modelo Clásico de Transporte**

### **2.2.1 Definiciones**

El Modelo Clásico de Transporte o Modelo de cuatro etapas/pasos sigue el esquema presentado en la Figura 3. Para la construcción del modelo se inicia con la zonificación del área de estudio y la recopilación de datos del año base. Estos datos incluyen población, educación, salud, actividad económica, usos de suelo, infraestructura y uso de transporte, entre otras.

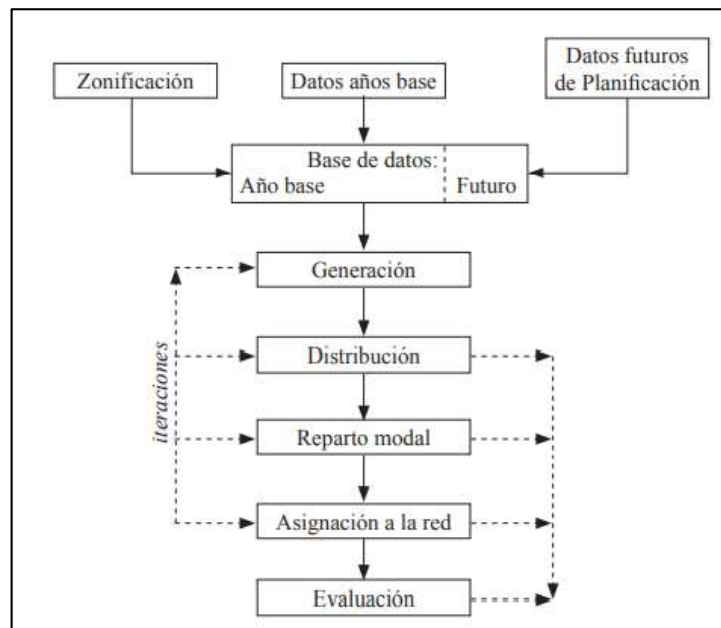


Figura 3. Modelo Clásico de Transporte o Modelo de cuatro pasos/etapas. Fuente: (Ortúzar y Willumsen, 2011).

## 2.2.2 Etapas del Modelo Clásico

### 2.2.2.1 Generación de Viajes

La generación de viajes es una de las etapas fundamentales del modelo clásico de transporte, se refiere a la estimación y predicción de la demanda de viajes en una determinada área o región, y es el punto de partida para el análisis del sistema de transporte en términos de oferta y demanda.

La etapa de generación de viajes tiene como fin estimar la cantidad de viajes que son producidos en una zona de origen y atraídos hacia una zona de destino (Coto-Solano, 2019). Sinha y Labi (2007), señalan que las ecuaciones de los generadores/productores de viajes incluyen variables que reflejan las características residenciales y del hogar, mientras que las ecuaciones de los atractores de viajes incluyen variables que representan los tipos y niveles de empleo, así como el espacio utilizado por cada tipo de negocio (como educativo, comercial o industrial).

Una de las principales ventajas de la generación de viajes es que aporta una base cuantitativa para comprender y anticipar las necesidades de movilidad de una población en un área determinada. Esto permite al planificador comprender cómo los patrones de viaje pueden cambiar con el tiempo y la injerencia que tienen las políticas de transporte en la demanda de viajes. También, la generación de viajes puede ayudar a identificar áreas con

déficits de transporte, donde se requiere una mayor oferta de servicios de transporte para satisfacer las necesidades de desplazamientos de la población.

No obstante, también existen algunas desventajas en la etapa de generación de viajes. Una de ellas es la incertidumbre ligada a las predicciones de la demanda de viajes, ya que dependen de diversos factores y variables, como cambios en la demografía, la economía, el comportamiento de viaje y las políticas de transporte, que son difíciles de predecir con precisión. Además, la generación de viajes puede no capturar completamente la complejidad y variabilidad del comportamiento de viaje de la población, lo que podría llevar a estimaciones inexactas o sesgadas de la demanda de viajes.

Los objetivos de la generación de viajes son: establecer una relación entre un generador o atractor de viaje y el uso de suelo, y utilizar esta relación para estimar el número de viajes que se generarán en un futuro bajo distintas condiciones del uso del suelo (Garber y Hoel, 2020). Existen varios métodos utilizados para determinar dicha relación, entre los cuales están: técnicas de regresión lineal, análisis por categoría (Cross-Classification) y tasas basadas en unidades de actividad. A continuación, se describen brevemente los modelos mencionados.

Regresión lineal múltiple: Este modelo consiste en buscar una relación lineal entre el número de viajes generados o atraídos por cada zona y un valor medio tomado de una característica socioeconómica de los hogares dentro de las zonas (Ortúzar y Willumsen, 2011). El modelo se representa matemáticamente por la Ecuación ( 1).

$$Y_i = \theta_0 + \theta_1 X_{1i} + \theta_2 X_{2i} + \dots + \theta_k X_{ki} + E_i \quad (1)$$

Donde

$Y_i$ : Producción o atracción de viajes en la zona  $i$ , expresada en viajes de personas o vehículos por unidad de tiempo (hora, día, año)

$X$ : Variables explicativas de la generación de demanda.

$\theta$ : Parámetros que describen el comportamiento de la demanda, determinados en la calibración del modelo.

Cross-Classification: Este método implica estimar la cantidad de viajes en función de las características del hogar, y se basa en la premisa de que las tasas de generación de viajes son relativamente constantes en el tiempo para ciertas categorías de hogares (Ortúzar y Willumsen, 2011). De acuerdo con Garber y Hoel (2020), las características principalmente utilizadas son los ingresos promedios y la cantidad de automóviles propios. Las tasas

mencionadas son obtenidas empíricamente y su cálculo requiere una gran cantidad de datos recolectados.

Tasas basadas en “unidades de actividad”: El modelo de generación de viajes basado en unidades de actividad asume que el número de viajes generados en una zona está directamente relacionado con el número y tipo de actividades que ocurren en esa zona. Garber y Hoel (2020), mencionan que una unidad de actividad se describe mediante medidas como pies cuadrados de piso o número de empleados. En este modelo, se utilizan tasas de generación de viajes que se calculan en función de la cantidad de unidades de actividad presentes en una zona. Estas tasas se establecen mediante análisis empíricos que toman en cuenta diferentes variables, como el tamaño del área de estudio, las características de la población, las condiciones de tráfico y transporte, entre otras.

### **2.2.2.2 Distribución de Viajes**

La etapa de distribución de viajes se encarga de transformar las producciones y las atracciones (obtenidas en la etapa de generación de viajes) en orígenes y destinos (Meyer, 2016). Para ordenar las relaciones obtenidas se utiliza una matriz (matriz OD), la cual consiste en un arreglo del número de viajes para cada par origen-destino en el área de estudio (Coto-Solano, 2019). Un adecuado arreglo de la matriz es aquel cuyos viajes generados en las zonas de origen son iguales al total de viajes atraídos por las zonas de destino, es decir, se encuentra equilibrado.

Una de las principales ventajas de la distribución de viajes es que permite identificar fácilmente el volumen o flujo de viajes entre distintas zonas. Este volumen o flujo permite, en las siguientes etapas, una mejor comprensión de los patrones de uso de los diferentes modos de transporte, así como la identificación de las rutas más utilizadas y los posibles cuellos de botella en una red de transporte. Esto permite a los planificadores y responsables de políticas de transporte tomar decisiones informadas para mejorar la capacidad y la eficiencia de una red de transporte.

Por otro lado, en la etapa de distribución de viajes no se considera la interacción entre diferentes modos de transporte, especialmente en áreas metropolitanas donde los viajes pueden involucrar varios de ellos. Además, la distribución de viajes puede no considerar factores externos, como la congestión del tráfico o los accidentes, lo que podría afectar en los resultados de las etapas posteriores.

Se han desarrollado varios modelos que ayuden en la distribución de viajes entre los que se encuentran: modelos de factores de crecimiento y modelos de gravedad o sintéticos. De acuerdo con Garber y Hoel (2020), los modelos de gravedad son los más utilizados pues

involucran los atributos del sistema de transporte y las características del uso del suelo. A continuación, se detallan brevemente estos modelos.

Modelos de Factores de Crecimiento: Estos modelos calculan la distribución de viajes utilizando una matriz OD anterior o del año actual (matriz OD base) y los valores de generación de viajes de cada zona para el año futuro a estimar. La ventaja de estos modelos reside en su simplicidad y en el hecho de que ocupa una matriz previamente obtenida. Sin embargo, esto puede llegar a ser una desventaja si no se cuenta con una matriz OD base, pues obtenerla implica tiempo y recursos.

Ortúzar y Willumsen (2011) plantean que, si se posee un porcentaje general del crecimiento de viajes, se debe multiplicar cada celda de la matriz OD base por dicho porcentaje, obteniendo así la matriz a futuro. En caso de poseer un porcentaje únicamente para los orígenes o destinos, se debe multiplicar dicho porcentaje por cada fila o columna respectivamente. Por último, si se cuenta con un porcentaje para orígenes y otro para destinos, se debe realizar un proceso iterativo para obtener una solución equilibrada.

Sin embargo, Garber y Hoel (2020) mencionan que el modelo que utiliza el factor de crecimiento más popular es el Método de Fratar, cuya fórmula matemática se encuentra en la Ecuación ( 2).

$$T_{ij} = (t_i G_i) \frac{t_{ij} G_j}{\sum_x t_{ix} G_x} \quad (2)$$

Donde

$T_{ij}$ : Número de viajes estimados desde la zona  $i$  hacia la zona  $j$ .

$t_i$ : Generación de viajes en la zona  $i$ .

$G_i$ : Factor de crecimiento de la zona  $i$ .

$t_{ij}$ : Número de viajes actuales desde la zona  $i$  hacia la zona  $j$ .

$G_j$ : Factor de crecimiento de la zona  $j$ .

$t_{ix}$ : Número de viajes desde la zona  $i$  hacia la zona  $x$ .

$G_x$ : Factor de crecimiento de la zona  $x$ .

Modelos de gravedad o sintéticos: Estos modelos asumen que la cantidad de viajes desde una zona  $i$  hacia una zona  $j$  es proporcional al producto de la producción de viajes en la zona  $i$  y las atracciones de viajes en la zona  $j$ , y es inversamente proporcional a un factor de fricción que representa la resistencia al flujo de viajes entre las dos zonas (Meyer, 2016). Este modelo se conoce como modelo de gravedad de viajes debido a su similitud conceptual con la ley de la gravitación universal, como se observa al comparar las Ecuaciones ( 3) y ( 4).

$$\text{Ley de Gravitación Universal} \quad F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (3)$$

$$\text{Modelo de Gravedad} \quad T_{ij} = \frac{\alpha P_i A_j}{d_{ij}^2} \quad (4)$$

Donde

$T_{ij}$ : Número de viajes estimados desde la zona  $i$  hacia la zona  $j$ .

$\alpha$ : Factor de ajuste

$P_i$ : Número de viajes producidos desde la zona  $i$ .

$A_j$ : Número de viajes atraídos por la zona  $j$ .

$d_{ij}$ : Distancia entre la zona  $i$  y la zona  $j$ .

Sin embargo, el modelo se consideró muy simplista y se han realizado modificaciones para mejorar su eficiencia. Ortúzar y Willumsen (2011), indican que el modelo se generalizó al considerar que el efecto de la separación  $d_{ij}$  era más eficiente al utilizar una función decreciente con la distancia o con el coste de viaje entre zonas, esta función se conoce como función de fricción (o de disuasión)  $f(c_{ij})$ . Esta función debe ser precisada en la calibración del modelo y pueden ser exponenciales negativas, polinómicas o combinadas (Figura 4).



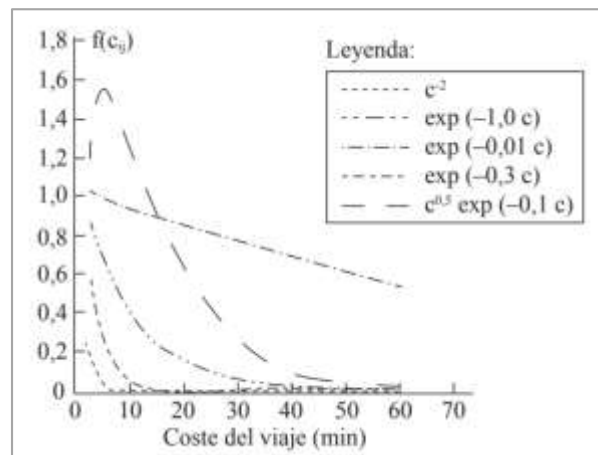


Figura 4. Ejemplos de Funciones de Fricción. Fuente: (Ortúzar y Willumsen, 2011).

La función de disuasión es una representación de la distribución de longitudes (costos) de los viajes (DLV) observados, la cual tiene una forma específica que comúnmente varía como la forma de la Distribución Gamma mostrada en la Figura 5 (Suprayitno, 2018). Al comparar la Figura 4 y la Figura 5, se puede observar que una expresión exponencial negativa o polinómica explican eficazmente la curva de color rojo o la zona después del pico en las curvas restantes. También, se puede observar que una expresión combinada podría ajustarse óptimamente en las curvas que poseen un pico. Por lo tanto, la selección del tipo de expresión se realiza de acuerdo al contexto del área de estudio, es decir, qué curva representa de mejor manera la real selección de destinos por parte de los habitantes de la zona.

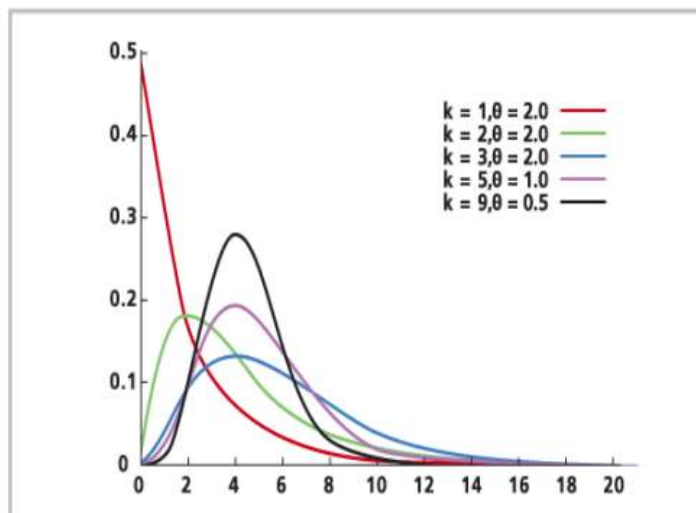


Figura 5. Distribución Gamma como una representación de un patrón típico de la DLV. Fuente: (Suprayitno, 2018).

Con el objetivo de obtener una solución cuyos viajes de origen y destino se encuentran equilibrados se agregan coeficientes llamados factores de balanceo, los cuales están en función de los orígenes, destinos, la función de fricción, y requieren de un proceso iterativo para su resolución. Uno de los métodos más populares es el método de Furness que utiliza los factores  $a_i$  y  $b_j$  para satisfacer las restricciones de orígenes y destino, respectivamente (Ortúzar y Willumsen, 2011). El método inicia considerando  $b_j = 1$  y encontrando los coeficientes  $a_i$  que satisfacen las correspondientes restricciones a orígenes. Luego, a partir de los  $a_i$  se encuentran los  $b_j$  que satisfagan las restricciones de destino. Por último, manteniendo los  $b_i$  se encuentran nuevos coeficientes  $a_i$ , y el proceso se repite hasta la convergencia.

### 2.2.2.3 Reparto Modal

En la etapa del reparto modal, se busca modelar las decisiones que toman las personas al seleccionar un modo de transporte para realizar un viaje. Según Ortúzar y Willumsen (2011), existen tres grupos de factores que influyen en la elección modal: características personales (disponibilidad, ingresos, estructura del hogar), características del viaje (propósito y periodo del día en el que se realiza el viaje) y características del medio de transporte (tiempo de viaje, comodidad, costo, seguridad).

Esta fase resulta especialmente relevante debido al papel que desempeñan los vehículos privados en la congestión del tráfico, y a la identificación de los beneficios (económicos, ambientales y de gestión del tiempo) que ofrecen otros modos de transporte con rutas y horarios definidos. Con respecto al enfoque del modelado, Meyer (2016) sostiene que el

más utilizado es el de selección discreta, basado en el concepto de utilidad, conocido como "multinomial logit". Sin embargo, dado que esta etapa del modelo no se encuentra dentro del alcance del presente estudio, no se profundizará en los detalles de los modelos.

#### **2.2.2.4 Asignación de Viajes**

En la etapa de asignación de viajes se debe asignar cada uno de los viajes determinados en las etapas previas a una de las rutas disponibles. Esta etapa predice el número de viajes por varias rutas y, por lo tanto, el tráfico en los enlaces de una red de transporte (Banks, 1998). Un modelo de asignación de viajes busca las rutas que minimicen el costo de viaje, al considerar los atributos de cada enlace en la red de transporte. Estos atributos incluyen la capacidad de la vía, longitud, límites de velocidad, señales de tránsito, y restricciones de giro (Meyer, 2016). Al igual que la etapa anterior, la asignación de viajes se encuentra fuera del alcance por lo que no se profundiza en detalles.

