UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización de la distribución de viajes en el distrito de San Borja como
plataforma de datos para futuras propuestas de gestión de tráfico

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Melgarejo Rojas, Albert Jhosep (0000-0003-1617-2221)

Damian Delgado, George Edwar (0000-0003-2291-4324)

ASESOR

Castro Aragon, Fernando Ramiro (0000-0001-7638-5961)

Lima, 3 de Setiembre de 2020

DEDICATORIA

Antes de realizar este desarrollo de mi primer trabajo de investigación me gustaría mencionar cual ha sido mi motivación personal para realizarlo, e inclusive mi igual motivación, en gran parte, para realizar no solo esta tesis, sino el Máster mismo. Los resultados de este proyecto de tesis, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna manera, son parte de mi culminación universitaria. Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos hacia nuestros familiares y docentes en especial Fernando Castro, quien con su ayuda desinteresada, nos brindó información relevante, próxima, pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades los cuáles plasmaron nuestros resultados investigativos en diseños originales, atractivos y de gran realce para el éxito del proyecto. A nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental, como económico. Gracias Dios, gracias familiares y asesor.

RESUMEN

El distrito de San Borja, es actualmente, uno de los lugares más congestionados en la provincia de Lima. Por ello, es importante realizar estudios que reflejen la situación actual del distrito y, así mismo, poder dar solución a los puntos con mayor tráfico vehicular. El distrito de San Borja, no cuenta con una base de datos actualizada con dicha información, por lo cual esta tesis propone una plataforma de base de datos que identifique los principales orígenes y destinos de los viajes, obtenida mediante encuestas en el distrito de San Borja, el cual será el área de estudio para esta investigación. Esta área de investigación se ha dividido convenientemente en 12 zonas, las cuales se ha hecho coincidir con los 12 sectores en los cuales se encuentra dividido el distrito de San Borja, con el objetivo de aprovechar la disponibilidad de datos referidos a esa zonificación. Además de ello, se ha tomado en cuenta 4 macro zonas externas adicionales (conformadas por los distritos restantes en la provincia de Lima), es decir, en total 16 zonas de estudio. Con los datos procesados, se obtuvo una matriz Origen Destino actual, la cual se calibró mediante dos modelos (Gravitacional y Fratar) de distribución de viajes, los cuales se utilizaron para el pronóstico de un escenario futuro proyectado a 5 años. Previamente, se elaboraron los modelos de generación y atracción de viajes, los cuales son requisitos para los modelos de distribución de viajes.

Palabras clave: Distribución de viajes; Generación y atracción de viajes; Modelo gravitacional; Modelo Fratar; Tipos de viajes; Matriz origen y destino.

Characterization of travel distribution in the district of San Borja as a data platform for
future traffic management proposals

ABSTRACT

The district of San Borja is currently one of the most congested places in the province of Lima. For this reason, it is important to carry out studies that reflect the current situation of the district and, likewise, to be able to solve the points with the highest vehicular traffic. The district of San Borja does not have an updated database with this information, so this thesis proposes a database platform that identifies the main origins and destinations of the trips, obtained through surveys in the district of San Borja, which will be the study area for this investigation. This area of research has been conveniently divided into 12 zones, which has been made to coincide with the 12 sectors in which the district of San Borja is divided, in order to take advantage of the availability of data referring to this zoning. In addition, four additional external zones (made up of the remaining districts in the province of Lima) have been taken into account, that is, a total of 16 study areas. With the processed data, a current Origin Destination matrix was obtained, which was calibrated by means of two models (Gravitational and Fratar) of trip distribution, which were used for the forecast of a future scenario projected to 5 years. Previously, travel generation and attraction models were developed, which are requirements for travel distribution models.

Keys Words: Travel distribution; Generation and attraction of trips; Gravitational model; Fratar model; Types of trips; Origin and destination matrix.

TABLA DE CONTENIDOS

1	CAPÍTULO 1.....	10
1.1	ESTADO DEL ARTE.....	10
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3	HIPÓTESIS.....	14
1.4	OBJETIVO GENERAL.....	14
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	CAPÍTULO 2.....	1
2.1	TRÁNSITO VEHICULAR.....	1
2.2	ZONIFICACIÓN	1
2.3	DEFINICIONES ESTADÍSTICAS A UTILIZAR	2
2.3.1	Población	2
2.3.2	Muestra	2
2.3.3	Método de muestreo	4
2.4	TIPOS DE VIAJES	5
2.4.1	Intrazonal.....	5
2.4.2	Interzonal.....	6
2.4.3	Viajes externos	7
2.4.4	Viajes de paso.....	7
2.5	FORMAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	8
2.5.1	Encuestas	8
2.5.2	Tipos de encuestas.....	8
2.5.3	Encuestas Origen-Destino	8
2.6	CONCEPTOS DE DEMANDAS DE VIAJES	9
2.7	MODELO CLÁSICO DE TRANSPORTE DE CUATRO ETAPAS.....	9
2.7.1	Variabilidad de generación de viajes.....	10
2.7.2	Distribución de viajes	12
2.7.3	Reparto modal	15
2.7.4	Asignación	15

3	CAPÍTULO 3.....	17
3.1	PUNTOS DE CONTROL.....	17
3.1.1	Punto de control n°01	17
3.1.2	Punto de control n°02	18
3.1.3	Punto de control n°03	18
3.1.4	Punto de control n°04	19
3.1.5	Punto de control n°05	20
3.1.6	Punto de control n°06	21
3.1.7	Punto de control n°07	22
3.1.8	Punto de control n°08	23
3.1.9	Punto de control n°09	24
3.1.10	Punto de control n°10	25
3.1.11	Punto de control n°11	26
3.1.12	Punto de control n°12	27
3.2	FORMATOS UTILIZADOS PARA EL PROYECTO	30
3.2.1	Formato de aforo	30
3.2.2	Formato de encuesta	33
3.3	PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.3.1	Aforo en los puntos de control	35
3.3.2	Encuestas en los puntos de control	35
4	CAPÍTULO 4.....	37
4.1	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LAS ENCUESTAS	37
4.1.1	Elaboración de la matriz Origen-Destino	45
4.2	. GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES EN EL DISTRITO DE SAN BORJA.....	47
4.2.1	Modelo de generación de viajes en el distrito de San Borja.....	48
4.2.2	Modelos de atracción de viajes en el distrito de San Borja.....	52
4.3	DISTRIBUCIÓN DE VIAJES EN EL DISTRITO DE SAN BORJA.....	53
4.3.1	Calibración de la matriz Origen-Destino mediante el modelo gravitacional ..	54
4.3.2	Matriz Origen-Destino, proyectada 5 años a futuro, mediante el modelo gravitacional	58
4.3.3	Calibración de la matriz Origen-Destino mediante el modelo Fratar.....	60
5	CAPÍTULO 5.....	67

5.1	COMPARACIÓN ENTRE LA MATRIZ ORIGEN-DESTINO ENCUESTAS Y LA MATRIZ ORIGEN-DESTINO GRAVITACIONAL	67
5.2	COMPARACIÓN ENTRE LAS MATRICES ORIGEN-DESTINO GRAVITACIONAL Y ORIGEN-DESTINO FRATAR PROYECTADAS 5 AÑOS A FUTURO.....	69
6	CONCLUSIONES	71
7	RECOMENACIONES	72
8.	REFERENCIAS	74
9.	ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Porcentaje de uso según modelo de transporte</i>	31
Tabla 2 <i>Formato de aforo en campo</i>	32
Tabla 3 <i>Formato de encuestas</i>	34
Tabla 4 <i>Resumen del número de encuestas realizada en cada punto de control</i>	36
Tabla 5 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja Norte – Boulevard de Surco</i>	39
Tabla 6 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Aviación – Angamos</i>	40
Tabla 7 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja Norte – San Luis</i>	40
Tabla 8 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Luis – San Borja sur</i>	41
Tabla 9 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Javier Prado - Aviación</i>	41
Tabla 10 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja sur – Las artes</i>	42
Tabla 11 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Luis – Javier Prado</i>	42
Tabla 12 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja norte - Aviación</i>	43
Tabla 13 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja sur – Aviación</i>	43
Tabla 14 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Luis - Angamos</i>	44
Tabla 15 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Av.Boulevard – Las artes</i>	44
Tabla 16 <i>Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Velazco Astete – Av. Esmeralda</i>	45
Tabla 17 <i>Matriz OD del Distrito de San Borja</i>	46
Tabla 18 <i>Matriz OD del Distrito de San Borja agrupando las zonas internas en 3 grupos</i>	48
Tabla 19 <i>Población en las 16 zonas de esta investigación</i>	49
Tabla 20 <i>Número de viviendas en las 16 zonas de esta investigación</i>	51

Tabla 21 <i>Resultados de la regresión lineal para el modelo de generación de viajes</i>	52
Tabla 22 <i>Vacantes escolares en las 16 zonas de esta investigación</i>	53
Tabla 23 <i>Resultados de la regresión lineal para el modelo de atracción de viajes</i>	54
Tabla 24 <i>Distancias según el centroide de cada zona</i>	55
Tabla 25 <i>Resultados de la regresión lineal para la calibración del modelo gravitacional</i>	56
Tabla 26 <i>Matriz OD del Distrito de San Borja calibrado con el modelo gravitacional</i>	57
Tabla 27 <i>Matriz OD del distrito de San Borja mostrando Viajes generados y viajes atraídos</i>	61
Tabla 28 <i>Primera iteración de la matriz OD con el modelo Fratar</i>	62
Tabla 29 <i>Segunda iteración de la matriz OD con el modelo Fratar</i>	63
Tabla 30 <i>Tercera iteración de la matriz OD con el modelo Fratar</i>	64
Tabla 31 <i>Cuarta iteración de la matriz OD con el modelo Fratar</i>	65
Tabla 32 <i>Quinta iteración de la matriz OD con el modelo Fratar</i>	66
Tabla 33 <i>Diferencia entre los resultados de la Matriz OD gravitacional y Matriz OD</i> <i>encuestas</i>	68
Tabla 34 <i>Diferencia entre los resultados de la Matriz OD gravitacional y Matriz OD Fratar</i> <i>a 5 años futuro</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa sectorizado del Distrito de San Borja.....	13
Figura 2. Tipo de viaje intrazonal.....	6
Figura 3. Tipo de viaje interzonal.....	6
Figura 4. Tipo de viaje externo.....	7
Figura 5. Tipo de viaje de paso	7
Figura 6. El clásico paradigma de las 4 etapas para la planeación de transporte	9
Figura 7. Variables en generación de viajes	11
Figura 8. Avenida Aviación con la Avenida Javier Prado	17
Figura 9. Avenida Aviación con avenida San Borja Norte	18
Figura 10. Avenida Aviación con avenida San Borja Sur	19
Figura 11. Avenida Aviación con avenida Angamos	20
Figura 12. Avenida San Luis con la avenida Javier Prado Este	21
Figura 13. Avenida San Luis con la avenida San Borja Norte	22
Figura 14. Av. San Luis con San Borja Sur	23
Figura 15. Avenida San Luis con avenida Angamos Este.....	24
Figura 16. Avenida San Borja Norte con avenida Boulevard de Surco	25
Figura 17. San Borja Sur con Av. De Las Artes Sur	26
Figura 18. Av. Alejandro Velasco Astete con av. Esmeralda	27
Figura 19. Av. Boulevard de Surco con av. las Artes	28
Figura 20. Plano del distrito de San Borja con los puntos de control.....	29
Figura 21. Número de encuestados según el punto de control indicado	36
Figura 22. Distritos que conforman las 4 zonas externas de esta investigación.....	38
Figura 23. Grafico de barras de la población del distrito de San Borja.....	50

1 CAPÍTULO 1

En el capítulo I del presente proyecto de investigación se profundiza temas de aspecto generales, tales como accidentes de tránsito vehicular, sistemas de tránsito en la actualidad, tráfico vehicular e información general de la zona de estudio. El capítulo está dividido los siguientes temas: estado del arte, formulación del problema, la hipótesis de este proyecto de tesis, objetivo general, objetivos específicos y la descripción del contenido.

1.1 Estado del Arte

En las últimas décadas han surgido importantes cambios a nivel mundial en los sistemas de transporte, lográndose en muchos casos aligerar la carga de tráfico producida en horas de alta congestión vehicular. Sin embargo, existen muchos sectores que aún no reciben una reforma de transporte adecuada, y siguen teniendo problemas de alta contaminación, accidentes, tráfico vehicular, etc.

El estado de investigación estatal de transporte en el Perú, comienza a tomar fuerza estos últimos años, debido al incremento constante en la cantidad de vehículos que circularan por, la actualmente congestionada, Lima. Por este motivo, gracias a la preocupación se elaboró un plan maestro el 2004, con muy poco impacto real hacia la congestión vehicular de Lima. Lo anteriormente dicho, se puede corroborar en el informe de Claudia Bielich para el Instituto de estudios peruanos, en el que sostiene que “Actualmente el sistema de transporte público limeño está poco diseñado, indicador del abandono del Estado. Por Lima han pasado diversos planes de desarrollo metropolitano. Todos han tenido una sección de tránsito y viabilidad [...], pero ninguno de estos planes se ha cumplido a cabalidad. El último, que se supone es el vigente, es precisamente el Plan Maestro Lima-Callao 2004 de la JICA. Este plan [...] tiene una gran cantidad de propuestas que mejorarían el tránsito limeño, que sin embargo no han sido cumplidas” [1]. Sin embargo, a la fecha, se ha ido mejorando la gestión de este Plan Maestro, de los cuales se puede rescatar la construcción de la línea 1 del tren, los corredores viales del SIT y se encuentran en construcción las 4 líneas del tren, que se tenían previstos.

Se tiene como base de investigación, en temas de mejora en el tránsito vehicular, tal como el plan maestro que se puede apreciar líneas arriba, utilizar el modelo clásico de transporte y visualizar la matriz Origen-Destino. Se puede afirmar que, en la actualidad, el modelo clásico secuencial de las cuatro etapas es el modelo más extensamente utilizado en las diferentes ciudades en el mundo [2]. El cual permite caracterizar los viajes en la ciudad y, por lo tanto, proponer mejora de solución en los puntos más críticos identificados.

Por otro lado, es importante, y también tomado en cuenta por el Plan Maestro Lima-Callao 2004, el darle a la población lugares de trabajo más cercanos a su lugar de vivencia y también diferentes medios

de transporte accesibles, económicamente y estratégicamente ubicados, y lo más tecnológico en lo posible. Dicha idea, también es parte de la opinión de Pau Avellaneda García, tal como redacta en su tesis doctoral Movilidad, pobreza y exclusión social “El concepto de movilidad, entonces, supera ampliamente los de tránsito y transporte en tanto que se preocupa no solo de los medios de transporte que utilizan los ciudadanos sino de los motivos que los llevan a moverse, de las facilidades o dificultades que tienen para hacerlo [...]” [3]

Al tener en cuenta una matriz Origen – Destino de viajes en el transporte público es primordial para analizar e investigar la caracterización de la demanda. Por ejemplo, en el metro de Santiago de Chile es importante realizar cada año una encuesta origen – destino, porque es importante cuantificar la demanda y poder estudiar e investigar cómo se siente cada persona en la elección de la ruta dentro de la red. La conciencia por el problema de tránsito vial, en Chile, empuja a las autoridades a superarse cada vez más. Los resultados de las encuestas Origen-Destino realizados en Santiago de Chile el 2015 fueron “Concretamente, entre los principales resultados de la EOD-Santiago se encuentra que el total de viajes generados en la ciudad, en un día hábil típico, supera los 18 millones, lo que significa que cada habitante realiza en promedio 2,78 viajes diarios, y por lo tanto, cada hogar genera en promedio 9 viajes diarios. Estas cifras se reducen a 1,71 y 5,53 respectivamente para el caso de viajes motorizados” [4]. Como se sabe, Chile se encuentra más organizado y más en vanguardia a tecnología que el Perú, sin embargo, se sabe que es un referente inmediato para tener en cuenta en la mejora de nuestros servicios.

