UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Optimización del sistema operacional de una línea expresa mediante el uso de
datos de embarque y desembarque ante la alta demanda de viajes en hora
punta de 5 a 8pm en el Metropolitano (Lima, Perú)

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Barreto Dongo, Noel Alexander (0000-0001-8655-2874)

Ramirez Gaviria, Alberto Alejandro (0000-0003-3490-1440)

ASESOR

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

Lima, 21 de julio de 2020

DEDICATORIA

Para nuestras familias, docentes y amigos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a nuestro asesor el ingeniero Fernando Castro por el compromiso, motivación y la perseverancia que asumió en todo el desarrollo de la investigación.

Por otro lado, al ingeniero Ivo Díaz por su sabiduría, paciencia y valioso esfuerzo para absolver todas las dudas sin importar las circunstancias u horario. Además, por animarnos a conocer más sobre la interesante rama de transporte.

Por último, al ingeniero Sencara por la cortesía de ceder toda la información sobre la situación actual del sistema del Metropolitano.

Todos los aportes brindados fueron de suma importancia para nuestro crecimiento académico y para éxito de la investigación.

RESUMEN

La presente investigación modela el sistema BRT Metropolitano mediante el uso del software TransCAD. Para la adecuada construcción de la matriz origen destino se recopilan datos de embarque y desembarque en los diferentes paraderos del sistema. Es por ello, que se calcula la muestra de encuestas a través de datos proporcionados por Protransporte, la empresa que administra el Metropolitano. En la información proporcionada se excluyeron días atípicos donde se obtuvo 1032 encuestas con una confiabilidad de 95% y un error de 4.2%. Luego, se usa el factor de expansión para obtener la situación actual con un total de 53,776 usuarios que viajan en la hora más crítica de la tarde de 6 a 7pm.

Así mismo, se inserta la matriz OD para la asignación de viajes mediante el método de equilibrio de usuarios estocástico (SUE); en el cual, se obtiene una primera calibración de la situación actual. Posteriormente, se propone el escenario más óptimo a partir del cálculo de las cargas máximas con el uso de hojas de cálculo. Además, se obtienen nuevos parámetros como frecuencias, cantidades de buses, tiempo de viaje total, etc.

Finalmente, se realiza la comparación de los resultados del escenario propuesto y actual donde se observan beneficios para el operador y los usuarios. Debido a que, la propuesta cuenta con un ahorro de 7,154.26 minutos de tiempo de viaje total por hora, la operación del sistema con quince buses menos y un índice de pasajeros por kilómetro recorrido (IPK) de cinco puntos adicionales al actual.

Palabras Claves: Matriz OD; BRT; Expreso; Ruta; IPK; SUE; Asignación de viajes.

“Operational system optimization of an express line by using shipping and landing data
with the high travel demand at peak hours from 5 to 8 pm
in the Metropolitano (Lima, Peru)”

ABSTRACT

The present investigation models the BRT Metropolitano system through the use of TransCAD software. For the proper construction of the destination origin matrix, embarkation and disembarkation data must be collected in the different stops of the system. That is why the sample of surveys is calculated through data provided by Protransporte, the company that manages the Metropolitano. In the information provided, atypical days were excluded where 1,032 surveys were obtained with a 95% reliability and an error of 4.2%. Then, the expansion factor is used to obtain the current situation with a total of 53,776 users traveling in the most critical time of the afternoon from 6 to 7pm.

Likewise, the OD matrix is inserted as a previous step to the travel assignment using the stochastic user equilibrium method (SUE), in which a first calibration of the current situation will be obtained. Subsequently,

the most optimal scenario is proposed based on the calculation of the maximum loads with the use of spreadsheets. In addition, new parameters such as frequencies, bus numbers, total travel time, and various others are obtained.

Finally, the results of the proposed scenario and the current one were compared, where benefits for the operator and the users of the system are observed. Since the proposal has a saving of 7,154.26 minutes of total travel time per hour, the operation of the system with fifteen fewer buses and a passenger index per kilometer traveled (IPK) five points more than the current one.

Keywords: OD Matrix; BRT; Express; Route; IPK; SUE; Travel Assignment.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
TABLA DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES	19
1.1. Tema y título	19
a) Tema	19
b) Título	19
1.2. Fundamentación	19
a) Antecedentes	19
b) Realidad problemática	23
c) Formulación del problema	27
d) Hipótesis	27
1.3. Objetivos	28
a) Objetivo general	28
b) Objetivos específicos	28
1.4. Descripción del contenido	29
2. MARCO TEÓRICO	30
2.1. BRT	30
2.2. Geometría de BRT	31
a) Infraestructura	31
b) Estaciones	31
c) Señalización	31
2.3. Rutas (expresos vs rutas regulares)	33
2.4. Método teórico	35
2.4.1. Pasos de planificación de transporte	35
2.4.2. Distribución de viajes en un sistema BRT	36
2.4.3. Matriz OD	37

2.4.4.	Población	38
2.4.5.	Muestra	38
2.4.6.	Nivel de servicio	38
2.4.7.	Factor de expansión	39
2.5.	Método matemático	39
2.5.1.	Velocidad comercial	39
2.5.2.	Frecuencia requerida.....	40
2.5.3.	Intervalo.....	40
2.5.4.	Índice de pasajeros por kilómetro (IPK)	41
2.5.5.	Stochastic User Equilibrium (SUE).....	41
2.6.	Software para sistemas de transporte macroscópico.....	43
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	44
3.1.	Material.....	44
3.1.1.	Universo	44
3.1.2.	Muestra	44
3.2.	Método	44
3.2.1.	Nivel de investigación	44
3.2.2.	Diseño de investigación.....	45
3.2.3.	Técnicas e instrumentación de recolección de datos	45
3.2.4.	Distribución de viajes	45
3.2.5.	Procesamiento y análisis de optimización	46
4.	TRANSCAD	47
4.1.	Planificación de cuatro etapas en TransCAD	47
4.1.1.	Generación de viajes.....	47
4.1.2.	Análisis de selección modal	48
4.1.3.	Asignación de viaje	48
4.2.	Matriz OD	48
4.3.	Métodos de asignación de tránsito.....	49
4.3.1.	Shortest Path.....	49
4.3.2.	PathFinder.....	50
4.3.3.	SUE.....	50
4.4.	Transporte privado	51
4.5.	Transporte público	52
4.6.	Mapeo	52
4.7.	Rutas	53
4.7.1.	Creación de rutas	53

4.7.2.	Verificación de rutas.....	54
4.8.	Visualización de flujo	54
4.9.	Resultados de asignación de viajes en TransCAD.....	54
4.10.	Formatos de software	56
4.11.	Paradas	56
4.12.	Centroides.....	57
4.13.	Conectores.....	58
4.14.	Modos de transferencia	58
5.	ESTADO ACTUAL.....	59
5.1.	Infraestructura	59
5.1.1.	Estaciones	59
5.1.2.	Acceso a las puertas.....	60
5.1.3.	Puertas de embarque.....	61
5.1.4.	Ascensores.....	62
5.2.	Ingreso y salida a la estación	62
5.3.	Aforo.....	64
5.4.	Largas colas	64
5.5.	Señalización	65
5.5.1.	Señalización dentro las estaciones.....	65
5.5.2.	Señales en la puerta de embarque.....	66
5.6.	Zonas de seguridad	66
5.7.	Mapa de evacuación.....	68
5.8.	Geometría interna de la estación.....	68
5.9.	Piso táctil para invidentes	69
5.10.	Panel de rutas	69
5.11.	Orientadores	70
5.12.	Tipos de usuarios.....	70
5.12.1.	Estudiantes	70
5.12.2.	Empleados.....	71
5.12.3.	Ancianos	71
5.12.4.	Personas con discapacidad o movilidad restringida.....	71
5.12.5.	Invidentes.....	73
5.13.	Pago para acceder al servicio	73
5.13.1.	Tipos de tarjeta.....	73
5.13.2.	Recarga en ventanilla.....	76
5.13.3.	Recarga en máquinas	77

5.13.4.	Forma de pago	77
5.14.	Rutas.....	78
5.14.1.	Regulares	78
5.14.2.	Expresos.....	80
5.15.	Vías compartidas críticas	84
5.15.1.	Óvalo Plaza Ramón Castilla	84
5.15.2.	Av. Alfonso Ugarte con Av. España (ingreso a estación Central).....	84
5.15.3.	Av. Tacna con Av. Emancipación	85
5.15.4.	Av. Carlos Izaguirre con Av. Tupac Amaru	86
5.16.	Buses	86
5.16.1.	Buses troncales	86
5.16.2.	Capacidad de buses	87
5.16.3.	Flota de buses.....	88
5.16.4.	Operadores de bus.....	88
6.	ESTUDIO DEL CASO	89
6.1.	Datos de frecuencia y cantidad de buses de transporte.....	89
6.1.1.	Frecuencia de buses en el horario de 5 a 8pm	89
6.2.	Capacidad de ruta.....	91
6.3.	Población	92
6.3.1.	Validación mensual y anual de 2016, 2017.....	93
6.4.	Selección de datos.....	93
6.5.	Cálculo de muestra.....	94
6.6.	Cálculo de encuestadores por estación	95
6.7.	Encuestas	95
6.7.1.	Selección de preguntas	95
6.8.	Factor de expansión	96
6.9.	Tabla de viajes	96
6.10.	Matriz OD	96
6.11.	Cálculo de velocidad de operación por tramo	96
7.	MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN	99
7.1.	Modelación en software.....	99
7.1.1.	Mapeo	99
7.1.2.	Centroides.....	99
7.1.3.	Conectores	100
7.1.4.	Vías.....	100
7.1.5.	Tabla de capas	101

7.1.6.	Rutas	101
7.1.7.	Editor de rutas.....	103
7.1.8.	Paraderos	103
7.1.9.	Verificación de ruta	103
7.1.10.	Tabla de rutas.....	104
7.1.11.	Modos	104
7.1.12.	Matriz OD	105
7.1.13.	Asignación	105
7.2.	Optimización.....	107
7.2.1.	Variables de estudio y operación.....	107
7.2.2.	Calibración inicial de intervalos	108
7.2.3.	Verificación de demanda	123
7.2.4.	Propuesta	124
8.	VALIDACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	142
8.1.	Validación de resultados	142
8.2.	Discusión de resultados	142
8.2.1.	Rutas actuales vs. propuestas.....	142
8.2.2.	Ahorro de tiempo de viaje total	143
8.2.3.	Ahorro del valor social del transporte	144
8.2.4.	Cantidad de buses	146
8.2.5.	Intervalos	147
8.2.6.	Ahorro en costo de operadores de buses	148
8.2.7.	Kilómetros recorridos	148
8.2.8.	Índice de Pasajeros por Kilómetro Recorrido (IPK)	150
8.2.9.	Ahorro de consumo de combustible	151
8.2.10.	Ahorro de precio de combustible.....	152
8.2.11.	Ahorro anual de precio de carbono.....	152
	CONCLUSIONES.....	154
	Objetivo específico 1	154
	Objetivo específico 2	154
	Objetivo específico 3	154
	Objetivo específico 4	155
	Objetivo general.....	155
	RECOMENDACIONES	156
	Objetivo específico 1	156
	Objetivo específico 2	156

Objetivo específico 3	156
Objetivo específico 4	156
Recomendaciones adicionales	157
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
ANEXOS	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia de los servicios expresos de 5 a 9:30pm en sentido norte a sur.....	89
Tabla 2: Intervalos por hora de los servicios expresos en el sentido norte a sur.....	90
Tabla 3: Frecuencia de los servicios expresos de 5 a 9:30pm en sentido sur a norte.....	90
Tabla 4: Intervalos por hora de los servicios expresos en el sentido sur a norte.....	91
Tabla 5. Capacidad de ruta de cada ruta activa durante la hora punta en estudio	92
Tabla 6: Validaciones mensual y anual de 2016 y 2017.	93
Tabla 7. Variables en Estudio.....	107
Tabla 8. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (NS) calibrado.	109
Tabla 9. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (SN) calibrado.	110
Tabla 10. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (NS) calibrado.....	111
Tabla 11. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (SN) calibrado.....	112
Tabla 12. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (NS) calibrado.....	113
Tabla 13. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (SN) calibrado.....	114
Tabla 14. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (NS) calibrado.....	115
Tabla 15. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (SN) calibrado.....	116
Tabla 16. Resumen de resultados obtenidos de EXP 2 (SN) calibrado.....	117
Tabla 17. Resumen de resultados obtenidos de EXP 3 (SN) calibrado.....	118
Tabla 18. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (NS) calibrado.....	119
Tabla 19. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (SN) calibrado.....	120
Tabla 20. Resumen de resultados obtenidos de EXPSX (SN) calibrado.....	121
Tabla 21. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (NS) calibrado.....	122
Tabla 22. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (SN) calibrado.....	123
Tabla 23. Resumen de verificación de demanda de buses actuales y calibrado.....	124
Tabla 24. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (NS) propuesto.	125
Tabla 25. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (SN) propuesto.	126
Tabla 26. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (NS) propuesto.....	127
Tabla 27. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (SN) propuesto.....	128
Tabla 28. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (NS) propuesto.....	129
Tabla 29. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (SN) propuesto.....	130
Tabla 30. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (NS) propuesto.....	131
Tabla 31. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (SN) propuesto.....	132
Tabla 32. Resumen de resultados obtenidos de EXP 2 (SN) propuesto.....	133
Tabla 33. Resumen de resultados obtenidos de EXP 3 (SN) propuesto.....	134
Tabla 34. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (NS) propuesto.....	135
Tabla 35. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (SN) propuesto.....	136
Tabla 36. Resumen de resultados obtenidos de EXPSX (SN) propuesto.....	137
Tabla 37. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (NS) propuesto.....	138
Tabla 38. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (SN) propuesto.....	139
Tabla 39. Resumen de resultados obtenidos de EXP-P (SN) propuesto.	140
Tabla 40. Cuadro comparativo de rutas actuales y propuestas.....	143
Tabla 41. <i>Tiempo ahorrado de tiempo total de viaje en minutos</i>	144
Tabla 42. Ahorro de Tiempos Máximos y Mínimos de tiempo total de viaje.....	144
Tabla 43. Valor social del tiempo de transporte urbano en Lima.....	145
Tabla 44. Ahorro del beneficio social del tiempo.	145
Tabla 45. Cuadro comparativo de cantidad de buses actuales y propuesta.....	146
Tabla 46. Cuadro comparativo de intervalos actuales y propuesta.	147