### **2.2.3 Ventajas y desventajas del Modelo Clásico**

El modelo de cuatro etapas permite una comprensión completa del proceso de toma de decisiones de transporte, desde la generación de viajes hasta la asignación de rutas. Esto permite a los planificadores y expertos en transporte tener una visión detallada de cómo las personas toman decisiones sobre la forma en la que se desplazan en una región o área urbana. Así mismo, el modelo considera gran cantidad de factores que determinan la toma de decisiones respecto al transporte, estas incluyen la población, características socioeconómicas, accesibilidad, entre otras.

Por otra parte, el modelo cuenta con varias simplificaciones, pues es difícil representar el complejo proceso de toma de decisiones del transporte. Una de las principales simplificaciones es que asume que todas las personas siempre tomarán decisiones racionales, lo cual no siempre va de acuerdo a la realidad, pues influyen otros factores como disfrutar del paisaje o zonas peligrosas que se buscan evitar. Junto a esto se tiene que el modelo requiere de varios datos detallados y precisos, que en ciertas regiones o ciudades no se encuentran disponibles por falta de recursos o por falta de organización.

#### **2.2.4 Matriz OD**

La forma habitual de representar los viajes que se realizan en un área de estudio es a través de una matriz bidimensional cuyas filas y columnas representan cada zona del área de estudio (Ortúzar y Willumsen, 2011). Esta matriz se conoce como matriz OD puesto que cada una de sus celdas representa el número de viajes originados en la zona de la fila correspondiente y con destino hacia la zona de la columna correspondiente. La matriz OD

es obtenida en la segunda etapa del Modelo Clásico de Transporte en la cual se realiza la distribución de viajes.

		Destinos									
		Zonas	1	2	3	4	5	.	.	.	j
Orígenes	1	$T_{11}$	$T_{12}$	$T_{13}$	$T_{14}$	$T_{15}$	.	.	.	$T_{1j}$	$O_1$
	2	$T_{21}$	$T_{22}$	$T_{23}$	$T_{24}$	$T_{25}$	.	.	.	$T_{2j}$	$O_2$
	3	$T_{31}$	$T_{32}$	$T_{33}$	$T_{34}$	$T_{35}$	.	.	.	$T_{3j}$	$O_3$
	4	$T_{41}$	$T_{42}$	$T_{43}$	$T_{44}$	$T_{45}$	.	.	.	$T_{4j}$	$O_4$
	5	$T_{51}$	$T_{52}$	$T_{53}$	$T_{54}$	$T_{55}$	.	.	.	$T_{5j}$	$O_5$
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	i	$T_{i1}$	$T_{i2}$	$T_{i3}$	$T_{i4}$	$T_{i5}$	.	.	.	$T_{ij}$	$O_i$
	Total	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	.	.	.	$D_j$	$\sum T_{ij}$

Figura 6. Representación de una Matriz OD General.

En la Figura 6 se muestra la forma general en la que se representa una matriz OD. En ella se observa que en la diagonal principal se encuentran aquellos viajes que tienen el mismo origen y destino, es decir, los viajes intrazonales. Así mismo, se puede observar que en la última columna se encuentran el total de viajes originados en cada una de las zonas  $O_i$ , mientras que en la fila más baja se encuentran el total de viajes realizados hacia cada una de las zonas  $D_j$ . La matriz OD debe estar en equilibrio, es decir, que el número total de viajes generados en cada zona debe ser igual al número total de viajes atraídos por cada zona. En la Ecuación ( 5) se formaliza lo expuesto.

$$\sum O_i = \sum D_j = \sum T_{ij} \tag{5}$$

**2.2.5 Métodos Tradicionales para la obtención de una matriz OD**

Los métodos comúnmente usados para construir matrices OD requieren gran cantidad de recursos económicos. Estos buscan recopilar datos de una muestra acerca del origen y destino del viaje, distancia recorrida, tiempo de viaje, propósito, modo de transporte, entre

otros. A continuación, se describen ciertos procedimientos utilizados para la obtención de la matriz OD.

Encuestas domiciliarias: este método consiste en realizar encuestas de puerta en puerta a un grupo de viviendas seleccionadas anteriormente como muestra (Bocanegra, 2005). En estas encuestas se puede indagar acerca de los viajes realizados por cada habitante de la vivienda, sus orígenes, destinos, y modos de transporte. Además, se pueden conocer variables como el sexo, edad o nivel socioeconómico.

Aforos vehiculares: el método consiste en realizar encuestas o entrevistas a los conductores que circulan por la infraestructura dentro del área de estudio. El proceso se realiza deteniendo a los choferes a un lado de la carretera y se indaga por el origen, destino, y cualquier otro dato deseado acerca del viaje que se está realizando (Bocanegra, 2005). Debido a la naturaleza del método, se requieren permisos y la ayuda de agentes de tránsito para una recopilación eficaz de la información y para garantizar la seguridad de los encuestadores.

### **2.2.6 Utilidad de la matriz OD**

Según Cui (2006), la matriz OD es una herramienta sumamente versátil en el análisis del tránsito, ya que se utiliza en diversas áreas, como la planificación de servicios, el análisis de operaciones, el estudio de impacto y la gestión de servicios. A continuación, se describen resumidamente las principales utilidades de la matriz.

- **Modelado de demanda:** La matriz OD se utiliza para modelar la demanda de transporte, permitiendo predecir y entender los patrones de movimiento de las personas en el área de estudio. Esto es esencial para la planificación del transporte y la evaluación de proyectos y políticas. Por ejemplo, al identificar las zonas con mayor demanda por motivo de educación, es posible construir nuevos planteles en zonas carentes de dicha demanda, con el propósito de disminuir los desplazamientos.
- **Evaluación de la capacidad del sistema de transporte:** La matriz OD ayuda a evaluar la capacidad y rendimiento de la red de transporte existente. Permite identificar rutas y modos de transporte con alta demanda, así como áreas con déficit de servicios de transporte.
- **Diseño de infraestructuras de transporte:** La matriz OD es crucial en la planificación del diseño y expansión de infraestructuras de transporte. Permite identificar los

requerimientos de movilidad de la población y determinar la ubicación eficaz de nuevas carreteras, líneas de transporte público u otras infraestructuras.

- Evaluación de impacto en la movilidad: La matriz OD se utiliza para evaluar el impacto de proyectos o políticas de transporte propuestos. Pues es posible simular y predecir cómo los cambios en la infraestructura o las políticas afectarán la demanda de viajes y la distribución de los mismos.
- Análisis de transporte y desarrollo urbano: La matriz OD es útil para analizar la interacción entre el transporte y el desarrollo urbano. Ayuda a comprender cómo los patrones de viaje afectan la distribución espacial de las actividades y el crecimiento de la ciudad, y viceversa.

### 2.3 Normativa

El cantón Santa Isabel actualmente no cuenta con normativas específicas relacionadas con el impacto de la movilidad. Sin embargo, se espera que, con el inicio del estudio de la movilidad en el cantón, se puedan incorporar ciertas normativas que mejoren la calidad y seguridad del sistema de transporte. Como referencia se puede tomar la cercana ciudad de Cuenca en la cual existe una regulación que demanda un análisis de movilidad al realizar un proyecto.

Dentro de este análisis, se requiere una evaluación exhaustiva de la accesibilidad peatonal y vehicular al lugar del proyecto. Además, se debe realizar una verificación minuciosa de los estacionamientos públicos en los alrededores, analizando su capacidad y frecuencia de uso. Otro aspecto relevante es el estudio del parqueadero interno del cuál dispondrá el proyecto una vez finalizado. Se busca una justificación del número de plazas de estacionamiento y se establece la exigencia de rotación en dichas plazas para optimizar el espacio.

El análisis de circulación del tráfico también es un punto crucial. Se evalúa la geometría del ingreso y salida del predio, considerando radios de giro, visibilidad e incorporación de los vehículos. En adición, es necesario llevar a cabo una revisión exhaustiva de conflictos potenciales entre vehículos, peatones y ciclistas, proponiendo soluciones para mejorar la seguridad y fluidez del tránsito.

En cuanto al análisis de tránsito, se evalúa la capacidad y niveles de servicio de las vías e intersecciones afectadas por el proyecto. También se estudia la formación de colas en el acceso al parqueadero y/o sobre la vía.

### 3 Modelo Matemático Estocástico (MME)

#### 3.1 Definiciones

Para modelar un sistema se debe considerar la extensa cantidad de variables dependientes e independientes que definen el mismo. Dentro del estudio de la movilidad se encuentran variables como la edad, la condición económica, el sexo, etc., las cuales definen los diversos motivos para realizar o no un viaje. Así pues, el objetivo de un modelo matemático es representar satisfactoriamente la relación que existe entre las variables identificadas en el sistema.

De la misma manera un sistema está definido por procesos deterministas y probabilísticos, tal como el caso de los motivos laborales o educativos. Por ejemplo, dentro de una sociedad existen personas de la misma edad que estudian, trabajan o realizan las dos actividades simultáneamente. Por lo tanto, para definir adecuadamente el sistema es necesario un proceso probabilístico. En el caso del motivo laboral, es necesario conocer la probabilidad de que una persona salga a trabajar, dado que se conoce sus características y las del área de estudio. En este contexto, un modelo matemático estocástico es un modelo de un sistema que analiza la relación entre un conjunto de variables dependientes e independientes; esta relación puede estar definida de forma determinista o ser el resultado de alguna función de probabilidad.

El modelo matemático estocástico utilizado en el presente trabajo de titulación consta de 3 componentes principales (Figura 7). El primer componente hace referencia a aquellos datos iniciales que requiere el modelo tales como la población, el área de estudio, entre otros. El segundo componente consiste en el análisis matemático que relaciona las variables dependientes e independientes. Por último, en el componente 3, el MME ha obtenido información (matrices OD) luego de transformar los datos de entrada.



Figura 7. Esquema Modelo Matemático Estocástico.

### 3.1.1 Datos de Entrada

La responsabilidad del primer componente del MME es recopilar los datos necesarios que alimentará el segundo componente y es indispensable la precisión para el adecuado funcionamiento y obtención de resultados. Esta recopilación se realiza mediante fuentes primarias (levantamiento de datos) y secundarias (documentos de planificación, gestión o administración), con las cuales se busca explicar la oferta y la demanda.

Dentro de los Datos de Entrada se encuentran: área de estudio y zonificación, características y hábitos de la población, motivos de viajes, franjas horarias, atractores y nivel de atracción y la red de infraestructura. Al finalizar esta etapa se cuenta con la oferta por zona, motivo de viaje, y franja horaria, lo cual servirá para el pronóstico de la demanda y posteriormente su distribución.

### 3.1.2 Análisis de Variables

El segundo componente hace uso de los datos de entrada y emplea un modelo establecido para obtener la información (matrices origen destino). El componente inicia con el cálculo de las probabilidades (valores estocásticos del modelo) las cuales, junto con los datos de entrada, permiten el pronóstico de la demanda por zona, motivo de viaje y franja horaria. Obtenidas la oferta y la demanda se procede a realizar la distribución de la demanda mediante el modelo de Gravedad.

### 3.1.3 Información

El tercer y último componente del MME son los resultados que se obtienen tras transformar los datos de entrada en información. El análisis que se realiza acerca de las dinámicas de movilidad produce como resultado la matriz OD, la cual establece la cantidad de viajes requeridos desde un origen hacia un destino. Las matrices obtenidas pueden variar por motivo de viaje o periodo (día de la semana y franja horaria), y de igual manera, se pueden presentar de forma agregada. La composición de la matriz OD agregada además traza la curva de periodos pico y valles existentes, siendo posible obtener estas curvas para matrices desagregadas en función de la observación de sus datos.

## 3.2 Validación de un Modelo

La forma en la que se modela un sistema siempre viene de la mano con un conjunto de limitaciones y suposiciones, de igual manera, las funciones de probabilidad que se utilizan nacen a partir de: limitados datos recolectados, observaciones subjetivas por parte de los modeladores o de suposiciones. Es por esto que los primeros resultados producidos por un modelo solo son una aproximación y requieren de un proceso de validación y calibración que certifiquen los resultados.



Es importante recalcar que los procesos de calibración y validación son diferentes. El proceso de calibración consiste en asegurar que los parámetros utilizados en el modelo sean fiables y representen adecuadamente la estructura de los viajes. Por otro lado, la validación es un proceso en el que se asegura que el modelo sea adecuado al seleccionar distintas alternativas en la toma de decisiones, por lo tanto, depende del tipo de políticas y de los proyectos que se desean valorar (Ortúzar y Willumsen, 2011).

### **3.3 Limitaciones**

La representación de la realidad es muy compleja, por lo que todo modelo incluye ciertas limitaciones y suposiciones que varían de acuerdo al grado de complejidad. El presente MME tiene las siguientes limitaciones:

- La exactitud y precisión de los datos de atracción de cada atractor se limitan a la veracidad de los encuestados durante el proceso de levantamiento de datos.
- La exactitud y precisión de los datos de demanda se limitan a la proyección de la población y las proporciones obtenidas en el año base.
- Los hábitos de movilidad se limitan a las frecuencias obtenidas en el levantamiento de datos, esto ante la falta de datos oficiales.
- Los resultados obtenidos no han sido validados pues este proceso se debe realizar en una etapa posterior de acuerdo al tipo de proyecto establecido.

### **3.4 Ventajas y desventajas**

Una de las principales ventajas del MME es su capacidad para pronosticar rápida y eficazmente la demanda a partir de la oferta. Esto se traduce en una significativa reducción de los gastos, que incluyen los costos asociados al personal, uniformes, suministros de oficina, transporte, capacitaciones, entre otros. Además, destaca la prontitud con la que se obtienen los datos iniciales, pues son considerablemente menores comparados con encuestas a la población de puerta a puerta.

Otra ventaja que presenta el MME es que considera una gran cantidad de datos iniciales, por lo que llega a representar de mejor manera la realidad de las dinámicas de la movilidad, que no llegan a ser completamente deterministas.

Al realizar el presente trabajo, queda en evidencia que el modelo se puede adaptar a diversas situaciones y escenarios, y en caso de ser necesario es posible modificarlo para ajustarse a los datos disponibles.

Por otro lado, debido a la naturaleza estocástica del modelo, los resultados que se obtienen van acompañados de una mayor incertidumbre que los obtenidos por otros métodos, e implican una etapa adicional de validación y calibración. Es por este motivo, que para obtener resultados muy confiables se debe contar con datos suficientes, relevantes y precisos.

Otra desventaja se presenta cuando se busca representar situaciones muy complejas. Dentro de la movilidad se pueden encontrar decisiones fuera de lo común al realizar un viaje, esto puede ser por razones de seguridad, tranquilidad, clima, entre otros. De igual manera, dentro de las redes se pueden encontrar accidentes o retrasos (semáforos, resaltos, depresiones) que el modelo no considera debido a su complejidad.

Por último, es importante notar que los resultados obtenidos están limitados a corto plazo, por lo que se deben actualizar luego de un periodo definido.

## 4 Metodología de trabajo

### 4.1 Obtención de los Datos de Entrada

#### 4.1.1 Recolección de datos

Se inicia con la recopilación y organización de información y datos, para lo cual se recurre a fuentes secundarias y primarias disponibles en el cantón. Estas fuentes se originan de las herramientas utilizadas para la planificación, gestión y administración de un cantón, que incluyen el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), el Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS), catastro urbano, empresas de agua potable y alcantarillado, empresas de recolección de basura, cartografía, etc. Las fuentes fueron adquiridas en el GAD municipal de Santa Isabel, junto con la cartografía disponible. La recolección de datos tiene como objetivo identificar el estado actual del territorio, las actividades que se realizan y las características de su población, que sirven de base para la estimación de la demanda de viajes (Garber y Hoel, 2020).

Se verifica que las fuentes recolectadas brinden la información requerida para el proyecto, la cual se refiere principalmente al área de estudio, la población, infraestructura de transporte y su desarrollo, el servicio y operación del transporte, y uso de suelos. Este último es importante en la definición de la oferta y por consiguiente en la capacidad de atracción de una zona, por lo que la falta del mismo implica realizar un levantamiento en campo mediante encuestas. Otra información pudo ser recopilada de fuentes tales como ministerios de salud o educación, o institutos nacionales como el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

Se observa en la Tabla 1 el inventario de las fuentes secundarias recopiladas a través del GAD Municipal del cantón Santa Isabel, se detalla la información que se utilizó en el presente trabajo de titulación y la página en su respectiva fuente secundaria. Con esta información se obtiene una primera aproximación de la situación en la que se encuentra el territorio con respecto a su población y a su equipamiento. Sin embargo, son escasos los datos referentes a movilidad y transporte que se han recopilado, estos se resumen en su infraestructura vial y un análisis cualitativo sobre movilidad.