Así mismo, en Bogotá se realizaron encuestas de movilidad en el 2011, lo cual sugiere la caracterización de la movilidad diaria realizando el uso de la matriz O-D, de esta manera tiene la finalidad de proponer un modelo práctico y sencillo de regresión que investiga que tan eficiente puede resultar en modos de transporte [5]. De dichos ejemplos, se evidencia, que en latino América es una realidad el estudio científico antes que una propuesta de mejora de tránsito, lo cual es lo más óptimo para identificar los puntos críticos de congestión vehicular en cualquier país, ciudad, distrito, etc.

A través de la historia el uso de las matrices Origen -Destino se ha considerado en tres metodologías distintas (estimación directa, estimación por modelos de demanda y estimación mediante conteos de tráfico). Asimismo se explica que “La metodología en la que se basa exige, como prerequisite, un conjunto de conteos de flujos de tráfico (aforo) y una matriz O-D previa (obtenida de algún estudio cronológicamente anterior o de una encuesta básica que predefina la estructura de la matriz final a obtener)” [6]

La falta de estudios se comienza a percibir en muchos distritos de Lima, basta un accidente mínimo de tránsito, para que un trayecto que se podía frecuentar en 1 hora, se termine alargando en 2 horas. En el caso particular del distrito de San Borja, antes de que el Ministerio del Interior anunciara que los serenos distritales colaborarían con las acciones de control del tránsito que realiza la Policía Nacional durante las horas punta, se sentía la falta de planeamiento en esta zona. Se dispuso con más de 100 serenos capacitados en normas viales y en el Reglamento Nacional de Tránsito, los cuales fueron distribuidos en 47 puntos considerados de alto tránsito en San Borja como las avenidas Aviación, San Luis, Velasco Astete, Angamos, San Borja Sur, San Borja Norte, entre otras vías. Dichos serenos apoyaron al control del tráfico entre las llamadas “horas punta”, entre las 7 a 9 de la mañana y 5 a 9 de la noche.

Los problemas que están relacionados con el transporte hoy en día son de mayor importancia en comparación con años atrás, tanto en los países con mayor industrialización como los cuales están en proceso de desarrollo, asimismo entre los problemas graves pueden encontrar la congestión vehicular, pues involucra el gran consumo de tiempo, los accidentes que se dan día a día, y los problemas con el medio ambiente con el calentamiento global. Por lo tanto, la congestión vehicular, en Lima, es una realidad que se da día a día, por el aumento significativo de vehículos particulares y servicios de transporte público. Sin embargo, este aumento es justificado y necesario para abastecer a la población que se encuentra en aumento por motivos de crecimiento en natalidad y la centralización que existe en la capital del Perú. Una de las más evidentes soluciones para este problema, sería descentralizar Lima, pero es un tema que no abarcará esta investigación, debido a que involucra cuestiones políticas y de cultura, las cuales no competen a esta investigación. Así mismo, existen innumerables quejas, por parte de la población, a cerca de problemas generados por la congestión de vehículo.

El caos vehicular, que heroicamente se soporta día a día, le causa una enorme pérdida económica a la ciudad de Lima, sobre todo en las horas punta. Según Luis Quispe Candia, experto en temas de transporte y presidente de la ONG Luz Ámbar, Lima pierde al año más de US\$ 1.000 millones por culpa de los innumerables cuellos de botella que se producen en la ciudad. El experto explicó, que ese monto involucra las pérdidas horas-hombre (se calcula una pérdida de US\$ 800 mil), el excesivo gasto de combustible, el costo ambiental, los daños a la salud de las personas como son las enfermedades respiratorias, e irritación a los ojos y el cierre de varios negocios. [7]

La zona en la cual se realizó el estudio de esta investigación es el Distrito de San Borja. Actualmente el distrito está dividido en 12 sectores los cuales se muestran en la siguiente imagen.

Figura 1. Mapa sectorizado del Distrito de San Borja

1.2 Formulación del problema

El estado de la investigación del sistema de viajes en el Perú, es muy limitado y poco continuo. En su mayoría, realizado por empresas privadas, que buscan estudiar la necesidad de su producto en el mercado, es decir, que el interés principal es ubicar puntos estratégicos según la movilización de las personas. Por otro lado, el estado peruano, ha invertido muy poco en estudios de tránsito, tal como lo indica Claudia Bielich Salazar “Además, la década del noventa es importante también desde otro punto de vista: el académico. Es a partir de estos años que desaparecen los estudios científicos acerca de la realidad del transporte limeño. Durante los últimos veinte años no se han realizado mayores investigaciones al respecto. El tema ha quedado confinado a consultorías e informes internos de las entidades encargadas.” [8]. Por su parte, el distrito de San Borja, es afectado con excesivos picos de congestión vehicular y tránsito de personas y, pese a ello, no cuenta con una matriz Origen-Destino actualizada, por lo cual existen muchas deficiencias que no han sido analizadas correctamente para mejorarse.

Además, el excesivo tráfico, ha sido considerado uno de los principales motivos de estrés y descontento en la población, siendo causa de muchos conflictos y desagradados matutinos. En la actualidad, las investigaciones se vuelven más relevantes para el control de tráfico, gracias al aumento de vehículos, y, en muchos casos, aligerando la carga de tránsito vehicular notablemente. Sin embargo, la población en el mundo crece exponencialmente año tras año, por lo cual, los estudios quedan obsoletos en muchos casos y no logran controlar el nuevo flujo vehicular adquirido, tras el aumento de vehículos particulares y públicos. Por otro lado, muchas veces se cree que la solución está en construir más pistas y guiarse por lo que uno observa a simple vista, sin profundizar el tema con estudios de flujo de tránsito. Por lo tanto,

¿Es posible aligerar el tránsito vehicular en el distrito de San Borja, mediante metodologías de estudios o es un tema que se debe tratar tan solo aumentando la cantidad de oficiales de tránsito?, siendo esta pregunta lo que motiva a realizar esta investigación.

1.3 Hipótesis

El distrito de San Borja necesita la caracterización de su distribución de viajes como plataforma de datos para futuras propuestas de gestión de tráfico.

1.4 Objetivo general

Caracterizar los flujos de tránsito vehicular del distrito de San Borja para futuras propuestas a 5 años en la gestión de tráfico.

1.5 Objetivos específicos

- Delimitar la zona de estudio en sectores.
- Identificar la importancia de la investigación.
- Ampliar la información con respecto a conceptos generales de tránsito y al modelo clásico de transporte.
- Realizar aforos y encuestas correspondientes a esta investigación con formatos claros y útiles.
- Elaborar una matriz Origen-Destino con la base de datos obtenida mediante encuestas
- Calibrar la matriz con el método gravitatorio.
- Interpretar los datos obtenidos de la matriz Origen-Destino.

2 CAPÍTULO 2

El capítulo II tiene como objetivo mostrar algunos conceptos relacionados con el tema y a su vez especificar cuál es la posición de esta investigación en relación a estos conceptos. Los conceptos analizados en este capítulo son: tránsito vehicular, congestión vehicular, tipos de viajes, estadística básica, oferta y demanda de transporte, matriz origen-destino, modelo clásico de transporte, sistema de muestreo, métodos de recolección de datos, modelos de recolección de datos.

2.1 Tránsito vehicular

Se define a tránsito como la acción de ir de un lugar a otro por vías públicas. El concepto de tránsito vehicular se refiere, específicamente, al flujo de vehículos, públicos o particulares, en una vía destinada para este uso y lo que generan. También se le conoce como tráfico vehicular o tráfico. En el Perú, el organismo vigente que controla los servicios de transporte, adscrita al Ministerio de transporte y comunicaciones, es la Sutran (Superintendencia de Transporte Terrestre de personas, cargas y mercaderías).

La congestión vehicular, tanto urbana como interurbanamente, es la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje. Este fenómeno se produce comúnmente en las horas punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

2.2 Zonificación

La zonificación es una herramienta que se utiliza para organizar, de manera óptima, el área de trabajo geográfico de una investigación. Se busca trabajar con porciones tratables del territorio, teniendo en cuenta en cuantas zonas se puede dividir el área en cuestión y el tamaño de estas. El primer paso para una buena zonificación es reconocer el área de estudio. Es esencial, que esta zona abarque la naturaleza de los viajes que interesan a este estudio y que esta agrupe la mayoría el origen y destino de los viajes dentro de ella. Es importante que el área de estudio sea mayor al área de interés y que la región externa a esta, se considere como un factor de análisis y sea dividida en zonas. Sin embargo, se puede considerar a la zona externa como un “fuera de la zona”, “resto del mundo” “zona n”, es decir, como un conjunto que representa todo lo que no pertenece al área de interés. [8]

2.3 Definiciones estadísticas a utilizar

2.3.1 Población

Se le denomina población al conjunto total de individuos, objetos o elementos que serán parte de una investigación, análisis, etc. Los individuos de la población escogida poseen características en común, por lo que es importante tener una delimitación clara. Esto implica que deben especificarse muy bien las particularidades deseables y que se restrinjan tiempo y espacio, debido a que la validación de las conclusiones extraídas, dependen de ello.

Según McDaniel (2005) “no hay reglas específicas que se puedan seguir para definir la población; lo que debe hacer el investigador es aplicar la lógica y el criterio para abordar el problema básico: ¿de quiénes son las opiniones que se necesitan con el fin de satisfacer los objetivos de la investigación?”

En la mayoría de estudios es poco rentable utilizar toda la población para el análisis, por lo que se selecciona algunos elementos (muestra) con la intención de reducir costos y tiempos. Por su puesto, se espera que los datos obtenidos en la muestra sirvan para aplicarla en toda la población.

2.3.2 Muestra

La muestra tiene como objetivo reducir la cantidad total de individuos que conforman el área de estudio, analizando solo una porción representativa de la población. Es esencial que la muestra, que se decida analizar, refleje las características de la población y, a su vez, cuente con una cantidad de individuos considerable, es decir, se debe tener cuidado de no escoger una muestra muy pequeña, que perjudique la calidad de la investigación, ni tampoco una muestra muy grande, que implique gastar excesivamente los recursos que se tienen. Si la muestra no es representativa, los resultados sólo pueden ser aplicados a los elementos muestreados y sería un error generalizarlos a toda la población.

Por otro lado, existen diferentes tipos de muestreo (selección de la muestra), los cuales proporcionan una forma óptima de definir la muestra. La técnica de muestreo más apropiado estadísticamente es el aleatorio; éste implica la selección al azar y que cada individuo tenga igual oportunidad de ser incluido en la muestra. Sin embargo, si se trabaja la muestra de una manera no aleatoria, se produciría una tendencia y no sería apropiado generalizar la muestra a la población. Por supuesto, si se toma una muestra, nunca pueden estar totalmente seguros de que los resultados medidos a partir de la muestra sean también ciertos en la población. No

obstante, para efectos prácticos suele ser suficiente si se puede afirmar que el riesgo de desviación no es grande.

En resumen, la selección de una muestra ahorra dinero, tiempo y esfuerzo. Además una muestra puede proporcionar tanta o más exactitud que el correspondiente estudio que pretenda investigar la población completa porque existe un mayor control sobre los errores en la recolección. Es importante que la muestra sea aleatoria para evitar tendencias y mantener la calidad de la misma.

En relación a lo descrito líneas arriba, la elección de un tamaño de muestra representativa es esencial para la calidad de los datos generados, por lo que existen metodologías y fórmulas para su correcta aplicación. Para determinar el tamaño de muestra se debe tener en cuenta si la población es infinita (o muy grande o de un tamaño desconocido) o si es finita (tamaño conocido).

A continuación, se muestra la fórmula para calcular el tamaño de la muestra cuando la población es desconocida

(Ec. n°1):

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

En donde:

Z = nivel de confianza

P = probabilidad de éxito o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Un enfoque para seleccionar el tamaño de muestra consiste en maximizar la ecuación, teniendo en cuenta que “ $p \times q$ ” es máximo cuando $p = 0.5$.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente

(Ec. n°2):

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde,

N = tamaño de la población Z = nivel de confianza

P = probabilidad de éxito o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

2.3.3 Método de muestreo

El objetivo de estos métodos es caracterizar a una población usando muestras considerables para ello. Por lo mismo, aleatoriamente, se busca que todos los individuos tengan la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. En los siguientes puntos se evidencian los tipos de muestreos más comunes y efectivos.

2.3.3.1 Muestreo aleatorio simple

De acuerdo con Webster (1998) “una muestra aleatoria simple es la que resulta de aplicar un método por el cual todas las muestras posibles de un determinado tamaño tengan la misma probabilidad de ser elegidas,” (p. 324). Se puede clasificar a cada individuo con un identificador (un numero) y luego seleccionar estos de manera aleatoria para obtener la muestra óptima. En resumen, se presentan a continuación los pasos para obtener una muestra aleatoria simple:

- El primer paso, y el más importante, es definir correctamente la población de estudio, recordando que los individuos en ella deben tener algunas características similares.
- Lo siguiente, es enumerar a todas las unidades de análisis que integran la población, asignándoles un número de identidad o identificación.

- Luego, determinar el tamaño de muestra óptimo para el estudio. Dependerá mucho de cuan relevante sea para el investigador la precisión de su muestra y del presupuesto asignado a la misma.
- Por último, se selecciona la muestra de manera sistemática, utilizando métodos que garanticen que la muestra se obtiene en un orden aleatorio.

2.3.3.2 Muestreo aleatorio estratificado

Consiste en dividir a la población en estratos homogéneos para seleccionar de ahí la muestra. Se entiende por estrato todo subgrupo de unidades de análisis que difieren en las características, es decir, son diferentes entre sí. Por ejemplo, si se va a analizar el tipo de golosina preferido por los niños en la capital de Perú, Lima, la muestra podría dividirse en preferencia según el distrito, siendo estos los estratos. Los pasos para obtener una muestra estratificada se muestra a continuación:

- Al igual que el muestreo simple, el primer paso es definir correctamente la población de estudio.
- Es importante determinar el tamaño de muestra que requiere nuestra investigación.
- Luego, establecer los estratos o subgrupos como se explicó líneas arriba.
- Determinar la fracción total de muestreo por estrato dividiendo el tamaño del estrato entre el tamaño de la población de estudio.
- Multiplicar la fracción total de muestreo por estrato por el tamaño de la muestra para obtener la cantidad de unidades de análisis de cada estrato que se integra a la muestra.
- Finalmente, se selecciona la muestra aplicando el procedimiento de muestreo aleatorio simple.

2.4 Tipos de viajes

2.4.1 Intrazonal

Son viajes que son producidos dentro de uno de los sectores del área de estudio, es decir, solo la movilidad de los vehículos en el sector interno, nuestra superficie de estudio es el

distrito de San Borja, el cual se ha dividido en 12 sectores. De esta manera como ejemplo, todo el trayecto está dentro del sector 1.

Figura 2. Tipo de viaje intrazonal

2.4.2 Interzonal

Son viajes que son producidos de un sector hacia otro sector dentro del área de estudio, es decir, es el desplazamiento dentro de la superficie de San Borja como ejemplo, la movilidad del sector 1 hacia el sector 2.

Figura 3. Tipo de viaje interzonal

2.4.3 Viajes externos

Son viajes que se producen dentro del área de estudio hacia el exterior de la superficie de estudio, es decir se puede encontrar en cualquier sector y su viaje es dirigido hacia afuera del distrito de San Borja.