Tabla 47. Ahorro total de costos de operadores de buses.....	148
Tabla 48. Cuadro comparativo de kilómetros recorridos actuales y propuesta.....	149
Tabla 49. Ahorro anual de kilómetros recorridos de buses.	149
Tabla 50. Cuadro comparativo de Índice de Pasajeros por Kilómetro Recorrido (IPK) de escenario actual y propuesto.....	150
Tabla 51. Especificaciones técnicas mínimas de los gasocentros sur y norte.	151
Tabla 52. Ahorro anual de combustible GNV en m3 de buses troncales del Metropolitano.	151
Tabla 53. Ahorro anual de combustible GNV en soles de buses troncales del Metropolitano.	152
Tabla 54. Ahorro anual en soles de precio social de carbono	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de viajes motorizados diarios en Lima y Callao. Adaptado de “Ley de chatarreo y otros, piezas en el rompecabezas del transporte sostenible”, por COMEX, 2019.	24
Figura 2. Colas extensas en las estaciones ubicadas en la zona norte. Adaptado de “Metropolitano: caos en estaciones por falta de buses troncales”, por diario El Comercio, 2019.	25
Figura 3. Viajes realizados por hora en el año 2004. Adaptado de “Movilidad Urbana de Lima y Callao”, por AATE, 2017.....	26
Figura 4. Los viajes por destino en los diferentes rangos de horario efectuados en Mayo de 2017. Adaptado de “Movilidad Urbana de Lima y Callao”, por AATE, 2017.	27
Figura 5. Señalética de información para salida de emergencia. Adaptado de “Señal direccional "Salida de emergencia" flecha 90° a la derecha”, por SETON, 2019.....	32
Figura 6. Señalética de prohibición que previene posibles accidentes. Adaptado de “Pictograma ISO 7010 en rollo "Prohibido apoyarse" - P041”, por SETON, 2019.....	32
Figura 7. Señalización informativa de aforo. Adaptado de “SEÑALÉTICA SIMPLE Y FOTOLUMINISCENTE”, por RVA Servicios Generales, 2019.....	33
Figura 8. Mapa del sistema BRT TransMilenio. Fase 1 (en colores), Fases 2 y 3 (en gris). Adaptado de “Cambios en esquemas contractuales del transporte público como clave para la transformación de las empresas alimentadoras del Sistema TransMilenio, 1999-2003”, por PRIETO Rodríguez, G.A, 2018.	34
Figura 9. Ruta fácil Troncal 1 Portal Eldorado – Universidades. Adaptado de “Buscador de Rutas”, por TransMilenio S.A, 2019.	34
Figura 10. Modelo clásico de 4 etapas de transporte. Adaptado de “Análisis de sistemas de transporte”, por Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018	35
Figura 11. Matriz de origen OD. Adaptado de “Construir matrices orígenes destino con la tarjeta SUBE”, por Medium, 2017	37
Figura 12. Representación gráfica de red y posibles viajes con tiempo de espera. Adaptado de “A stochastic user equilibrium assignment model for congested transit networks”, por W.H.K. Lam et all, 1999.	42
Figura 13. Logo oficial de TransCAD. Adaptado de “TransCAD Transportation Planning Software”, por Caliper Corporation, 2019.	47
Figura 14. Matriz OD en el software TransCAD. Adaptado de “Objetos TransCAD”, por Caliper Corporation, 2019.	49
Figura 15. Viaje más corto modelado en TransCAD. Adaptado de “Modelling Commuter Trip Length and Duration Within GIS: Application to an O-D Survey”, por Marius Thériault, 1999.	49
Figura 16. Path Finder modelado en TransCAD. Adaptado de “Travel Demand Modeling with TransCAD”, por Caliper Corporation, 2018.	50
Figura 17. Método SUE modelado en TransCAD. Adaptado de “What TransCAD Users Should Know about New Static Traffic Assignment Methods”, por Caliper Corporation, 2010.	51
Figura 18. Equilibrio de viajes para el transporte privado. Adaptado de “Planificación de transporte y modelado de viaje”, por Caliper Corporation, 2018.....	51
Figura 19. Las diferentes redes de transporte público que existen en una ciudad. Adaptado de “Tránsito público”, por Caliper Corporation, 2018.	52
Figura 20. El detalle que el programa tiene con las vías existentes en una ciudad “Mapeo y visualización de datos”, por Caliper Corporation, 2018.....	53

Figura 21. Creación de Rutas en TransCAD. Adaptado de “TransCAD Route Systems 2018/11/22”, por Horace Blair, 2018.	53
Figura 22. La asignación de rutas. Adaptado de “Análisis de transito”, por Caliper Corporation, 2018.	54
Figura 23. Tabla de Resultados de Flujo y Costo por tiempo de enlace. Adaptado de “Solving the traffic assignment problem using real data for a segment of Medellin's transportation network”, por Carlos González, 2011.	55
Figura 24. Sistema de rutas y paradas de una ciudad en TransCAD. Adaptado de “Sophisticated Geographic and Transportation Analysis Tools”, por Caliper Corporation, 2018.	57
Figura 25. El uso de centroides en las especificaciones de una red de transporte. Adaptado de “TransCAD Network Settings 2017/4/17”, por Horace Blair, 2017.	57
Figura 26. Conectores se unen a centroides para asignar información. Adaptado de “TransCAD Modulo IV”, por Julio Lavado, 2013.	58
Figura 27. Diseño de la mayoría de las estaciones de Metropolitano. Adaptado de “Infraestructura”, por Metropolitano, 2018.	59
Figura 28. Diseño de la estación Central de Metropolitano. Adaptado de “Infraestructura”, por Metropolitano, 2018.	60
Figura 29. Acceso a las puertas de embarque en la estación Angamos. Elaboración propia	61
Figura 30. Puertas de embarque en la parte delantera del bus articulado. Elaboración propia.	61
Figura 31. Ascensor ubicado en la parte inferior de las estaciones. Elaboración propia. ...	62
Figura 32. Puerta de entrada en la estación Angamos. Elaboración propia.	63
Figura 33. Puerta de salida en la estación Angamos. Elaboración propia.	63
Figura 34. Señal de capacidad máxima de la estación. Elaboración propia.	64
Figura 35. Diferentes señales que existen en las estaciones para la adecuada orientación al usuario. Elaboración propia.	65
Figura 36. Señales ubicadas en las puertas de acceso a los buses. Elaboración propia.	66
Figura 37. Señales de zona seguras ubicada en el piso de las estaciones. Elaboración propia.	67
Figura 38. Señales de zona seguras ubicada en la pared de las estaciones. Elaboración propia.	67
Figura 39. Mapa de evacuación ubicada en la estación Angamos. Elaboración propia.	68
Figura 40. Diseño de ingreso a las puertas en sentido norte a sur. Elaboración propia.	68
Figura 41. Piso táctil ubicada en la estación Ricardo Palma. Elaboración propia.	69
Figura 42. Panel informativo de las rutas que paran en la estación. Elaboración propia. ...	69
Figura 43. Personal de apoyo dentro del sistema. Adaptado de “Colaboradores”, por Metropolitano, 2018	70
Figura 44. Universitarios hacen uso de su tarjeta de medio pasaje para realizar viaje. Adaptado de “Estudiantes de institutos ya pueden actualizar tarjeta del metropolitano con vigencia al 31 de diciembre”, por Municipalidad de Lima, 2017.	70
Figura 45. Largas Colas de usuarios del sistema de transporte BRT. Adaptado de “Usuarios del Metropolitano esperan más una hora en largas colas en Estación Naranjal [VIDEO]”, por Redacción Perú 21, 2018.	71
Figura 46. Personas con discapacidad motriz cuentan con asientos reservados en buses troncales. Adaptado de “Accesos a buses”, por Metropolitano, 2019.	72
Figura 47. Persona con discapacidad motriz ingresa a estación por ingreso exclusivo. Adaptado de “Accesos a estaciones”, por Metropolitano, 2019.	72

Figura 48. Cintas podó táctiles a lo largo de toda la estación que brinda información relevante a usuarios invidentes. Adaptado de “Accesos a estaciones”, por Metropolitano, 2019.	73
Figura 49. Tarjeta inteligente general. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.	74
Figura 50. Tarjeta inteligente personal. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.	74
Figura 51. Tarjeta inteligente para estudiante escolar. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.	75
Figura 52. Tarjeta inteligente para estudiante universitario. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.	75
Figura 53. Tarjeta inteligente para personas con discapacidad. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.	76
Figura 54. Ventanillas ubicadas dentro las estaciones al costado de la puerta de ingreso. Elaboración propia.	76
Figura 55. Máquina de recarga ubicada en la puerta de las estaciones. Elaboración propia.	77
Figura 56. Ruleta de acceso y lector electrónico de tarjetas para puertas de embarque al servicio troncal. Elaboración propia.	77
Figura 57. Paraderos de ruta regular A en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	78
Figura 58. Paraderos de ruta regular B en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	79
Figura 59. Paraderos de ruta regular C en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	80
Figura 60. Paraderos de ruta expreso 1 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	81
Figura 61. Paraderos de ruta expreso 2 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	81
Figura 62. Paraderos de ruta expreso 3 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	82
Figura 63. Paraderos de ruta expreso 8 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	82
Figura 64. Paraderos de ruta super expreso en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	83
Figura 65. Paraderos de ruta super expreso norte en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.	83
Figura 66. Inspectores apoyan al conductor del bus troncal a que pueda llegar a la estación. Adaptado de “Los Inspectores de Tránsito del #Metropolitano facilitan la fluidez vehicular en la Plaza Ramón Castilla, en el Cercado de Lima”, por Metropolitano, 2017.	84
Figura 67. Cruce de avenidas justo antes del ingreso del bus troncal a la estación Central. Adaptado de “Infracciones de Tránsito España con Alfonso Ugarte Enero 2017”, por Jorge Izaguirre, 2017.	85
Figura 68. Vista de intersección de avenidas Tacna y Emancipación. Adaptado de “Av. Tacna & Avenida Emancipación”, por Google, 2015.	85
Figura 69. Vista del cruce de avenidas Carlos Izaguirre y Tupac Amaru en el distrito de Independencia. Adaptado de “Av. Carlos Izaguirre y Av. Tupac Amaru”, por Google, 2015.	86
Figura 70. Los buses articulados que circulan por las vías privadas de BRT. Adaptado de “Características de buses articulados”, por Metropolitano, 2019.	87