La base de datos de catastros disponibles se encuentra desactualizada e incompleta, por lo que se debe realizar un levantamiento de datos en campo con el objetivo de identificar todos los posibles atractores y su correspondiente oferta.

Fuentes Secundarias	Información	Página
Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Santa Isabel 2020-2030	-Diagnóstico Social (Tamaño de la Población, Densidad poblacional)	98
	-Educación	115
	-Salud	126
	-Fuerza laboral y empleo	172
	-Equipamientos (urbanos, salud, educativos, etc.)	203
	-Hábitat y vivienda	223
	-Infraestructura vial y Movilidad	269
Plan de Uso y Gestión del Suelo 2020-2030	-Límites Políticos	5
	-Población	9
	-Equipamientos (urbanos, salud, educativos, etc.)	23
	-Sistema Vial	31
	-Clasificación del Suelo (Urbano y Rural)	113
Base Cartográfica del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Santa Isabel 2020-2030	-Polígonos de Intervención Territorial	128
	-Límites Territoriales	
	-PIT Urbanos y Rurales	
	-Clasificación del Suelo	
	-Nivel de Ocupación del Suelo	
	-Manzanas	
Base de datos catastro alfanumérico	-Infraestructura vial	

Tabla 1. Información secundaria recopilada. Elaboración Propia.

#### 4.1.2 Delimitación y zonificación del área de estudio

Es necesaria una delimitación del área de estudio que permita abordar el problema analizado en el presente trabajo de titulación, y que se ajuste a los resultados esperados. Esta delimitación se realiza principalmente debido a la gran extensión del cantón y, a la gran cantidad de asentamientos humanos dispersos dentro de sus límites, los cuales se encuentran muy lejanos de su cabecera cantonal.

Por otro lado, para la definición de puntos de origen y destino mediante el MME es necesario contar con zonas de movilidad representativas que faciliten la tabulación de datos. Para realizar una zonificación, Ortúzar y Willumsen (2011) mencionan los siguientes criterios a seguir: definir las dimensiones de las zonas de tal manera que se disminuya el error de agregación causado por la hipótesis de que todas las actividades se concentran en su centroide; compatibilidad con las zonas censales; zonas similares con respecto al uso del suelo y la población; y el diseño de las zonas debe permitir una conexión sencilla entre

centroides. La delimitación y la zonificación se elaboran a partir de la cartografía disponible y con la ayuda de un software SIG.

La delimitación del área de estudio incluye las regiones con suelo urbano del cantón Santa Isabel. Se han encontrado un total de 11 regiones con suelo urbano (Figura 8), siendo las regiones urbanas de Santa Isabel y Abdón Calderón las de mayor área territorial. No se consideran las regiones pertenecientes a la parroquia El Carmen del Pijilí, debido a que esta presenta problemas en los límites con el cantón Camilo Ponce Enríquez.

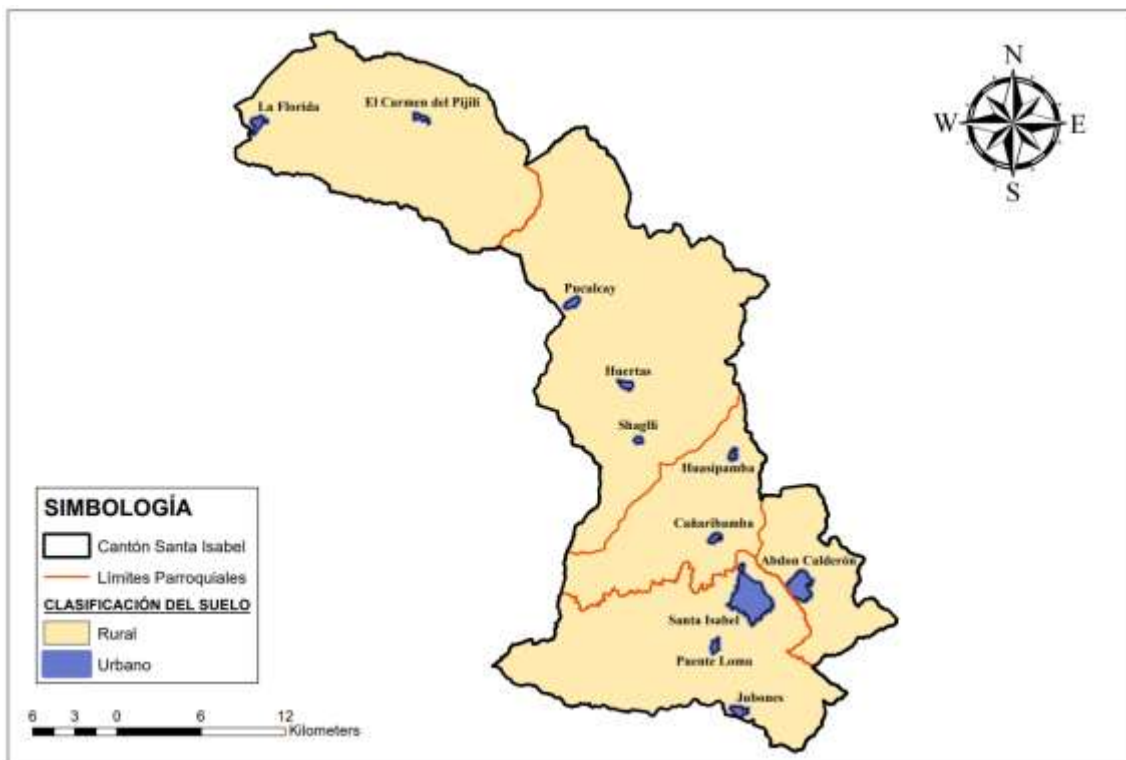


Figura 8. Clasificación del suelo del Cantón Santa Isabel. Fuente: GAD municipal. Elaboración Propia.

El análisis de movilidad se centra principalmente en la región urbana de la parroquia Santa Isabel (que corresponde a la cabecera cantonal), en vista de que posee una extensión territorial y una densidad poblacional mayor a las demás regiones. Además, se considera oportuno analizar los desplazamientos originados en las regiones restantes que tienen como destino la cabecera cantonal, sin incluir el análisis en el sentido contrario. Esto debido a que, de acuerdo al PDOT Santa Isabel 2020-2030, se realizan constantes viajes hacia la cabecera con objeto de abastecimiento, trabajo, educación, servicios o trámites, y otros.

Teniendo en cuenta lo mencionado se procedió a realizar la zonificación funcional de las regiones urbanas del cantón Santa Isabel. La zonificación se ha realizado tomando como guía los Polígonos de Intervención Territorial (PIT) obtenidos en el PUGS Santa Isabel 2020-2030 para coincidir con los análisis del GAD municipal del cantón. Estos han sido definidos considerando los siguientes criterios en cada manzana: acceso a sistemas públicos de soporte, protección patrimonial y ambiental, área construible, y área no urbanizable; posteriormente se agrupan manzanas con características similares para formar las zonas.

Inicialmente se contaban con 51 PIT en todo el cantón, de los cuales únicamente se consideraron aquellos dentro de las cabeceras parroquiales de Santa Isabel y Abdón Calderón. Las zonas externas a las cabeceras mencionadas han sido formadas a partir de las regiones de suelos urbanos presentadas en la Figura 8.

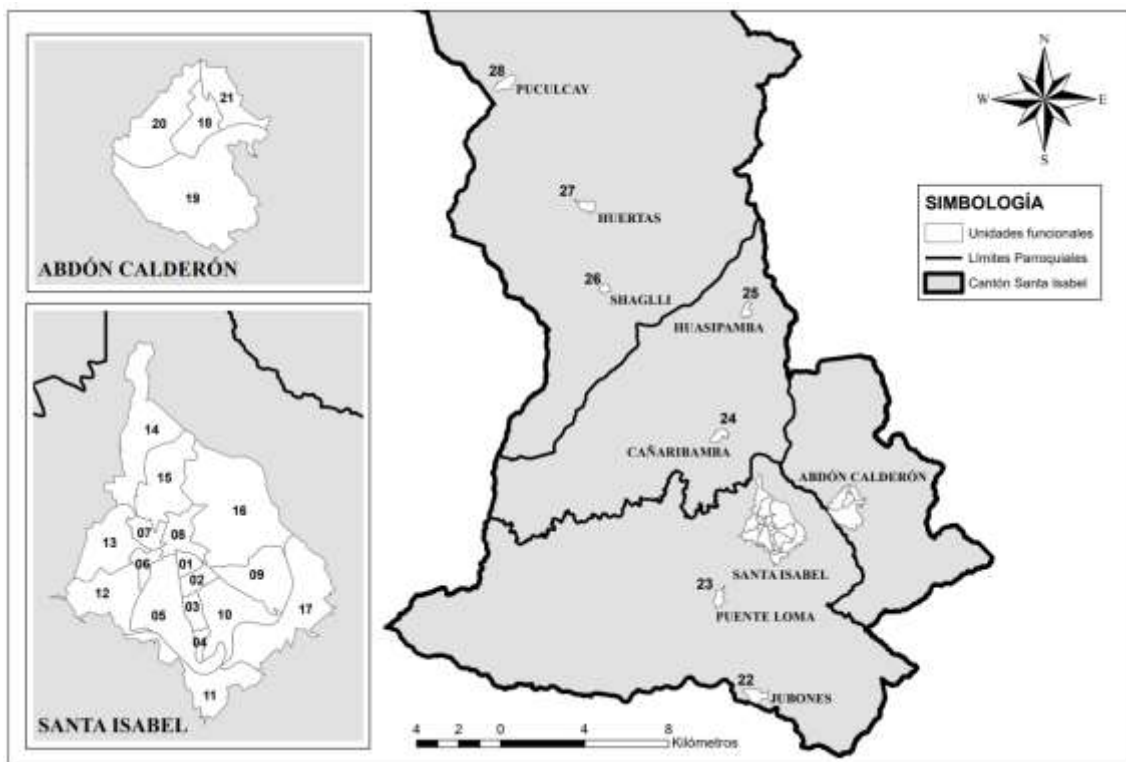


Figura 9. Zonas funcionales de movilidad. Fuente: PUGS Santa Isabel (GADMSI, 2021). Elaboración propia.

Las zonas de movilidad obtenidas se observan en la Figura 9, en donde se cuentan un total de 28 zonas, de las cuales 17 se encuentran dentro de la cabecera cantonal. Las zonas funcionales de movilidad para Santa Isabel y Abdón Calderón han sido numeradas siguiendo el criterio de envolvente con relación a su centroide, y las zonas restantes se han numerado desde el sur hasta el norte.

#### 4.1.3 Población y Proyección Poblacional

Para la distribución de la demanda se requiere datos acerca de la población, ya que la demanda está en función ella. Debido a que no se cuenta con información oficial para el año 2023 sobre la población, en el territorio ecuatoriano en general y para Santa Isabel en particular, se debe proyectar la población a partir de los datos recopilados en los censos nacionales realizados por el INEC.

Se parte de los datos del Censo de Población y Vivienda del año 2010, con lo cual es posible obtener la densidad poblacional por sectores censales en el cantón Santa Isabel. Una vez obtenida la densidad poblacional y el área de cada una de las zonas de movilidad se pudo determinar la población por zonas y su respectivo porcentaje con respecto a la población total del cantón.

Se continuó con la proyección poblacional, la cual se realizó de acuerdo al método de los componentes demográficos recomendado por el INEC (INEC, 2012). El método proyecta la población a partir de los componentes demográficos básicos que son la mortalidad, la fecundidad y la migración. El método hace uso de la Ecuación ( 6) conocida como ecuación compensadora.

$$N^{t+5} = N^t + B^{t,t+5} - D^{t,t+5} + I^{t+5} - E^{t+5} \quad (6)$$

Donde:

$N^t$  población estimada en el punto inicial del periodo de proyección ( $t, t + 5$ )

$N^{t+5}$  población estimada en el punto final de un periodo quinquenal ( $t, t + 5$ )

$B^{t,t+5}$  nacimientos por mujeres en edad fértil ocurridos a lo largo del período ( $t, t + 5$ )

$D^{t,t+5}$  defunciones entre los miembros de la población inicial  $N^t$ , más las defunciones adicionales registradas de los nacimientos ocurridos a lo largo del periodo ( $t, t + 5$ )

$I^{t+5}$  inmigrantes que se estima ocurrieron durante el periodo ( $t, t + 5$ ), estimados al final del periodo, esto es en el momento  $t + 5$

$E^{t+5}$  emigrantes que se estima ocurrieron durante el periodo  $(t, t + 5)$ , estimados al final del periodo, esto es en el momento  $t + 5$

Para la determinación del componente demográfico Fecundidad se utilizaron las Tasas Específicas de Fecundidad (TEF) relativas y las Tasa Global de Fecundidad (TGF) que se exponen en la Tabla 2 y Tabla 3 respectivamente.

Grupos Edad	Año							
	1967	1977	1982	1990	1996	2001	2010	2017
15 - 19	0.088	0.091	0.085	0.112	0.137	0.145	0.185	0.164
20 - 24	0.222	0.227	0.228	0.250	0.259	0.268	0.265	0.257
25 - 29	0.232	0.240	0.235	0.241	0.238	0.236	0.226	0.239
30 - 34	0.203	0.194	0.200	0.188	0.184	0.183	0.178	0.190
35 - 39	0.163	0.153	0.150	0.127	0.115	0.113	0.104	0.113
40 - 44	0.070	0.076	0.081	0.065	0.053	0.047	0.036	0.034
45 - 49	0.022	0.019	0.021	0.017	0.014	0.008	0.006	0.003

Tabla 2. Tasas específicas de fecundidad relativas promedio. Fuente: Estimación y conciliación demográfica del Ecuador (INEC, 2022).

Año	Índice de Fecundidad
2010	2.62
2011	2.60
2012	2.52
2013	2.42
2014	2.34
2015	2.26
2016	2.20
2017	2.17
2018	2.13
2019	2.09
2020	2.05
2021	2.03

Tabla 3. Tasa Global de Fecundidad por año. Fuente: (Ecuador - Natalidad 2021, 2023).



Para el componente demográfico Mortalidad, se utilizaron las Tablas Abreviadas de Mortalidad elaboradas por la CEPAL en el Boletín Demográfico N°74 (CEPAL y CELADE, 2004). Los datos se han resumido por edad y sexo en la Tabla 4.

Edad	Probabilidad de muerte Hombres			Probabilidad de muerte Mujeres		
	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2010-2015	2015-2020	2020-2025
< 1 año	2.04%	1.62%	1.32%	1.52%	1.21%	1.01%
1 - 4	0.13%	0.12%	0.11%	0.10%	0.09%	0.09%
5 - 9	0.06%	0.06%	0.06%	0.04%	0.04%	0.04%
10 - 14	0.06%	0.06%	0.06%	0.05%	0.05%	0.04%
15 - 19	0.15%	0.14%	0.13%	0.08%	0.08%	0.07%
20 - 24	0.25%	0.23%	0.21%	0.09%	0.08%	0.08%
25 - 29	0.29%	0.27%	0.25%	0.10%	0.09%	0.09%
30 - 34	0.30%	0.29%	0.27%	0.12%	0.11%	0.11%
35 - 39	0.35%	0.33%	0.31%	0.16%	0.15%	0.14%
40 - 44	0.40%	0.38%	0.37%	0.21%	0.20%	0.19%
45 - 49	0.54%	0.52%	0.50%	0.31%	0.29%	0.28%
50 - 54	0.64%	0.62%	0.60%	0.40%	0.38%	0.36%
55 - 59	0.89%	0.87%	0.84%	0.60%	0.57%	0.54%
60 - 64	1.27%	1.25%	1.22%	0.81%	0.78%	0.75%
65 - 69	1.83%	1.80%	1.77%	1.17%	1.13%	1.08%
70 - 74	2.68%	2.65%	2.62%	1.84%	1.78%	1.71%
75 - 79	3.86%	3.84%	3.82%	2.88%	2.79%	2.69%
80 - 99	12.05%	11.90%	11.76%	10.74%	10.50%	10.28%
> 100	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tabla 4. Probabilidad de Muerte de Hombres y mujeres por edad y año. Fuente: (CEPAL y CELADE, 2004).

Por último, se utilizó la Figura 10 obtenida del documento titulado “Proyecciones de la Población de la República del Ecuador 2010-2050” por parte del INEC en el año 2012, el cual muestra el saldo neto migratorio por edad y sexo entre los años 2005 y 2010.