Figura 4. Tipo de viaje externo

2.4.4 Viajes de paso

Son viajes que se producen afuera del área de estudio del distrito de San Borja, es decir el desplazamiento es exterior, el origen y destino de los vehículos se encuentra exterior a la superficie de estudio.

Figura 5. Tipo de viaje de paso

2.5 Formas de recolección de datos

La recolección de datos engloba diversidades de técnicas y herramientas con finalidad de construir una base de datos sólida y confiable. Las técnicas más usuales de recolección de datos son: encuestas, entrevistas, observación, etc.

2.5.1 Encuestas

Una encuesta tiene como objetivo recopilar información mediante un conjunto de preguntas, dirigidas a una muestra previamente seleccionada, con el fin de conocer hechos específicos de interés del investigador.

2.5.2 Tipos de encuestas

2.5.2.1 A domicilio

Se realiza a todos los miembros de la familia que habiten en los domicilios asignados a encuestar. El objetivo es conocer los modos de transporte y los destinos de cada uno. Sin embargo, existe la probabilidad que en el domicilio se encuentren amigos y/o familiares de visita, de ser el caso es importante conocer su origen. La información que se obtiene de esta modalidad es muy eficiente para generar datos que permitan la estimación de modelos de generación de viajes. Por otro lado, conocer los desplazamientos de los hogares genera un elemento importante para la estimación de los modelos de distribución de viajes. [8]

2.5.2.2 De interceptación

Se busca obtener datos de individuos que atraviesan el área de estudio, en particular los que tienen un origen fuera de dicho territorio. Las encuestas de interceptación están compuestas por un conjunto de preguntas planificadas para ser respondidas de manera rápida, debido a que se realizan encuestando al individuo en la vía pública. Estos datos también se pueden sumar a la información obtenida por las encuestas a domicilio, complementándolas. [8]

2.5.3 Encuestas Origen-Destino

En este tipo de encuesta se tiene que solicitar la autorización a una muestra de instituciones o empresas para poder entrevistar a sus empleados. “Cabe destacar que, contrariamente al caso de las encuestas aleatorias domiciliarias, los datos obtenidos por este método están basados en la elección del destino; no obstante son aleatorios respecto al modo de transporte” [8]

2.6 Conceptos de demandas de viajes

“La demanda transporte es una demanda derivada, es decir, no es un fin en sí misma. Con la posible excepción del turismo, la gente viaja para satisfacer ciertas necesidades en sus destinos (trabajo, salud, entretenimiento)” [8]. Asimismo para poder saber sobre la demanda de transporte es necesario analizar cómo están distribuido en los espacios las simplicidades para complacer las necesidades en las personas e industriales.

2.7 Modelo clásico de transporte de cuatro etapas

El modelo de las cuatro etapas se da inicio con la decisión de viajar por algún motivo (etapa de generación de viajes), seguidamente con un estudio de la elección que se realiza del destino de viaje (etapa de distribución de viajes), luego entonces con la preferencia del viajero que tiene el modo de transporte (etapa de reparto modal), y finalizando con la selección de ruta en la red de transporte (etapa de asignación de flujos a la red).

Figura 6. El clásico paradigma de las 4 etapas para la planeación de transporte

Adaptado de “Modelos de Transporte” por Ortúzar y willumsen, L.2008

En esta etapa del modelo se definirá el proceso donde se va a cuantificar los determinados viajes de las personas que radican, o que también realizan sus actividades en la determinada área de estudio, asimismo los vehículos también están relacionados con dicha área. De esta manera se comprende que la generación de viajes es conseguir de manera adecuada la identificación y cuantificación de los viajes que fueron divididos en la zona del área de estudio. Por otro lado los viajes pueden ser definidos por dos características que se refiere durante los procesos del estudio, estas características son el propósito y horario. En primer lugar, el propósito de viaje está formado por dos elementos: la base y el motivo. En la base se conoce que es el lugar donde se inicia o finaliza un viaje. En el motivo se tiene que tomar en cuenta los siguientes: trabajo, compras, estudios y otros motivos. En cuanto a la otra característica es el horario en el que se realiza el viaje. Se tiene que tomar en cuenta los viajes en hora punta y los viajes diarios. Este modelo de generación puede estar formado para estimar los viajes en hora punta o viajes a diario.

2.7.1 Variabilidad de generación de viajes

En esta primera variabilidad se presenta el uso de suelo, en el cual explica que puede ser establecido y predicho con facilidad, y confiable precisión. Asimismo en esta variabilidad se puede diferenciar 3 características importantes que respalda en la generación de viajes, son: tipo, intensidad y ubicación. Los distintos tipos de usos de suelos tienen diferentes particularidades de generación y por esta razón es considerable poder diferenciarlo. La clasificación de tipo de usos más frecuentes son el residencial, comercial, industrial, educacional y de esparcimiento. En cuanto a la intensidad del uso del suelo declara el nivel de función que determina una definida zona y frecuentemente se manifiesta en términos de cantidad o de densidad de tal manera como número total de viviendas en la zona. Y finalmente la ubicación de las actividades se describe con la distribución espacial de los usos del suelo y de las funciones dentro del área del estudio.

TIPO DE USO DEL SUELO	TIPO DE ACTIVIDAD	MEDIDA DE LA INTENSIDAD
Residencial	- Residencial.	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie de suelo residencial - Unidades habitacionales. - Unidades hab. por unidad de superficie. - Densidad de población. - Población total.
Industrial Comercial	<ul style="list-style-type: none"> - Industria manufacturera. - Servicios. - Comercio mayorista. - Comercio minorista. - Oficinas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Empleos totales. - Empleos clasificados por tipo. - Empleos por unidad de superficie. - Area de suelo ocupada.
Educación	<ul style="list-style-type: none"> - Universidad. - Secundario. - Primario. 	- Matrículas
Esparcimiento	- A determinar.	- Nro. de elementos apropiados (capacidad, butacas, amarras, etc.).

Figura 7. Variables en generación de viajes

Adaptado de “Demanda de transporte dirigida a redes. Departamento de transporte y Planteamiento del transporte” por Girardotti, L.2001

En cuanto a la segunda variabilidad que son las características socioeconómicas tienen mucho crédito en la generación de viajes, ya que esto apunta a los hogares y son los siguientes: ingreso familiar, tamaño de hogar, tenencia de automóvil, tipos de vivienda y funciones de los integrantes de hogar.

Para finalizar la última variabilidad identificada como el Sistema de transporte, que tiene como características el tipo, disponibilidad y calidad de las simplicidades de transporte

disponible en el área designada accesibilidad. A mayor accesibilidad se tendrá mayor número de viajes realizados

2.7.2 Distribución de viajes

En esta etapa de viajes se obtiene como entrada las cantidades de los viajes producidos y atraídos por la zona seleccionada. Dicha etapa tiene como finalidad la producción de las llamadas matrices de origen y destino. En estas celdas se muestran las cantidades de viajes por la unidad de tiempo en dicha zona del área de estudio que se ha definido.

Existen procedimientos matemáticos para la distribución de viajes que se dividen en dos grupos básicos. Los métodos de factor de crecimiento y los modelos sintéticos.

En primer lugar, el Método de factor de crecimiento existe varios procedimientos de factor de crecimiento, los tienen una acotación a la actualización o proyección de la matriz origen y destino. En este método se expresa en una ecuación:

(Ec. n°3)

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot F$$

Donde:

T_{ij} : cantidad de viajes futuros entre las zonas “i” y “j”

t_{ij} : cantidad existente de viajes entre las zonas “i” y “j”

F: factor de crecimiento

El factor “F” está relacionado con el uso del suelo, es decir de las descripciones socioeconómicas del área y del crecimiento a un futuro. Además, existen los métodos más realizados en la distribución que interactúan en el factor de crecimiento son: factor uniforme, factor promedio y el método de tratar.

Por otro lado, los métodos sintéticos que se tienen como finalidad la estimación de los intercambios de viajes impersonales en relación de las producciones y atracciones de las zonas. La separación espacial está basada con la medición en el tiempo de viaje, distancia o

costo sobre la red de transporte. Para realizar este modelo se tendrá que tomar en cuenta el calibrado, de forma que las funciones matemáticas expresen lo más aproximadamente posibles las características de los viajes ejecutados en el área que se ha establecido. Asimismo, los modelos sintéticos más realizados o utilizados con mayor frecuencia son: el modelo gravitatorio, modelo de oportunidad y programación lineal.

2.7.2.1 Modelo gravitatorio

El modelo gravitatorio esta designado para la distribución de viaje y se ha originado con la ecuación de ley de gravitación universal de newton.

(Ec. n°4)

$$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2}$$

Donde

F: fuerza con la que se atrae dos cuerpos M1, M2: masa de los cuerpos

d: distancia que separa los cuerpos G: constante

El modelo gravitatorio es uno de los más usados con frecuencia para la distribución de viajes, porque supone que el número de viaje entre una zona i y un destino j es proporcional al número de viajes generados en la zona i y una función de independencia o de costos relativa de las zonas. El modelo gravitatorio está representado en esta ecuación. Gonzales, C. (2012) Análisis de modelación de la distribución de viajes para diferentes categorías socioeconómicas en el valle de aburra. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N° 64, 115-125 (Ec. n°5). [9]

(Ec. n°5)

$$V_{ij} = kP_i A_j f(c_{ij}) = \frac{P_i A_j f(c_{ij})}{\sum A_j f(c_{ij})}$$

Donde

Vij: viajes entre un origen “i” y un destino “j”

P_i: total de viajes producidos en el origen i”

A_j: total de viajes atraídos en el destino j”

f (C_{ij}): factor de fricción del viaje entre “i” y”j”

k: constante de proporcionalidad

Probablemente la primera utilización rigurosa de un modelo gravitacional se debe a Casey (1955), el cual surgió esta aproximación para sintetizar los viajes realizados por compras y sus áreas de captación entre las ciudades de una región. En su formación más simple el modelo presenta la siguiente forma funcional. Ortúzar, J y Willumsen, L (2008). Modelos de transporte (Ec. n°6). [8]

(Ec. n°6)

$$T_{ij} = \frac{\alpha P_i P_j}{d_{ij}^2}$$

Donde:

“P_i” y “P_j” son la población de las ciudades origen y destino de los viajes, “d_{ij}” es la distancia entre “i” y “j” y “α” un factor proporcional.

2.7.2.2 Modelo Fratar

El método de Fratar es un proceso iterativo que consiste en adaptar secuencialmente las columnas y filas de la matriz Origen-Destino, hasta llegar a un equilibrio y se fundamente en el principio de que un cambio en un celda (viajes i y j) es directamente proporcional a los cambios en los originados y destinados.

Además, se debe determinar un factor de crecimiento para cada zona de origen y para cada zona de destino. Los factores de crecimiento se aplican a cada intercambio, en la tabla de viajes proporcionada. Esta aplicación de factores se aplica de forma que el número de viajes en el origen este siempre presente. El calculista es responsable de ver que iteraciones es usualmente, de esta manera se deberán agregar diversas pruebas de tipo estadístico para auxiliar y completar la decisión anterior.

(Ec. n°7)

$$V_{ij} = V_i(G) \cdot v_{ij} \cdot E_j / \sum_k v_{ik} \cdot E_k$$
$$V_{ji} = V_j(G) \cdot v_{ji} \cdot E_i / \sum_k v_{jk} \cdot E_k$$

Donde

V_{ij} : viajes entre un origen “i” y un destino “j”

$V_i (G)$; $V_j (G)$: número de viajes producidos en el origen “i” y en “j”, estimados en la fase de Generación de Viajes

v_{ij} : número de viajes actuales de “i” para “j”

E_i ; E_j : factor de crecimiento de la zona “i” y la zona “j”

2.7.3 Reparto modal

En esta etapa del modelo se determina la proporción donde los usuarios seleccionan el modo de transporte para realizar sus viajes. Existen 3 factores importantes. En primer lugar, las características de usuarios que está relacionado con la disponibilidad de automóvil, la estructura del hogar e ingresos. Seguidamente las características del viaje que son el propósito, longitud y el horario de viaje del usuario. Por último, se presenta la característica del sistema de transporte que contiene la comodidad y conveniencia, confiabilidad, accesibilidad y seguridad.

Asimismo, los tipos de división modal de extremos de viaje son realizados seguidamente después de la etapa de generación de modo con la finalidad de retener las peculiaridades de las personas que están realizando los viajes.

Por otro lado, tienen los ejemplos de intercambios de viajes que en este proceso se basan en tipos de modelos a la división modal, esto se realiza después de la distribución. Esto tiene la ventaja de que se pueden tomar en cuenta las peculiaridades del viaje, pese a que se pierden las características del usuario.

2.7.4 Asignación

En esta etapa tiene como objetivo principal la obtención de la carga de flujo en la red. Para dar a comenzar esto primero se debe de ejecutar los flujos de transporte público, porque son flujos que tienen una ruta establecida y fija, dándose respectivamente por líneas de los dos modos. Para el primero se tiene que considerar asignar los flujos de vehículos equivalentes,

porque en esta unidad se tiene que expresar las cavidades de los arcos. Por lo tanto, realizando los flujos en la red se puede asignar viajes en modo auto chofer.

Otra de las características en este modelo es desarrollar la asignación pública, porque se obtuvo restricciones que está relacionado con el tiempo de viaje en un arco donde depende con la cantidad de flujo circulado.

3.1.2 Punto de control n°02

Se escogió la intercepción de la Avenida Aviación con San Borja Norte, como se muestra en el gráfico, debido a que es uno de los principales cruces del distrito. Dicha intercepción es utilizada para conectar, en su mayoría, a la población de Santiago de Surco y de Ate-Vitarte para llegar a San isidro.

Figura 9. Avenida Aviación con avenida San Borja Norte

Adaptado de Google earth

3.1.3 Punto de control n°03

Para el tercer punto de control, se escogió la intercepción de la Avenida Aviación con San Borja Sur, como se muestra en el gráfico, por sus antecedentes de tráfico vehicular. Este punto es importante ya que, pertenece a una de las pocas rutas en el distrito de San Borja con transporte público.

Figura 10. Avenida Aviación con avenida San Borja Sur

Adaptado de Google earth

3.1.4 Punto de control n°04

Para el cuarto punto de control, se escogió la intercepción de la Avenida Aviación con Angamos, como se muestra en el gráfico, por sus antecedentes de tráfico vehicular. Este punto es importante ya que, en este se encuentran la estación de la Línea 1 del tren Angamos y también el centro comercial Real Plaza Primavera, los cuales generan atracción de viajes hacia este punto.

Figura 11. Avenida Aviación con avenida Angamos

Adaptado de Google earth

3.1.5 Punto de control n°05

Para el quinto punto de control, se escogió la intercepción de la Avenida San Luis con la Avenida Javier Prado Este, como se muestra en el gráfico, por sus antecedentes de tráfico vehicular. Se consideró importante el análisis de este punto debido a que Av. Javier Prado es uno de los accesos con mayor carga vehicular particular dentro de Lima, por su cercanía a importantes empresas y centros comerciales.

Figura 12. Avenida San Luis con la avenida Javier Prado Este

Adaptado de Google earth

3.1.6 Punto de control n°06

Para el sexto punto de control, se escogió la intersección Av. San Luis con Av. San Borja Norte, ya que estas avenidas son muy transitadas para viajar del distrito San Luis hacia el Sur como los distritos de Surco, San Juan de Miraflores, Chorrillos, Villa el Salvador y entre otros.

Figura 13. Avenida San Luis con la avenida San Borja Norte

Adaptado de Google earth

3.1.7 Punto de control n°07

Para el séptimo punto de control, se escogió la intersección Av. San Luis con Av. San Borja sur, ya que esta avenida es transitada por toda la Av. San Luis que circulan varios buses públicos con dirección a Av Canada, Acho, Abancay, Av. Angamos, Ovalo Higuiereta y etc.