Figura 71. Usuarios dentro de bus troncal. Elaboración propia.	87
Figura 72. Parte de la flota existente en el Metropolitano. Adaptado de “Servicios ofrecidos”, por Lima Bus Internacional, 2018	88
Figura 73. Conductores que operan los buses articulado. Adaptado de “5 Buses se sumaron a ruta troncal del Metropolitano”, por Municipalidad de Lima, 2019.....	88
Figura 74. Viaje hecho con la Ruta B Norte a Sur de estación Naranjal a Central. Elaboración propia.....	97
Figura 75. Representación en Google Earth de viaje realizado en la ruta B de norte a sur. Elaboración propia.....	98
Figura 76. Mapa de Lima en TransCAD. Elaboración Propia.	99
Figura 77. Tabla de Capas de la modelación en software TransCAD. Elaboración Propia.	101
Figura 78. Representación gráfica de la ruta Super Expreso Norte de Sur a Norte en software TransCAD. Elaboración propia.	102
Figura 79. Bifurcación de recorrido del sistema BRT entre la estación Central y Caquetá en TransCAD. Elaboración Propia.	102
Figura 80. Editor de Sistema de Rutas en software TransCAD. Elaboración Propia.....	103
Figura 81. Reporte de verificación de sentido de ruta en TransCAD. Elaboración Propia.	104
Figura 82. Lista de rutas activas en la situación actual del horario en estudio 6 a 7pm en TransCAD. Elaboración Propia.	104
Figura 83. Tabla de Modos de Transferencia en software TransCAD. Elaboración Propia.	105
Figura 84. Ventanas de Asignación de Viajes mediante el método SUE en software TransCAD. Elaboración Propia.	106
Figura 85. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	108
Figura 86. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	109
Figura 87. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	110
Figura 88. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	111
Figura 89. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	112
Figura 90. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	113
Figura 91. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	114
Figura 92. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	115
Figura 93. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 2 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	116
Figura 94. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 3 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	117
Figura 95. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	118
Figura 96. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	119

Figura 97. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	120
Figura 98. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	121
Figura 99. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	122
Figura 100. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	125
Figura 101. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	126
Figura 102. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	127
Figura 103. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	128
Figura 104. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	129
Figura 105. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	130
Figura 106. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	131
Figura 107. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	132
Figura 108. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 2 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	133
Figura 109. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 3 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	134
Figura 110. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	135
Figura 111. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	136
Figura 112. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	137
Figura 113. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.	138
Figura 114. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	139
Figura 115. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso propuesto del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.	140

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Cálculo de población de los datos cedidos por Protransporte	163
Anexo N° 2. Formato de preguntas que se realizó en las encuestas	164
Anexo N° 3. <i>Factor de expansión por cada estación del sistema BRT Metropolitano</i>	165
Anexo N° 4. Tabla de encuestas en Excel	166
Anexo N° 5. Matriz OD en Excel	167
Anexo N° 6. Velocidades y tiempos de operación en ambos sentidos de los buses COSAC por tramo en todo el recorrido	168
Anexo N° 7. <i>Tabla de centroides</i>	171
Anexo N° 8. Tabla de Conectores	172
Anexo N° 9. Vías.....	173
Anexo N° 10. Paraderos	174
Anexo N° 11. Tablas de viajes de encuestas en TransCAD	175
Anexo N° 12. Matriz OD en TransCAD	176
Anexo N° 13. Reporte de embarque y desembarque (Boarding Counts) de TransCAD ..	177
Anexo N° 14. Demanda por ruta en ruta regular A en situación calibrada	178
Anexo N° 15. Demanda por ruta en ruta regular B en situación calibrada	179
Anexo N° 16. Demanda por ruta en ruta regular C en situación calibrada	180
Anexo N° 17. Demanda por ruta en ruta expreso 1 en situación calibrada.....	181
Anexo N° 18. Demanda por ruta en ruta expreso 2 en situación calibrada.....	182
Anexo N° 19. Demanda por ruta en ruta expreso 3 en situación calibrada.....	183
Anexo N° 20. Demanda por ruta en ruta expreso 8 en situación calibrada.....	184
Anexo N° 21. Demanda por ruta en ruta super expreso en situación calibrada	185
Anexo N° 22. Demanda por ruta en ruta super expreso norte en situación calibrada	186
Anexo N° 23. Demanda total de todas las rutas en la situación calibrada	187
Anexo N° 24. Demanda por ruta en ruta regular A en situación propuesta	188
Anexo N° 25. Demanda por ruta en ruta regular B en situación propuesta	189
Anexo N° 26. Demanda por ruta en ruta regular C en situación propuesta	190
Anexo N° 27. Demanda por ruta en ruta expreso 1 en situación propuesta	191
Anexo N° 28. Demanda por ruta en ruta expreso 2 en situación propuesta	192
Anexo N° 29. Demanda por ruta en ruta expreso 3 en situación propuesta	193
Anexo N° 30. Demanda por ruta en ruta expreso 8 en situación propuesta	194
Anexo N° 31. Demanda por ruta en ruta super expreso en situación propuesta	195
Anexo N° 32. Demanda por ruta en ruta super expreso norte en situación propuesta	196
Anexo N° 33. Demanda por ruta en ruta expreso propuesto en situación propuesta	197
Anexo N° 34. Demanda total de todas las rutas en la situación propuesta	198
Anexo N° 35. Reporte de flujo de tránsito (Transit Flows) en situación propuesta.....	199
Anexo N° 36. Kilómetros de separación por tramos	200
Anexo N° 37. Cálculo de kilómetros actuales y propuestos a detalle	201
Anexo N° 38. Cálculo de Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK) actuales y propuestos a detalle	202
Anexo N° 39. Modelación completa de la optimización del sistema BRT Metropolitano en TransCAD.....	203

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES

1.1. Tema y título

a) Tema

Análisis del efecto del uso de carriles exclusivos para el transporte público.

b) Título

Optimización del sistema operacional de una línea expresa mediante el uso de datos de embarque y desembarque ante la alta demanda de viajes en hora punta de 5 a 8pm en el Metropolitano (Lima, Perú).

1.2. Fundamentación

a) Antecedentes

El BRT es uno de los sistemas de transporte más importantes en Perú que tiene como finalidad mejorar el transporte público y descongestión de los vehículos en las ciudades. Tal como se evidencia en los diferentes países que componen de este sistema como prioridad del transporte público. Sin embargo, el sistema requiere constantes métodos de recolección y procesamiento de datos.

En el artículo “Asignación de frecuencias apropiadas a través de un modelo multiobjetivo para un sistema BRT” realizado por los autores Galindres, Soto y Estrada (2017). Se observa la importancia de realizar estudios de actualización de datos en los sistemas de transporte público BRT, ya que existe un crecimiento de los usuarios; así mismo, la importancia que la calidad del servicio prestado por el sistema no disminuya con el tiempo; es por ello, que los autores plantean diversos indicadores como tiempo de espera en la cola, tiempo de viaje, demanda de viajes por estación, etc. Todos estos indicadores son obtenidos por las encuestas realizadas a los usuarios.

Así mismo, se centra en la importancia de las frecuencias de los buses del sistema y que estas satisfagan la demanda de usuarios; por este motivo, se debe conocer la cantidad de los usuarios que ingresan al sistema y a la estación que se dirigen (Matriz de origen y destino). Además, se realiza conteo de los usuarios que deben esperar un segundo bus para poder movilizarse en el BRT, de acuerdo con la capacidad máxima de la flota de los buses. Este último es analizado por el autor con una penalización de costo dentro del sistema, ya que genera mayor tiempo de viaje y menor calidad para los usuarios. Todos estos datos son importantes y ayuda a asignar las frecuencias de los buses.

Por otra parte, el estudio denominado “Determinantes de autobuses de tránsito rápido de Pasajeros: El análisis a nivel de sistema” que realizaron Ko, Kim y Etezady (2019), tiene como finalidad identificar los factores relevantes para lograr resultados significativos en base a la cantidad de pasajeros diaria de 111 sistemas BRT en todo el mundo. Dichos factores son rescatados de diversos tamaños de muestras, puesto que se logra a través de modelos estadísticos como el de mínimos cuadrados segregados en dos etapas. Además, se propuso como hipótesis que la cantidad de pasajeros diaria de los BRT es influenciada por diversos parámetros como la población, la tarifa, la cantidad de estaciones, paraderos, etc.

Así también, se explica que los estudios más acordes a su investigación se pueden agrupar en análisis descriptivos y análisis causales como lo explica Taylor (2009). Estos análisis con sus debidas diferencias contienen formas importantes de examinar factores de modificación en el campo de transporte público. Es por ello, que los descriptivos tienen un enfoque dirigido al comportamiento de los usuarios del sistema de transporte, desde el punto de vista como viajero y gerente. El cual mediante encuestas o entrevistas puede fallar debido a la no inclusión de factores externos. Por otro lado, el enfoque del exterior del sistema sirve para comprender el comportamiento. Además, los análisis causales en su mayoría incurren en regresiones multivariantes con variables explicativas a nivel agregado (Ko et al.,2011).

Como principal resultado se logra resaltar la importancia de la realización de encuestas a los usuarios para poder conocer su opinión acerca de los diversos sistemas BRT. A partir de ello, se deduce que los factores como el tamaño de la flota, la longitud del sistema, el número de pasillos y estaciones son importantes para entender las características internas y externas del sistema de transporte. Es por ello, que los factores internos como la geometría de las

estaciones, capacidad, velocidad del vehículo y espaciamiento de paradas, así mismo, los factores externos que son la densidad poblacional de cada Stop (estación), las opciones intermodales disponibles y las características del vecindario ayudan a entender que un mejor servicio atrae una mayor cantidad de usuarios y viajes (Currie, 2011; Currie, 2013).

Por otra parte, en la tesis “Evaluación del nivel de servicio del transporte público a través de indicadores en la etapa de viaje: espera en parada (origen)” por la autora Ivanova Tapia (2016), realiza un estudio de los motivos que influyen en la calidad del transporte masivo; en la cual, se analiza las diferentes causas que intervienen en el funcionamiento de los sistemas de transporte como factores de comodidad de los pasajeros hasta costos del sistema; sin embargo, existen cinco factores más relevantes que influyen en su percepción. Estos elementos son la fluidez en la prestación del servicio, la formación personal, condiciones de prestación (el entorno), la accesibilidad y la integración de las líneas. Por lo tanto, se observa que el componente de prestación de servicio tiene el índice más alto, ya que los usuarios ingresan al sistema para obtener un servicio óptimo. Además, la investigación recomienda que se invierta en el mantenimiento y estudio de las líneas que operan en el BRT, para que el sistema de transporte sea fluido y se realicen viajes en menos tiempo.

La autora también explica que los procesos que se realizaron para obtener los factores que intervienen en la calidad de sistema de transporte y el cálculo para la cantidad de encuestas que se debió realizar; en la cual, recomienda que, para estudios futuros sobre el tema, es necesario investigar factores que se puedan adicionar. Así mismo, incrementar la cantidad de encuestas para obtener resultados más exactos, ya que su trabajo se realizó con un muestreo poblacional.

En la investigación con el título “Un método de solución a un problema simultáneo de diseño de ruta y ajuste de frecuencia para un sistema de tránsito rápido de autobuses en Colombia” realizado por los autores Martines y Gulnara (2017), se analiza los diferentes parámetros que ayudan a mejorar la operación del sistema BRT como el tiempo de viaje, tiempo de paradas en promedio, número de pasajeros que viajan, tamaño de la flota, etc. Además, en la modelación interviene la cantidad de estaciones de la ruta del sistema, ya que se pueden encontrar subestaciones en ambas direcciones de viaje. Además, se centra en las posibles variables que pueden existir dentro del sistema como las rutas que coinciden en sus

paraderos, número de vehículos necesarios para la ruta, ruta directa, etc. Todos estos parámetros aportan para proponer nuevas frecuencias que benefician a la demanda existente. Además, el estudio determina que la solución que se obtuvo depende del nivel de servicio de los usuarios; sin embargo, es importante actualizar su comportamiento para adaptar el servicio a las nuevas necesidades o variables que se presenten. Igualmente, las frecuencias propuestas en el sistema deben ser analizadas y relacionadas con los buses suplementarios, para que el servicio sea completamente de calidad y mejore el tiempo total de viaje de los usuarios.

Así mismo, el artículo “Estimación de flujo de pasajeros basada en datos de tarjetas inteligentes en tránsito público” publicado por los autores Chang Yu y Zhao-Cheng He (2014) optan por el uso de las tarjetas inteligentes. Esta aplicación ayudó de formas diferentes en el uso de este tipo de transporte, ya que la tarjeta es un medio de pago. Además, ayuda a contabilizar cantidad de usuarios y los ingresos monetarios al sistema. Es decir, dicha tarjeta aportó a que el sistema BRT sea más organizado; sin embargo, no logró ser lo suficiente para alcanzar la excelencia en el servicio, ya que la tarjeta no ayuda en contabilizar el desembarque en los diferentes paraderos del sistema. Es por ello, que los datos de desembarque en las estaciones de BRT son normalmente estimados y que no ayuda en el diseño de nuevas líneas de buses. Es decir, sin un número exacto de embarque y desembarque en los paraderos del BRT, se diseña una ruta o línea de bus ineficiente. Para ello, el autor realiza un método de seguimiento a los buses, ya que tienen GPS, lo cual estima el flujo de embarque y desembarque de las estaciones junto a las distancias que los usuarios realizan.