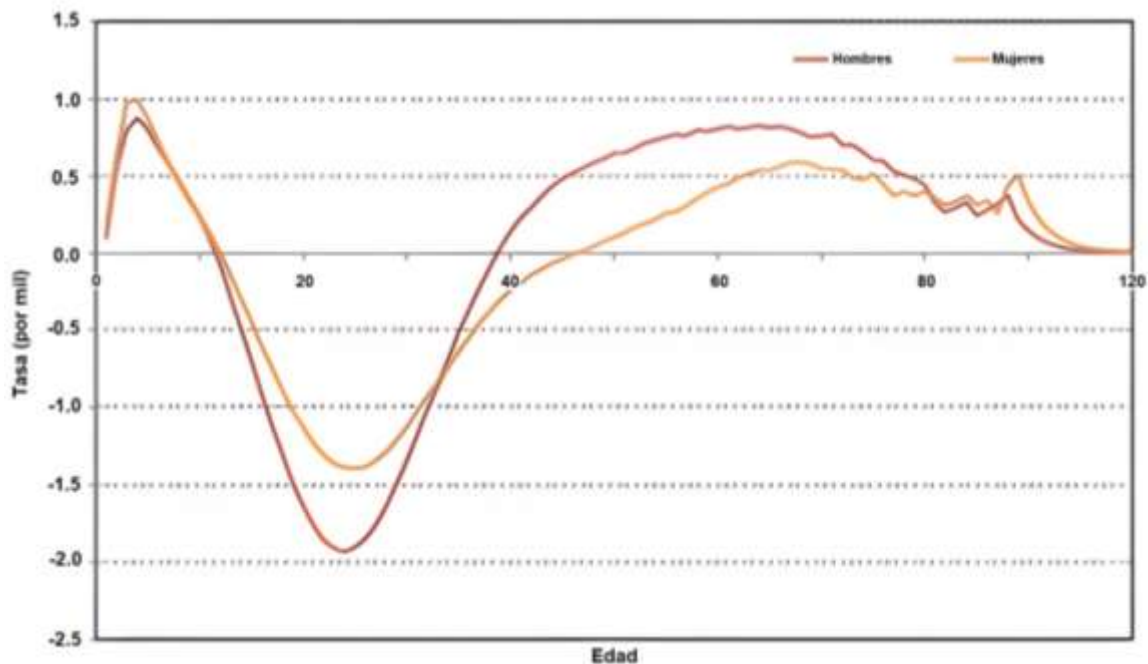


Figura 10. Saldos netos de migración internacional por edad y sexo en los años 2005 - 2010. Fuente: (INEC, 2012).

Con los datos de población del año 2010 se ha determinado la densidad poblacional por sector censal como se muestra en el Anexo D. Utilizando la densidad poblacional y las superficies conocidas de cada una de las zonas funcionales de movilidad, se ha calculado la población de cada zona en el año 2010, las cuales se resumen en la Tabla 5.

Aplicando la metodología de los componentes demográficos se ha proyectado la población de Santa Isabel hacia el año 2023 y se ha obtenido la población por zona de movilidad utilizando las proporciones existentes en el año 2010 entre la población de cada zona y la población total del cantón. En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos. En el proceso de proyección se ha conservado la misma proporción de la población del 2010 para separar la población por sexos, edades y niveles de instrucción, las cuales se incluyen en Anexo E, Anexo F y Anexo G.

Zona	Población 2010	Población Proyectada 2023
1	630	776
2	528	650
3	97	120
4	47	58
5	954	1175
6	417	514
7	155	191
8	738	909
9	327	403
10	407	501
11	224	276
12	113	140
13	167	206
14	67	83
15	466	574
16	474	584
17	108	133
18	384	473
19	385	474
20	248	306
21	219	270
22	151	186
23	81	100
24	198	244
25	2	3
26	20	25
27	2	3
28	4	5
Total	7613	9382

Tabla 5. Población 2010 y Población 2023 proyectada, por cada zona de movilidad.

#### 4.1.4 Motivos de Viaje

Un miembro de una sociedad realiza un viaje cuando experimenta la motivación para hacerlo, es decir, cuando surge una razón que impulsa su desplazamiento desde un lugar de origen hacia un destino donde pueda satisfacer sus necesidades. Estos “motivos de viaje” son indispensables dentro del MME en la distribución de la oferta y la demanda. En el presente estudio se consideran los siguientes motivos de viajes:

- Laboral
- Educativo
- Compras o servicios

- Recreación/Ocio
- Otros (salud, gestiones administrativas o financieras, religión, etc.)

Los viajes por motivos laborales son realizados por los individuos desde su lugar de residencia hacia el lugar donde trabaja. Para esto es importante conocer la proporción de la población que sale de su casa para trabajar, pues existe una proporción que trabaja desde su hogar.

Los viajes por motivos educativos son realizados por un grupo de personas desde su hogar hasta los centros educativos de educación formal. Dentro del cantón Santa Isabel se encuentran preescolares, escuelas y colegios, por lo que es importante considerar los grupos de edades al realizar la distribución de viajes.

En los viajes con motivo compras se encuentran todos aquellos desplazamientos por parte de la población con el fin de adquirir un bien o un servicio. De la misma manera, dentro de una sociedad las personas realizan viajes con motivos de recreación, tales como actividades deportivas en parques o en centros deportivos. Por último, aquellos viajes que no han sido categorizados en los motivos anteriormente mencionados se agrupan en motivo “otros”, en donde se encuentran principalmente viajes por actividades de salud, religión o gestiones administrativas y financieras.

#### **4.1.5 Franjas Horarias**

El presente trabajo busca obtener matrices OD a lo largo del día, determinando periodos pico y valle útiles en un sistema de transporte. Por este motivo se debe alimentar al modelo con un conjunto de franjas horarias a analizar. Estas franjas son periodos que comparten características similares en términos de movilidad. Las franjas horarias que se utilizaron en el estudio son:

- De 05:00 a 07:00
- De 07:00 a 08:00
- De 08:00 a 09:00
- De 09:00 a 10:00
- De 10:00 a 13:00
- De 13:00 a 15:00
- De 15:00 a 17:00
- De 17:00 a 19:00
- De 19:00 a 21:00
- De 21:00 en adelante

**4.1.6 Hábitos de la Población**

Los hábitos de una población indican el comportamiento y las actividades recurrentes practicadas por la mayoría de las personas dentro de una sociedad. Estos hábitos se definen y varían de acuerdo a la cultura, el entorno y las tradiciones locales. Están relacionados directamente en el comportamiento de los habitantes de una sociedad, sus relaciones, actividades de recreación, alimentación y el estilo de vida en general. Estos hábitos pueden modificarse con el tiempo debido a la unión de varias culturas, factores tecnológicos, entre otros.

Para el análisis de la movilidad es preciso conocer los hábitos de la población, los cuales permiten determinar los viajes realizados para cada motivo de viaje definido. Para los motivos laborales o educativos existen datos censales y estadísticos que facilitan la obtención de los resultados, sin embargo, no existe fuente oficial que brinde información relacionada a recreación, compras o gestiones, por lo que se realiza un levantamiento de datos para cubrir dicha información.

Para determinar los hábitos de la población en el cantón Santa Isabel se realizó un levantamiento de datos mediante el uso del Formulario 2 (Anexo H) diseñado por el grupo de investigación Modelos, Análisis y Simulaciones del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Cuenca. El levantamiento tiene como objetivo conocer el número de veces que un individuo realiza un viaje para cierta actividad, es decir, la frecuencia de actividad. Además, se ha consultado el día de la semana que prefiere para realizar dicha actividad para realizar una distribución de los viajes por día. De igual manera, se intenta correlacionar la frecuencia de actividad con el nivel adquisitivo en función del salario, género y edad. En la Tabla 6 se presenta un resumen con los datos recopilados.

Edad	Hombres			Mujeres		
	Compras	Recreación	Otros	Compras	Recreación	Otros
12-17 años	2	2	0	2	2	1
18-24 años	2	3	1	3	3	4
25-64 años	3	2	3	2	2	3
65 años o más	2	0	2	2	1	2

*Tabla 6. Resumen de Frecuencia Semanal de Actividades por Edad y Sexo.*

Se realizó la encuesta a un total de 175 personas en el Parque Central y en el Mercado Municipal de Santa Isabel que son lugares frecuentados por la mayoría de habitantes del cantón.

#### 4.1.7 Levantamiento e Inventario de Atractores

Aón et al. (2020), definen un atractor de viajes como un lugar, área o zona donde convergen actividades no residenciales que atraen viajes de los pobladores. Este atractor puede estar edificado o no edificado y, aunque, su funcionamiento debe estar regulado siempre existe informalidad en los usos de los predios por parte de la población.

En el presente trabajo de titulación se realizó un levantamiento de datos en la cabecera cantonal de Santa Isabel con el objetivo de identificar, situar y obtener datos de atracción de los predios que sean atractores. Inicialmente se establecen diferentes tipos de atractores que simplifican la comprensión del nivel de atracción que provocan en la población. Los tipos de atractores se han seleccionado de acuerdo a las dinámicas que se producen dentro del cantón. A través de un reconocimiento en el área de estudio, se han identificado un total de 10 tipos de atractores los cuales se describen a continuación:

- Tipo 1: Comercio y/o de Servicios: Predios en los que se desarrollan actividades comerciales y/o servicios. En esta categoría se consideran a todo tipo de negocio comercial o de servicios que no esté explícitamente categorizado. Por ejemplo, una farmacia, una agencia de viajes, un restaurante. Considerar que una escuela no se clasificaría aquí sino como categoría Escuela (definida más adelante). Una academia de música si se clasifica en esta categoría (ya que no hay una categoría Academia). En esta categoría están bares, discotecas, etc.
- Tipo 2: Mercado: Predios en los que se desarrollan las actividades de compra y venta de artículos de consumo básico. Un mercado puede ser permanente o itinerante.
- Tipo 3: Hospital, clínicas y centros de salud: Predios dedicados a prestar servicios de salud. Pueden ser públicos o privados. En esta categoría se pueden clasificar los centros de salud del Ministerio de Salud del Ecuador, clínicas privadas, etc. No se contemplaría en esta categoría Centros de Imágenes, Clínicas Dentales, Laboratorios Clínicos, debido a que estos se clasifican como Tipo 1.
- Tipo 4: Preescolar, escuelas, colegios, instituto técnico y universidades: Predios en los que se prestan servicios de educación. Pueden ser públicos o privados.
- Tipo 5: Parques y Plazas: Predios dedicados a prestar espacios para el esparcimiento de la población. En esta categoría se clasificarán parques y plazas de hasta de una manzana.
- Tipo 6: Cementerios: Predios dedicados a prestar servicios funerarios y de exequias. Pueden ser públicos o privados.

- Tipo 7: Templos: Predios en los que funcionan Templos que congregan a fieles de una fe.
- Tipo 8: Centros Deportivos: Grandes predios empleados para la actividad deportiva. Por ejemplo: estadio o coliseo. No se considera en esta categoría a gimnasios, academias de algún deporte, ese tipo se clasifica como comercio o servicio.
- Tipo 9: Administración y Gestión Pública: Predios en los que funcionan oficinas de entidad públicas con representación en el territorio y en las que la ciudadanía puede obtener servicios o cumplir con obligaciones. Por ejemplo, oficinas de GAD Municipal, Notarias, GAD Provincial, etc.
- Tipo 10: Bancos y Cooperativas: Predios en los que una institución financiera acepta depósitos, hace préstamos bancarios, atiende al público y ofrece una amplia gama de productos/servicios financieros.

#### **4.1.7.1 Nivel de Atracción**

El Nivel de Atracción es un término que permite definir qué tan atractivo es un atractor. Para determinar el nivel de atracción, se consideran diversos atributos del atractor que se recopilan a partir de fuentes secundarias y primarias, así como la opinión de los autores basada en su experiencia y criterio durante el levantamiento. Los atributos que se procuran recopilar mediante el levantamiento de datos son los siguientes:

- *Tipo de Atractor*: Se identifica el tipo de atractor conforme el uso que se presente en el predio. El valor es uno de los tipos definidos anteriormente.
- *Localización*: Se identifica la ubicación del atractor conforme lo indicado en los formularios. A partir de la cartografía obtenida el valor se define por zona, manzana y una referencia.
- *Horario de funcionamiento*: Se indaga por el horario de funcionamiento para cada día de la semana. El horario de funcionamiento aplica a todos los tipos de atractores. El horario de funcionamiento se refiere a las horas en las que durante cada día de la semana se atiende al público. El valor se compone por horas de apertura y cierre conforme las franjas horarias definidas para el estudio.
- *Oferta*: Se consulta en el predio la estimación sobre la oferta de la actividad que se efectúa en el predio por semana y la oferta consumida actualmente. Por ejemplo, si en el predio funciona una tienda de abarrotes, se estima cuántos clientes se podrían atender por semana y cuántos clientes en efecto se atienden por semana. El valor se compone por un número entero positivo que representa la oferta y otro número entero positivo que representa la oferta consumida.
- *Dispersión de la Demanda*: Se indaga por las franjas horarias en las que la actividad que se efectúa en el predio es más intensa y en las que menos. Para ello se solicita

al encuestado que identifique los momentos del día en que se percibe mayor o menor afluencia de personas. Se insta al encuestado a estimar el número de personas adicionales que atiende en las franjas de mayor afluencia, en caso de ser posible. Además, se indaga sobre el (los) día (s) o temporada del año en los que se la actividad del predio es más intensa y se estima cuán más intensa es.

- *Origen de la Demanda:* Se pretende conocer las zonas desde las que los clientes, usuarios, o personas en general, vienen hasta el predio. Debido a la complejidad de conocer el origen de cada uno de los clientes, los valores de este atributo se han generalizado por zonas.
- *Grupos Etarios:* Se solita una estimación de la distribución de la demanda por edad. El valor de este atributo se basa en los rangos etarios establecidos para el estudio:

0	–	5	años
6	–	11	años
12	–	17	años
18	–	24	años
25	–	64	años
65 años en adelante			

- *Oferta Laboral:* Se indaga sobre el número de plazas laborales que el predio ofrece considerando plazas cubiertas y vacantes.
- *Horario Laboral:* Se indaga sobre los hábitos laborales en el predio, jornadas de trabajo, número de empleados en estas jornadas entre otros datos.
- *Atracción secundaria:* Se indaga si la actividad que se desarrolla en el predio significa una atracción secundaria, es decir, se atrae a personas que no hacen uso de la actividad del predio pero que facilitan su ejecución.

#### 4.1.7.2 Proceso de levantamiento de datos

Para el levantamiento de datos se ha desarrollado el formulario “F1” (ver Anexo A y Anexo B) sugeridos por el MME desarrollado por el grupo de Investigación Modelos, Análisis y Simulaciones, del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Cuenca, el cual será utilizado para determinar los atributos de cada atractor. Debido a la falta de una base cartográfica regulada por parte del GAD Municipal de Santa Isabel que cuente con todos los predios y su uso de suelos, se procedió a realizar una visita inicial en la cual se identifican cada predio con actividad comercial. Utilizando la cartografía disponible se optó por ubicar el atractor mediante las zonas definidas en el presente trabajo de titulación, sus respectivas manzanas (a las cuales se les asignó una numeración por zona como se observa en el Anexo C) y una referencia tomando en cuenta ubicación o nombres de los locales.

Se procedió a visitar cada predio identificado anteriormente y se aplicó el formulario F1 en el cual se registraron los datos de atracción. En ciertos casos en los que no se pudo obtener



datos debido a la negativa del predio a brindarlos, la falta de un informante, etc., se optó por solicitar información a predios vecinos, clientes que frecuenten dichos locales, o la persona encargada del levantamiento que, mediante observación durante un cierto periodo de tiempo, pudo estimar los atributos necesarios. Por último, se procede a realizar una revisión de los datos obtenidos y se desarrollan validaciones y verificaciones.

#### **4.1.7.3 Inventario y análisis de atractores**

En total se visitaron 565 atractores dentro de la cabecera cantonal de Santa Isabel los cuales han sido registrados en el inventario de atractores de acuerdo a la zona, manzana y referencia obtenidas. En la Tabla 7, se resumen el número de atractores por tipo y por zona levantados de acuerdo a la metodología planteada.

A partir de la Tabla 7 se identifica la Zona 1 como aquella que posee mayor cantidad de atractores y, por otro lado, se identifican a las zonas 4, 13 y 14 como aquellas que poseen la menor cantidad de atractores. Además, se puede observar que la mayoría de atractores se encuentran en las zonas centrales del cantón, es decir las Zonas 1, 2, 5 y 8. Por otro lado, las zonas restantes tienen una baja cantidad de atractores debido a que son zonas residenciales o poco habitadas, esto indicaría un movimiento por parte de los habitantes de las zonas externas hacia las zonas centrales del cantón.

Atractor	Zonas																	
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Atractor 1 Comercio	144	113	6	0	78	5	5	110	2	15	22	2	0	0	3	3	21	<b>529</b>
Atractor 2 Mercados	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
Atractor 3 Hospital, Clínicas y Centros de Salud	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
Atractor 4 Escuelas o Colegios	1	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>
Atractor 5 Parques y Plazas	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
Atractor 6 Cementerios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
Atractor 7 Templos	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
Atractor 8 Centros Deportivos	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>2</b>
Atractor 9 Administración y Gestión Pública	4	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	<b>11</b>
Atractor 10 Bancos y Cooperativas	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>7</b>
<b>Totales</b>	<b>158</b>	<b>121</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>78</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>112</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>565</b>

Tabla 7. Número de atractores por tipo y zona.