Figura 14. Av. San Luis con San Borja Sur

Adaptado de Google earth

3.1.8 Punto de control n°08

Para el octavo punto de control, se escogió la intersección Av. San Luis con Angamos Este, ya que esta avenida sirve de acceso para lugares importantes de Surco (empresas, universidades y centros comerciales). Por otro lado, es el ingreso a la Av. San Luis, tanto de vehículos privados como transporte público.

Figura 15. Avenida San Luis con avenida Angamos Este

Adaptado de Google earth

3.1.9 Punto de control n°09

Para el noveno punto de control, se escogió la intersección San Borja Norte con Av. Boulevard de Surco, ya que en estas avenidas son circuladas solo por vehículos particulares, y nos interesa la información recolectada para analizar cómo influye con las avenidas circuladas con los buses públicos.

Figura 16. Avenida San Borja Norte con avenida Boulevard de Surco

Adaptado de Google earth

3.1.10 Punto de control n°10

Para el décimo punto y los que siguen en adelante son Av donde circulan solo vehículos privados y taxis, ya que son principalmente viajes dentro del mismo distrito.

Figura 17. San Borja Sur con Av. De Las Artes Sur

Adaptado de Google earth

3.1.11 Punto de control n°11

Para el onceavo punto se tomó en cuenta la Av. Alejandro Velasco Astete con Esmeralda, ya que es una de las rutas opcionales para los vehículos particulares y taxis, donde se acumula tráfico.

Figura N°17: Av. Alejandro Velasco Astete con Esmeralda

Figura 18. Av. Alejandro Velasco Astete con av. Esmeralda

Adaptado de Google earth

3.1.12 Punto de control n°12

Av. Boulevard de Surco con las Artes Para el onceavo punto se tomó en cuenta la Av. Boulevard de Surco con Las Artes, ya que es una de las rutas opcionales para los vehículos particulares y taxis en dirección a centros comerciales, universidades e importantes empresas.

Figura 19. Av. Boulevard de Surco con av. las Artes

Adaptado de Google earth

A continuación se adjunta la figura n°19, donde se visualizan, los puntos en mención, en una sola vista

Figura 20. Plano del distrito de San Borja con los puntos de control

Adaptado de Google earth

3.2 Formatos utilizados para el proyecto

La importancia de elaborar formatos adecuados para los aforos y las encuestas, es vital para este tipo de investigaciones. Debido a la velocidad y presión en las cuales, se realizan ambos eventos y en propósito de salvaguardar la calidad de estos, los formatos deben ser de fácil comprensión y totalmente específicos a la misión asignada. En su mayoría, se recomienda citar a la mano de obra, destina a esta labor, media hora antes de la jornada y realizar una charla de compromiso con el proyecto. En dicha charla, se puede reiterar una explicación de la manera adecuada de llenar el formato escogido y resolver las dudas pendientes.

3.2.1 Formato de aforo

En el caso particular de esta investigación, la recolección de datos se concretó usando dos formatos de toma de muestra. El primer formato, permitió agilizar el aforo en los puntos de control, descritos líneas arriba. Para el conteo se consideraron ciertos datos básicos, para garantizar la formalidad y compromiso del aforador, como: nombre de la intersección, fecha, turno, hora, nombre de aforador y observación. Por otro lado, los datos importantes que se consideraron para esta investigación son el conteo de los siguientes tipos de transporte: combi, microbús, ómnibus, taxi y vehículo particular.

La tabla nº 2 comparte información acerca del Plan maestro de transporte urbano Lima-Callao, realizada por parte de JICA (Agencia internacional de cooperación Japonesa), a servicio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y utilizado como fuente de una investigación del Instituto de estudios peruanos, de donde fue recuperado para este análisis. El cuadro muestra los siguiente modos de traslado: privado, para tránsito (refiriéndose de esta manera a transportes que generan tráfico en el proceso de conseguir pasajeros), público y caminar. También se muestran los porcentajes del uso de la población de manera parcial y global. Como se puede observar, el modo predominante es el Transporte público, lo cual será de consideración para la elaboración del formato de aforo y para el evento en sí. Se decide descartar, para el caso específico del distrito de San Borja, los medios de transporte, tales como: moto taxis, colectivos y motos líneas, porque son muy poco frecuentes o de existencia nula en este sector.

Tabla 1

Porcentaje de uso según modo de transporte

MODO	PORCENTAJES PARCIALES	PORCENTAJES GLOBALES
Privado	100.00 %	12.80 %
Bicicleta	4.00 %	0.50 %
Motocicleta	1.40 %	0.00 %
Carro	87.50 %	11.2 %
Otros	7.20 %	0.90 %
Para tránsito	100.00 %	10.20 %
Moto taxi	35.70 %	3.60 %
Taxi	53.6 %	5.50 %
Colectivo	10.7 %	1.10 %
Público	100.00 %	51.50 %
Combi	44.5 %	22.90 %
Microbús	36.00 %	18.60 %
Ómnibus	19.50 %	10.00 %
Caminar	100.00 %	25.40 %
Total		100.00 %

Nota: Consorcio de Investigación Económica y Social. Instituto de Estudios peruanos. 2007

A continuación, se muestra el formato que se utilizó para esta investigación.

Tabla 2

Formato de aforo en campo

FLUJO VEHICULAR

FORMATO DE CAMPO FC-01

INTERSECCION:.....

FECHA:.....

HORA:.....

ENCUESTADOR:.....

TURNO:.....

OBSERVACIONES:.....

HORA CDPA 15Min	BICICLETA				COMBI				MICROBUS				OMNIBUS				TAXI				PARTICULAR			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

Nota: Se ha realizado el formato teniendo en cuenta los vehículos más comunes

3.2.2 Formato de encuesta

Por otro lado, el formato de encuestas tiene la finalidad de recolectar datos de cada persona en las intersecciones, que se realizan en los 12 puntos que se han definido en el distrito de San Borja, para generar la matriz origen y destino. Este tipo de encuestas en vía pública nos brindan la información sobre los viajes que no son realizados en las encuesta a domicilios. Asimismo son más eficientes, ya que constituyen un mejor método para la estimación de matriz de viaje en comparación que a la domiciliaria, porque dispone de muestras mayores.

Realizando estas encuestas en las vías públicas nos permitirán obtener la información de su origen y destino del pasajero, el motivo del viaje, y el turno al momento que se ha de realizar las encuestas que pueden ser en la mañana, tarde y noche, y por último el modo del viaje. Además como datos complementarios la edad, el sexo y el nivel de ingresos. Esta elaboración de encuestas se requiere una buena organización y planificación, de esta manera poder prevenir los retrasos innecesarios y así garantizar seguridad y obtener grandes resultados con excelente calidad. Se ha de tomar en cuenta también los mejores lugares, coordinación con la policía, la señalización y supervisión son piezas importantes para realizar las encuestas. Sin embargo, es importante tener en consideración que, en muchas investigaciones, no se cuentan con el apoyo del estado, por lo cual, es importante generar confianza en los encuestados. Tener en cuenta que, cierta cantidad de la población no desean ser intervenidos por los encuestadores, lo cual generan retrasos. Por ese motivo, es importante que las personas encargadas a esta labor sean capacitadas o que ya cuenten con experiencia en el tema. A continuación se presenta el formato que se utilizara para las encuestas en esta investigación.

Tabla 3

Formato de encuestas

Interseccion: fecha: encuestador:		Flujo vehicular Formato de campo fc		<div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>						
		observaciones:								
Hora cada 15 mints	Hora (turno)	Direccion de Origen	Direccion de Destino	Motivo de Viaje	Medio de transporte					
					Bicicleta	Combi	Microbus	Omnibus	Taxi	Particular

Nota: Se ha realizado el formato teniendo en cuenta las recomendaciones del libro “Modelo de transporte”

3.3 Proceso de recolección de datos

3.3.1 Aforo en los puntos de control

El distrito de San Borja cuenta con una población superior a los ciento diez mil habitantes, por lo cual, se consideró esencial realizar una visita previa a las intersecciones. Gracias a ello, se pudo estimar la cantidad de aforadores necesarios para cada intersección, según la carga vehicular que se pudo observar en la zona. También, se logró obtener una mejor percepción del tipo predominante de vehículos que circulan por dichas intercepciones.

En el caso de esta investigación, el aforo de los puntos, descritos en páginas anteriores, se realizó el día miércoles 7 de Junio del 2017. Es importante resaltar que, todos los puntos fueron aforados el mismo día en simultáneo y en hora pico. Se consideró el día miércoles, ya que es un día intermedio en la semana y es muy probable que se pueda encontrar la cantidad máxima de flujo vehicular en este día. De esta manera, se descartó el día lunes y viernes porque, en estos días, existe mayor posibilidad de encontrar variables que distorsionen el modelo de asignación y distribución. Las principales variables fueron: viajes por fin de semana (incluido viernes), faltas laborales (debido a la extensión del fin de semana hasta el día lunes por motivos personales), etc. Por ello se considera que estos días son perjudiciales para realizar el proceso de recolección de datos y la muestra podría verse influenciada (tomar datos atípicos y erróneos).

3.3.2 Encuestas en los puntos de control

Luego de realizar el aforo en los puntos de interceptación que se ha seleccionado, se calculó la muestra necesaria, con ayuda de los resúmenes de los aforos (véase Anexo 1), a tomar en consideración para ser encuestadas, y para cada modo de viaje. En el caso de esta investigación, las encuestas se realizaron el día miércoles 14 de Junio del 2017, una semana después de realizarse los aforos. Esto se debe, a que se consideró necesario este tiempo para procesar de manera correcta los datos de los aforos y con ello hallar la muestra óptima. Las encuestas fueron complejas debido a los inconvenientes de las personas (algunos viajeros no tenían el interés para cooperar). Por otro lado, una vez terminado el procesamiento de datos, se coordinó la distribución, capacitación y planificación de cantidad de entrevistadores necesarios para asegurar la calidad de las entrevistas.

A continuación, se muestra la Tabla n° 5, que muestra el número total de encuestas que fueron realizadas en cada punto de control, descrito líneas arriba. Así mismo, en la Figura n° 21, se puede observar el grafico de barras de esta tabla, con el objetivo de poder visualizar de mejor manera la distribución que se logró.

Tabla 4

Resumen del número de encuestas realizada en cada punto de control

PUNTO DE CONTROL DONDE SE REALIZO LA ENCUESTA		Mañana 7 - 9 am	Noche 5-7 pm
Avenida Aviación con la Avenida Javier Prado	P1	40	46
Avenida Aviación con San Borja Norte	P2	40	40
Avenida Aviación con San Borja Sur	P3	40	40
Avenida Aviación con Angamos	P4	72	88
Avenida San Luis con la Avenida Javier Prado Este	P5	40	42
Avenida San Luis con San Borja Norte	P6	40	52
Avenida San Luis con San Borja Sur	P7	45	45
Avenida San Luis con Angamos Este	P8	40	40
San Borja Norte con Av. Boulevard de Surco	P9	20	20
San Borja Sur con De Las Artes Sur	P10	48	56
Av. Alejandro Velasco Astete con Esmeralda	P11	40	48
Av. Boulevard de Surco con las Artes	P12	30	43
SUBTOTAL		495	560
TOTAL		1055	

Nota: Elaboración propia

Figura 21. Número de encuestados según el punto de control indicado

Adaptado del conteo de encuestas

4 CAPÍTULO 4

El capítulo IV desarrolla el objetivo principal de esta tesis, lo cual es la caracterización de viajes del distrito de San Borja. Se procesan los datos obtenidos en el capítulo anterior, y con ello se procederá a elaborar la matriz Origen-Destino de San Borja. Este capítulo se divide en dos partes importantes para el tema en investigación: por un lado, Generación y atracción de viajes y por el otro, Distribución de viajes. En la parte de Generación y atracción se logran modelos de atracción y modelos de generación mediante datos propios del distrito que generan estas acciones. Por otro lado, en la parte de Distribución de viajes se realiza mediante el modelo Gravitacional y el modelo Fratar. Finalmente, se realiza una comparación entre ambos modelos para evaluar, cuál de estos es el mejor para el caso particular de esta investigación.

4.1 Procesamiento de la información de las encuestas

La finalidad, con la cual se realizaron las encuestas, en los puntos de interceptación mencionados líneas arriba, es conocer la distribución de viajes en el distrito de San Borja.

Una vez realizado este proceso en físico, se procesaron los datos en la plataforma Office Excel 2013. Los datos colocados han sido multiplicados mediante un factor de expansión de muestra, según el porcentaje de la población que se consideró en las encuestas

En primer lugar, se procedió a identificar los orígenes y destinos obtenidos por las respuestas de los entrevistados., teniendo en cuenta las 12 zonas en las cuales fue dividido el distrito de San Borja. Por otro lado, se ha dividido a los distritos externos a San Borja en 4 zonas. El objetivo de esta agrupación es poder integrar los viajes de paso a la matriz OD. Por lo tanto, la evaluación consta de 16 zonas de análisis para la construcción del objetivo principal de esta tesis, el cual es visualizar la distribución de viajes del distrito. A continuación, se muestra los distritos que conforman cada una de las zonas externas.

Figura 22. Distritos que conforman las 4 zonas externas de esta investigación.

Adaptado de Google Maps

Luego de ello, se procedió a realizar matrices Origen – Destino en cada punto de interceptación. Es importante mantener un buen orden y organización con los datos que se manejan. Si se cumple esto en el procesamiento de los datos, los resultados que se obtengan tendrán mayor reflejo en la situación actual en la zona de estudio. Las siguientes tablas muestran las matrices OD de cada uno de los puntos de interceptación, de donde se recogieron la información.

Tabla 5

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja Norte – Boulevard de Surco

	AV. SAN BORJA NORTE - BOULEVARD DE SURCO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3																
4													500			
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13				333										333	833	333
14						167									500	333
15													1167	1333		167
16													333	333		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Aviación – Angamos

	AV. ANGAMOS - AV. AVIACIÓN															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1													167			667
2																
3																
4																
5															167	667
6																
7																
8																
9																
10													167		2333	
11																
12																
13			167	167			167			333	167	167	333		6333	
14											333				3500	
15						167				167	167		333		2167	167
16								167	500		333		333		7500	167

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja Norte – San Luis

	AV. SAN BORJA NORTE - AV. SAN LUIS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3	450			167			185			333	167		166			333
4		167	466	667		500	667	167	333	167	333		1500			333
5																
6																
7			500	167				167		167			333			
8																
9																
10																
11																
12																
13		167	460	1000			167									
14																
15																
16	167		167	1000		167	167									

Nota: Elaboración propia.

Tabla 8

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Luis – San Borja sur

	AV. SAN BORJA SUR - AV. SAN LUIS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2									967							
3	255	245							100		167					167
4									167		167		167			
5																
6																
7	333	500	833	167				167	167	333	667		833	167		167
8																
9		500	430	333		333		167		333	167		1167			167
10																
11				1000			167					167				333
12				333												
13			167						1000		667	167				
14									167							
15																
16			167				500				167					

Nota: Elaboración propia.

Tabla 9

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Javier Prado - Aviación

	AV. JAVIER PRADO - AV. AVIACIÓN															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1														1167		700
2																1376
3													450	750	167	
4																
5																
6														1000		
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																

Nota: Elaboración propia.