La información de flujo de los pasajeros en el transporte público es importante para planificar y gestionar paraderos o líneas de transporte en el sistema BRT. Este método ayuda a suplir las fallas que se encuentren con los datos obtenidos tales como una posible mayor cantidad de paradas en las estaciones con alta demanda y una inoportuna seguridad en las estaciones donde se presenten mayor desembarque. Así mismo, ayudan a mejorar los servicios de los sistemas de transporte y el incremento de usuarios durante las horas pico, ya que se logran ver en qué lugares hay mayor demanda de usuarios y qué acciones se tiene que ejecutar para mejorar esa necesidad o en su defecto la falta de flotas en dichas estaciones.

El estudio que lleva por título “Transporte y uso del suelo: Comparación de las rutas de transporte interno en Changchun, China” (2018), el cual tuvo como tema central explicar las diferencias entre los tipos de vías de transporte y el desarrollo del uso del suelo, pretendiendo demostrar los efectos de las rutas de transporte en el uso del suelo e identificar la función jerárquica. Por ello, los autores pretenden introducir a su investigación la teoría del efecto pasillo que aqueja como escenario principal a las rutas de transporte interurbano.

Para la obtención de los resultados se tomaron en cuenta el tipo de ruta de transporte y el uso de la tierra, la misma que confirmó que las diversas rutas varían en la formación de los patrones de suelo, lo cual logra reafirmar la teoría tradicional. Uno de los principales resultados indica que la relación espacial entre vías automotriz y suelo residencial, vías troncales y suelo comercial, tren ligero y suelo residencial fueron las de mayor incidencia en el caso de estudio. Finalmente, se obtiene que la implementación de vías de transporte atrae sectores comerciales y residenciales, lo cual genera mayor cantidad de viajes y a su vez diversos tipos de usuarios para los diferentes sistemas de transporte (Ma, et al., 2018).

b) Realidad problemática

La congestión vehicular en la ciudad de Lima simboliza una pérdida de veintisiete mil millones de soles al año y efectos negativos para la sociedad; así mismo, el sobreuso del combustible es de tres mil millones de soles. Esto generado por el uso inescrupuloso de los vehículos privados que dejan de lado a los de transporte sostenible; es por ello, que el país debe invertir en la planificación vial para que los ciudadanos opten por el uso del sistema de transporte masivo. Así mismo, para que sean atractivos para la población es necesario la implementación de una mejor calidad de servicio en dichos sistemas de transporte (COMEX, 2019).

Distribución de viajes motorizados diarios en Lima y Callao (miles)

Fuente: Fundación Transitemos. Elaboración: ComexPerú.

Figura 1. Distribución de viajes motorizados diarios en Lima y Callao. Adaptado de “Ley de chatarreo y otros, piezas en el rompecabezas del transporte sostenible”, por COMEX, 2019.

Lima Metropolitana es considerada la ciudad con mayor crecimiento poblacional del Perú. Esto genera diferentes problemas en la organización y desarrollo de la sociedad. El INEI (2017) realizó censos en períodos de 10 años entre 2007 al 2017 mediante los cuales logró obtener una tasa de crecimiento promedio anual de la población censada, según el departamento de Lima de 1%. Lo cual se mantiene para años posteriores.

Al año 2018, el crecimiento de la población ocupada con respecto al segundo trimestre del 2017 en Lima aumentó en 1%. También, se observó que la población ocupada está conformada por 4 millones 856 mil 140 personas, entre ellas los hombres y las mujeres son 54.4% y 45.6% respectivamente.

Además, con respecto al Metropolitano, el cual opera desde el año 2010, se tiene conocimiento de que el servicio cuenta con 312 buses articulados (MTC, 2020). La cual tiene la posibilidad de ampliar 120 buses articulados más, siempre y cuando empiece a funcionar la ampliación a Carabayllo. Debido a que en julio de 2010, se realizó una modificación al contrato. (MML, 2019)

El Metropolitano en la actualidad está compuesto por treinta ocho estaciones que recorre a través de dieciocho distritos, pero se realiza su ampliación de diecisiete estaciones como se proyectó desde el año 2010; Además, la ampliación añadirá dos nuevos puntos de retorno interno que intentará mejorar el flujo del sistema. (Metropolitano, 2020).

El sistema Metropolitano no es considerado como primera opción de transporte en la ciudad de Lima, puesto que el tiempo de viaje dentro del troncal se incrementa por el tiempo de espera en las colas de embarque a los buses.

Por lo cual, se concluye que una restricción es la demanda, ya que esta varía a través del tiempo y la ubicación de centros de estudios, trabajo, etc. A su vez esto genera la necesidad del uso de diversos tipos de transporte que ocasiona la congestión vehicular dando como resultado un sistema totalmente ineficiente y descentralizado. Se ha encontrado que la capacidad del sistema está saturada y esto genera la percepción que las rutas expresas no estén bien diseñadas. Por este motivo es que los usuarios prefieren usar otros tipos de transporte.

Así mismo, los mayores problemas se ubican en las estaciones del norte de Lima como la estación Naranjal, Izaguirre, Tomás Valle y UNI. En la cuales, se observa una mayor cantidad de usuarios y de largas colas que incluso llegaban a partes externas de las estaciones. Protransporte respondió que este problema es un caso fortuito y que se debió a la congestión vehicular que no pertenecen parte de su administración; es por ello, que la entidad pidió las respectivas disculpas a los pasajeros afectados (El Comercio, 2019).

Figura 2. Colas extensas en las estaciones ubicadas en la zona norte. Adaptado de “Metropolitano: caos en estaciones por falta de buses troncales”, por diario El Comercio, 2019.

Por otro lado, la Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (AATE). realizó un estudio mediante el uso de datos generados anónimamente por la movilidad de los celulares de millones de personas a lo largo de 4 meses. Este fue el primer

estudio que se realizó con metodología BIG DATA con el universo más grande de América Latina. La finalidad es identificar la movilidad urbana en la ciudad de Lima y Callao para cubrir las horas pico y mejorar el servicio de transporte total. El último estudio que se realizó por este motivo fue en el año 2004 donde se identifican las horas punta mañana 7 a 9am., mediodía de 1pm a 3pm y noche 5 a 8pm. con un total de 16.5 millones de viajes generados en un día hábil tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. Viajes realizados por hora en el año 2004. Adaptado de “Movilidad Urbana de Lima y Callao”, por AATE, 2017

Con el nuevo método BIG DATA se recolectó un total de 24.5 millones de viajes realizados en un día hábil y revelaciones con respecto a las horas punta donde se identifica grandes cantidades de viajes que se extienden desde las 6am. hasta la 9am. de la mañana, de 1pm. a 3pm. del mediodía y de 3pm. a 7pm. de la tarde hasta la noche. Además, se aprecia un gran incremento en general en los viajes realizados con un aumento del 50% con respecto al 2004 (AATE, 2017). En la siguiente figura se muestra lo anunciado anteriormente.

Big Data – Mayo 2017

Figura 4. Los viajes por destino en los diferentes rangos de horario efectuados en Mayo de 2017. Adaptado de “Movilidad Urbana de Lima y Callao”, por AATE, 2017.

c) Formulación del problema

¿Se puede optimizar el sistema operacional de una línea expresa mediante uso de datos de embarque y desembarque ante la alta demanda de viajes en las horas pico de 5 a 8pm en días laborables en el sistema del Metropolitano en Lima, Perú?

d) Hipótesis

El sistema operacional de la línea expresa se optimiza con la implementación de los datos de embarque y desembarque en las horas pico de 5 a 8pm en días laborables en el sistema del Metropolitano en Lima, Perú.

e) Hipótesis nula

No existe investigación o método que logre optimizar la demanda de usuarios en horas pico de 5 a 8pm de lunes a viernes, ya que el servicio tiene un mal diseño y está saturado.

1.3.Objetivos

a) Objetivo general

Optimizar el sistema operacional de una línea expresa en el Metropolitano en horas punta de 5 a 8pm en días laborables mediante el uso de datos de embarque y desembarque.

b) Objetivos específicos

- Estimar la demanda de viajes de un día laborable.
- Identificar las horas punta en todas las estaciones del sistema BRT “El Metropolitano” en días laborables.
- Verificar la existencia de demanda insatisfecha.
- Mejorar una ruta expresa que ayude a disminuir el tiempo total de viaje, kilómetros recorridos y cantidad de buses troncales para todo el sistema.

1.4.Descripción del contenido

El informe está conformado por ocho capítulos más conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el primer capítulo, con el nombre de generalidades que tiene como contenido al tema, título, antecedentes, etc.

En el segundo capítulo, se observa el marco teórico que está compuesto por diferentes estudios que se aplican en la investigación.

En el tercer capítulo, se detalla las características del universo y el nivel de investigación que se realiza.

En el cuarto capítulo, está orientado a conocer todo sobre las herramientas del software TransCAD donde se explica las diferentes aplicaciones que se pueden dar en transporte privado y público.

En el quinto capítulo, bajo el nombre de estado actual, se detalla las diferentes características y especificaciones en las que se encuentran nuestro tema de investigación con lo que se puede tener más información relevante.

En el sexto capítulo, se realiza el estudio del caso donde se recolecta datos, se calcula el factor de expansión y distancia; los cuales son recaudados en campo mediante encuestas, solicitudes a entidades, etc.

En el séptimo capítulo, se desarrolla el modelamiento y la optimización de todos los datos obtenidos hasta el momento mediante el software TransCAD; así mismo, se obtienen tablas y gráficas adicionales que se realizan en Microsoft Excel.

En el octavo capítulo, se detalla la validación e interpretación de los diferentes resultados obtenidos en el capítulo anterior; por lo cual, se puede obtener resultados óptimos.

Además, se presenta las conclusiones y recomendaciones a partir del mejor resultado validado y optimizado.

Por último, se menciona la bibliografía y anexos utilizados en todo el informe de la investigación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. BRT

El sistema BRT (Bus Rapid Transit), se desarrolló como una alternativa ante la necesidad de mejorar el transporte en las ciudades. Esto se observa en diferentes países de Sudamérica y el caribe donde el sistema redujo el tiempo de viaje promedio, como accidentes de tránsito y emisiones de gases tóxicos. Además, la inversión para ejecutar el proyecto es menor a comparación de los proyectos ferroviarios (BID, 2015).

La infraestructura está conformada por carriles exclusivos para que los buses del sistema se trasladen a una velocidad promedio de 30 km/h. La flota está conformada por buses articulados de alta capacidad que operan en diferentes rutas como regulares o expresos; las cuales, tienen paradas (estaciones) y horarios establecidos para la eficiencia del servicio. Además, la forma de pago para acceder al sistema es previo; la cual, ayuda que los usuarios no tengan que pagar sobre costos por los transbordos que realicen dentro del sistema.

La operación del sistema es muy importante para el éxito del servicio de este transporte, puesto que la demanda de usuarios con el tiempo varía. El sistema es una opción atractiva de viaje, ya que los buses se mueven por carriles privados sin tráfico; es por ello, que es necesario actualizar la cantidad de pasajeros por estación y proponer las nuevas rutas para satisfacer el nuevo escenario que se presente. Todo ello, causa menor probabilidad de accidentes. Los paraderos o estaciones están establecidas en las rutas; las cuales, fueron estudiadas previamente para corroborar la efectividad del sistema. Además, el tiempo de paradas en las estaciones es más fluido, porque las estaciones están construidas con puertas a nivel del acceso de los buses que ayuda que el flujo de embarque y desembarque sea más rápido.

Por otra parte, la implementación del sistema BRT en las ciudades, es necesario previos estudios sobre la planificación del transporte para que la población obtenga mayores beneficios; sin embargo, este sistema no es la única solución para descongestionar el transporte, ya que para tener éxito es importante realizar un sistema integrado con otros

sistemas de transporte masivo que estén conectados. Esto ayuda que los pasajeros tengan diferentes formas y mejores opciones para llegar a su destino (CEPAL, 2012).

2.2. Geometría de BRT

a) Infraestructura

La infraestructura del sistema BRT se caracteriza por optar por el uso de vías exclusivas la cual genera un mejor flujo de tránsito al separarse de los taxis, camiones, vehículos particulares, etc.

b) Estaciones

Están diseñadas para facilitar el libre y cómodo acceso de los usuarios. Además, las estaciones son los paraderos de los servicios troncales. En cuanto a su infraestructura son cerrados y cubiertos, poseen taquillas a la entrada y con accesos a través de una correcta semaforización, puentes peatonales, etc. Hay que añadir también, que todas las estaciones poseen señalización de orientación para usuarios nuevos, iluminación en horario nocturno para poder brindar un espacio cómodo y seguro. Para poder utilizar el servicio de transporte BRT se hace uso de una tarjeta pre cargable la cual se hace el pago justo antes de ingresar a los embarques de los buses troncales. Se poseen diferentes tarifas para los buses troncales y alimentadores.

c) Señalización

La estación está compuesta por señaléticas de información, prohibición, orientación y mapas de ubicación de cada uno de las rutas y servicios existentes dentro del sistema.

Por este motivo, al ser un espacio público y de gran afluencia de usuarios se debe tener en cuenta la señalización en cuanto a seguridad.