Con respecto a los tipos de atractores se ha encontrado que el atractor Tipo 1: Comercio es el principal dentro del cantón, con un total de 529 atractores (que representan el 93.6% del total de atractores) que se concentran principalmente en las zonas centrales de la cabecera cantonal.

Los atractores contabilizados han sido aquellos visitados por parte de los elaboradores del presente trabajo de titulación, sin embargo, cabe indicar que en una pequeña cantidad de atractores hubo una negativa para entregar los datos por parte de los encuestados, no se encontraron personas presentes, no coincidió el horario de visita con el de atracción, entre otras novedades.

En función del inventario de atractores y de los datos de atracción obtenidos en el proceso de levantamiento de datos, se ha determinado la oferta de cada atractor por franja horaria y por día de la semana y se ha agrupado por motivo de viajes. En la Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 se observa el resumen de la oferta por motivo de atracción.

Día	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante
Lunes	1467	508	1022	87	50	349	36	16	0	8
Martes	1467	505	1019	94	52	349	36	19	0	8
Miércoles	1467	511	1022	88	57	349	36	20	0	8
Jueves	1467	505	1017	94	57	349	36	23	0	8
Viernes	1467	511	1017	94	57	349	36	23	0	8
Sábado	1329	400	642	103	52	50	25	31	0	23
Domingo	1355	365	652	116	60	51	23	24	0	23

Tabla 8. Oferta por Motivo Laboral.

Día	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante
Lunes	1361	1233	0	0	0	550	0	394	0	0
Martes	1361	1233	0	0	0	550	0	394	0	0
Miércoles	1361	1233	0	0	0	550	0	394	0	0
Jueves	1361	1233	0	0	0	550	0	394	0	0
Viernes	1361	1233	0	0	0	550	0	394	0	0
Sábado	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0
Domingo	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 9. Oferta por Motivo Educación.

Día	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante
Lunes	0	116	352	1456	2849	849	441	545	950	0
Martes	0	207	229	147	338	6	169	113	0	0
Miércoles	0	46	7175	8264	12697	2924	799	772	449	0
Jueves	0	131	69	33	509	435	283	248	233	0
Viernes	0	370	393	853	4599	3620	1409	3107	1622	192
Sábado	438	868	7436	8045	13307	4189	1744	2584	1659	192
Domingo	438	1021	7847	10586	26611	7742	2002	2327	675	67

Tabla 10. Oferta por Motivo Compras.

Día	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante
Lunes	0	1548	1548	1548	1548	1548	0	0	1548	0
Martes	0	1548	1548	1548	1548	1548	0	0	1548	0
Miércoles	0	1548	2798	2798	2798	2798	83	83	1548	0
Jueves	0	1548	1548	1548	1557	1557	9	109	1681	133
Viernes	0	1548	2798	2798	2857	2857	317	367	1931	383
Sábado	0	1548	2798	2798	2857	2857	317	367	1931	383
Domingo	0	1548	2798	2798	2857	2857	59	109	1898	350

Tabla 11. Oferta por Motivo Recreación.

Día	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante
Lunes	0	0	661	1420	1845	686	167	0	0	0
Martes	0	0	0	300	300	0	0	50	0	0
Miércoles	0	25	267	515	1190	936	167	0	0	0
Jueves	0	0	0	10	10	0	0	0	100	0
Viernes	0	25	0	149	241	186	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	13	13	0	50	200	0
Domingo	0	0	367	655	2426	763	1167	0	200	0

Tabla 12. Oferta por Motivo Otros.

Se ha determinado una oferta semanal total de 303469 en el área de estudio, la cual puede o no ser consumida por la demanda del cantón. En caso de no ser consumida, la oferta restante es cubierta por personas fuera de la zona de estudio. En la Tabla 9 se puede

observar que la oferta por educación se encuentra concentrada en ciertas franjas horarias, dado que las personas pueden iniciar a consumirla solo en ese momento (un estudiante llega al centro educativo al inicio de la jornada y no en cualquier momento del horario de clases).

De la misma manera, la oferta por motivo laboral se concentra al inicio de cada jornada laboral, pero debido a la diversidad de horarios se encuentra una mayor dispersión. Aun así, se observa que la mayoría de la oferta se encuentra concentrada en horarios matutinos. Además, en la Tabla 10 se puede observar un claro aumento de la oferta por motivo laboral en los días sábado y domingo. Los motivos Compras, Recreación y Otros tienen una gran dispersión tanto en el día de la semana, como en las franjas horarias.

#### **4.1.8 Red de Infraestructura**

El MME requiere, como uno de los datos de entrada, la red de infraestructura del área de estudio. En el presente estudio se utilizó la red de vías para la circulación de vehículos motorizados proporcionadas por el GAD municipal de Santa Isabel. Dicha red cuenta con datos referentes a las dimensiones de la vía, retiros, veredas, material del pavimento, entre otros. En la Figura 11 se observa la red de vías con la velocidad promedio en cada sección, las cuales fueron estimadas a partir de: los anchos de vía, el material de la vía, los límites de velocidad (obtenidos mediante inspección en campo) y el estado de la vía (determinados en otro trabajo de titulación dentro del mismo plan de movilidad).

A partir de la red vial y cada zona de movilidad definida, se genera un grafo en el cual los nodos representan las zonas del área de estudio en su centroide y, los enlaces que las unen, son representados por los caminos más cortos o más rápidos de acuerdo al modo de transporte que se emplea. En el presente estudio se ha tomado como modo de transporte referencial un vehículo privado, sin embargo, el análisis puede ser extendido para transportes públicos o motocicletas siempre que se disponga de su respectiva red de infraestructura.

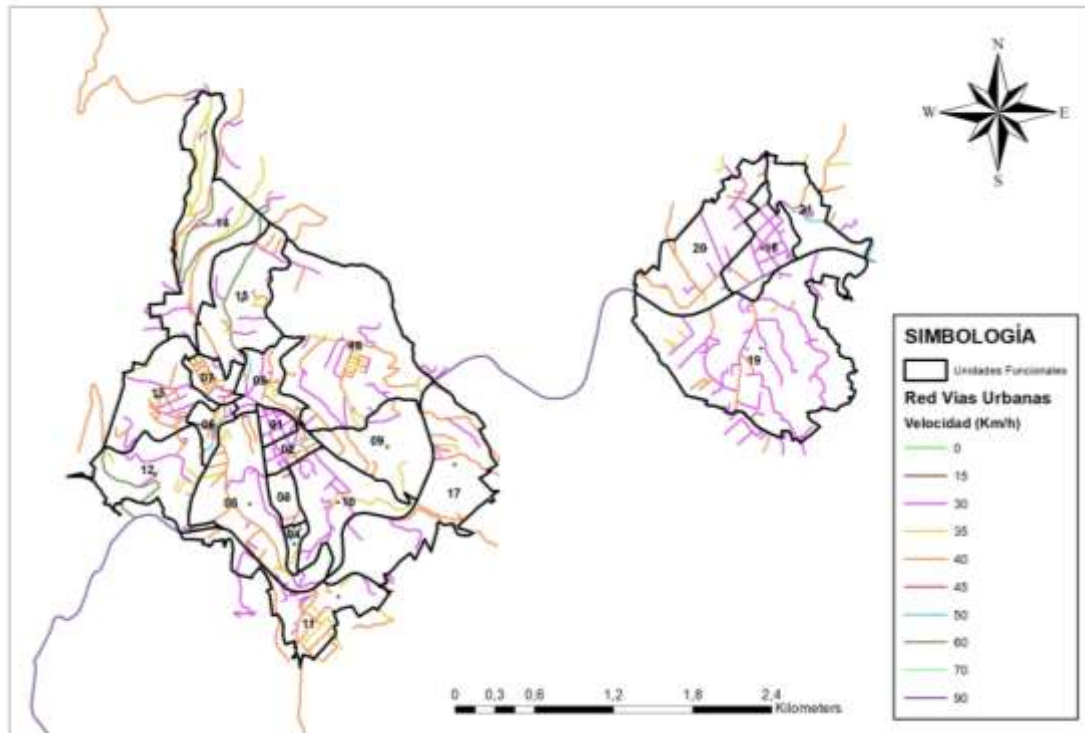


Figura 11. Red Vial del cantón Santa Isabel. Fuente: GAD Municipal. Elaboración propia.

## 4.2 Análisis de variables dependientes e independientes

### 4.2.1 Cálculo de Probabilidades

El análisis de variables inicia con el cálculo de probabilidades, las cuales definen la decisión de una persona de realizar o no un viaje. Para el cálculo se utiliza el Teorema de Bayes, el cual permite evaluar las probabilidades cuando se conoce información adicional (condiciones) (Montgomery y Runger, 2003). Su expresión se presenta en la Ecuación (7).

$$P(A|B) = \frac{P(B \cap A)}{P(B)} = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (7)$$

En el presente estudio se busca obtener las probabilidades de que una persona realice un viaje por cierto motivo (Evento A), si se conoce su sexo, edad y nivel de instrucción (Evento B). Para este cálculo se hace uso de los datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda del año 2010 respecto a las características educacionales y económicas de la población:

- La proporción de la población trabajadora que realiza sus labores fuera de su lugar de residencia determina la probabilidad a priori de que una persona, considerando

su género, edad y nivel de instrucción, tenga empleo. En la Tabla 13 y Tabla 14 se observa que la población trabajadora de Santa Isabel es principalmente mayor a 12 años, mientras que la probabilidad de salir a trabajar de la población infantil (0 a 11 años) es nula o casi nula (celdas de color rojo). También, se identifica que la población de entre 25 y 64 años cuyo nivel de instrucción más alto es Educación Básica es la que tiene mayor probabilidad de salir a trabajar (celda de color verde oscuro).

- La proporción de la población que asiste a establecimientos educativos regulares establece la probabilidad a priori de que una persona, considerando su género y edad, realice estudios formales. En la Tabla 15 y Tabla 16 se identifica que la población de entre 6 a 11 años es la que posee mayor probabilidad de salir por motivos de educación (celdas de color verde). Y se observa que la probabilidad es considerablemente menor en la población a medida que aumenta la edad.
- Los viajes realizados por motivos Compras, Recreación y Otros se determinan en función de los datos recopilados sobre hábitos de la población. La proporción de la población que realiza viajes por esos motivos ha sido calculada a partir de las frecuencias de actividad por rango de edad.

Grupos de edad	Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió										
	Ninguno	Centro de Alfabetización/ (EBA)	Preescolar	Primario	Secundario	Educación Básica	Bachillerato - Educación Media	Ciclo Postbachillerato	Superior	Postgrado	Se ignora
0 a 5 años	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6 a 11 años	0.01%	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%	0.05%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12 a 17 años	1.07%	0.87%	0.86%	0.46%	0.38%	1.37%	0.86%	1.01%	0.85%	0.56%	0.05%
18 a 24 años	2.19%	2.04%	5.04%	1.45%	1.14%	8.43%	0.47%	0.30%	0.30%	0.41%	0.56%
25 a 64 años	2.58%	4.37%	9.15%	5.32%	3.69%	36.43%	0.23%	0.15%	0.10%	0.38%	1.28%
>= 65 años	0.41%	0.82%	1.08%	0.90%	0.26%	1.71%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%

Tabla 13. Probabilidad de que un hombre salga por trabajo, por rango etario y nivel de instrucción.

Grupos de edad	Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió										
	Ninguno	Centro de Alfabetización/ (EBA)	Preescolar	Primario	Secundario	Educación Básica	Bachillerato - Educación Media	Ciclo Postbachillerato	Superior	Postgrado	Se ignora
0 a 5 años	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6 a 11 años	0.01%	0.03%	0.03%	0.04%	0.03%	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12 a 17 años	0.82%	0.67%	0.66%	0.35%	0.29%	1.06%	0.66%	0.78%	0.65%	0.43%	0.04%
18 a 24 años	2.00%	1.86%	4.61%	1.32%	1.04%	7.71%	0.43%	0.28%	0.28%	0.37%	0.51%
25 a 64 años	2.75%	4.66%	9.76%	5.68%	3.94%	38.83%	0.24%	0.16%	0.11%	0.41%	1.36%
>= 65 años	0.38%	0.77%	1.01%	0.84%	0.25%	1.60%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.21%

Tabla 14. Probabilidad de que una mujer salga por trabajo, por rango etario y nivel de instrucción.

Grupos de edad	Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió										
	Ninguno	Centro de Alfabetización/ (EBA)	Preescolar	Primario	Secundario	Educación Básica	Bachillerato - Educación Media	Ciclo Postbachillerato	Superior	Postgrado	Se ignora
0 a 5 años	5.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%
6 a 11 años	1.47%	6.63%	6.70%	7.72%	6.81%	8.10%	2.91%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%
12 a 17 años	4.37%	3.56%	3.51%	1.88%	1.55%	5.62%	3.51%	4.16%	3.48%	2.30%	0.19%
18 a 24 años	1.27%	1.18%	2.91%	0.84%	0.66%	4.88%	0.27%	0.18%	0.18%	0.24%	0.32%
25 a 64 años	0.25%	0.42%	0.88%	0.51%	0.36%	3.51%	0.02%	0.01%	0.01%	0.04%	0.12%
>= 65 años	0.07%	0.13%	0.18%	0.15%	0.04%	0.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%

Tabla 15. Probabilidad de que un hombre salga por educación, por rango etario y nivel de instrucción.

Grupos de edad	Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió										
	Ninguno	Centro de Alfabetización/ (EBA)	Preescolar	Primario	Secundario	Educación Básica	Bachillerato - Educación Media	Ciclo Postbachillerato	Superior	Postgrado	Se ignora
0 a 5 años	5.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%
6 a 11 años	1.46%	6.56%	6.63%	7.64%	6.74%	8.02%	2.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%
12 a 17 años	4.03%	3.29%	3.24%	1.74%	1.43%	5.18%	3.24%	3.83%	3.21%	2.12%	0.17%
18 a 24 años	1.39%	1.29%	3.19%	0.92%	0.72%	5.35%	0.30%	0.19%	0.19%	0.26%	0.36%
25 a 64 años	0.32%	0.54%	1.13%	0.66%	0.45%	4.48%	0.03%	0.02%	0.01%	0.05%	0.16%
>= 65 años	0.07%	0.15%	0.20%	0.16%	0.05%	0.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%

Tabla 16. Probabilidad de que una mujer salga por educación, por rango etario y nivel de instrucción.

#### 4.2.2 Pronóstico de la Demanda

Al contrario de la oferta, la demanda atiende a un valor estocástico y se pronostica en función de: la población proyectada para cada zona de movilidad al 2023 y la probabilidad de que una persona realice o no un viaje por un motivo determinado. En esta sección se puede observar como el pronóstico de la demanda a partir de la oferta implica menos recursos, pues el número de atractores (565) es sustancialmente inferior al número de habitantes (9382).

Para el pronóstico de la demanda, el MME toma la población de cada zona de movilidad y, utilizando las probabilidades calculadas para realizar o no un viaje por cierto motivo, determina la cantidad de personas que realizarán el viaje en cada zona. Una vez determinada dicha población, se distribuye los viajes en cada día de la semana y en cada franja horaria de acuerdo a las proporciones encontradas en la oferta de viajes. En la Tabla 17 se muestran los resultados al pronosticar la demanda, en donde se han obtenido 120327 viajes demandados por semana.

#### 4.2.3 Distribución de Viajes

Con la oferta y la demanda de viajes determinada, se continua con la etapa 2 del Modelo Clásico de Transporte: Distribución de viajes. En esta etapa los viajes producidos en una zona de origen se distribuyen entre cada zona de destino que oferta el motivo demandado. El modelo utilizado en esta etapa es el Modelo de Gravedad descrito en la Sección 2.2.2.2.

El modelo utiliza los factores de balanceo y la impedancia de viaje para distribuir los viajes entre zonas. En el presente estudio se ha utilizado el tiempo y la distancia de viaje, entre cada una de las zonas, como atributos que definen la impedancia. Para determinar los tiempos de viaje se emplea la red de infraestructura y un software SIG (ArcGIS) para determinar las rutas más cortas entre cada par origen-destino.

Para definir el efecto de la impedancia se hace uso de la función de fricción, la que normalmente es definida y calibrada en función de una matriz OD conocida en un año base. Sin embargo, en el presente trabajo no se cuenta con una, ya que precisamente se busca obtener la primera matriz OD para el área de estudio. Por este motivo, se utiliza una función de fricción analítica decreciente con la distancia para obtener la matriz base. La expresión utilizada se observa en la Ecuación ( 8 ), la cual es una función exponencial negativa y ha sido seleccionada ya que favorece a los destinos cuya distancia al origen es menor. El coeficiente ha sido tomado como el inverso de la distancia promedio de los recorridos que existen en el cantón, pues se considera una útil estimación inicial (Ortúzar y Willumsen, 2011).



$$f(c_{ij}) = e^{-0.2c_{ij}} \quad (8)$$

Donde:

$f(c_{ij})$  función de fricción o de disuasión.