Tabla 10

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja sur – Las artes

	AV. SAN BORJA SUR - AV. LAS ARTES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1													333		500	
2																
3	460									167						167
4																
5																
6													2000	1167	667	667
7																
8													1167	1000		
9																
10						167							500	167		
11																
12																
13			167	333	167	1667		333		167						
14						1500		333								
15			833			667			167						167	
16			167			500							167	167		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 11

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Luis – Javier Prado

	AV. JAVIER PRADO - AV. SAN LUIS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1														468		
2															867	
3													346	666	333	
4														333		
5																
6																
7													667	833		
8																
9													667			
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																

Nota: Elaboración propia.

Tabla 12

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja norte - Aviación

	AV. SAN BORJA NORTE - AV. AVIACIÓN															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1										167					167	
2																
3													167	167	167	167
4																
5																
6													333	167		500
7													167	167		
8													1167			
9													333			167
10													1000			
11													333			
12																
13			833				333	667	167	167						
14			833													
15	333		1333			333	333			167						
16			1333											167		

Nota: Elaboración propia.

Tabla 13

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Borja sur – Aviación

	AV. SAN BORJA SUR - AV. AVIACIÓN															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3															333	
4																
5																
6																
7																167
8													167	167	500	167
9													167			
10													167			
11																
12																
13						167		167							2000	500
14										167					3167	500
15						167							1167	333	667	333
16													1000	333	833	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 14

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control San Luis - Angamos

	AV. SAN LUIS - AV. ANGAMOS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1											333					
2											950					
3											300					
4											667					
5											833					
6																
7																
8																
9																
10																
11	333	500	500	667	1333											
12																
13																
14																
15									333	667		1000	500	667	1167	
16													1167	1667		

Nota: Elaboración propia

Tabla 15

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Av.Boulevard – Las artes

	AV. LAS ARTES - BOULEVARD DE SURCO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3				167	219			167	333	156	233		289		477	
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14													833			
15							667			1500	1167					
16																

Nota: Elaboración propia.

Tabla 16

Resumen de datos origen- destino obtenidos en el punto de control Velazco Astete – Av. Esmeralda

	AV. VELAZCO ASTETE - AV. ESMERALDA															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11								167	833	1000	333	667			1167	
12				167	1569	833			333		667		333	167	1167	2000
13																
14																
15															1333	
16																

Nota: Elaboración propia.

4.1.1 Elaboración de la matriz Origen-Destino

Luego de procesar los datos obtenidos, en las encuestas realizadas en el distrito de San Borja, se forma la matriz Origen – Destino de las 16 zonas. Se decidió completar las celdas vacías (no presentan viajes según las encuestas) con un valor de viajes mínimo, tal como 20 viajes por 4 horas. Dicha suposición, se cree necesaria ya que, existe una considerable probabilidad de que no se haya encuestado a viajeros con dichas rutas debido a que son pocos, sin embargo, existen.

La Tabla n°18, mostrada a continuación, indica los viajes generados y atraídos desde cada zona (identificado por números descritos en los índices predecesores), tomando en cuenta todas las condiciones explicadas líneas arriba.

Tabla 17

Matriz OD del Distrito de San Borja

		MATRIZ ORIGEN - DESTINO DEL DISTRITO DE SAN BORJA															
		DESTINO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O R I G E N	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	167	333	20	500	4334	667	20
	2	20	20	20	20	20	20	20	20	167	20	500	20	20	20	167	20
	3	167	20	20	1167	1167	20	500	167	833	1000	1334	20	4833	17501	4500	834
	4	20	167	1000	667	20	500	667	167	500	167	1167	20	2167	333	20	333
	5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	833	20	20	20	167	20
	6	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	2333	2334	667	1167
	7	333	500	1333	334	20	20	20	334	167	500	667	20	2000	1167	20	334
	8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	2501	1167	500	167
	9	20	500	1000	333	20	333	20	167	20	333	167	20	2334	20	20	334
	10	20	20	20	20	20	167	20	20	20	20	20	20	1834	167	2333	20
	11	333	500	500	1667	1333	20	167	167	833	1000	333	834	333	20	1167	333
	12	20	20	20	500	2500	833	20	20	333	20	667	20	333	167	1167	2000
	13	20	167	2334	1833	167	1834	667	1167	1167	667	834	334	333	333	9166	833
	14	20	20	833	20	20	1667	20	333	167	167	333	20	833	20	7167	833
	15	333	20	2166	20	20	1334	1000	20	500	2501	1334	1000	3167	2333	6501	667
	16	167	20	1834	1000	20	667	667	167	500	20	500	20	3000	2667	8333	167

Nota: Elaboración propia.

4.2. Generación y atracción de viajes en el distrito de San Borja

La primera etapa del modelo clásico de transporte se enfoca en la cantidad de viajes que una zona puede generar y, también, en el número de viajes que puede atraer mediante factores de generación y atracción de viajes. En el subíndice anterior, se pudo observar la matriz Origen – Destino del distrito de San Borja, sin embargo, para el procesamiento del modelo de generación y atracción, se ha optado por una metodología diferente.

Dicha metodología consiste en agrupar estratégicamente ciertas zonas internas del distrito de San Borja, específicamente de 4 en 4. Por lo tanto, como existen 12 zonas internas, con esta aplicación, se reducirían a solo 3. Este artificio, se aplica debido a que, los modelos de generación y atracción, se resuelven mediante una regresión lineal. Por lo cual, si se consideran 4 zonas externas (agrupación de los distritos restantes en Lima, excluyendo a San Borja) la diferencia entre las magnitudes entre los factores de atracción y generación de las zonas internas y las zonas externas, se hace muy amplia, lo cual distorsiona el cálculo. Sin embargo, se aclara que solo será un artificio, ya que luego de obtener datos desarrollados con esta nueva matriz, se volverá a formar una nueva matriz 16 x 16 de manera proporcional a la original distribución de los viajes.

La agrupación de las zonas internas se escogió, según la cercanía que tenían entre ellas geográficamente. A continuación, se muestra el cuadro aplicando el artificio descrito líneas arriba, donde: la nueva zona 1' agrupa a las zonas internas 1,2,3 y 6; la nueva zona 2' agrupa a las zonas internas 4,5,7 y 12 y la nueva zona 3' agrupa las zonas internas 9,8,10 y 11.

Tabla 18

Matriz OD del Distrito de San Borja agrupando las zonas internas en 3 grupos

		Matriz Origen Destino del Distrito de San Borja						
		DESTINO						
		1	2	3	13	14	15	16
O R I G E N	1	317	2963	4580	7677	24177	6000	2020
	2	4757	4777	5550	4510	1677	1353	2677
	3	3423	4443	3090	7000	1353	4010	843
	13	5343	5000	3833	333	333	9167	833
	14	2520	40	1000	833	10	7167	833
	15	3843	2020	4343	3167	2333	6500	667
	16	2677	1687	1177	3000	2667	8333	167

Nota: Elaboración propia.

4.2.1 Modelo de generación de viajes en el distrito de San Borja

Es importante conocer la estimación de cuántos viajes se generan en una zona. En el caso particular de esta investigación, se construyó un modelo de generación de viajes, es decir, una ecuación que logre representar la generación de viajes del distrito mediante factores variables. La variabilidad de estos factores dependerá del tiempo y de otros motivos, los cuales generen viajes (incrementen o disminuyan) en la zona de estudio.

4.2.1.1 Datos para realizar la regresión lineal

Para elaborar un modelo de generación de viajes se utiliza el modelo de regresión lineal. Dicho modelo utiliza variables explicativas para establecer una relación lineal entre ellas y

parámetros que describen el comportamiento de la demanda. En el caso de esta investigación, las variables de generación serán: El número de habitantes en cada sector del distrito de San Borja y el número de viviendas en el distrito de San Borja. A continuación, se presenta la tabla N°20, que indica la población del distrito de San Borja por sector y de las 4 zonas externas que se están considerando.

Tabla 19

Población en las 16 zonas de esta investigación

ZONA	POBLACION
1	11405
2	7941
3	8680
4	10790
5	7533
6	8181
7	12158
8	11220
9	10341
10	11543
11	5092
12	6804
13	3719500
14	2610500
15	945100
16	1639700

Nota: Se ha realizado la tabla considerando los datos registrados en el INEI

Así mismo, se presenta la Figura n° 21, el cual presenta un gráfico de barras. Se evidencia, de mejor manera, la diferencia entre las cantidades de población de cada sector.

Figura 23. Gráfico de barras de la población del distrito de San Borja

Adaptado del INEI

Por otro lado, se presenta el número de viviendas que conforman las 12 zonas del distrito de San Borja y las 4 zonas externas.

Tabla 20

Número de viviendas en las 16 zonas de esta investigación

ZONA	N° VIVIENDAS
1	3380
2	2353
3	2572
4	3198
5	2232
6	2425
7	3603
8	3325
9	3065
10	3421
11	1509
12	2016
13	912500
14	614400
15	325900
16	371400

Nota: Se ha realizado la tabla considerando la información del siguiente enlace:
<http://www.cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr201207-01.pdf>

Por último, se comienza a realizar la regresión lineal con los datos previamente descritos. Como se explicó páginas atrás, el objetivo de este procesamiento es obtener una ecuación que se identifique con los viajes generados en el distrito. A continuación se muestran los coeficientes obtenidos de la regresión lineal.

Tabla 21

Resultados de la regresión lineal para el modelo de generación de viajes

ANÁLISIS DE VARIANZA	
Grados de libertad	
Regresión	2
Residuos	4
Total	6
	Coeficientes
Intercepción	29965,94691
POBLACION	-0,00399932
N DE VIVIENDAS	0,001489175

Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se presenta la fórmula de regresión lineal de generación de viajes en San Borja (Ec. n°9)

$$V(g) = 29965.95 - 0.00399 * x1 + 0.00149 * x2$$

Donde:

V (g): Viajes generados en el distrito de San Borja
X1: Cantidad de población en la zona de análisis
X2: Número de viviendas

4.2.2 Modelos de atracción de viajes en el distrito de San Borja

La atracción de viajes que se producen de un lugar a otro, tienen como motor muchas posibles causas. Cada individuo es atraído hacia un destino con una finalidad diferente al de otro. En esta tesis, para generar un modelo de atracción de viaje se utiliza una variable que produzca viajes hacia San Borja. Dichas variables (escogida, para el caso particular de esta

investigación, por motivos de facilidad en la obtención de los datos) serán la cantidad de vacantes en todos los colegios (nivel inicial, primario y secundario) y el número de trabajadores en empresas grandes, que pertenecen al distrito de San Borja. Sin embargo, si se cuenta con alguna variable, que sea factor de atracción de viaje hacia el distrito, con acceso a los datos, el modelo podría ser mejorado y más cercano a la realidad.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los datos de vacantes escolares y el número de trabajadores por medianas y grandes empresas, dentro del distrito en investigación.

Tabla 22

Vacantes escolares en las 16 zonas de esta investigación

VA	VACANTES ESCOLARES	CENTROS COMERCIALES
2551	18098	4950
2054	19746	1500
9516	22626	5550
6828	16624	1350
3528	9071	2100
7495	7816	3750
3553	14715	1950
2829	23204	1650
5687	15034	1650
6298	19230	3750
9045	17458	3000
2428	16345	5850
23126	993171	35200
13986	586400	22500
39239	292069	20565
8082	378365	28954

Nota: Elaboración propia.

4.3 Distribución de viajes en el distrito de San Borja

Al igual que en generación de viajes, se comienza a realizar la regresión lineal con los datos previamente descritos. Como se explicó páginas atrás, el objetivo de este procesamiento es

obtener una ecuación que se identifique con los viajes atraídos en el distrito. A continuación se muestran los coeficientes obtenidos de la regresión lineal.

Tabla 23

Resultados de la regresión lineal para el modelo de atracción de viajes

ANÁLISIS DE VARIANZA	
Grados de libertad	
Regresión	2
Residuos	4
Total	6
Coeficientes	
Intercepción	38848,8257
VACANTES ESCOL	0,03460734
CENTROS COMER	-1,2456277

Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se presenta la fórmula de regresión lineal de atracción de viajes en San Borja (Ec. n°10)

$$(a) = 38848.83 + 0.0346 * x1 - 1.2456 * x2$$

Donde:

V (a): Viajes atraídos en el distrito de San Borja

X1: Cantidad de vacantes escolares en la zona de análisis

X2: Cantidad de trabajadores en empresas medianas y grandes

4.3.1 Calibración de la matriz Origen-Destino mediante el modelo gravitacional

Para la calibración de un modelo gravitacional con los datos actuales, lo primero que requieren es obtener las distancias de cada zona planteadas por esta tesis. En el caso de esta investigación, se decidió tomar distancias desde puntos que se consideraron los centroides de cada zona. Por ejemplo, la distancia entre la zona 3 y la zona 1 será 773 metros, tomado desde un punto considerado el centro geométrico de cada uno de ellos, según la Tabla n° 14.

A continuación se evidenciara la matriz elaborada para este análisis, donde se muestra las distancias de las 16 zonas

Tabla 24

Distancias según el centroide de cada zona

DISTANCIAS SEGÚN EL CENTROIDE DE CADA ZONA																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	1130	630	1500	2280	1500	1570	2090	2250	2680	2730	3200	10000	8400	6600	11600
2	1130	0	1720	790	1320	2300	1610	2810	2340	3320	2910	2780	10100	8500	7000	7000
3	630	1720	0	1460	2120	875	1070	1430	1630	2090	2140	2810	9400	9000	6000	10000
4	1500	790	1460	0	820	2150	970	2430	1710	2800	2330	2100	9800	9500	9700	10450
5	2280	1320	2120	820	0	2710	1400	2850	1850	3020	2390	1610	1100	9700	6100	9000
6	1500	2300	875	2150	2710	0	1330	580	1470	1440	1740	2460	9800	9600	5500	10200
7	1570	1610	1070	970	1400	1330	0	1470	765	1780	1400	1780	10200	9800	7700	10800
8	2090	2810	1430	2430	2850	580	1470	0	1270	850	1390	2700	10700	10300	5100	8900
9	2250	2340	1630	1710	1850	1470	765	1270	0	1190	600	1420	11100	10500	4400	8100
10	2680	3320	2090	2800	3020	1440	1780	850	1190	0	890	2410	11500	11000	4150	5000
11	2730	2910	2140	2330	2390	1740	1400	1390	600	890	0	1490	11400	1200	4500	8000
12	3200	2780	2810	2100	1610	2460	1780	2700	1420	2410	1490	0	10210	11000	4000	7000
13	10000	10100	9400	9800	1100	9800	10200	10700	11100	11500	11400	10210	9000	11000	12000	13000
14	8400	8500	9000	9500	9700	9600	9800	10300	10500	11000	1200	11000	11000	11000	14500	11800
15	6600	7000	6000	9700	6100	5500	7700	5100	4400	4150	4500	4000	12000	14500	4240	9600
16	11600	7000	10000	10450	9000	10200	10800	8900	8100	5000	8000	7000	13000	11800	9600	4750

Nota: Elaboración propia.

Con las distancias, se puede desarrollar el modelo gravitacional. A continuación, se muestra en la Tabla n°26, los factores que interviene en dicho modelo.

Tabla 25

Resultados de la regresión lineal para la calibración del modelo gravitacional

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,98713625
Coeficiente de determinación R^2	0,97443797
R^2 ajustado	0,95158745
Error típico	1,27758616
Observaciones	49
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0
ln V(G)i	0,82232413
LN V(A)j	-0,18308342
LN dij	0,49054448

Nota: Elaboración propia.

$$MG = 38848.83 + 0.731 * x1 + 0.432 * x2 - 0.61 * X3$$

Donde:

MG: Distribución de viajes calibrado al modelo gravitacional X1: Vector de viajes generados

X2: Vector de viajes atraídos

X3: Distancia entre las zonas 16 zonas en análisis

Finalmente, se muestra la matriz Origen – Destino calibrado mediante el modelo gravitacional en la siguiente tabla.