Figura 5. Señalética de información para salida de emergencia. Adaptado de “Señal direccional "Salida de emergencia" flecha 90° a la derecha”, por SETON, 2019

Entre otros, se tiene también señaléticas que indican prohibiciones de acciones que puedan atentar contra los usuarios como apoyarse en las puertas, tener en cuenta la separación del bus con la estación, entre otros. Es importante que estas indicaciones sean visibles para todo el público.

Figura 6. Señalética de prohibición que previene posibles accidentes. Adaptado de “Pictograma ISO 7010 en rollo "Prohibido apoyarse" - P041”, por SETON, 2019

Cabe resaltar, que todas las estaciones tienen aforos y capacidades distintas, las cuales dependen mucho de la infraestructura que se tenga y también del sector en el que se encuentra. Si bien en hora punta la capacidad llega cerca de su límite dicha cantidad se debe tomar siempre en cuenta por temas de seguridad.

Figura 7. Señalización informativa de aforo. Adaptado de “SEÑALÉTICA SIMPLE Y FOTOLUMINISCENTE”, por RVA Servicios Generales, 2019.

Por otro lado, como señalización de orientación al usuario nuevo o experimentado, cada estación al ingreso de esta debe mostrar todas las rutas que tiene como paradero y los destinos que llevan. Además del horario de funcionamiento de cada una. Por lo que resulta de importancia tener en cuenta el horario y el servicio expreso o regular que el usuario quiera viajar.

A todo ello, se le suma planos de evacuación y zona de seguridad interna donde se tiene conocimiento del recorrido en caso de siniestro o sismo. Además, se tiene una pequeña leyenda de todas las señaléticas de seguridad y su ubicación en la estación.

En la estación se debe tener pintada una zona con círculos de color amarillo en el suelo, los cuales indican la zona segura en caso de sismo o siniestro.

Por estándares de seguridad, se le suma la implementación de luces de emergencia correctamente ubicadas en las entradas y salidas de los embarques, en caso suceda algún corte de energía eléctrica

2.3. Rutas (expresos vs rutas regulares)

En un sistema BRT se tiene dos tipos de rutas activas durante el horario de funcionamiento. Ambas rutas expresas y regulares hacen uso de buses articulados de diferentes longitudes como 18m. y 27m. de longitud y de capacidad de 160 y 250 pasajeros respectivamente.

La mayor diferencia radica en la menor cantidad de paradas que la ruta expresa tiene versus la regular. Debido a ello, la preferencia de los usuarios en horas punta es por tomar expresos por el menor tiempo de viaje. Sin embargo, los expresos tienen paradas en estaciones de alto flujo de pasajeros; puesto que, su mayor ventaja resulta ser también su desventaja por la

demanda de usuarios que posee. Por otro lado, el servicio regular en lo que va de su recorrido realiza paradas en todas las estaciones del sistema.

Figura 8. Mapa del sistema BRT TransMilenio. Fase 1 (en colores), Fases 2 y 3 (en gris). Adaptado de “Cambios en esquemas contractuales del transporte público como clave para la transformación de las empresas alimentadoras del Sistema TransMilenio, 1999-2003”, por PRIETO Rodríguez, G.A, 2018.

Hay que tener en cuenta que los servicios regulares cumplen con el horario completo del sistema BRT. Mientras que el servicio expreso solamente cumple con horarios de alta afluencia de pasajeros véase horas pico de mañana, tarde y noche. Estos horarios funcionan en intervalos de horas los cuales siempre se tiene una hora de mayor fluencia más conocido como “Hora Punta”.

Figura 9. Ruta fácil Troncal 1 Portal Eldorado – Universidades. Adaptado de “Buscador de Rutas”, por TransMilenio S.A, 2019.

2.4. Método teórico

2.4.1. Pasos de planificación de transporte

Existen varios modelos o métodos que sirven para la planificación de transporte, pero el modelo que destaca desde 1959 y es considerado el modelo clásico de transporte de las cuatro etapas. Estas etapas tienen funciones primordiales en el estudio de análisis del sistema de transporte, la primera es la generación y atracción de viajes, la segunda es la distribución de viajes, la tercera es partición modal y la última asignación de viajes (Ingeniería Industrial, 2008).

Figura 10. Modelo clásico de 4 etapas de transporte. Adaptado de “Análisis de sistemas de transporte”, por Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018

a) Modelo de generación y atracción de viajes

En esta etapa se sectoriza el área de estudio en la que cada zona está nombrada o asignada por un número, el objetivo es conocer y obtener un número aproximado de la cantidad de viajes que se genera en tal sector y los viajes que atrae por el tipo de suelo. Es decir, saber la cantidad de viajes que entran y salen de una zona sea por trabajo, educación, recreación, etc.

b) Modelo de distribución de viajes

En esta etapa no importa los viajes que se generan o atraen las zonas, sino se escoge un sector y se contabiliza los viajes que se realiza y atrae en esta. En otras palabras, tengo las zonas “x”, “a”, “b”, “c”. en la que se escoge zona “x” y contabiliza los viajes que atrae de las otras zonas sea “a”, “b”, “c” o los viajes que genera la zona “x” que puede ser “a”, “b”, “c”

c) Modelo de partición modal

En esta etapa se estudia los diferentes tipos de modos de transporte que pueden llevar a cabo el traslado de los pasajeros que pueden ser por autos, buses, bicicletas, caminata, etc. Es decir, que es más específica la información, ya que importa el modo en que los usuarios prefieren viajar que pueden tener diferentes características como la tarifa o tiempo de viaje.

d) Modelo de asignación de viajes

Se estudia las diferentes opciones de rutas que los viajeros pueden tomar, ya que en los tramos de los sectores existen varias rutas. Estas decisiones de los usuarios pueden variar por las características y el estado de las rutas. La importancia de la etapa es contabilizar la ruta que los viajeros deciden tomar para movilizarse de la zona “x” a “y”.

2.4.2. Distribución de viajes en un sistema BRT

En el sistema de los buses con carriles exclusivos se desarrolla el modelo de distribución de viajes, ya que realiza el conteo de viajes que recorren de estación a estación; la cual, se obtiene de una forma detallada por la matriz de origen y destino que cumple con la función principal de obtener datos para un desarrollo eficiente de la operación del sistema. Los datos que se obtienen de la matriz son ordenados mediante la cantidad de usuarios que embarcan y desembarcan a los buses. Estos datos pueden generar diferentes operaciones para optimizar el sistema BRT como las nuevas frecuencias de buses, rutas de buses, nuevas estaciones e ingreso de usuarios.

2.4.3. Matriz OD

Es un método donde se obtiene la información de la cantidad de viaje que se realiza del punto “x” al punto “y”. Los datos sirven para estudiar, diseñar y plantear nuevas rutas que incluyan parámetros como día de la semana, hora, sentido, tipo de vehículo, costo, capacidad del bus, motivo de viaje, etc. Además, estos datos generan información importante acerca de la demanda en horas pico y las estaciones que ocurren. Posteriormente, se agrupan matricialmente los viajes, asignando todos los parámetros recolectados de las estaciones y los usuarios.

Orígenes \ Destinos	1	2	3	j	n	P
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{1j}	T_{1n}	P_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{2j}	T_{2n}	P_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{3j}	T_{3n}	P_3
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	T_{ij}	T_{in}	P_i
m	T_{m1}	T_{m2}	T_{m3}	T_{mj}	T_{mn}	P_i
A	A_1	A_2	A_3	A_j	A_n	total viajes

Figura 11. Matriz de origen OD. Adaptado de “Construir matrices orígenes destino con la tarjeta SUBE”, por Medium, 2017

En la matriz de tamaño $m \times n$, donde:

T_{ij} : viajes desde el origen i con destino j .

P_1 : total de viajes producidos en la zona 1.

A_1 : total de viajes atraídos en la zona 1

El beneficio de usar la matriz OD es conocer de una manera amplia la situación de los viajes y planificación de transporte; sin embargo, este método tiene desventajas como la recaudación de datos que es un proceso muy costoso y que debe ser bien planeado. La información en un sistema de transporte varía con el tiempo, ya que el crecimiento poblacional cambia como la demanda de viajes; es por ello, que la información de las

matrices se debe actualizar cada determinado momento generando gastos para la nueva recaudación de datos (Eliana Clavijo, 2018).

2.4.4. Población

Es el conjunto de personas u objetos que son el centro de investigación para estudios estadísticos. La población debe cumplir con características comunes y el total es considerado universo. En algunos casos la población es representada por una pequeña cantidad que puede ser considerada por características muy específicas (López, 2004).

2.4.5. Muestra

Es la cantidad representativa de la población que se desea investigar, ya que la cantidad total de la población es muy alta; es por ello, que se desarrolla la muestra que contiene factores como margen de error, nivel de confianza y desviación estándar para realizar el cálculo (López, 2004). En la siguiente ecuación se presenta el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

Donde:

n: Tamaño de muestra

N: Tamaño de población

σ : Desviación estándar

Z: Nivel de confianza

e: Error de muestra

2.4.6. Nivel de servicio

Son las diferentes formas con que se puede conocer la calidad de servicio que el transporte público ofrece a los usuarios mediante encuestas, tiempo de viaje, distancia de viaje, distancia de caminata y los servicios existentes. La muestra de los viajes realizados de origen y destino son clave para conocer el nivel de servicio; los cuales, fueron aplicados en diferentes países y comparados con los sistemas de transporte existentes y los transbordos

realizados que los usuarios realizan para llegar a su destino. Los tiempos de espera de los usuarios para subir a un bus o tren y el tiempo de viaje son las variables que más ayudan a conocer el tipo de servicio que tienen el transporte público en un país. (Tapia, 2016)

2.4.7. Factor de expansión

Es el proceso que se realiza después de calcular la muestra efectiva donde se obtiene, a través de la multiplicación de los factores teniendo como resultado el total de la población. Es decir, se distribuye proporcionalmente en factores que luego se multiplica a la muestra. El método de factor de expansión es el paso fundamental para todo análisis estadístico que incluya la muestra poblacional y producción del nuevo universo. (CNCA, 2013)

$$E_i = \frac{P_i}{M_p}$$

Donde:

E_i : Expansión

P_i : Población

M_p : Muestra ponderada

2.5. Método matemático

2.5.1. Velocidad comercial

La fórmula básica para obtener la velocidad del objeto de estudio es igual a la longitud entre el tiempo de recorrido; es por ello, que para el transporte de pasajeros es importante conocer la velocidad de los vehículos y la velocidad con las que se movilizan por cada vía que depende de los tiempos que tarda en recorrer. Estos tiempos pueden variar con respecto a la congestión vehicular, estado asfáltico de la vía, la semaforización existente en dicha vía, etc. Los tiempos de viaje deben ser obtenidos varias veces para realizar un promedio y obtener velocidades que representen o se acerquen a la situación actual.

$$V_c = \frac{L_r}{T_r}$$

Donde:

V_c : Velocidad comercial (km/h)

L_r : Longitud de la ruta (km.)

T_r : Tiempo de recorrido (h.)

2.5.2. Frecuencia requerida

Un sistema de transporte óptimo debe cumplir con varios factores, pero uno de los principales es la organización del sistema y la actualización de los datos de los viajes que lo usuarios realizan. Es por ello, que previo a un estudio de los datos actuales, se debe realizar las nuevas propuestas de las frecuencias de los buses mediante la demanda de los pasajeros en la hora de estudio entre la capacidad de usuarios que el servicio ofrece, ya sea vagones de trenes, microbuses, autobuses o buses de alta capacidad.

$$F.R. = \frac{De}{Cap}$$

Donde:

F.R: Frecuencia requerida (vehículos/hora)

De: Demanda por el servicio (pasajeros/hora)

Cap: Capacidad ofrecida (pasajeros/vehículos)

2.5.3. Intervalo

Las rutas de un sistema de transporte eficiente cuentan con frecuencias de salida de buses que logren atender a la demanda de viajes que se requiera en el horario de operación; puesto que, el intervalo de la ruta es importante porque nos detalla cada cuánto tiempo un nuevo bus empieza su recorrido. Por lo tanto, se debe saber el período de operación de dichos buses y la frecuencia requerida de vehículos por una hora. A continuación, se detalla el cálculo de este parámetro.

$$Int = \frac{Po}{F.R.}$$

Donde:

Int: Intervalo (minutos)

Po: Período de operación (minutos)

F.R: Frecuencia requerida (vehículos/hora)

2.5.4. Índice de pasajeros por kilómetro (IPK)

La eficiencia de una ruta está regida por la cantidad total de pasajeros que transportan todos sus buses en su horario en operación entre la longitud de la ruta recorrida por los vehículos. Es por ello, que el índice de pasajeros por kilómetros es importante, ya que a mayor valor obtenido se lleva más pasajeros en intervalos de un kilómetro. Esto demuestra que una ruta es más eficiente que otra. A continuación, en la siguiente ecuación se detalla el proceso de cálculo para dicho parámetro. (Posada, 2010)

$$IPK = \frac{Tp}{L.R.}$$

Donde:

IPK: Índice de pasajeros por kilómetro (pasajeros/kilómetros)

Tp: Total de pasajeros transportados en un viaje (pasajeros)

L.R: Longitud de la ruta (kilómetros)

2.5.5. Stochastic User Equilibrium (SUE)

El siguiente modelo nace a partir de llevar aún más lejos la asignación de tránsito en sistemas de transporte congestionados, ya que antes del método se mantenía un modelamiento con elementos finitos, el cual no tomaba en cuenta la capacidad específica de pasajeros por hora. Esta gran diferencia hace que el modelo se acerque más a la práctica real, ya que dichos datos de capacidad de rutas se pueden obtener a través de la capacidad del bus y la cantidad de buses en la hora en estudio. Es por ello, los métodos pasados nos alejan de resultados con limitaciones y características realistas.