$c_{ij}$  costo de viaje (tiempo, distancia) en la celda formada por la fila  $i$  y la columna  $j$ .

Zona	Laboral	Educación	Compras	Recreación	Otros	Total
1	1528	1750	1329	1222	4243	10072
2	1282	1421	1112	1024	3552	8391
3	191	264	205	188	652	1500
4	77	91	99	90	316	673
5	2332	2648	2012	1851	6423	15266
6	1033	1136	880	810	2810	6669
7	303	385	327	300	1043	2358
8	1789	2030	1557	1432	4969	11777
9	773	861	689	635	2202	5160
10	1004	1118	858	789	2738	6507
11	487	604	473	435	1512	3511
12	221	306	239	220	762	1748
13	335	432	351	323	1124	2565
14	131	147	143	132	456	1009
15	1126	1241	983	904	3141	7395
16	1147	1279	999	919	3193	7537
17	204	273	229	210	726	1642
18	917	1013	810	745	2584	6069
19	917	1013	813	748	2591	6082
20	557	684	524	483	1673	3921
21	475	593	461	425	1476	3430
22	303	390	320	294	1021	2328
23	157	212	169	156	543	1237
24	432	530	419	385	1335	3101
25	0	0	3	3	14	20
26	16	51	44	40	139	290
27	0	0	3	3	14	20
28	0	0	10	10	29	49
<b>Total</b>	<b>17737</b>	<b>20472</b>	<b>16061</b>	<b>14776</b>	<b>51281</b>	<b>120327</b>

Tabla 17. Demanda Pronosticada por Zona y Motivo de Viaje.

**5 Presentación de datos y resultados**

Como resultado de transformar los datos de entrada en información, el MME obtiene la matriz OD que define el número de viajes requeridos de un origen hacia un destino. Las matrices generadas se presentan de manera desagregada de acuerdo al motivo de viaje y periodo (día de la semana y franja horaria), o una única matriz de manera agregada. En adición, utilizando el periodo y los datos agregados se puede definir una curva que evidencie los periodos pico y valle existentes en la zona de estudio.

**5.1 Resultados matrices OD Desagregadas**

En la Tabla 18 se presenta la matriz OD por motivo laboral. En ella se puede identificar que la mayor cantidad de viajes se realizan con destino a las Zonas 1 y 2 (celdas de color verde en la última fila), que llegan a ser las zonas centrales del cantón. Por otro lado, se observa que las zonas fuera de la cabecera cantonal (a partir de la Zona 18) generan gran parte de los viajes semanales hacia las 17 zonas principales, por lo que son relevantes dentro de la planificación del cantón.

Zona	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Z1	531	600	58	30	79	18	0	131	5	11	25	0	0	0	13	2	25	1528
Z2	377	563	47	30	63	11	0	115	5	17	21	0	0	0	7	1	25	1282
Z3	66	83	12	10	6	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191
Z4	31	44	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
Z5	688	948	96	50	172	34	6	177	12	34	43	0	0	0	15	9	48	2332
Z6	321	422	48	20	54	16	0	102	5	10	13	0	0	0	7	0	15	1033
Z7	104	126	11	10	22	5	0	19	0	0	0	0	0	0	6	0	0	303
Z8	542	734	60	30	82	27	0	202	11	18	28	0	0	0	14	7	34	1789
Z9	231	333	31	15	37	10	0	78	5	2	7	0	0	0	7	0	17	773
Z10	290	429	48	20	46	10	0	99	5	13	17	0	0	0	7	0	20	1004
Z11	136	211	28	10	31	5	0	39	0	0	13	0	0	0	6	0	8	487
Z12	73	85	12	10	25	0	0	15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	221
Z13	112	137	11	10	22	10	0	30	0	0	0	0	0	0	2	0	1	335
Z14	50	59	0	5	2	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131
Z15	336	459	47	20	57	16	0	129	5	9	15	0	0	0	14	0	19	1126
Z16	343	478	46	20	56	16	0	118	5	10	21	0	0	0	13	1	20	1147
Z17	66	89	12	10	10	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	2	204
Z18	275	381	37	20	44	10	0	93	5	9	16	0	0	0	7	0	20	917
Z19	275	381	37	20	44	10	0	93	5	9	16	0	0	0	7	0	20	917
Z20	178	242	16	10	24	10	0	52	0	0	2	0	0	0	7	0	16	557
Z21	135	223	14	10	22	0	0	55	0	0	0	0	0	0	6	0	10	475
Z22	80	147	12	10	27	0	0	22	0	0	2	0	0	0	0	0	3	303
Z23	48	73	10	0	13	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
Z24	122	187	19	10	26	5	0	44	5	0	0	0	0	0	7	0	7	432
Z25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z26	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Z27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5417	7443	712	380	964	213	6	1672	73	142	239	0	0	0	146	20	310	17737

Tabla 18. Matriz OD Motivo Laboral.

En la Tabla 19 se observa que los viajes por motivos laborales realizados por los habitantes del cantón Santa Isabel varían muy poco a lo largo de la semana. Sin embargo, al observar

la variación respecto a la hora del día, se pueden identificar picos en las franjas horarias matutinas (celdas de color verde).

Día de la Semana	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante	Total
Lunes	1066	369	719	63	36	244	25	11	0	2	2535
Martes	1064	365	715	68	36	244	25	13	0	2	2532
Miércoles	1058	369	716	64	42	243	24	13	0	2	2531
Jueves	1058	365	710	68	42	243	24	16	0	2	2528
Viernes	1058	369	710	68	42	243	24	16	0	2	2532
Sábado	1281	383	611	98	54	46	22	32	0	20	2547
Domingo	1300	347	610	106	59	49	20	21	0	20	2532
<b>Total</b>	<b>7885</b>	<b>2567</b>	<b>4791</b>	<b>535</b>	<b>311</b>	<b>1312</b>	<b>164</b>	<b>122</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>17737</b>

Tabla 19. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Laboral.

En la matriz OD obtenida por motivo de educación (Tabla 20) se pueden distinguir fácilmente las zonas que poseen centros educativos. Los viajes son realizados únicamente con destino hacia las Zonas 1, 2, 3 y 9, por lo tanto, las zonas restantes no poseen centros de educación formal. También se identifica la Zona 3 como la más popular por parte de los estudiantes.

La utilidad de la matriz se refleja al utilizar el número de viajes para evaluar la capacidad de los centros educativos de acoger la demanda de estudiantes. En caso de no abastecer la misma, se puede considerar la viabilidad de ampliar los centros disponibles o la construcción de nuevas instalaciones. A la vez, la matriz permite evidenciar las zonas factibles para la implementación de un centro educativo, disminuyendo las longitudes y los tiempos de viaje de los estudiantes. Esto se realiza analizando la disponibilidad de cada zona y los beneficios que traería a la demanda de las zonas a su alrededor.

Además, utilizar la Tabla 21 para identificar la franja horaria con mayor número de viajes, ayudaría a las autoridades a tener control adecuado del tránsito en las horas pico, con lo que se evitan accidentes en la población estudiantil. Se puede observar claramente como los viajes disminuyen los fines de semana (celdas de color rojo en la última columna), que corresponden a los días libres para la mayoría de instituciones educativas.

Zona	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Z1	135	465	609	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0	0	0	0	0	1304
Z2	85	405	494	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	1064
Z3	15	75	88	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	193
Z4	5	25	32	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	67
Z5	175	715	929	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	1979
Z6	80	305	401	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	851
Z7	25	105	132	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	287
Z8	135	555	704	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	1514
Z9	50	225	301	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	641
Z10	65	305	389	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	829
Z11	35	170	215	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	455
Z12	20	85	105	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	230
Z13	30	110	149	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	314
Z14	10	35	49	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	104
Z15	80	340	435	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	930
Z16	80	340	440	0	0	0	0	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	945
Z17	15	75	93	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	203
Z18	65	265	352	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	747
Z19	65	265	352	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	747
Z20	40	185	237	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	507
Z21	30	150	218	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	433
Z22	20	100	147	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	287
Z23	10	55	86	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	161
Z24	30	135	201	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	391
Z25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z26	5	10	22	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	42
Z27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1305	5500	7180	0	0	0	0	0	1240	0	0	0	0	0	0	0	0	15225

Tabla 20. Matriz OD Motivo Educación.

Día de la Semana	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante	Total
Lunes	1106	1026	0	0	0	457	0	328	0	0	2917
Martes	1106	1026	0	0	0	457	0	328	0	0	2917
Miércoles	1106	1026	0	0	0	457	0	328	0	0	2917
Jueves	1106	1026	0	0	0	457	0	328	0	0	2917
Viernes	1106	1026	0	0	0	457	0	328	0	0	2917
Sábado	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0	320
Domingo	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0	320
Total	5530	5770	0	0	0	2285	0	1640	0	0	15225

Tabla 21. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Educación.

En la Tabla 22 se presenta la matriz OD por motivo de compras, evidenciando que la Zona 2 destaca como el destino más frecuente para el abastecimiento de productos (celda de color verde en la fila más baja). Esto se debe principalmente a la presencia del Mercado Municipal de Santa Isabel, el centro de comercio más importante del cantón.

En aquellos destinos que atraen un gran número de viajes, se observa una diversidad de establecimientos comerciales, tales como locales, mercados y distribuidoras. El reconocimiento de estas zonas resulta crucial para la adecuada planificación del transporte y el fomento del desarrollo económico. Por otro lado, al analizar las zonas de origen con una significativa demanda de viajes, es posible identificar áreas con escasez de opciones para

el abastecimiento de productos. Esta información es valiosa para detectar posibles desequilibrios comerciales y adoptar medidas que favorezcan la accesibilidad y el suministro adecuado en dichas zonas.

Zona	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Z1	312	577	8	0	125	4	4	188	0	14	34	2	0	0	0	0	62	1330
Z2	220	528	8	0	99	1	3	158	0	12	28	1	0	0	0	0	54	1112
Z3	39	99	1	0	20	0	0	34	0	1	3	0	0	0	0	0	6	203
Z4	19	46	1	0	9	0	0	15	0	1	2	0	0	0	0	0	3	96
Z5	407	876	13	0	249	6	5	266	0	24	61	5	0	0	0	0	96	2008
Z6	188	385	6	0	89	1	3	133	0	10	23	2	0	0	0	0	41	881
Z7	68	145	1	0	31	0	0	52	0	1	9	0	0	0	0	0	18	325
Z8	313	685	9	0	138	5	4	267	0	16	38	2	0	0	0	0	80	1557
Z9	138	313	3	0	65	1	2	98	0	9	19	0	0	0	0	0	42	690
Z10	164	390	6	0	80	1	3	121	0	11	26	0	0	0	0	0	50	852
Z11	89	220	3	0	51	0	1	59	0	5	20	0	0	0	0	0	26	474
Z12	50	103	0	0	28	0	0	39	0	1	4	0	0	0	0	0	12	237
Z13	73	158	1	0	36	0	1	56	0	1	6	0	0	0	0	0	17	349
Z14	29	64	0	0	14	0	0	28	0	1	3	0	0	0	0	0	4	143
Z15	194	435	6	0	90	1	3	165	0	11	23	3	0	0	2	0	53	986
Z16	199	447	6	0	88	1	3	162	0	11	24	0	0	0	0	0	58	999
Z17	43	100	0	0	22	0	0	37	0	1	4	0	0	0	0	0	21	228
Z18	162	356	3	0	74	1	3	120	0	10	21	0	0	0	0	0	60	810
Z19	162	358	3	0	74	1	3	122	0	10	22	0	0	0	0	0	61	816
Z20	104	231	2	0	46	1	1	79	0	6	16	0	0	0	0	0	41	527
Z21	93	203	3	0	41	1	1	68	0	5	13	0	0	0	0	0	36	464
Z22	62	149	1	0	33	0	0	44	0	1	10	0	0	0	0	0	21	321
Z23	32	76	0	0	24	0	0	27	0	1	3	0	0	0	0	0	4	167
Z24	86	185	2	0	43	0	2	65	0	2	11	0	0	0	0	0	22	418
Z25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z26	14	22	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	41
Z27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z28	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Total	3264	7155	86	0	1570	25	42	2406	0	165	424	15	0	0	2	0	888	16042

Tabla 22. Matriz OD Motivo Compras.

La Tabla 23 revela claramente la preferencia de las personas por realizar sus compras los días Domingos (celda verde en la columna derecha), ya que se registra la mayor cantidad de viajes en dicho día. Asimismo, se destaca la franja horaria “De 10:00 a 13:00 horas” como el periodo pico, puesto que en ese lapso se concentra la mayoría de los viajes realizados (celda roja en la fila inferior).

Día de la Semana	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante	Total
Lunes	0	19	64	272	531	156	82	100	180	0	1404
Martes	0	117	131	82	194	0	96	63	0	0	683
Miércoles	0	0	301	343	534	123	33	32	17	0	1383
Jueves	0	61	32	12	232	197	132	112	105	0	883
Viernes	0	24	26	58	307	241	95	207	111	12	1081
Sábado	41	80	695	753	1247	394	161	241	155	16	3783
Domingo	50	115	906	1219	3064	890	231	268	78	4	6825
Total	91	416	2155	2739	6109	2001	830	1023	646	32	16042

Tabla 23. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Compras.

Aplicando el mismo razonamiento que en los motivos anteriores, las matrices OD con motivos Recreación y Otros (Tabla 24 y Tabla 26), indicarán los lugares más populares para la población para realizar actividades de recreación (parques, plazas, coliseos, bares y discotecas), actividades religiosas, ir a establecimientos de salud, realizar gestiones financieras o administrativas, y otros.

Zona	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Z1	859	288	10	0	21	0	0	0	0	2	25	0	0	0	0	1	17	1223
Z2	665	292	6	0	16	0	0	0	0	3	24	0	0	0	0	1	17	1024
Z3	126	50	1	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	188
Z4	66	20	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	90
Z5	1230	488	14	0	38	0	0	0	0	3	47	0	0	0	0	4	28	1852
Z6	550	206	5	0	15	0	0	0	0	2	19	0	0	0	0	0	14	811
Z7	206	76	1	0	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	296
Z8	962	378	10	0	23	0	0	0	0	4	32	0	0	0	0	4	22	1435
Z9	419	174	4	0	10	0	0	0	0	2	14	0	0	0	0	0	9	632
Z10	520	222	5	0	13	0	0	0	0	2	22	0	0	0	0	0	12	796
Z11	279	124	3	0	7	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	5	433
Z12	150	52	1	0	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	216
Z13	217	86	2	0	4	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	4	321
Z14	91	32	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	3	130
Z15	609	242	6	0	15	0	0	0	0	2	21	0	0	0	0	3	13	911
Z16	616	244	4	0	15	0	0	0	0	2	21	0	0	0	0	6	13	921
Z17	138	56	0	0	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	207
Z18	497	192	3	0	12	0	0	0	0	2	18	0	0	0	0	0	17	741
Z19	498	192	3	0	12	0	0	0	0	2	18	0	0	0	0	0	17	742
Z20	325	130	2	0	8	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	9	485
Z21	283	114	1	0	9	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	9	425
Z22	187	86	1	0	4	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	4	290
Z23	103	44	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	158
Z24	264	96	2	0	9	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	5	384
Z25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z26	31	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
Z27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z28	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Total	9895	3888	84	0	242	0	0	0	0	26	356	0	0	0	0	19	240	14750

Tabla 24. Matriz OD Motivo Recreación.

Día de la Semana	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante	Total
Lunes	0	162	162	162	162	162	0	0	162	0	972
Martes	0	144	144	144	144	144	0	0	144	0	864
Miércoles	0	112	205	205	205	205	3	3	112	0	1050
Jueves	0	143	143	143	143	143	0	10	153	12	890
Viernes	0	277	495	495	508	508	56	64	342	68	2813
Sábado	0	492	894	894	917	917	100	116	618	124	5072
Domingo	0	312	565	565	580	580	11	20	385	71	3089
Total	0	1642	2608	2608	2659	2659	170	213	1916	275	14750

Tabla 25. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Recreación.