Tabla 26

Matriz OD del Distrito de San Borja calibrado con el modelo gravitacional

		MATRIZ GRAVITACIONAL ORIGEN - DESTINO DEL DISTRO DE SAN BORJA															
		DESTINO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O R I G E N	1	54	54	54	24	24	174	24	22	22	187	373	24	406	1328	541	16
	2	54	54	54	24	24	174	24	22	1083	22	1064	24	16	16	701	16
	3	1967	3	54	410	269	174	227	187	485	734	971	24	1152	1467	1200	678
	4	8	1002	167	257	8	179	257	78	234	78	456	8	2370	519	32	519
	5	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	390	8	32	32	259	32
	6	174	3	174	24	24	174	24	22	22	22	22	24	1895	1896	541	948
	7	120	8950	4791	129	8	8	8	156	78	234	312	8	3111	1815	32	521
	8	14	14	14	10	10	14	10	10	10	10	10	10	3207	1496	641	214
	9	14	340	293	175	10	227	10	83	10	165	83	10	2994	26	26	429
	10	14	14	14	10	10	113	10	10	10	10	10	10	2352	214	2993	26
	11	227	340	340	874	7006	14	87	83	413	495	165	438	428	26	1496	428
	12	8	8	8	193	1233	299	8	10	156	10	312	8	519	259	1815	3111
	13	18	147	1587	2302	234	1623	932	1594	1594	911	1139	467	1493	4014	4191	4361
	14	18	18	737	28	28	1474	28	455	228	228	455	28	1653	2300	1895	1711
	15	295	18	1916	28	28	1181	1397	28	683	3416	1826	1397	3049	2800	920	2730
	16	147	18	1623	1397	28	590	931	228	683	28	683	28	5903	2134	5078	334

Nota: Elaboración propia.

4.3.2 Matriz Origen-Destino, proyectada 5 años a futuro, mediante el modelo gravitacional

La importancia de obtener un modelo, que represente la distribución de viajes en San Borja, es el poder proyectarlo a futuro utilizando las variables actualizadas.

Una vez obtenida la matriz OD calibrada con el modelo gravitacional, se proyectaron los datos obtenidos hacia 5 años a futuro. Para ello, se utilizó un factor de crecimiento poblacional del 1% por año según datos de INEI. Se espera que el flujo vehicular en las zonas escogidas en esta investigación, incrementen con dicho factor, ya que ambos son directamente proporcional al otro.

A continuación, se muestra la tabla con la matriz OD del distrito de San Borja, proyectada 5 años a futuro, mediante el modelo gravitacional, en el cual, como se puede observar, el aumento de flujo vehicular proporcional a la anterior matriz OD.

Tabla n°28 – Matriz OD del Distrito de San Borja proyectada 5 años a futuro.

		MATRIZ GRAVITACIONAL PROYECTADA A 5 AÑOS ORIGEN - DESTINO DEL DISTRITO DE SAN BORJA															
		DESTINO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O R I G E N	1	59	59	59	26	26	189	26	24	24	204	406	26	442	1446	589	17
	2	59	59	59	26	26	189	26	24	1179	24	1159	26	17	17	763	17
	3	2142	4	59	446	292	189	247	204	528	799	1057	26	1254	1597	1306	738
	4	9	1091	182	280	9	195	280	85	255	85	497	9	2581	565	35	565
	5	9	9	9	9	9	9	9	11	11	11	425	9	35	35	282	35
	6	189	4	189	26	26	189	26	24	24	24	24	26	2064	2065	589	1032
	7	131	9747	5217	141	9	9	9	170	85	255	340	9	3388	1977	35	567
	8	15	15	15	11	11	15	11	11	11	11	11	11	3493	1629	698	233
	9	15	370	319	191	11	247	11	90	11	180	90	11	3261	28	28	467
	10	15	15	15	11	11	123	11	11	11	11	11	11	2562	233	3259	28
	11	247	370	370	952	7629	15	95	90	450	539	180	476	466	28	1629	466
	12	9	9	9	210	1342	326	9	11	170	11	340	9	565	282	1977	3388
	13	20	160	1729	2506	254	1767	1015	1736	1736	992	1241	509	1626	4371	4564	4749
	14	20	20	803	30	30	1605	30	495	248	248	495	30	1800	2505	2064	1863
	15	321	20	2087	30	30	1286	1521	30	744	3720	1989	1521	3320	3049	1002	2973
	16	160	20	1767	1521	30	643	1014	248	744	30	744	30	6428	2323	5530	364

Nota: Elaboración propia.

4.3.3 Calibración de la matriz Origen-Destino mediante el modelo Fratar

Existen varios modelos para distribución de viajes factor de crecimiento, por ejemplo: Distribución factor uniforme, Distribución factor promedio, Fratar, Ditroit, Furness y Gravitacional.

El desarrollo de esta tesis tiene el compromiso de explicar los modelos del gravitacional y Fratar con el objetivo de comprar resultados obtenidos en el distrito de san Borja. En este modelo se necesitan los datos obtenido de la 1ra etapa del Modelo clásico de transporte (generación y atracción), los viajes generados y atraídos del modelo. A continuación se muestra las suposiciones:

- La distribución de viajes a futuro producidos en una zona dada es proporcional a la distribución de viajes actuales de esta zona.
- La distribución de estos viajes a futuros es modificada por el factor de crecimiento de la zona de atracción.

En primer lugar, se necesita la matriz origen y destino con las encuestas obtenidas en campo para luego ubicarlos en los sectores destinadas. Luego se procede a cuantificar todos los viajes generados y atraído de la matriz O-D. Seguidamente se calcula los viajes obtenidos modelos en la etapa de Generación y Atracción, también se deduce el factor de crecimiento con la razón del volumen de viajes determinando en la fase de Generación por el valor proveniente de la primera aproximación. Asimismo, el proceso es iterativo hasta haber equilibrio con la ecuación del modelo Fratar.

Tabla 27

Matriz OD del distrito de San Borja mostrando Viajes generados y viajes atraídos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	V(g)	V(G) modelo	V(G) futu	Ej
1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	167	333	20	500	1635	667	20	3522	3047	3202	0,91
2	20	20	20	20	20	20	20	20	967	20	950	20	20	20	867	20	3044	3032	3186	1,05
3	1165	20	20	334	219	20	185	167	433	656	867	20	1418	1583	1477	834	9418	6035	6343	0,67
4	20	167	466	667	20	500	667	167	500	167	1167	20	2167	333	20	333	7381	7444	7824	1,06
5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	833	20	20	20	167	20	1280	3030	3184	2,49
6	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	2333	2334	667	1167	6741	7033	7392	1,10
7	333	500	1333	334	20	20	20	334	167	500	667	20	2000	1167	20	334	7769	7050	7410	0,95
8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	2501	1167	500	167	4575	4046	4252	0,93
9	20	500	430	333	20	333	20	167	20	333	167	20	2334	20	20	334	5071	5042	5299	1,04
10	20	20	20	20	20	167	20	20	20	20	20	20	1834	167	2333	20	4741	3048	3203	0,68
11	333	500	500	1667	1333	20	167	167	833	1000	333	834	333	20	1167	333	9540	9819	10320	1,08
12	20	20	20	500	1569	833	20	20	333	20	667	20	333	167	1167	2000	7709	7027	7385	0,96
13	20	167	1794	1833	167	1834	667	1167	1167	667	834	334	333	333	9166	833	21316	19197	20176	0,95
14	20	20	833	20	20	1667	20	333	167	167	333	20	833	20	7167	833	12473	14328	15059	1,21
15	333	20	2166	20	20	1334	1000	20	500	2501	1334	1000	3167	2333	5501	667	21916	20253	21286	0,97
16	167	20	1834	1000	20	667	667	167	500	20	500	20	3000	2667	8333	167	19749	20092	21117	1,07
V(a)	2551	2054	9516	6828	3528	7495	3553	2829	5687	6298	9045	2428	23126	13986	39239	8082				
V(A) modelo	3224,66	3504,82	7519	4974	3690	6477	2650	4093	3704	3417	8116	2927	22156	13563	49962	10632				
V(A) FURURO	3389	3684	7903	5228	3878	6807	2785	4301	3893	3591	8530	3076	23286	14255	52510	11174				
V(A)'	3140	3412	7321	4843	3593	6306	2580	3985	3606	3327	7902	2850	21572	13206	48645	10352				
Ej	1,23	1,66	0,77	0,71	1,02	0,84	0,73	1,41	0,63	0,53	0,87	1,17	0,93	0,94	1,24	1,28				

Nota: Elaboración propia.

Tabla 28

Primera iteración de la matriz OD con el modelo Fratar

Se presenta la 1ra Iteración, pues no se logra obtener los “Ej” y “Ei” igual a 1, entonces se procede a seguir iterando.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	V(g)	V(G) modelo	V(G) futu	Ej
1	23	31	14	13	19	16	13	26	12	82	270	22	434	1435	769	24	3202	3047	3202	1,000
2	28	38	18	16	23	19	17	32	702	12	950	27	21	22	1231	29	3186	3032	3186	1,000
3	963	22	10	159	150	11	90	158	184	233	509	16	888	1003	1229	717	6343	6035	6343	1,000
4	29	332	430	567	24	504	580	282	380	106	1222	28	2422	377	30	511	7824	7444	7824	1,000
5	65	87	40	37	54	44	38	74	33	28	1912	62	49	50	544	67	3184	3030	3184	1,000
6	26	35	16	15	22	18	15	30	14	11	19	25	2320	2350	882	1594	7392	7033	7392	1,000
7	409	829	1024	237	20	17	14	470	106	264	582	23	1863	1100	25	427	7410	7050	7410	1,000
8	23	31	15	13	19	16	14	27	12	10	17	22	2205	1041	586	202	4252	4046	4252	1,000
9	26	884	352	251	22	298	15	250	13	187	155	25	2317	20	26	455	5299	5042	5299	1,000
10	15	21	10	9	13	88	9	18	8	7	11	15	1066	98	1802	16	3203	3048	3203	1,000
11	466	945	438	1346	1545	19	138	268	601	601	331	1114	354	21	1647	485	10320	9819	10320	1,000
12	23	30	14	324	1462	641	13	26	193	10	533	21	284	144	1323	2343	7385	7027	7385	1,000
13	22	253	1260	1187	155	1409	442	1501	676	322	665	358	284	287	10378	974	20176	19197	20176	1,000
14	27	36	695	15	22	1522	16	509	115	96	316	25	843	20	9642	1158	15059	14328	15059	1,000
15	419	34	1703	14	21	1147	742	29	324	1350	1191	1199	3019	2251	6969	873	21286	20253	21286	1,000
16	214	35	1467	737	21	584	504	245	330	11	454	24	2910	2618	10742	222	21117	20092	21117	1,000
V(a)	2779	3646	7507	4943	3592	6353	2662	3944	3703	3329	9137	3007	21278	12839	47824	10099	1055			
V(A)'	3140	3412	7321	4843	3593	6306	2580	3985	3606	3327	7902	2850	21572	13206	48645	10352				
Ej	1,13	0,94	0,98	0,98	1,00	0,99	0,97	1,01	0,97	1,00	0,86	0,95	1,01	1,03	1,02	1,03				

Nota: Elaboración propia.

Tabla 29

Segunda iteración de la matriz OD con el modelo Fratar

La 2da Iteración se logró obtener el “Ej” igual a 1, pero en “Ej” existe mucha dispersión y se procedió a seguir iterando

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	V(g)	V(G) modelo	V(G) futu	Ej
1	26	29	14	13	19	15	13	26	11	81	232	21	436	1466	776	24	3202	3047	3202	1,00
2	33	37	18	17	24	20	17	34	712	13	856	27	23	23	1303	31	3186	3032	3186	1,00
3	1067	20	10	153	147	11	86	157	176	228	431	15	883	1012	1226	721	6343	6035	6343	1,00
4	34	318	429	568	25	512	575	291	379	108	1081	27	2512	396	31	536	7824	7444	7824	1,00
5	79	89	43	40	58	48	40	81	35	30	1794	63	54	55	600	75	3184	3030	3184	1,00
6	29	32	16	15	21	17	15	30	13	11	16	23	2305	2369	879	1601	7392	7033	7392	1,00
7	465	781	1004	233	20	17	14	477	104	265	506	22	1899	1138	25	440	7410	7050	7410	1,00
8	26	29	14	13	19	16	13	26	11	10	14	21	2198	1053	586	204	4252	4046	4252	1,00
9	30	835	346	248	22	299	15	255	13	189	135	24	2369	21	27	471	5299	5042	5299	1,00
10	17	19	9	9	13	86	9	17	8	6	9	14	1065	100	1807	16	3203	3048	3203	1,00
11	533	895	432	1333	1563	19	135	273	592	608	290	1067	362	22	1693	503	10320	9819	10320	1,00
12	25	28	14	318	1462	636	13	26	188	10	461	20	288	148	1346	2402	7385	7027	7385	1,00
13	25	237	1229	1163	155	1398	428	1516	658	321	575	339	287	295	10550	998	20176	19197	20176	1,00
14	30	33	672	15	22	1497	15	510	111	95	271	24	847	21	9720	1176	15059	14328	15059	1,00
15	473	32	1661	14	21	1139	719	29	316	1350	1030	1137	3062	2316	7091	895	21286	20253	21286	1,00
16	239	32	1418	716	21	574	484	245	318	11	389	23	2924	2669	10828	226	21117	20092	21117	1,00
V(a)	3132	3446	7328	4866	3612	6304	2591	3995	3645	3336	8091	2866	21515	13105	48489	10319	1055			
V(A)'	3140	3412	7321	4843	3593	6306	2580	3985	3606	3327	7902	2850	21572	13206	48645	10352				
Ej	1,003	0,990	0,999	0,995	0,995	1,000	0,996	0,998	0,990	0,997	0,977	0,994	1,003	1,008	1,003	1,003				

Nota: Elaboración propia.