Al no tomar en cuenta la capacidad, algunas líneas puede ser cargadas con una cantidad mayor de la capacidad; lo cual, puede crear un desequilibrio y a su vez que algunas rutas abarquen pocos viajes y otras más de los que pueden.

Los sistemas de tránsito como los BRT están unidos por nodos en común en su mayoría de veces, lo cual hace que los usuarios tengan varias opciones para llegar a su destino, lo cual repercute en que pueda tomar un bus o esperar al siguiente. Todas esas opciones posibles

tienen en consideración el tema de costo y la capacidad de cada ruta, ya que se puede evitar la sobrecarga de algunas rutas y el poco flujo de viajes en las demás. Es por ello, que siempre se busca minimizar el tiempo total de viaje a partir de todos los posibles viajes (interrelación de nodos) se efectúe para poder resolver el problema de una manera equilibrada sin sobrecargar y con un flujo constante.

Fig. 2 la representación de red usando en el vehículo y los enlaces de espera.

Figura 12. Representación gráfica de red y posibles viajes con tiempo de espera. Adaptado de “A stochastic user equilibrium assignment model for congested transit networks”, por W.H.K. Lam et all, 1999.

Para ello, se debe utilizar el algoritmo del camino más corto para sistemas grandes y al utilizarlo se evidencia que los multiplicadores de LaGrange obtienen los retrasos de sobrecarga de pasajeros en la red de tránsito. Dicho sistema permite utilizar varios tipos de usuarios y la posibilidad de extensión a otros tipos de sistema de transporte.

Además, enuncia que el tiempo total de viaje se da cuando se realiza la suma del tiempo en vehículo y el tiempo de espera.

$$T.V. = tev + te$$

Donde:

T.V: Tiempo total de viaje

tev: Tiempo en vehículo

te: Tiempo de espera

La anterior variable es necesaria para poder calcular el costo por enlace “cs”, el cual se encuentra compuesto por tiempo en vehículo “ts”, tiempo de espera “us” y el retraso equilibrado por sobrecarga de pasajeros “ds”.

$$c_s = t_s + u_s + d_s$$

Donde:

Cs: Costo por enlace

Ts=0, si el enlace s es un enlace de espera

Ts= ts, si el enlace s es un enlace en vehículo

Us=0, si el enlace s es un enlace en vehículo

Us= W(Ai), si el enlace s es un enlace de espera.

Ds=ds, si el enlace s es un enlace en vehículo

Ds=0, si el enlace s es un enlace de espera

Es importante señalar que la variable de capacidad de vehículo y el retardo de sobrecarga de pasajeros equilibrado limitan y logran obtener resultados mucho más cercanos a la realidad y no con elementos finitos (Lam, W.H.K., 1999).

2.6. Software para sistemas de transporte macroscópico

El TransCAD es el software de modelamiento por excelencia, el cual se rige por el modelo de las 4 etapas de planificación del transporte. Además, permite añadir en formato GIS, todo el mapa de una ciudad y a su vez el recorrido del sistema de transporte que se desee modelar.

Por otro lado, cede la total potestad de poder añadir campos de características de suelo, capacidad de ruta, sentido de vías, paraderos, tiempos de espera, etc.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Universo

El Metropolitano es uno de los sistemas de transporte más importantes de la ciudad de Lima que une una gran cantidad de distritos a lo largo de todo su recorrido. Es por ello, que a través de los años ha ido aumentando su preferencia por la población por brindar un servicio seguro, rápido y que permite realizar transbordos sin costo adicional. Lo que provoca que en las horas pico haya una saturación del sistema; por lo tanto, en la investigación el universo está conformado por la cantidad de usuarios que ingresan al sistema BRT de 5 a 8pm en días laborables para mejorar el nivel de servicio y demanda insatisfecha de la situación actual.

3.1.2. Muestra

Para abarcar un universo se tiene que elegir una muestra que logre representar de la mejor forma el escenario en estudio; por lo que, se debe elegir las características que definan mejor la situación tales como el horario, los días y los meses más representativos. A partir de ello, se logra calcular una cantidad simbólica.

3.2. Método

3.2.1. Nivel de investigación

Nuestro nivel de investigación es descriptivo y aplicativo, debido a que el objeto de estudio contiene una alta cantidad de variables que se debe recolectar para entender la estructura y el comportamiento de la investigación. La cual abarca todas las características y escenarios que existen en el sistema de transporte BRT Metropolitano. Por lo que la recolección de datos oficiales por parte del organismo que supervisa este modelo de transporte y los datos recolectados particularmente, serán usados para poder modelar la situación actual y entender la problemática como también concluir en una optimización que genere beneficios para los usuarios e instituciones a cargo. Por último, el enfoque aplicativo se genera mediante los mecanismos como cuadros estadísticos, cuadros de carga máxima, reportes de flujo, etc. Todo ello, permite lograr los objetivos que están relacionados con la optimización del nivel de servicio del sistema.

3.2.2. Diseño de investigación

La estrategia optada para la investigación está conformada por los modelos, a continuación, se tendrá cada estrategia con el fundamento de su utilización:

- Documental: La obtención de los datos de encuestas de viajes realizados por la empresa ProTransporte. Como las frecuencias, demanda, cantidad de buses en hora punta, validaciones etc. Dichos datos fueron hechos durante los años 2016 y 2017.
- De Campo: Para la investigación se debe realizar una correcta validación mediante un modelo que pueda servir para entender la situación actual. Por ello, se efectuaron encuestas en campo para obtener una muestra que represente la realidad del problema de investigación.
- Experimental: El diseño de investigación incluye una parte experimental, ya que se debe someter diferentes comportamientos de los grupos de usuarios que usan el servicio del Metropolitano. Los cambios realizados serán fundamento suficiente para obtener una situación propuesta que logre optimizar la situación actual.

3.2.3. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

Como instrumento, se tiene las preguntas de las encuestas, notas de reuniones y reportes de viajes. En cuanto a técnica, se tiene la información recolectada en campo mediante las encuestas y a partir de las entrevistas con diferentes profesionales que forman parte del organismo supervisor del sistema de transporte.

3.2.4. Distribución de viajes

Es el paso fundamental para conocer el origen y destino de los diferentes tipos de viajes ya sean usuarios del transporte público o privado. Así también, las alternativas que ofrece para que este concepto sea aplicado de forma más real como la aplicación del factor de expansión; puesto que, el valor poblacional aumenta con el tiempo. Por otra parte, se debe actualizar mediante el producto del factor de crecimiento como la opción de cambio de formato, las diferentes listas de oferta y demanda a la matriz de OD.

3.2.5. Procesamiento y análisis de optimización

a) Situación actual

A partir de los datos recolectados de las encuestas y reuniones, se comprende la situación actual con sus limitaciones, capacidad de ruta, cantidad de buses, etc. Además, se conoce el tiempo de viaje, velocidad promedio, longitud de estación a estación y finalmente como base del estudio la matriz Origen Destino. Todo ello como paso previo al uso del software de modelación.

b) Modelación en TransCAD

Con los datos de entrada se genera el mapa, asigna características propias de cada ruta, vía, etc. Luego se modela la matriz OD para la asignación de tráfico y los métodos matemáticos propicios para el estudio. Como resultado se obtienen tablas de flujo de viajes, cantidad de embarques y desembarques, tiempo de viaje, número de transbordos, etc. Todo está relacionado con la situación actual.

c) Reportes en hojas de cálculo

Los datos obtenidos del software se logran incorporar a tablas dinámicas por cada una de las rutas en ambos sentidos que ayudan a tener la cantidad de viajes que suben y bajan en cada una de las estaciones de una forma gráfica. A partir de ello, se obtiene parámetros como carga máxima, intervalos y cantidad de buses por ruta.

d) Selección del mejor escenario

Se analiza las diferentes variantes de los escenarios mediante el comparativo visual y numérico, lo cual consiste en identificar el tramo (estación) con mayor sobrecarga de viajes en todas las rutas. Posteriormente se proponen nuevas rutas, modificación de paraderos de las rutas, nuevos puntos de retorno. Esto resulta en un equilibrio de viajes y optimización acorde a la demanda atraída que produce la reducción de cantidad de buses, tiempos de viaje, rutas más efectivas con un mayor índice de pasajeros por kilómetro (IPK), etc. Finalmente se selecciona la opción con mayor rendimiento para los usuarios y el operador del sistema.

4. TRANSCAD

El software TransCAD fue diseñado por la empresa Caliper, dirigido para profesionales con el fin de planificar y gestionar los diferentes sistemas de transporte que existen en una zona rural o urbana. Así mismo, cuenta con herramientas para el modelamiento del transporte integrado; la cual, proporciona generación de paradas, cuadros de matrices OD, asignación de viajes, resultados de embarque y desembarque, longitud de vías, tiempos de espera, etc. (Villanueva, T. & Ríos, 2014, p. 43).

Figura 13. Logo oficial de TransCAD. Adaptado de “TransCAD Transportation Planning Software”, por Caliper Corporation, 2019.

El TransCAD es el programa más utilizado en muchas investigaciones nacionales e internacionales. Cuenta con asignación de paraderos, modelamiento de rutas de transporte público y privado. Este software se basa en diferentes métodos de equilibrio para transporte privado y de asignación de viajes como shortest path, pathfinder y SUE

4.1. Planificación de cuatro etapas en TransCAD

4.1.1. Generación de viajes

El software presenta diferentes aplicaciones para mejorar el transporte público y privado; es por ello, que se encuentran las cuatro etapas que son importantes para la planificación de los futuros sistemas. Además, el programa cuenta con la ventaja de introducir diferentes datos como tipo de vía, longitud, tipo de vehículo, capacidad de vía, etc. Por lo tanto, para el modelo de la generación y atracción de viajes es una pieza fundamental obtener toda información posible, ya que los resultados de la cantidad de viajes se estimarán de una

manera óptima por cada zona; así mismo, el programa incluye aplicaciones extras como producir poblaciones estimadas luego de insertar la información de las distribuciones demográficas. Estos datos son importantes para estudios de futuros sistemas de transporte o mejora de la existente con las demandas de viajes que se generen.

4.1.2. Análisis de selección modal

El software sigue los conceptos importantes de la planificación del transporte donde se presenta la tercera etapa que es la repartición modal; así que, existen opciones para insertar dicha información del tipo de transporte que ofrece la situación de estudio como caminata, vehículo privado, buses, trenes, etc. Además, se insertan los tiempos de cada uno de los tipos de transporte, las vías que transitan y el costo de cada uno. Los datos que se mencionan son importantes para conocer las alternativas que los viajeros tienen y los transbordos para el cambio del sistema; la cual, intenta asemejarse a la realidad con penalidades de costo y tiempo.

4.1.3. Asignación de viaje

Es la etapa donde se obtiene la información de los viajes que se realiza teniendo en cuenta el medio de transporte que se utiliza. El programa recolecta toda la información proporcionada en las anteriores etapas como la matriz de OD, tipo de transporte, tipo de transbordo, costo, etc. También ofrece los diferentes métodos y conceptos aplicados para la asignación equilibrada en el transporte como pathfinder, shortest path y asignación de equilibrio estocástico (SUE). Este último, tiene como característica la capacidad del tipo de transporte, tiempo de viaje y la preferencia de los usuarios.

4.2. Matriz OD

El software tiene la función de crear matrices Origen Destino (OD), a partir de la introducción de datos de cualquier índole, ya sea cantidad de viajes, tiempo de viaje, cantidad de transbordos, costos por tramos, etc. Las matrices OD sirven para poder realizar la asignación de viajes, el paso previo a la modelación en el software.