Zona	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Z1	941	55	103	4	0	20	0	119	0	0	0	4	0	0	2	0	4	1252
Z2	772	48	88	4	0	16	0	107	0	0	0	4	0	0	2	0	4	1045
Z3	141	8	20	0	0	4	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191
Z4	68	4	9	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
Z5	1378	83	185	8	0	38	0	185	0	0	0	8	0	4	4	0	4	1897
Z6	603	36	74	4	0	20	0	84	0	0	0	4	0	0	2	0	2	829
Z7	225	15	29	0	0	8	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	309
Z8	1065	68	122	4	0	24	0	170	0	0	0	4	0	0	4	0	4	1465
Z9	477	30	55	4	0	12	0	67	0	0	0	2	0	0	2	0	0	649
Z10	588	38	79	4	0	12	0	82	0	0	0	4	0	0	2	0	4	813
Z11	321	21	46	1	0	8	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	443
Z12	163	9	20	0	0	4	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216
Z13	240	15	29	0	0	8	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328
Z14	98	4	9	0	0	4	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130
Z15	667	43	80	4	0	18	0	108	0	0	0	4	0	0	4	0	4	932
Z16	685	43	80	4	0	16	0	105	0	0	0	4	0	0	2	0	4	943
Z17	156	9	20	0	0	4	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206
Z18	559	34	66	4	0	12	0	79	0	0	0	4	0	0	2	0	4	764
Z19	560	34	66	4	0	12	0	80	0	0	0	4	0	0	2	0	4	766
Z20	361	23	44	0	0	8	0	53	0	0	0	0	0	0	2	0	0	491
Z21	321	19	37	0	0	8	0	48	0	0	0	0	0	0	2	0	0	435
Z22	219	13	32	0	0	4	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	296
Z23	116	6	16	0	0	4	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160
Z24	287	17	34	0	0	8	0	39	0	0	0	0	0	0	2	0	0	387
Z25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z26	31	2	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
Z27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z28	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Total	11050	677	1346	49	0	272	0	1572	0	0	0	46	0	4	34	0	38	15088

Tabla 26. Matriz OD Motivo Otros.

Día de la Semana	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante	Total
Lunes	0	0	664	1424	1854	687	165	0	0	0	4794
Martes	0	0	0	299	299	0	0	50	0	0	648
Miércoles	0	25	266	510	1183	935	165	0	0	0	3084
Jueves	0	0	0	10	10	0	0	0	98	0	118
Viernes	0	25	0	147	238	185	0	0	0	0	595
Sábado	0	0	0	0	12	12	0	50	201	0	275
Domingo	0	0	368	654	2426	762	1164	0	200	0	5574
Total	0	50	1298	3044	6022	2581	1494	100	499	0	15088

Tabla 27. Viajes por día de la semana y franja horaria. Motivo Otros.

5.2 Resultado matriz OD Agregada

En la Tabla 28 se muestra la Matriz OD agregada para las zonas urbanas del cantón Santa Isabel con un total de 78842 viajes semanales. En esta matriz una persona es responsable de 0, 1 o más viajes, lo cual depende de las características propias de cada individuo para realizar o no el viaje y la oferta que se encuentre en el área de estudio. En los resultados se puede observar que la mayor cantidad de viajes tienen como destino las Zonas 1, 2 y 3 (celdas de color verde en la fila más baja), consideradas la parte central del cantón, lo que indica una gran movilidad por parte de los habitantes hacia el centro urbano.

Zona	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Total
Z1	2778	1985	788	34	225	42	4	438	100	27	84	6	0	0	15	3	108	6637
Z2	2119	1836	643	34	178	28	3	380	85	32	73	5	0	0	9	2	100	5527
Z3	387	315	122	10	27	4	0	66	15	1	9	0	0	0	0	0	10	966
Z4	189	139	42	0	9	0	0	28	5	1	4	0	0	0	0	0	5	422
Z5	3878	3110	1237	58	459	78	11	628	172	61	151	13	0	4	19	13	176	10068
Z6	1742	1354	534	24	158	37	3	319	70	22	55	6	0	0	9	0	72	4405
Z7	628	467	174	10	56	13	0	103	25	1	15	0	0	0	6	0	22	1520
Z8	3017	2420	905	34	243	56	4	639	131	38	98	6	0	0	18	11	140	7760
Z9	1315	1075	394	19	112	23	2	243	70	13	40	2	0	0	9	0	68	3385
Z10	1627	1384	527	24	139	23	3	302	75	26	65	4	0	0	9	0	86	4294
Z11	860	746	295	11	89	13	1	144	35	5	48	0	0	0	6	0	39	2292
Z12	456	334	138	10	56	4	0	74	20	1	10	0	0	0	1	0	16	1120
Z13	672	506	192	10	62	18	1	122	25	1	14	0	0	0	2	0	22	1647
Z14	278	194	58	5	16	4	0	58	10	1	7	0	0	0	0	0	7	638
Z15	1886	1519	574	24	162	35	3	402	80	22	59	7	0	0	20	3	89	4885
Z16	1923	1552	576	24	159	33	3	385	90	23	66	4	0	0	15	7	95	4955
Z17	418	329	125	10	35	4	0	69	20	1	10	0	0	0	0	0	27	1048
Z18	1558	1228	461	24	130	23	3	292	70	21	55	4	0	0	9	0	101	3979
Z19	1560	1230	461	24	130	23	3	295	70	21	56	4	0	0	9	0	102	3988
Z20	1008	811	301	10	78	19	1	184	45	6	29	0	0	0	9	0	66	2567
Z21	862	709	273	10	72	9	1	171	35	5	22	0	0	0	8	0	55	2232
Z22	568	495	193	10	64	4	0	94	20	1	20	0	0	0	0	0	28	1497
Z23	309	254	112	0	38	4	0	58	10	1	9	0	0	0	0	0	8	803
Z24	789	620	258	10	78	13	2	148	30	2	19	0	0	0	9	0	34	2012
Z25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Z26	88	47	25	0	1	0	0	8	5	0	1	0	0	0	0	0	0	175
Z27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Z28	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Total	30931	24663	9408	429	2776	510	48	5650	1313	333	1019	61	0	4	182	39	1476	78842

Tabla 28. Matriz OD Agregada.

En la Tabla 29 se presenta un resumen de los viajes realizados por día de la semana y por franja horaria. En la misma se pueden identificar los periodos pico, es decir, donde ocurren la mayor cantidad de viajes (resaltados de color rojo), y los periodos valle, donde existe poca cantidad de viajes (resaltados de color verde). Se puede observar que en los días del fin de semana es donde ocurren principalmente los viajes, esto concuerda con la realidad del cantón, pues estos días son preferidos por la población para realizar su abastecimiento en el Mercado Municipal y aprovechar para realizar actividades religiosas, recreacionales, gestiones financieras, entre otras.

Día de la Semana	De 05:00 a 07:00	De 07:00 a 08:00	De 08:00 a 09:00	De 09:00 a 10:00	De 10:00 a 13:00	De 13:00 a 15:00	De 15:00 a 17:00	De 17:00 a 19:00	De 19:00 a 21:00	De 21:00 en adelante	Total
Lunes	2172	1576	1609	1921	2583	1706	272	439	342	2	12622
Martes	2170	1652	990	593	673	845	121	454	144	2	7644
Miércoles	2164	1532	1488	1122	1964	1963	225	376	129	2	10965
Jueves	2164	1595	885	233	427	1040	156	466	356	14	7336
Viernes	2164	1721	1231	768	1095	1634	175	615	453	82	9938
Sábado	1322	1275	2200	1745	2230	1369	283	439	974	160	11997
Domingo	1350	1094	2449	2544	6129	2281	1426	309	663	95	18340
Total	13506	10445	10852	8926	15101	10838	2658	3098	3061	357	78842

Tabla 29. Viajes Totales por día de la semana y franja horaria.



### 5.3 Verificación de la matriz OD

Para la verificación de los resultados de las matrices OD se realizó un conteo de los estudiantes que asistieron a la Unidad Educativa Fiscomisional “La Inmaculada”, ubicada en la Zona 1 de acuerdo a la zonificación realizada. El conteo dio como resultado un total de 315 viajes con motivos de educación el día jueves entre las 5:00 y 7:00 horas de la mañana. De acuerdo a los resultados obtenidos en el MME se han determinado un total de 261 viajes, por lo que se evidencia una diferencia respecto a los datos observados.

Los datos recopilados en el conteo son un 20.6 % mayores a los datos obtenidos en el MME. Esta diferencia es debida a las limitaciones del modelo, principalmente al comportamiento racional de las personas en la toma de decisiones que supone el Modelo, es decir, en la maximización de la utilidad. Dicha diferencia de viajes puede ser causada por motivos como la calidad de la educación del centro educativo, su naturaleza religiosa, la asistencia de familiares al mismo centro, entre otros, y, por lo tanto, son considerados como irracionales dentro del modelo. Se asume que este comportamiento se extiende hacia todos los resultados obtenidos, por lo que se debe considerar al momento de la planificación del transporte.

### 5.4 Limitaciones

En todo proyecto técnico se presentan distintos tipos de limitaciones. En este trabajo de titulación se han presentado las siguientes:

- En el proceso de levantamiento de datos no se contaba con suficiente personal ni medios de transporte que faciliten alcanzar las zonas más lejanas del área de estudio, por lo tanto, tomó más tiempo del planteado inicialmente.
- De igual manera, debido a la falta de una base de datos referente al uso de suelos en los predios del cantón, se realizó el levantamiento únicamente en los predios visibles por parte de los encuestadores.
- Como ya se menciona en la sección 3.3., la principal limitación se encuentra en los datos proporcionados por parte de las personas encuestadas. Varias personas estiman los datos a partir de su experiencia, mientras que ciertos locales si poseen un eficaz conocimiento de su oferta a partir de sus bases de datos.

## 6 Conclusiones y Recomendaciones

El principal desafío del MME es la obtención de los datos de entrada y que además sean eficaces, precisos, y suficientes. Utilizando las fuentes secundarias brindadas por el GAD Municipal de Santa Isabel se logró obtener una zonificación, la cual es un dato de entrada primordial en el MME. Se recomienda a las autoridades una planificación futura para la recolección de datos y actualización continuamente.

En el estudio se realizaron levantamientos de datos que tomaron alrededor de 5 semanas por parte de los autores y una persona adicional, por lo que se cree que una gestión adecuada por parte de las autoridades pertinentes puede mantener una base de datos completa y actualizada. Asimismo, cierta información que ha sido negada por parte de los encuestados, o estimada por parte de los encuestadores, puede ser recopilada con mayor eficacia si se cuenta con un adecuado marco logístico y con los recursos suficientes. Utilizando dicha información levantada se obtuvo el inventario de atractores utilizados en las etapas de generación y de distribución de viajes.

Se comprobó que el MME es adecuado para la determinación de matrices OD por distintos motivos de viaje, lo que ayudará en la planificación de la movilidad en el cantón Santa Isabel. Con las matrices se han podido identificar las principales zonas que poseen un gran nivel de atracción, estas corresponden a las Zonas 1, 2, 3 y 8.

De igual manera, con ayuda de los días de la semana y las franjas horarias, se han identificado los periodos pico y valle, influenciados principalmente por los horarios de atención de cada atractor. La franja horaria de “10:00 a 13:00 horas” se manifiesta como el periodo pico y la franja de “21:00 horas en adelante” como el periodo valle. Por otro lado, el día Domingo es el que registra la mayor cantidad de viajes realizados. Identificar estos periodos permite una planificación respecto al tráfico, la seguridad, la contaminación auditiva, y un posible sistema de transporte urbano para el cantón lo que mejoraría considerablemente a su desarrollo sostenible.

Conocer la oferta y la demanda del área de estudio permite identificar que oferta es consumida por personas externas a las zonas analizadas. Esto permitirá en un futuro analizar nuevas zonas, no solo dentro del cantón, sino zonas externas, tales como las ciudades de Cuenca o Machala que demandan puestos laborales y actividades recreacionales dentro del cantón. También se podrían añadir nuevos motivos de viajes como las actividades turísticas, ya que estas son representativas del cantón, sobre todo en la parroquia Abdón Calderón.

Por último, cabe recalcar que la verificación realizada muestra una diferencia entre los valores obtenidos y los valores observados. Por este motivo, es primordial realizar un estudio que identifique potenciales zonas rurales que influyeran directamente en el número de viajes que se realizan y que se puede incluir dentro del área de estudio para obtener resultados más precisos. De igual manera, parte de la diferencia mencionada puede ser causada por decisiones no racionales que el MME por lo que es importante conocer adecuadamente los hábitos de la población.

### Referencias

- Aón, L. C., Giglio, M. L., Freaza, N. S., Cola, C. A., & López, M. J. (2020). Los atractores de viajes como concepto operacional en el estudio de la movilidad urbana. *Revista Transporte y Territorio*, 23, 30-52. <https://doi.org/10.34096/rtt.i23.9655>
- Banks, J. H. (1998). *Introduction to Transportation Engineering*. WCB/McGraw-Hill.
- Bocanegra, H. L. (2005). *Estimación de una matriz origen-destino a partir de aforos vehiculares* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/6807/>
- CEPAL. (2003). *La ciudad inclusiva*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/27814>
- CEPAL, & CELADE. (2004). América Latina: Tablas de mortalidad, 1950-2025. *Boletín Demográfico*, 74. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39539>
- Coto-Solano, M. E. (2019). Estimación de Demanda de Tránsito: Modelos clásico, basado en circuitos y basado en actividades. (Revisión Literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 32(2), 112-121. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i2.4353>
- Cui, A. (2006). *Bus passenger Origin-Destination Matrix estimation using Automated Data Collection systems* [Tesis de Maestría, Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/37970>
- Ecuador—Natalidad 2021. (2023). Datosmacro.com. <https://datosmacro.expansion.com/demografia/natalidad/ecuador>
- GADMSI. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santa Isabel 2020-2030*. Santa Isabel, Ecuador.
- GADMSI. (2021). *Plan de Uso y Gestión del Suelo Santa Isabel 2021-2032*. Santa Isabel, Ecuador.
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2020). *Traffic and Highway Engineering, Enhanced SI Edition* (5ta Edición). Cengage Learning.
- Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Island Press.
- INEC. (2012). *Proyecciones de la Población de la Republica del Ecuador 2010-2050*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito, Ecuador.

- INEC. (2022). *Estimación y Conciliación Demográfica del Ecuador Revisión 2022*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito, Ecuador.
- INEC. (s/f). *El transporte terrestre de pasajeros en Ecuador y Quito: Perspectiva histórica y situación actual*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito, Ecuador.
- Meyer, M. D. (2016). *Transportation Planning Handbook* (4ta Edición). John Wiley & Sons.
- Miralles-Guasch, C. (1998). La movilidad de las mujeres en la ciudad. Un análisis desde la Ecología urbana. *Ecología Política*, 15, 123-130.
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada Frontera, À. (2009). Movilidad cotidiana y sostenibilidad: Una interpretación desde la geografía humana. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 50, 193-216.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (2da Edición). Limusa Wiley.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport* (4ta Edición). John Wiley & Sons.
- Sinha, K. C., & Labi, S. (2007). *Transportation Decision Making: Principles of Project Evaluation and Programming*. John Wiley & Sons.
- Suprayitno, H. (2018). Searching the Correct and Appropriate Deterrence Function General Formula for Calculating Gravity Trip Distribution Model. *IPTEK: The Journal of Engineering*, 4(3). <http://doi.org/10.12962/j23378557.v4i3.a3762>
- Verastegui, D. D. (2011). *Estimación de matrices origen-destino y calibración de parámetros en el problema de asignación de tráfico en redes congestionadas*. Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha.



## Anexo B. Formulario 1 Página 2.

### 4. Dispersión de la Demanda

Considerando la experiencia sobre la actividad que se realiza en el predio estime los siguientes datos.

\* Marque con una X las HORAS del día en que más afluencia de clientes, pacientes, pasajeros, etc., tiene.

05:00 a 07:00	07:00 a 08:00	08:00 a 09:00	09:00 a 10:00	10:00 a 13:00	13:00 a 15:00	15:00 a 17:00	17:00 a 19:00	19:00 a 21:00	21:00 en adelante
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Podría estimar el número de personas adicionales que llegan habitualmente al local durante las HORAS de mayor afluencia?

\* Marque con una X el(los) Día(s) de la semana que más afluencia de clientes, pacientes, pasajeros, etc., tiene.

Lunes    Martes    Miércoles    Jueves    Viernes    Sábado    Domingo

Podría estimar el número de personas adicionales que habitualmente llegan al local los DÍAS de mayor afluencia?

Hay temporadas en que cambian la afluencia de las personas. Marque con una X la condición para las siguientes temporadas:

Temporada	Aumenta	Disminuye	No abre
Feriatos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vacaciones (julio y agosto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

En caso de Otra, detalle la temporada:

---

### 5. Origen de la Demanda

Los clientes, pacientes, pasajeros, etc., que acuden al establecimiento provienen de alguna zona de la ciudad. Marque con una X en todas las opciones que se consideren verdaderas:

Las personas vienen:	*Selección
desde TODAS LAS ZONAS	<input type="radio"/>
SOLO DE LA ZONA DEL PREDIO	<input type="radio"/>
de la ZONA DEL PREDIO y de ZONAS CERCANAS	<input type="radio"/>
desde ALGUNAS ZONAS de la ciudad pero no de TODAS	<input type="radio"/>
desde OTROS CANTONES del AZUAY	<input type="radio"/>
desde OTRAS PROVINCIAS del ECUADOR	<input type="radio"/>
desde OTRAS PAISES	<input type="radio"/>

### 6. Grupos Etarios de la Demanda

En consideración de la experiencia de la actividad del predio indique las EDADES de las personas que acuden al predio. Marque con X sus elecciones.