Tabla 30

Tercera iteración de la matriz OD con el modelo Fratar

La 3era iteración se obtiene mejor resultado en “Ej”, pero todavía existe una dispersión mínima, se prosiguió a iterar un par de veces más, con el objetivo de verificar si se puede llegar a un mejor resultado

Nota: Elaboración propia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	V(g)	V(G) modelo	V(G) futu	Ej
1	26	28	14	13	19	15	13	26	11	81	226	20	436	1473	777	24	3202	3047	3202	1,00
2	33	37	18	17	24	20	17	34	710	13	842	27	23	24	1317	32	3186	3032	3186	1,00
3	1069	20	10	152	146	11	85	156	174	227	421	15	885	1019	1230	723	6343	6035	6343	1,00
4	34	316	430	568	25	514	575	292	376	108	1060	27	2528	401	31	540	7824	7444	7824	1,00
5	81	89	43	40	59	48	40	82	35	30	1775	64	55	57	610	76	3184	3030	3184	1,00
6	29	32	16	14	21	17	15	30	13	11	15	23	2302	2377	878	1599	7392	7033	7392	1,00
7	467	774	1004	232	20	17	14	477	103	265	495	22	1906	1148	25	442	7410	7050	7410	1,00
8	26	29	14	13	19	15	13	26	11	10	14	20	2196	1057	586	204	4252	4046	4252	1,00
9	30	827	346	248	22	299	15	255	13	188	132	24	2378	21	27	473	5299	5042	5299	1,00
10	17	19	9	8	12	85	9	17	7	6	9	14	1065	100	1808	16	3203	3048	3203	1,00
11	536	889	433	1331	1560	19	135	274	588	608	284	1065	365	23	1705	506	10320	9819	10320	1,00
12	26	28	14	317	1456	637	13	26	186	10	451	20	289	150	1352	2412	7385	7027	7385	1,00
13	25	235	1227	1157	154	1399	426	1512	651	321	562	337	288	297	10583	1001	20176	19197	20176	1,00
14	30	33	670	15	22	1495	15	508	110	94	264	24	848	21	9733	1178	15059	14328	15059	1,00
15	474	31	1659	14	21	1139	716	29	312	1346	1006	1130	3068	2333	7111	898	21286	20253	21286	1,00
16	239	32	1414	711	21	573	480	244	314	11	379	23	2925	2684	10840	226	21117	20092	21117	1,00
V(a)	3142	3419	7321	4849	3601	6305	2581	3987	3615	3329	7935	2854	21557	13184	48612	10349	1055			
V(A)'	3140	3412	7321	4843	3593	6306	2580	3985	3606	3327	7902	2850	21572	13206	48645	10352				
Ej	0,999	0,998	1,000	0,999	0,998	1,000	0,999	0,999	0,998	0,999	0,996	0,999	1,001	1,002	1,001	1,000				

Tabla 31

Cuarta iteración de la matriz OD con el modelo Fratar

La 4ta iteración se aprecia mejores resultados, pues esto podría ser el resultado, pero se analizó una interacción más.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	V(g)	V(G) modelo	V(G) futu	Ej
1	26	28	14	13	19	15	13	26	11	81	225	20	436	1474	777	24	3202	3047	3202	1,00
2	34	37	18	17	24	20	17	34	709	13	840	27	23	24	1320	32	3186	3032	3186	1,00
3	1068	20	10	152	146	11	85	156	174	227	419	15	885	1021	1230	723	6343	6035	6343	1,00
4	34	316	430	567	25	514	575	292	375	108	1056	27	2531	402	31	540	7824	7444	7824	1,00
5	81	89	43	40	59	48	41	82	35	30	1772	64	55	57	612	76	3184	3030	3184	1,00
6	29	32	16	14	21	17	15	30	13	11	15	23	2302	2379	878	1598	7392	7033	7392	1,00
7	466	772	1004	232	20	17	14	476	102	265	493	22	1908	1150	25	442	7410	7050	7410	1,00
8	26	28	14	13	19	15	13	26	11	10	14	20	2189	1055	584	203	4241	4046	4252	1,00
9	30	826	346	247	22	299	15	255	13	188	132	24	2381	21	27	473	5299	5042	5299	1,00
10	17	19	9	8	12	85	9	17	7	6	9	14	1065	100	1808	16	3203	3048	3203	1,00
11	536	888	433	1331	1558	19	135	274	587	608	283	1064	365	23	1708	507	10320	9819	10320	1,00
12	26	28	14	316	1454	638	13	26	186	10	449	20	289	150	1353	2414	7385	7027	7385	1,00
13	25	234	1227	1155	154	1399	426	1511	649	320	559	337	288	298	10590	1002	20176	19197	20176	1,00
14	30	33	670	15	22	1495	15	507	109	94	263	24	848	21	9736	1178	15059	14328	15059	1,00
15	474	31	1658	14	21	1139	715	29	311	1344	1001	1127	3069	2336	7112	897	21279	20253	21286	1,00
16	239	32	1413	710	21	573	480	244	313	11	378	23	2926	2687	10843	226	21117	20092	21117	1,00
V(a)	3140	3414	7320	4845	3595	6306	2580	3985	3608	3327	7908	2850	21561	13197	48634	10351	1055			
V(A)'	3140	3412	7321	4843	3593	6306	2580	3985	3606	3327	7902	2850	21572	13206	48645	10352				
Ej	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,001	1,001	1,000	1,000				

Nota: Elaboración propia.

Tabla 32

Quinta iteración de la matriz OD con el modelo Fratar

La 5ta iteración se aprecia mejores resultados y por ende esta es la nueva matriz OD con el modelo Fratar proyectada a 5 años

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	V(g)	V(G) modelo	V(G) futu	Ej
1	26	28	14	13	19	15	13	26	11	81	225	20	436	1475	777	24	3202	3047	3202	1,00
2	34	37	18	17	24	20	17	34	709	13	839	27	23	24	1320	32	3186	3032	3186	1,00
3	1068	20	10	152	146	11	85	156	174	227	419	15	886	1022	1231	723	6343	6035	6343	1,00
4	34	316	430	567	25	514	575	292	375	108	1055	27	2532	402	31	540	7824	7444	7824	1,00
5	81	89	43	40	59	48	41	82	35	30	1772	64	55	57	612	76	3184	3030	3184	1,00
6	29	32	16	14	21	17	15	29	13	11	15	23	2302	2379	878	1598	7392	7033	7392	1,00
7	466	772	1004	232	20	17	14	476	102	264	492	22	1908	1150	25	442	7410	7050	7410	1,00
8	26	28	14	13	19	15	13	26	11	10	14	20	2196	1059	585	203	4252	4046	4252	1,00
9	30	825	346	247	22	299	15	255	13	188	132	24	2381	21	27	473	5299	5042	5299	1,00
10	17	19	9	8	12	85	9	17	7	6	9	14	1065	100	1808	16	3203	3048	3203	1,00
11	536	888	433	1331	1557	19	135	274	587	608	283	1064	365	23	1708	507	10320	9819	10320	1,00
12	26	28	14	316	1453	638	13	26	186	10	449	20	290	150	1354	2414	7385	7027	7385	1,00
13	25	234	1227	1155	154	1399	426	1511	649	320	559	336	288	298	10591	1001	20176	19197	20176	1,00
14	30	33	670	15	22	1495	15	507	109	94	262	24	848	21	9736	1177	15059	14328	15059	1,00
15	474	31	1659	14	21	1139	715	29	311	1344	1001	1127	3071	2337	7115	898	21286	20253	21286	1,00
16	239	32	1413	710	21	573	480	243	313	11	377	23	2927	2688	10842	226	21117	20092	21117	1,00
V(a)	3140	3412	7320	4843	3593	6306	2580	3985	3607	3327	7903	2850	21575	13206	48642	10352	1055			
V(A)'	3140	3412	7321	4843	3593	6306	2580	3985	3606	3327	7902	2850	21572	13206	48645	10352				
Ej	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				

Nota: Elaboración propia.

5 CAPÍTULO 5

El capítulo V se centra en el análisis de los datos obtenidos en el Capítulo IV. Para el análisis de datos, se tuvo en cuenta comparar la matriz OD realizada mediante encuestas y la matriz OD calibrada mediante el modelo gravitacional. Se espera que en este análisis, los resultados obtenidos en cada matriz sean parecidas. Finalmente, se comparó las proyecciones a futuro de modelo Gravitacional y el modelo Fratar, con el objetivo de visualizar cual es el modelo óptimo para esta tesis.

5.1 Comparación entre la matriz Origen-Destino encuestas y la matriz Origen-Destino gravitacional

Como se puede entender en capítulos anteriores, la primera matriz obtenida en esta tesis, es el resultado de los datos recolectados en campo, mediante encuestas. Por lo tanto, esta matriz refleja la situación actual de la distribución de viajes del distrito de San Borja y, por lo mismo, se espera que la matriz OD calibrada con el modelo gravitacional produzca resultados similares en cada celda. Ambas matrices se pueden observar líneas arriba en la tabla N28 y tabla N29 correspondientemente.

A continuación, se muestra un cuadro que muestra la diferencia entre ambas matrices, es decir, cada celda representa lo siguiente:

“CELDA 1= MATRIZ OD GRAVITACIONAL – MATRIZ OD ENCUESTAS”

Como se puede apreciar las celdas de azul indica un valor positivo y las celdas rojas tiene como resultado valores negativos, asimismo de la diferencia antes explicada. Lo cual significa que los datos obtenidos en el gravitacional son mayores al de las encuestas (en caso de ser valor positivos) en las celda de rojo y caso contrario en las celdas azul. Sin embargo, los valores de las diferencias no son muy elevados, en los viajes internos (celdas dentro del punto 1 al 12), lo cual indica que no hay mucha dispersión y que el modelo es aceptable para caracterizar los viajes en el distrito de San Borja. Caso contrario ocurre al visualizar las celdas amarillas, que representan los viajes externos (matriz 4x4 del punto 13 al 16), la diferencia es muy amplia. Se asocia esta dispersión, debido a que, se han agrupado muchos distritos en pocas zonas, es decir, si se dividieran en mayor cantidad de zonas externas se podría representar mejor el modelo según los viajes de paso.

Finalmente, se muestra la tabla de diferencia entre los resultados de la Matriz OD gravitacional y Matriz OD mediante encuestas.

Tabla 33

Diferencia entre los resultados de la Matriz OD gravitacional y Matriz OD encuestas

		DIFERENCIA ENTRE OD GRAVITACIONAL Y ENCUESTAS															
		DESTINO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O R I G E N	1	34	34	34	4	4	154	4	2	2	20	40	4	-94	-3006	-126	-4
	2	34	34	34	4	4	154	4	2	916	2	564	4	-4	-4	534	-4
	3	1144	-17	34	-757	-898	154	-273	20	-348	-266	-363	4	-3681	-16034	-3300	-156
	4	-12	835	-498	-410	-12	19	-25	-89	85	67	-255	-12	203	186	588	186
	5	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-10	-10	-10	142	-12	12	12	92	12
	6	154	15	154	4	4	154	4	2	2	200	2	4	-438	-438	-126	-219
	7	3	395	-87	15	-12	-12	-12	-5	-89	-9	19	-12	74	648	12	187
	8	-6	-6	-6	-10	-10	-6	-10	-10	-10	-10	-10	-10	706	329	141	47
	9	-6	10	-590	-1	-10	-106	-10	7	-10	-3	-84	-10	660	6	6	95
	10	-6	-6	-6	-10	-10	-9	40	50	-10	-10	-10	-10	518	47	660	6
	11	-106	-160	-160	-6	418	8	-80	-84	-7	-10	-3	-3	95	6	329	95
	12	-12	-12	-12	21	-1021	-56	-12	-10	-21	60	-43	60	186	92	648	1111
	13	-2	-20	-747	469	67	-211	265	427	427	244	305	133	1160	3681	-4975	3528
	14	34	88	273	8	8	249	8	122	61	61	122	8	820	80	-3756	878
	15	-38	-2	-250	8	8	-153	397	8	183	915	492	397	-118	467	-5581	2063
	16	-20	-2	-211	397	8	-77	264	61	183	8	183	8	2903	-533	-3255	167

Nota: Elaboración propia.

5.2 Comparación entre las matrices Origen-Destino Gravitacional y Origen-Destino Fratar proyectadas 5 años a futuro

Al igual que el índice 5.1. Se procedió a comparar los resultados de la matriz OD Gravitacional con la Matriz OD Fratar, ambas proyectadas 5 años a futuro. Ambas matrices se pueden observar líneas arriba en la tabla N29 y tabla N35 correspondientemente.

Se trabajó el cuadro que muestra la diferencia entre ambas matrices, de la misma forma que la comparación anterior, es decir, cada celda representa lo siguiente:

“CELDA 1= MATRIZ OD GRAVITACIONAL – MATRIZ OD FRATAR”

Como se puede apreciar las celdas de azul indica un valor positivo y las celdas rojas tiene como resultado valores negativos, asimismo de la diferencia antes explicada. Lo cual significa que los datos obtenidos en el gravitacional son mayores al de las encuestas (en caso de ser valor positivos) en las celda de rojo y caso contrario en las celdas azul. Sin embargo, los valores de las diferencias no son muy elevados, en las los viajes internos (celdas dentro del punto 1 al 12), lo cual indica que no hay mucha dispersión y que el modelo es aceptable para caracterizar los viaje en el distrito de San Borja. Caso contrario ocurre al visualizar las celdas que representan los viajes externos (matriz 4x4 del punto 13 al 16), la diferencia es muy amplia. Se asocia esta dispersión, debido a que, se han agrupado muchos distritos en pocas zonas, es decir, si se dividieran en mayor cantidad de zonas externas se podría representar mejor el modelo según los viajes de paso.

Finalmente, se muestra la tabla de diferencia entre los resultados de la Matriz OD gravitacional y Matriz OD mediante encuestas.

Tabla 34

Diferencia entre los resultados de la Matriz OD gravitacional y Matriz OD Fratar a 5 años futuro

		DIFERENCIA ENTRE OD GRAVITACIONAL Y FRATAR															
		DESTINO															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O R I G E N	1	33	31	45	13	8	174	13	-2	13	123	181	6	6	-28	-188	-7
	2	25	22	41	10	2	169	9	-10	470	11	320	0	-5	-6	-557	-14
	3	360	-17	49	294	147	178	162	48	354	572	639	12	369	575	76	15
	4	-26	775	116	-287	-16	51	125	-207	262	147	-62	-18	49	163	631	25
	5	-72	-80	-35	-31	-50	-40	-32	-71	-24	-20	-710	-55	-20	-22	-330	-41
	6	161	6	174	12	5	172	12	-6	11	229	9	3	-238	-315	-289	-566
	7	-100	203	352	149	-12	-8	-5	-119	-17	271	255	-13	350	826	9	125
	8	-11	-13	1	-2	-8	0	-2	-15	0	1	-3	-10	1297	571	112	30
	9	-15	-270	100	115	-11	-52	-4	-65	-2	171	-41	-13	880	7	1	-5
	10	-2	-4	6	2	-1	87	57	59	3	4	2	-3	1496	133	1451	12
	11	-289	-518	-63	478	350	11	-40	-184	313	470	77	-159	101	6	-79	-41
	12	-17	-19	-5	251	158	209	-4	-15	154	77	231	67	276	132	623	974
	13	-6	-74	501	1351	101	368	589	225	1087	672	682	173	1337	4073	-6028	3748
	14	29	85	534	16	9	592	15	-11	139	154	233	7	952	88	-6022	686
	15	-153	-12	428	16	10	147	806	2	433	2376	988	394	250	711	-6114	2075
	16	-79	-12	354	812	10	70	534	5	431	20	366	8	3502	-364	-5313	138

Nota: Elaboración propia.

6 CONCLUSIONES

- Se pudo observar mediante la matriz Origen Destino de encuestas del distrito de San Borja que la mayoría de los viajes involucrados al distrito son viajes de paso. Por lo cual, se confirma que las congestiones vehiculares producidas en las principales avenidas del distrito no son producidas por sus propios pobladores.
- Se realizaron todos los objetivos para lograr realizar la matriz Origen y destino. En la matriz Origen y Destino de las encuestas se observó que algunos sectores no generaban ni atraía, por ende, se encontraban 0 en la matriz, pero se consideró 20 en la matriz O-D para después expandirlo.
- Se calculó la diferencia de la matriz OD gravitacional con la matriz OD de encuestas realizadas en campo, para poder analizar el crecimiento de viajes a futuro y observar cuál es el sector que obtendrá una mayor cantidad de viajes generados y atraídos; sin embargo, al final solo se analizó los sectores de San Borja, ya que es el principal objetivo para dar futuras propuestas a la gestión de tráfico. De esta manera se concluyó que el sector 2, 6 y 3 fueron los de mayores viajes generados, por otro lado, los viajes atraídos de mayor cantidad fueron los siguientes sectores 2, 10 y 6.
- Se realizó la diferencia entre las matrices OD gravitacional y Fratar. Los resultados de los viajes generados y atraídos son 157 mil aproximado en el modelo gravitacional, y en el modelo Fratar es 150 mil aproximadamente, es decir existe un 4% de diferencia respecto al modelo Gravitacional. De esta manera se observa que los datos calculados se aproximan uno al otro.
- Se concluye que el mejor método de calibración para el distrito de San Borja es el modelo gravitacional, debido a que los valores obtenidos con este modelo son más cercanos a la realidad como se pudo comprobar líneas arriba. Con esta información se puede proyectar la matriz OD según el factor de crecimiento poblacional, lo cual emitiría resultados parecidos a la realidad futura.
- Se puede afirmar que, mediante este tipo de estudios, es posible observar de mejor manera el tráfico del distrito y, por ende, plantear soluciones efectivas. En el caso particular de San Borja, es mucho más factible tener en cuenta este tipo de estudios, ya que, se puede detectar de donde son los viajes de paso con mayor incidencia y tratar de resolverlo en conjunto con dichos distritos. Por lo cual, es preciso tener una plataforma de datos, como esta tesis, para futuros estudios.