	15000	15005	21400	22650	23150	23700	30800	Mean
15000	—	3.52	14.10	15.95	15.35	—	20.30	16.03
15005	3.52	—	16.71	18.47	17.88	—	22.90	18.51
21400	14.10	16.71	—	21.51	21.67	22.14	24.31	17.66
22650	15.95	18.47	21.51	—	1.52	9.17	26.46	21.43
23150	15.35	17.88	21.67	1.52	—	18.12	27.87	21.50
23700	20.30	22.90	22.14	9.17	18.12	—	36.64	28.38
30800	26.30	22.90	24.96	28.46	27.87	—	—	24.63
Mean	16.21	12.74	16.53	18.41	9.33	25.31	22.73	17.79
15000	9.57	12.09	15.89	23.86	11.78	28.66	20.22	17.09
21400	12.58	16.11	18.27	24.57	27.55	28.60	16.30	18.24
22650	14.60	17.22	15.81	21.71	22.18	27.34	16.42	16.76
23150	11.06	13.99	17.38	—	—	—	19.52	17.24
23700	11.00	13.99	15.88	22.36	24.94	27.99	15.95	15.95
30800	13.95	16.80	16.89	23.39	25.97	29.02	13.93	17.38
Mean	15.42	21.94	15.74	26.44	26.91	32.06	21.77	23.67
15000	15.09	18.42	15.82	23.22	23.38	28.04	26.02	17.85
21400	13.27	15.80	15.85	21.87	28.76	26.70	25.10	18.27
22650	13.97	16.50	13.10	21.38	21.46	26.92	24.09	15.79
23150	15.24	17.76	17.68	23.32	22.73	—	27.15	26.16
23700	18.65	13.17	12.99	18.73	18.14	—	22.96	16.16
30800	12.93	15.49	16.81	21.81	28.42	—	24.84	16.26
Mean	14.44	16.97	14.39	14.47	17.05	28.10	20.44	15.68
15000	9.29	11.82	14.75	17.38	16.78	19.77	15.26	15.26
Mean	16.11	18.84	17.64	21.57	21.92	27.47	24.67	18.98

Figura 14. Matriz OD en el software TransCAD. Adaptado de “Objetos TransCAD”, por Caliper Corporation, 2019.

4.3. Métodos de asignación de tránsito

4.3.1. Shortest Path

Este método encuentra el mejor y simple camino desde el origen al destino que minimiza el costo generalizado del viaje. En cualquier segmento únicamente una ruta será elegida, si el segmento es servido por varias rutas con tiempos similares. Además, se considera la tarifa menor durante la elección de la ruta.

Figura 15. Viaje más corto modelado en TransCAD. Adaptado de “Modelling Commuter Trip Length and Duration Within GIS: Application to an O-D Survey”, por Marius Thériault, 1999.

4.3.2. PathFinder

El método tiene una estructura construida desde la superposición y servicios idénticos; por lo que, los super caminos son construidos utilizando una lógica similar al método de estrategias óptimas. Más conocido como “Todo o Nada”, difiere de otros en que la tarifa es tomada en cuenta en la determinación del mejor recorrido. Debido a que, utiliza el costo generalizado de viaje en lugar del tiempo de viaje únicamente. El costo es calculado aplicando un valor del tiempo (VOT), el cual es especificado por el operador.

Figura 16. Path Finder modelado en TransCAD. Adaptado de “Travel Demand Modeling with TransCAD”, por Caliper Corporation, 2018.

4.3.3. SUE

Este proceso realiza un equilibrio de rutas y notifica al usuario del sistema de la limitación de la capacidad del bus. Este repercute en que el usuario vea atractiva las rutas menos usadas, y con ello, realiza un equilibrio general de viajes en todas las rutas efectuadas. Este método es iterativo, así como también asigna un equilibrio probabilístico, el cual toma en cuenta la capacidad de los servicios de transporte público, el efecto de la congestión en el vehículo y demora en tiempo de los usuarios. El método SUE distribuye el flujo entre un particular origen y destino al mejor camino, y otras alternativas en función de los costos generalizados. El flujo será limitado si hay congestión dentro del vehículo (crowding) o falta de capacidad en la ruta.

Figura 17. Método SUE modelado en TransCAD. Adaptado de “What TransCAD Users Should Know about New Static Traffic Assignment Methods”, por Caliper Corporation, 2010.

4.4. Transporte privado

Son diferentes herramientas que el programa ofrece para el transporte privado como los flujos vehiculares o los desvíos que se pueden generar. Es necesario insertar los datos que el programa pide como la generación y atracción de viajes; en las cuales, se obtendrá la cantidad de viajes que realizan los vehículos en dicha trayectoria. Además, si una de las calles se cierra por diferentes motivos, el software ayuda a buscar otras vías más cortas para llegar a su destino y el tiempo necesario mediante una distribución equilibrada del flujo de vehículos.

Figura 18. Equilibrio de viajes para el transporte privado. Adaptado de “Planificación de transporte y modelado de viaje”, por Caliper Corporation, 2018

4.5. Transporte público

Una de las especialidades más importantes del programa es el transporte público que consta con diversas funciones, las cuales ayudan a obtener redes de tránsito y rutas que se asemejan al transporte público real. La herramienta de edición de rutas da a conocer las vías por donde pasa el bus o tren como los paraderos autorizados. Así mismo, la cantidad de personas que suben y bajan en los paraderos del transporte público.

TransCAD ayuda a optimizar el transporte público de una ciudad, por consiguiente, se considera un sistema macroscópico. Esto de acuerdo con los datos que se insertan en el programa como las conexiones que existen en todo el sistema de transporte; la cual, pueden ser transbordos de buses o cambio de sistema de transporte como de bus a tren. También, se agrega el transporte de los peatones y el tiempo requerido para realizar uso de dichos sistemas.

Figura 19. Las diferentes redes de transporte público que existen en una ciudad. Adaptado de “Tránsito público”, por Caliper Corporation, 2018.

4.6. Mapeo

Se observa que el software en la capa de líneas es muy detallado sobre las vías que existen en una ciudad que ayudan a obtener mejores rutas y alternativas de desvíos. También, la ubicación de los paraderos en la capa de puntos y los distritos en la capa de área. Los detalles mencionados son los nombres de las vías, vías que se dividen, vías que se unen, vías en un solo sentido y las intersecciones.

Figura 20. El detalle que el programa tiene con las vías existentes en una ciudad “Mapeo y visualización de datos”, por Caliper Corporation, 2018.

4.7. Rutas

4.7.1. Creación de rutas

El software además de introducir datos de viajes mediante el uso de matrices OD, también permite crear rutas de transporte. Una de las tantas funciones que realiza es asignar un recorrido de un punto a punto y sus respectivos paraderos, sentido de ruta (norte a sur o viceversa), los modos que estén activos, frecuencias de buses, velocidades máximas, capacidad de la ruta, etc. Dicha función se realiza en conjunto con varios tipos de transporte público o privado, aunque su procedimiento se puede complicar en un futuro.

Figura 21. Creación de Rutas en TransCAD. Adaptado de “TransCAD Route Systems 2018/11/22”, por Horace Blair, 2018.

4.7.2. Verificación de rutas

Luego de crear rutas en el software se debe verificar el sentido de las rutas en caso vayan de norte a sur y viceversa. Esto puede generar problemas más adelante en la etapa de asignación de rutas y en la asignación de viajes. Además, ejecutar las funciones de verificar y recargar en caso suceda algún error con el archivo de rutas. Ambas funciones sirven de prevención.

4.8. Visualización de flujo

El programa puede calcular la capacidad de los flujos, la misma que es insertada en la red de tránsito. Una de las capacidades que se puede calcular es la del flujo vehicular o peatonal que están enlazadas a costo o tarifario de viaje; es por ello, que el programa da como resultado las rutas más cortas con menor costo y el flujo en cada una de las redes de tránsito. Además, las capacidades de flujo se pueden obtener para el transporte privado y transporte público. En este último, la capacidad de flujo de los pasajeros en las rutas es insertada con el uso de reportes de embarque y desembarque.

Figura 22. La asignación de rutas. Adaptado de “Análisis de tránsito”, por Caliper Corporation, 2018.

4.9. Resultados de asignación de viajes en TransCAD

Los resultados de la asignación son tablas con los viajes en todos los paraderos a lo largo de la ruta en la red de transporte. La tabla contiene un registro por cada segmento de ruta. Los segmentos son identificados por un ID del paradero inicial y final de cada enlace. Se pueden elegir diferentes resultados a mostrar luego de realizar el modelamiento como:

- Una tabla que contiene embarque y desembarque, indicando el número de viajeros que suben y bajan en todas las paradas.
- La cantidad de pasajeros que usan el transporte público por cada corredor, que combina información de todas las rutas que comparten una simple vía.
- Matrices de resumen cargado con los atributos de la red, el cual hace posible calcular los números de transferencias, el costo generalizado entre cada par OD y distintos atributos de enlaces de red.
- Tabla de origen y destino de paraderos, por rutas.
- Una tabla de movimiento de transferencia entre rutas o en paraderos.
- Una tabla de agregación inicial de esperas de transferencias, tiempo de transferencia total de caminata en estaciones, tiempo de permanencia, tiempo en vehículo, tiempos de acceso, tiempos de egreso, etc.

Table 7 Results of the traffic assignment for 2015 varying demand and convergence criteria

<i>From Node</i>	<i>To Node</i>	<i>Link</i>	<i>Flow Using TransCAD</i>	<i>Flow Using Algorithm</i>	<i>Cost (time)</i>
93	5,896	1	584.607	585.086	22
93	5,854	2	1,106.393	1,105.914	18
93	5,855	3	0.000	0.000	25
93	7,074	4	0.000	0.000	40
5,854	5,896	6	0.000	0.000	10
5,854	5,855	8	0.000	0.000	10
5,855	7,069	9	0.000	0.000	23
5,855	7,074	10	0.000	0.000	10
5,896	7,078	5	584.607	585.086	25
5,897	82	19	584.607	585.086	22
7,069	7,070	14	0.000	0.000	11
7,069	7,077	15	0.000	0.000	11
7,070	7,086	21	0.000	0.000	22
7,074	7,076	11	0.000	0.000	28
7,076	82	12	0.000	0.000	43
7076	7,069	13	0.000	0.000	10
7077	5,854	7	1,106.393	1,105.914	28
7077	82	16	1,106.393	1,105.914	33
7077	7,078	17	0.000	0.000	10
7078	5,897	18	584.607	585.086	13
7086	82	20	0.000	0.000	24

Figura 23. Tabla de Resultados de Flujo y Costo por tiempo de enlace. Adaptado de “Solving the traffic assignment problem using real data for a segment of Medellin's transportation network”, por Carlos González, 2011.

4.10. Formatos de software

Dentro de los formatos que se permite utilizar en el software se encuentran:

- Workspace (.wrk), el cual sirve para guardar archivos enteros como un espacio de trabajo el cual engloba diferentes tipos de archivos en conjunto.
- Mapa (.map), de una forma gráfica el software representa mediante puntos, líneas y áreas, mapas de ciudades, calles con sus diferentes sentidos, capacidades de rutas, etc.
- Matriz (.mtx), matrices OD que se pueden modelar dentro del software, además de poder contener cualquier tipo de información ya sea viajes, tiempos de espera, tiempos de viaje, etc.
- Data Base Field (.dbf), es un formato que nos sirve para poder almacenar datos en formas de tablas que posteriormente pueden volverse matrices con ayuda del software TransCAD. También sirve para adoptar tipos de modos de transferencia de viaje para un sistema de transporte.
- Data View File (.dvw), este formato nos ayuda para poder asignar paradas a los nodos (estaciones) y poder tener rutas regulares que realizan paradas en todo su recorrido y expresas con ciertas paradas.
- Network File (.net), crear redes de transporte con varias rutas, frecuencias, velocidades, modos, etc.

4.11. Paradas

Cada sistema de ruta contiene paradas (stops) a lo largo de todo el recorrido que viajan los buses. Es por ello, que las rutas regulares se caracterizan por tener paradas en todas las estaciones de un sistema BRT, mientras que los expresos solo poseen paradas en las estaciones con alta demanda de viajes. Además, las rutas pueden cambiar de paraderos al cambiar de sentido de viaje.

Figura 24. Sistema de rutas y paradas de una ciudad en TransCAD. Adaptado de “Sophisticated Geographic and Transportation Analysis Tools”, por Caliper Corporation, 2018.

4.12. Centroides

En el software se crea puntos (nodos) que se le asigna varios campos de diferentes tipos de caracteres o números; por lo que, los centroides usualmente llevan de nombre las estaciones de un sistema BRT. Además, cada centroide tiene un ID que permite identificar mejor las combinaciones de viajes que las rutas realizan a partir de ellos.

Los centroides sirven para crear las matrices OD y trabajan juntamente con líneas que llevan el nombre de Conector.

Figura 25. El uso de centroides en las especificaciones de una red de transporte. Adaptado de “TransCAD Network Settings 2017/4/17”, por Horace Blair, 2017.

4.13. Conectores

Son las líneas que unen a los centroides con las paradas o “stops” que posee cada ruta que sea modelada en el software TransCAD. En sistema BRT, las paradas y las estaciones son las mismas, ya que utiliza a las estaciones como puntos de paradas para sus rutas. Sin embargo, como se había explicado anteriormente las rutas expresas tienen diferentes paradas que las regulares.