Opción	*Selección
0- 5 años	<input type="radio"/>
6- 11 años	<input type="radio"/>
12- 17 años	<input type="radio"/>
18- 24 años	<input type="radio"/>
25- 64 años	<input type="radio"/>
65 años en adelante	<input type="radio"/>
Todas las edades	<input type="radio"/>

Podría estimar a qué rango de edad, de los que seleccionó, pertenece la mayoría de las personas que llegan al predio?

---

### 7. Predio como generador de viajes laborales

\*Indique el número de puestos laborales cubiertos en el predio

Indique el número de vacantes por cubrir en el predio

Marque con una X el(los) MODO(S) DE TRANSPORTE más usado(s) por las personas que laboran en el predio.

Caminata    Bici    Bus    Taxi    Motocicleta    Vehículo    Otro

Indique las ZONAS donde residen quienes trabajan en el predio.

Opción	*Selección
Residen en TODAS LAS ZONAS	<input type="radio"/>
Residen SOLO EN LA ZONA DEL PREDIO	<input type="radio"/>
Algunos residen en la ZONA DEL PREDIO y otros en ZONAS LIMITROFES	<input type="radio"/>
Algunos residen en zonas FUERA DE LA CIUDAD	<input type="radio"/>

---

### 8. \*Horario Laboral

Selección la o las opciones que mejor describan el **horario laboral** del predio:

Opción	*Selección	# estimado de personas en el predio que trabajan en ese horario
Para TODAS o ALGUNAS personas el horario laboral es igual al horario de atención al público	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
TODAS o ALGUNAS personas trabaja en turnos rotativos	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
TODAS o ALGUNAS personas trabaja a medio tiempo	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>

En la mañana    En la tarde    En la noche

Respecto a los días de **fin de Semana** seleccione la opción que mejor describa el horario laboral del predio:

Opción	*Selección	# estimado de personas en el predio que trabajan en ese horario
Nadie trabaja los fines de semana	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Algunos trabajan los SÁBADOS	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Algunos trabajan los DOMINGOS	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>

*HORAS en que los empleados LLEGAN al predio para iniciar sus labores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
*HORAS en que los empleados SALEN del predio al finalizar sus labores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

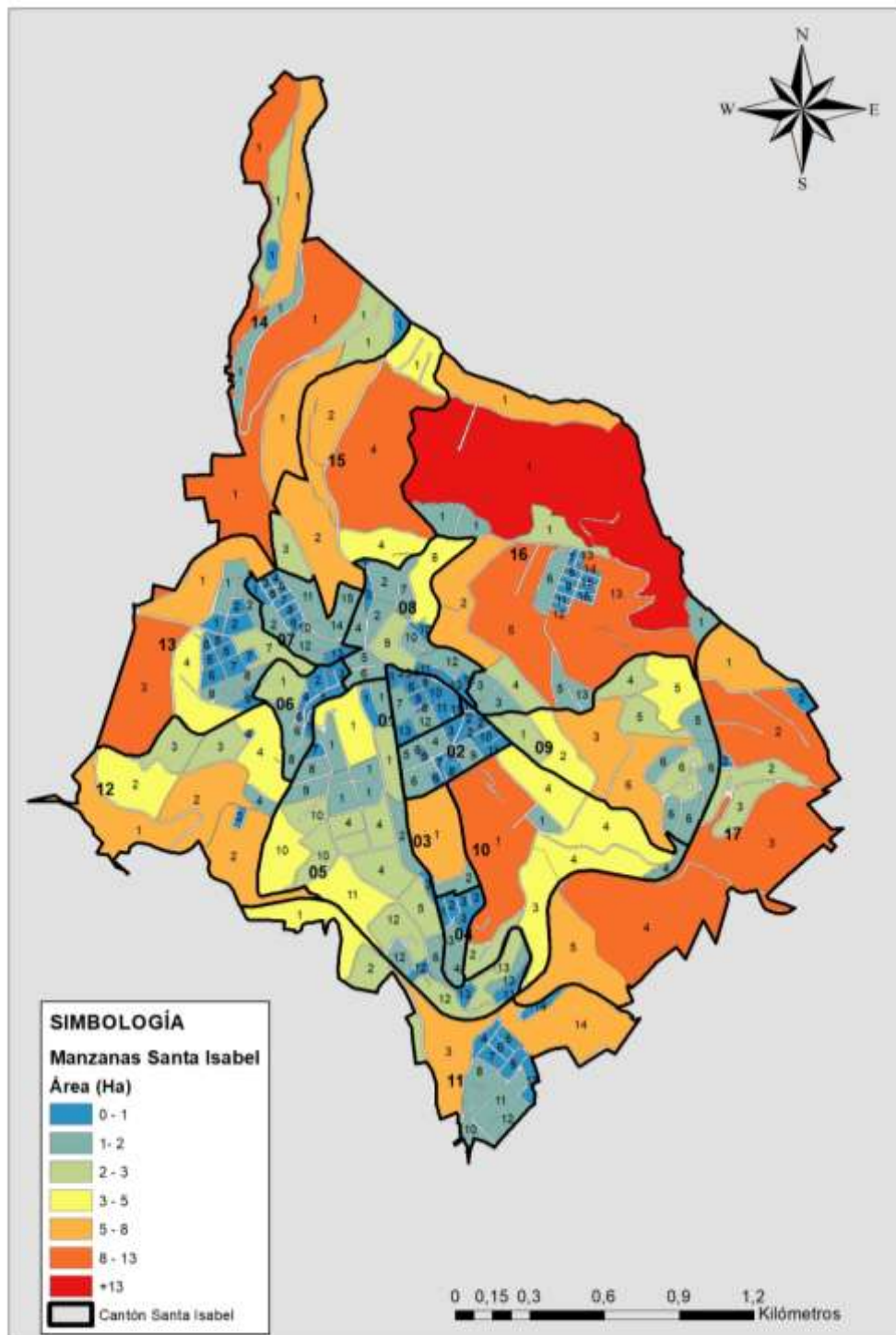
### 9. Atracción Secundaria

Los predios son visitados por quienes van a desarrollar la actividad principal del predio pero también por otras personas que desarrollan actividades complementarias. En consideración de la experiencia de la actividad del predio, indique qué atracción secundaria existe y estime cuántas personas acuden al predio por esas causas.

Cod. Atracción Secundaria	Atracción secundaria	Selección	# personas	Marque con una X el periodo de tiempo		
				por día	por semana	por mes
1	Existen personas que llevan o recogen a quienes hacen uso de la actividad principal del predio? Por ejemplo padres de familia que dejan o recogen a sus hijos.	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Existen personas que abastecen de bienes, suministros o similares al predio. Favor no incluir abastecimiento en transporte pesado (vehículos mayores a 3,5 toneladas como trailers)	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Existen personas que proveen servicios varios como jardinería, instalaciones, etc.	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	No se realizan ese tipo de actividades en el predio	<input type="radio"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

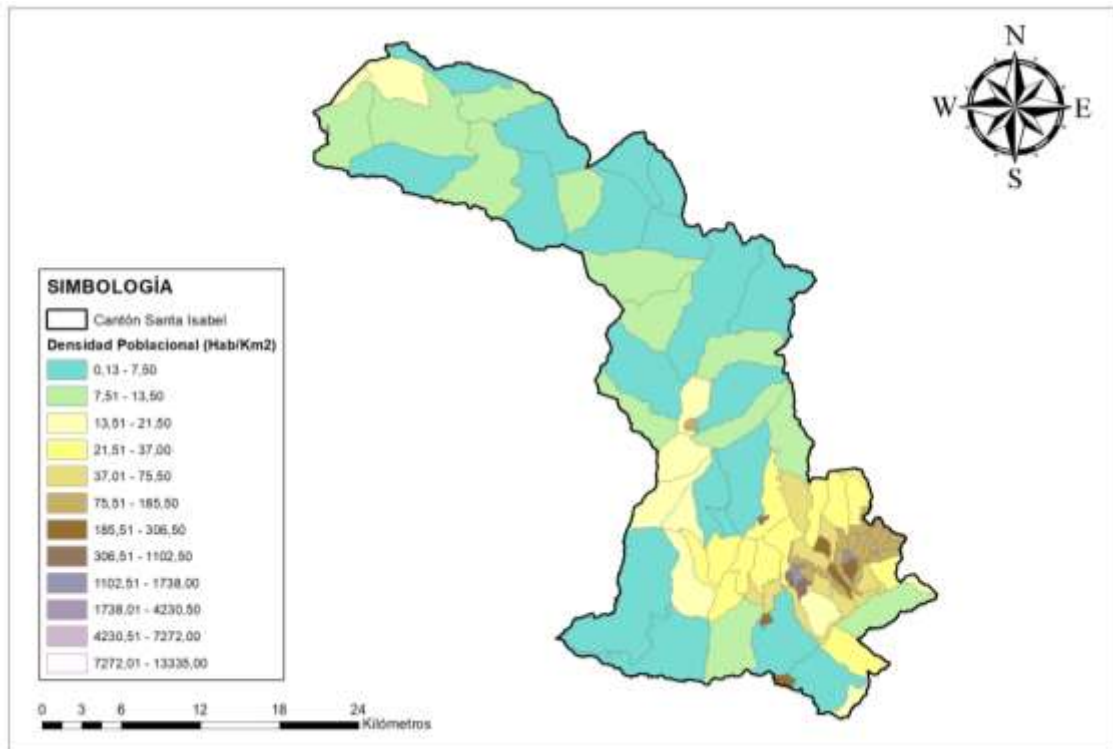
Todo campo marcado con \* es obligatorio.

Anexo C. Mapa de las manzanas de la cabecera cantonal de Santa Isabel.





Anexo D. Densidad Poblacional en el año 2010. Fuente: INEC 2010. Elaboración Propia.



*Anexo E. Composición de la población por género. Datos proyectados al 2023.*

<b>Zona</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
1	376	400	776
2	315	335	650
3	58	62	120
4	28	30	58
5	569	606	1175
6	249	265	514
7	93	98	191
8	440	469	909
9	195	208	403
10	243	258	501
11	134	142	276
12	68	72	140
13	100	106	206
14	40	43	83
15	278	296	574
16	283	301	584
17	64	69	133
18	229	244	473
19	230	244	474
20	148	158	306
21	131	139	270
22	90	96	186
23	48	52	100
24	118	126	244
25	1	2	3
26	12	13	25
27	1	2	3
28	2	3	5
<b>Total</b>	<b>4543</b>	<b>4839</b>	<b>9382</b>


*Anexo F. Composición de la población por rango etario. Datos proyectados al 2023.*

<b>Zona</b>	<b>0 a 5 años</b>	<b>6 a 11 años</b>	<b>12 a 17 años</b>	<b>18 a 24 años</b>	<b>25 a 64 años</b>	<b>65 años o más</b>	<b>Total</b>
1	94	104	109	101	298	70	776
2	79	87	91	85	250	58	650
3	14	16	17	16	46	11	120
4	7	8	8	8	22	5	58
5	142	158	164	153	452	106	1175
6	62	69	72	67	198	46	514
7	23	26	27	25	73	17	191
8	110	122	127	119	349	82	909
9	49	54	56	53	155	36	403
10	61	67	70	65	193	45	501
11	33	37	39	36	106	25	276
12	17	19	19	18	54	13	140
13	25	28	29	27	79	18	206
14	10	11	12	11	32	7	83
15	69	77	80	75	221	52	574
16	71	78	82	76	224	53	584
17	16	18	19	17	51	12	133
18	57	63	66	62	182	43	473
19	57	64	66	62	182	43	474
20	37	41	43	40	117	28	306
21	33	36	38	35	104	24	270
22	23	25	26	24	71	17	186
23	12	13	14	13	39	9	100
24	29	33	34	32	94	22	244
25	0	1	1	0	1	0	3
26	3	3	4	3	10	2	25
27	0	1	1	0	1	0	3
28	0	1	1	1	2	0	5
<b>Total</b>	<b>1133</b>	<b>1260</b>	<b>1315</b>	<b>1224</b>	<b>3606</b>	<b>844</b>	<b>9382</b>

Anexo G. Composición de la población por Nivel de Instrucción. Datos proyectados al 2023.

Ninguno	Centro de Alfabetización/(EBA)	Preescolar	Primario	Secundario	Educación Básica	Bachillerato - Educación Media	Ciclo Post bachillerato	Superior	Postgrado	Se ignora	Total
67	76	119	76	54	299	25	18	15	13	14	776
56	64	100	63	46	250	21	15	13	11	11	650
10	12	19	12	8	46	4	3	2	2	2	120
5	6	9	6	4	22	2	1	1	1	1	58
101	114	181	115	82	453	39	27	23	19	21	1175
44	50	79	50	36	198	17	12	10	9	9	514
16	19	29	19	14	74	6	4	4	3	3	191
78	89	140	88	64	350	30	21	18	15	16	909
35	40	62	39	28	155	13	9	8	7	7	403
43	49	77	49	35	193	16	12	10	8	9	501
24	27	43	27	19	106	9	6	5	5	5	276
12	14	21	14	10	54	5	3	3	2	2	140
18	20	32	20	14	79	7	5	4	3	4	206
7	8	13	8	6	32	3	2	2	1	1	83
49	56	89	56	40	221	19	13	11	10	10	574
50	57	90	57	41	225	19	14	11	10	10	584
12	13	21	13	9	51	4	3	3	2	2	133
41	46	73	46	33	182	16	11	9	8	8	473
41	46	73	46	33	183	16	11	9	8	8	474
26	30	47	30	22	118	10	7	6	5	5	306
23	26	42	26	19	104	9	6	5	5	5	270
16	18	29	18	13	72	6	4	4	3	3	186
9	10	15	10	7	38	3	2	2	2	2	100
21	24	37	24	17	94	8	6	5	4	4	244
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
2	2	4	2	2	10	1	1	1	0	0	25
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	5

Anexo H. Formulario 2.

 <b>ESTUDIO PARA EL MODELO DE DEMANDA DE TRANSPORTE EN EL CANTÓN SANTA ISABEL</b>		Formulario: <b>2</b>																			
<b>FORMULARIO 2 : FRECUENCIA DE ACTIVIDADES POR MOTIVOS</b>		Ejemplar: <input type="text"/> Ejemplar anexo F1: <input type="text"/>																			
<b>1. Datos Básicos</b>																					
*Fecha:	<input type="text"/> día <input type="text"/> mes <input type="text"/> año	*Coordinador: <input type="text"/> A <input type="text"/> B <input type="text"/> C																			
*Localización:	MACROZONA <input type="text"/> ZONA <input type="text"/>	*Grupo encuestador: <input type="text"/> 1 <input type="text"/> 2 <input type="text"/> 3 <input type="text"/> 4 <input type="text"/> 5 <input type="text"/> 6 <input type="text"/> 7 <input type="text"/> 8 <input type="text"/> 9 <input type="text"/> 10 <input type="text"/> 11																			
<b>2. Grupo Etareo</b>																					
	<b>ENCUESTADOS</b>																				
Opción (Edad)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0- 5 años																					
6 - 11 años																					
12- 17 años																					
18 - 24 años																					
25 - 64 años																					
65 años en adelante																					
Todas las edades																					
<b>3. Género</b>																					
Opción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Femenino																					
Masculino																					
<b>4. Ingresos</b>																					
Opción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1 SBU																					
De 2 a 3 SBU																					
Más de 3 SBU																					
No recibo salario																					
<b>5. Cuantas veces va al:</b>																					
todos los días (0) - 1 vez por semana (1) - 2 veces por semana (2) - 1 vez al mes (3) - 2 veces al mes (4) - más veces (5) - no voy (6)																					
Opción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Actividades deportivas (jinnasis, etc.)																					
Restaurante																					
Iglesia o Templo																					
Consulta médica en el Sector Público																					
Consulta médica en el Sector Privado																					
Discoteca/Bares																					
Centros de Belleza (peluquería, etc.)																					
Piscina																					
Canchas de Deporte																					
<b>6. Que día prefiere para ir a:</b>																					
Lunes (1) - Martes (2) - Miércoles (3) - Jueves (4) - Viernes (5) - Sábado (6) - Domingo (7) - Día de semana (8) - Fin de semana (9) - Cualquiera (10)																					
Opción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Mercado																					
Parque																					
Hacer deporte																					
Discoteca/Bares																					
Restaurante																					
Iglesia o Templo																					
<b>7. Cuantas veces realiza las siguientes gestiones:</b>																					
todos los días (0) - 1 vez por semana (1) - 2 veces por semana (2) - 1 vez al mes (3) - 2 veces al mes (4) - más veces (5) - no voy (6) - otra (Espec.)																					
Opción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Usar Cajero Automático																					
Ir a una agencia bancaria																					
Trámites (seguro, municipal, empresa eléctrica y similares)																					

Todo campo marcado con \* es obligatorio.