7 RECOMENACIONES

- El distrito de San Borja contiene un alto grado de congestión vehicular, ya que fue analizado al momento de realizar los aforos y encuestas. Se sugiere realizar una medida de transporte público como por ejemplo un “urbanito” y se recomienda llevar a cabo un análisis microscópico para detallar el comportamiento del transporte de carga dentro de la ciudad (tomando como base las matrices) y su incidencia en la congestión vehicular.
- Se recomienda utilizar más factores para la generación de modelo de Generación y Atracción de viajes, para que con ello la formula obtenida se acerque más a la realidad. Como se pudo observar en esta tesis solo se utilizaron dos factores en ambos casos, sin embargo, mientras más información confiable se pueda obtener el modelo mejorará.
- Todos los datos poblacionales de esta tesis, fueron obtenidos del Inei, específicamente del último CENSO 2007 realizado en el Perú. Sin embargo, en octubre del 2017 se ha realizado otro CENSO del cual se espera datos poblacionales más actualizados. Con ello, los cálculos serían más actualizados y más pegados a la realidad.
- Se recomienda dividir las zonas externas es más partes, es decir, para esta tesis se ha decidido dividir el resto de distritos (excluyendo San Borja) en solo 4 zonas. Sin embargo, los resultados en la calibración de la matriz OD mediante el modelo gravitacional, son muy dispersos a los resultados de la matriz OD obtenida mediante encuestas.
- Luego de realizar el análisis de resultados, se recomienda que San Borja evalúe habilitar más transportes urbanos dentro de todos sus sectores, ya que en su mayoría de zonas no circulan buses de transporte público. Solo los encontraron en la Av. Angamos, Av. Aviación, Av. San Luis y la Av. Javier prado, siendo este último un caso especial, ya que cuenta con los buses corredores que cubren toda la Av. Javier Prado. En la actualidad San Borja cuenta con un sistema implementado de transporte público gratis, con la finalidad de movilizarse en distintos puntos del distrito, ya que esto es una gran ayuda a los sectores y mejorar la gestión de tráfico de todo san Borja. A continuación, se muestran las rutas del transporte gratuito:
 - Ruta 1: Auxiliar Panamericana Sur (calle Canarias) / Calle Morales Duárez / Av. Buenavista / Av. Cavalier / Av. Velasco Astete / Av. Esmeralda / Av. La Floresta / Av. San Borja Sur (hasta cruce con Aviación) y viceversa. En esta ruta intercepta con los sectores 5, 4, 12, 9 y 7 donde el sector 5 y 12 se considera también grandes viajes de atracción.
 - Ruta 2: Av. San Borja Sur (desde cruce con Aviación) / Calle Remington (centro comercial Ebony) y viceversa. Esta ruta intercepta el sector 6, 7, 8 y 9 y genera gran aporte ya que el sector 6 es uno de los principales en generación y atracción de viajes.

- Se recomienda utilizar este tipo de tesis, para proyectos futuros como usos de servicios públicos de “Motocicletas taxi”, “Scooters eléctricos”, etc. Actualmente, existe el programa “San Borja en bici” que consiste en un transporte saludable y gratuito para los residentes del distrito y para sus vecinos cercanos. Existe un total de 14 estaciones de bicicletas en todo san Borja y con una flota de 120 bicicletas. Asimismo, son beneficiados casi en su totalidad todos los sectores. A continuación, se mostrará las estaciones y en qué sectores está ubicado:

- Estación del aire (Av. Del aire con Calle de las Letras) - SECTOR 1
- Estación ciclo vía la Biblioteca (Av. Aviación con Calle las letras) - SECTOR 1
- Estación de bicicletas Bailetti (Av. Julio Bailetto con Jose Jimenez Borja) - SECTOR 2
- Estación la cultura (Calle Bernini con Regoyos) - SECTOR 3
- Estación aviación (Av. Aviación con Av. San Borja Norte) - SECTOR 3
- Estación Boulevard 2 (Av. Boulevard con Calle 41) - SECTOR 4
- Estación San Borja Norte (Av. Boulevard con Av. San Borja Norte) - SECTOR 4
- Estación San Luis (Av. San Luis con Av. San Borja Sur) - SECTOR 7
- Estación San Borja Sur (Av. Aviación con Av. San Borja Sur) - SECTOR 8
- Estación Ebony (Av. San Borja Sur con Av. Del Parque Sur) - SECTOR 6
- Estación Angamos (Av. Angamos con Emilio Harth Terre) - SECTOR 8
- Estación Primavera (Av. Aviación con Av. Angamos) - SECTOR 11
- Estación de bicicleta el Bosque (Av. San Luis con Av. Primavera) – SECTOR 12
- Estación Buena vista (Av. Buena Vista con Bielovucic Cavalier) - SECTOR 12

La finalidad de este programa en bici tiene como objetivo reducir los viajes generados dentro del distrito, ya que no se utiliza buses ni vehículos, de esta manera san Borja aumento la movilización en bicicletas y disminuirá el tráfico que se forma en horas punta. A diferencia del transporte gratuito de san Borja, el programa de bici abarca los sectores más alejados como el sector 1, 2 y 3, ellos también necesitaban ser conectados, ya que se considera de gran cantidad de viajes generados y atraídos como se muestra en el resumen matriz origen y destino.

8. REFERENCIAS

- [1] Consorcio de investigación Económica y Social. (2007) ¿Cómo influye el sistema laboral de las empresas de transporte público en la problemática del tránsito limeño? Un acercamiento a las dinámicas de trabajo de las empresas de transporte a partir de la liberalización del sector en 1991. Recuperado en: <http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/como-influye-el-sistema-laboral-de-las-empresas-de-transporte-publico-en-la-problematika-del-transito-limeno.pdf>
- [2] Ministerio de transportes y comunicaciones. (2010). Metodología de actualización del modelo de transportes del área metropolitana de lima y callao. Recuperado en: https://www.mtc.gob.pe/portal/home/documentos/transparencia/Publicaciones_Recientes/2010/Nov/InformeFinalMetodologia_Nov.pdf
- [3] Avellaneda, P. (2007). Movilidad, pobreza y exclusión social. Universidad autónoma de Barcelona, España.
- [4] Ministerio de transporte y telecomunicaciones. (2015, 19 de marzo). Encuesta origen – destino de viajes Santiago. Recuperado en: <http://www.mtt.gob.cl/archivos/10194>.
- [5] Amézquita, Durán y Fajardo. (2015, 21 de julio). Matriz origen – destino y eficiencia en modos de transporte urbano: un análisis de la movilidad de Bogotá. Semestre económico, volumen 19, No 39, pp 91-112.
- [6] Departamento de ingeniería de transporte. (2001). Encuesta origen destino de viajes. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [7] Lima pierde dinero por caos vehicular (01 Mayo 2010). La república. Recuperado de <http://larepublica.pe/02-05-2010/lima-pierde-dinero-por-caos-vehicular>
- [8] Ortúzar, J. (2008). Modelos de transporte
- Tesselkin, A. (2016). Estimation of Origin-Destination Matrices Based on Markov.
- Sun, L. (2016). Analysis of Public Transit Transfer Influence Factors Based on Mobile Terminal.
- Haj Mosa, A. (2012). Origin Destination Estimator Based on Hidden Markov Models for Adaptive Traffic Control.
- Garber, N. (2005). Ingeniería de tránsito y carreteras.
- Gonzales, A. (2012). Análisis de la modelación de la distribución de viajes para diferentes categorías socioeconómicas en el Valle de Aburrá.

-López, H. (2012). Modelo de maximización de la entropía y costos generalizados intervalares para la distribución de viajes urbanos.

-Pineda, Shawarz, Godoy. (2015). Comparación de matrices Origen – Destino de viajes en Metro de Santiago obtenidas a partir de encuestas y de transacciones de pago. *Ingeniería de transporte, volumen* (9), N°1, pp 55-72.

-Girardotti, Luis. (2001). Demanda de transporte dirigida a redes. Departamento de transporte planteamiento del transporte.

-Moura, J. Ibeas, A. Olio, L y Vega, A. (2006). Dos modelos de Distribución de viajes: Modelo de Entropía (Hyman) versus triporporcional a través de una aplicación en la ciudad de concepción (Chile). *Revista de obras públicas*, N° 3.462, pp 33-40.

-Bocanegra, H. (2005). Estimación de una matriz origen – destino a partir de aforos vehiculares (post grado). Universidad autónoma de nuevo león, México.

-Sánchez, M. (2006). Modelos de selección discreta para determinar la demanda de viajes urbanos (post grado). Universidad Nacional Autónoma de México.

-Rolón, R. (2008). Planeamiento del transporte público automor. Universidad tecnológica nacional, Argentina.

-INEI. (2014). Una mirada a Lima metropolitana.

-Ministerio de Producción. (2015). Clasificación de las empresas según tamaño: Micro, Pequeña, Mediana y Gran empresa georeferenciado. Recuperado de <http://www.produce.gob.pe/index.php/datosabiertos>

-Luis M. Girardotti. (2001). Departamento de transporte. Demanda de transporte dirigida a redes

9. ANEXOS

Anexo n°1 -Resumen de aforo de la intersección en Av. Aviación – Av. Angamos

Hora	Auto	combi	microbús	ómnibus	Taxi
07:00	1449	1240	2840	2840	250
07:15	1771	1300	1880	1880	320
07:30	1618	1500	2080	2080	244
07:45	1809	1600	2000	2300	420
08:00	1634	1220	2120	3120	302
08:15	1618	1320	2040	3040	401
08:30	1427	1160	1600	2600	434
08:45	1057	1040	1320	1620	322
09:00	1189	920	1480	1480	312
09:30	1392	800	940	1440	352
09:45	1369	640	800	1400	187

Fuente propia

Anexo n°2 -Resumen de aforo de la intersección en Av. Aviación – Av. Javier Prado

Hora	Auto	micro	Ómnibus	taxi
07:00	1418	1220	1920	608
07:15	1998	1440	1920	759
07:30	1707	1040	1840	731

07:45	1792	1480	1720	768
08:00	1840	1360	1640	788
08:15	1932	940	1560	694
08:30	1646	1640	2040	706
08:45	1456	1560	2020	624
09:00	1193	980	1940	511
09:15	1149	940	1400	493
09:30	1189	1020	1360	509
09:45	1100	840	940	472

Fuente propia

Anexo n°3 -Resumen de aforo de la intersección en Av. Aviación – San Borja Norte

Hora	Auto	micro	ómnibus	taxi
07:00	872	2080	2080	312
07:15	938	2320	1920	396
07:30	1156	2240	2000	356
07:45	1056	2440	1760	438
08:00	1144	2120	1840	448
08:15	1176	2200	2080	470
08:30	1104	1680	1440	464
08:45	1112	1560	1680	390
09:00	996	1520	1520	330
09:15	938	1400	1680	246
09:30	950	1360	1440	206
09:45	962	1320	1520	196

Fuente propia

Anexo nº4 -Resumen de aforo de la intersección en Av. Aviación – San Borja Norte

Hora	Auto	micro	ómnibus	taxi
07:00	1170	1520	1520	130
07:15	1148	1560	1760	148
07:30	1296	1760	2000	140
07:45	1064	1680	1920	150
08:00	942	1920	2400	152
08:15	1134	1600	1680	126
08:30	1082	1200	1600	74
08:45	1042	1120	1440	74
09:00	784	560	2320	84
09:15	904	600	480	118
09:30	1066	560	560	158
09:45	720	400	560	144

Fuente propia

Anexo nº5 -Resumen de aforo de la intersección en Av. San Luis – Javier Prado

Hora	Auto	micro	Ómnibus	taxi
07:00	1200	1620	1560	600
07:15	1028	1980	1720	376
07:30	1107	1280	1240	436
07:45	1302	1200	1480	434
08:00	1289	1800	1540	430
08:15	1199	1280	1540	400
08:30	970	1160	1540	394
08:45	1055	1220	940	352
09:00	1032	1040	860	344
09:15	1300	900	960	118
09:30	942	860	920	314
09:45	930	800	660	310

Fuente propia

Anexo nº6 -Resumen de aforo de la intersección en Av. San Luis – San Borja Sur

hora	Auto	micro	Ómnibus	Taxi
07:00	616	1440	880	738
07:15	678	1400	1160	750
07:30	798	1520	1080	760
07:45	856	1640	1280	740
08:00	994	1800	1520	774
08:15	930	1760	1440	658
08:30	992	1920	1340	738

08:45	976	1400	1140	682
09:00	818	1360	1120	602
09:15	642	1520	820	768
09:30	636	1400	680	578
09:45	418	1520	420	496

Fuente propia

Anexo n°7 -Resumen de aforo de la intersección en Av. San Borja norte - Av. Boulevard

Hora	Auto	Taxi
07:00	608	303
07:15	810	337
07:30	744	348
07:45	905	335
08:00	701	367
08:15	624	408
08:30	704	368
08:45	640	347
09:00	590	356
09:15	576	356
09:30	466	374
09:45	448	350

Fuente propia

Anexo nº8 -Resumen de aforo de la intersección en Av. San Borja Sur - Av. las artes sur

Hora	Auto	Taxi
07:00	716	222
07:15	758	238
07:30	704	280
07:45	778	316
08:00	704	356
08:15	724	366
08:30	708	314
08:45	752	276
09:00	708	204
09:15	626	238
09:30	616	196
09:45	602	204

Fuente propia

Anexo nº9 -Resumen de aforo de la intersección en Av. San Luis – San Borja Norte

hora	Auto	Micro	Ómnibus	taxi
07:00	452	680	920	658
07:15	584	1040	920	724
07:30	626	880	880	742
07:45	606	1080	840	670
08:00	664	1200	780	646

08:15	658	960	1000	632
08:30	592	920	780	738
08:45	576	1080	1100	682
09:00	618	960	620	602
09:15	442	520	760	768
09:30	436	580	620	578
09:45	318	340	600	496

Fuente propia

Anexo n°10 -Resumen de aforo de la intersección en Av. Alejandro Astete-Esmeralda

Hora	Auto	Taxi
07:00	401	312
07:15	300	264
07:30	450	402
07:45	698	372
08:00	740	386
08:15	736	314
08:30	715	276
08:45	595	204
09:00	620	238
09:15	401	196
09:30	310	204
09:45	420	188

Fuente propia

Anexo nº11 - Aforo en San Borja Norte con Av. Aviación 9:00 am.

Fuente propia

Anexo nº12 - Aforo en San Borja Norte con Av. Aviación 9:15 am.

Fuente Propia

Anexo nº13 - Aforo en San Borja Sur con Av. Aviación 8:45 am

Fuente propia

Anexo nº14 - Aforo en San Borja Sur con Av. Aviación 9:30 am

Fuente propia

Anexo nº15 - Aforo en Av. Angamos con Av. Aviación 8:45 am

Fuente propia

Anexo nº16 - Aforo en Av. San Luis con Av. San Borja Sur 9:30 am

Fuente propia

Anexo nº17 - Aforo en Av. San Luis con Av. San Borja Norte 9:15 am

Fuente propia

FLUJOGRAMA