Por otro lado, en las líneas llamadas conectores también se debe crear campos de capacidad para cada uno de los nodos (estaciones), puesto que cada estación tiene una determinada capacidad de personas para cada ruta. Además, se debe tener en cuenta la adición del campo de velocidad de los pasajeros, el cual es de 4km/h.

Figura 26. Conectores se unen a centroides para asignar información. Adaptado de “TransCAD Modulo IV”, por Julio Lavado, 2013.

4.14. Modos de transferencia

Se refiere a todos los modos posibles por los que un usuario puede realizar un viaje completo como caminata, bus, combi, BRT, tren, bicicleta, taxi, etc. Desde que sale de su casa hasta que llega a su destino, ya sea su lugar de trabajo, estudios, ocio, etc. En el software TransCAD se representa mediante una tabla, la cual asigna atributos como frecuencias, tiempo de transferencia, tipo de modo, tarifa, tiempo de viaje en vehículo, velocidades de operación, tiempo de acceso y egreso. Así también, costos de transferencia y tiempo de espera para cada modo. El software genera relación entre cada modo para que el usuario pueda viajar de diferentes maneras.

5. ESTADO ACTUAL

5.1. Infraestructura

5.1.1. Estaciones

El sistema de transporte de Metropolitano está conformado por treinta y ocho estaciones que se ubican en las diferentes partes de la vía exclusiva. Las estaciones están diseñadas para las paradas de los buses y el ingreso de los usuarios; así mismo, las estaciones más grandes en el sistema y donde se encuentran más de dos puertas de ingreso a los buses son la estación Naranjal, estación Central, estación Javier Prado, estación Canaval y Moreyra y estación Matellini. La estación Central es la única con infraestructura subterránea en todo el sistema de transporte que se compone por cuatro puertas de acceso y diferentes establecimientos comerciales en su interior.

Figura 27. Diseño de la mayoría de las estaciones de Metropolitano. Adaptado de “Infraestructura”, por Metropolitano, 2018.

Figura 28. Diseño de la estación Central de Metropolitano. Adaptado de “Infraestructura”, por Metropolitano, 2018.

5.1.2. Acceso a las puertas

En todas las estaciones se encuentran puertas de acceso para los buses que se distribuyen en recorridos de norte a sur y de sur a norte. En las puertas de acceso es donde se realiza las colas y el tiempo de espera para embarcar los buses. Además, se encuentra información sobre las rutas en los carteles y las señales de seguridad que todo usuario debe seguir dentro del servicio de transporte. Los accesos son tres puertas corredizas que se abren automáticamente mediante sensores cuando el bus se estaciona para el ingreso de los pasajeros, excepto en la estación Naranjal donde no existe puerta de acceso, pero existe señales para acceder a los buses.

Figura 29. Acceso a las puertas de embarque en la estación Angamos. Elaboración propia

5.1.3. Puertas de embarque

Las puertas de embarque son cuatro que se distribuyen dos en la parte delantera, una en el medio y una en la parte trasera; la cuales, son operadas por el conductor del bus. El ingreso para personas con discapacidad es por la parte delantera, ya que se encuentra asientos preferenciales y espacio para sillas de ruedas. Las puertas se encuentran a nivel de la estación que genera que el acceso de los usuarios sea más fácil y sin retrasos.

Figura 30. Puertas de embarque en la parte delantera del bus articulado. Elaboración propia.

5.1.4. Ascensores

En las estaciones del Metropolitano se ubican los ascensores que son exclusivos para uso preferencial. En la estación Central se encuentra la mayor cantidad de ascensores, ya que tiene cuatro puertas de acceso peatonal y en cada uno existe un ascensor. La infraestructura de las estaciones se diseñó para el uso de todo el público en general.

Figura 31. Ascensor ubicado en la parte inferior de las estaciones. Elaboración propia.

5.2. Ingreso y salida a la estación

Existen paneles informativos en las puertas de ingreso al Metropolitano; las cuales, contienen el nombre de las estaciones, las rutas que para en la estación y la ubicación de la puerta de ingreso o salida como se muestra en la imagen.

Figura 32. Puerta de entrada en la estación Angamos. Elaboración propia.

Figura 33. Puerta de salida en la estación Angamos. Elaboración propia.

5.3. Aforo

Las estaciones del Metropolitano tienen áreas específicas dependiendo de la ubicación de la estación como las estaciones Matellini, Central y Naranjal que son de mayor área; es por ello, que cada estación puede albergar una capacidad máxima que depende de su demanda de usuarios en ese sector.

Figura 34. Señal de capacidad máxima de la estación. Elaboración propia.

5.4. Largas colas

El sistema BRT que opera en la ciudad de Lima tiene como nombre el Metropolitano tiene un déficit en su servicio, ya que se observa las largas colas en las horas punta de la mañana y noche. El problema genera que los viajes tengan un tiempo adicional en el uso del servicio, puesto que se debe añadir el tiempo de espera en las colas. Además, se observa la incomodidad que los usuarios sufren por la saturación de personas en las estaciones y los empujones que se producen al subir al bus en las puertas de embarque.

5.5. Señalización

El Metropolitano se observa diferentes símbolos representativos que proporcionan la seguridad de los usuarios y el correcto uso del servicio del sistema de BRT. Las señales se ubican en diversas partes de la infraestructura de la estación como la puerta de ingreso a la estación, en las máquinas de pago y en las colas de ingreso al bus.

5.5.1. Señalización dentro las estaciones

En las estaciones se encuentra carteles informativos que ayudan a los usuarios movilizarse dentro de la estación. Los carteles indican el ingreso, los paraderos que se dirigen al sur y los paraderos que se dirigen al norte. Es importante para los usuarios que no son nuevos en el sistema de transporte del Metropolitano.

Figura 35. Diferentes señales que existen en las estaciones para la adecuada orientación al usuario. Elaboración propia.

5.5.2. Señales en la puerta de embarque

Las estaciones tienen una serie de señalizaciones que ayudan a los usuarios a realizar el correcto uso de las instalaciones y servicio. Unas de las señales más importantes son las que están ubicada en las puertas de embarque a los buses como advertencia de separación de la puerta con el bus, no apoyarse en las puertas, respeta el orden de las filas, etc.

Figura 36. Señales ubicadas en las puertas de acceso a los buses. Elaboración propia.

5.6. Zonas de seguridad

Defensa civil obliga que todas las infraestructuras tengan zonas seguras y que estén bien señalizadas. Las estaciones de Metropolitano son construcciones que albergan usuarios del transporte público, y que es necesario que dentro de las instalaciones estén bien ubicadas para la seguridad de las personas.

Figura 37. Señales de zona seguras ubicada en el piso de las estaciones. Elaboración propia.

Figura 38. Señales de zona seguras ubicada en la pared de las estaciones. Elaboración propia.

5.7. Mapa de evacuación

Las estaciones del Metropolitano, por ser una infraestructura abierta al público en general, debe tener plan de mitigación contra cualquier incidente o emergencia; además, contener mapa de evacuación que represente los accesos de salida, las rutas de salida y puntos de encuentro.

Figura 39. Mapa de evacuación ubicada en la estación Angamos. Elaboración propia.

5.8. Geometría interna de la estación

En las estaciones se observa que las entradas del norte y el sur se encuentran las rutas que funcionan por la puerta de embarque. En la foto se muestra las puertas de embarque con dirección al sur y las rutas que existen.

Figura 40. Diseño de ingreso a las puertas en sentido norte a sur. Elaboración propia.

5.9. Piso táctil para invidentes

En las estaciones se encuentran líneas amarillas en el piso que tienen la función de guiar a las personas invidentes a movilizarse dentro de la infraestructura. Estas líneas con relieve sirven para evitar que los pasajeros con discapacidad visual sufran accidentes al ingresar al bus y sigan el camino correcto hacia la puerta de embarque.

Figura 41. Piso táctil ubicada en la estación Ricardo Palma. Elaboración propia.

5.10. Panel de rutas

En las puertas de embarque de las estaciones se encuentra diferentes paneles informativos sobre las rutas activas. Los paneles colocados en las puertas están detalladamente explicados con el nombre de la ruta, los paraderos de la ruta y en los horarios que funciona el servicio.

Figura 42. Panel informativo de las rutas que paran en la estación. Elaboración propia.

5.11. Orientadores

En las instalaciones del Metropolitano existe personal con el fin de informar sobre las rutas y controlar las colas para embarcar los buses. El personal cumple con la función de seguridad en casos de catástrofes, robos o pérdidas. Además, ayudan a las personas con discapacidad o personas de tercera de edad a hacer uso del servicio de transporte en forma preferencial.

Figura 43. Personal de apoyo dentro del sistema. Adaptado de “Colaboradores”, por Metropolitano, 2018

5.12. Tipos de usuarios

Para poder entender mejor el escenario del caso en estudio, se debe tener contemplado los diversos usuarios que viajan en el sistema de transporte BRT Metropolitano. Los cuales se separan en:

5.12.1. Estudiantes

Un alto índice de estudiantes universitarios en el horario de 6 a 7pm van a sus respectivas universidades o regresan a sus hogares de sus clases. Este sector de los usuarios hace uso del medio pasaje universitario el cual solo está activo de lunes a sábado.

Figura 44. Universitarios hacen uso de su tarjeta de medio pasaje para realizar viaje. Adaptado de “Estudiantes de institutos ya pueden actualizar tarjeta del metropolitano con vigencia al 31 de diciembre”, por Municipalidad de Lima, 2017.

5.12.2. Empleados

Los usuarios realizan viajes en el sistema BRT a la salida de su centro de labores o realizan viajes para poder trabajar en horario nocturno. Por otro lado, las largas colas no se hacen esperar en las principales estaciones.

Figura 45. Largas Colas de usuarios del sistema de transporte BRT. Adaptado de “Usuarios del Metropolitano esperan más una hora en largas colas en Estación Naranjal [VIDEO]”, por Redacción Perú 21, 2018.

5.12.3. Ancianos

Para las personas de la tercera edad, el sistema de transporte BRT Metropolitano, cuenta con diversos servicios inclusivos para el confort de todos sus usuarios. Tales como ascensores para los ingresos a estaciones subterráneas, asientos reservados en los buses troncales y a su vez colas preferenciales.

5.12.4. Personas con discapacidad o movilidad restringida

Así también, se cuenta con asientos especiales en los buses troncales y alimentadores en todas las estaciones los cuales aseguran la seguridad de los usuarios con movilidad restringida.

Figura 46. Personas con discapacidad motriz cuentan con asientos reservados en buses troncales. Adaptado de “Accesos a buses”, por Metropolitano, 2019.

Además de contar en todas las estaciones del sistema de transporte con ingresos exclusivos para personas con discapacidad motriz y su ingreso sea ordenado y sin problemas u obstáculos.

Figura 47. Persona con discapacidad motriz ingresa a estación por ingreso exclusivo. Adaptado de “Accesos a estaciones”, por Metropolitano, 2019.

5.12.5. Invidentes

Para las personas invidentes, los ascensores cuentan con indicaciones en alfabeto braille para facilitar su uso y todas las estaciones cuentan con cintas podo táctiles para que sirva de guía a las personas invidentes en todo su recorrido por la estación y así no tengan dudas del viaje que estén por realizar en las instalaciones del Metropolitano.

Figura 48. Cintas podo táctiles a lo largo de toda la estación que brinda información relevante a usuarios invidentes. Adaptado de “Accesos a estaciones”, por Metropolitano, 2019.

5.13. Pago para acceder al servicio

5.13.1. Tipos de tarjeta

La única forma de pago de sistema BRT son mediante tarjetas inteligentes que contienen saldo previo a recargas en máquinas o ventanilla. Estas tarjetas tienen diferentes colores que depende de las cualidades del usuario como público en general, personalizado, escolar, universitario y por discapacidad. Los cinco tipos de tarjeta inteligentes tienen diferente costo para el servicio de transporte.

a) Tarjeta inteligente general

Figura 49. Tarjeta inteligente general. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.

Son las tarjetas que no necesitan ningún requisito o dato personal de los usuarios. Estas se pueden adquirir en las ventanillas o en las máquinas de recarga de tarjetas. El costo del pasaje en los buses troncales es de S/2.50 y de los alimentadores es de S/1.00.

b) Tarjeta inteligente personalizada

Figura 50. Tarjeta inteligente personal. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.

Este tipo de tarjeta contiene los datos personales de los pasajeros que ayudaran a bloquear la tarjeta después de la pérdida o robo. Además, se puede recuperar el saldo que contenía y el costo del uso del servicio es igual a la tarjeta de uso general.

c) Tarjeta inteligente escolar

Figura 51. Tarjeta inteligente para estudiante escolar. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018

La tarjeta tiene una tarifa diferente que las tarjetas generales, ya que es exclusivamente para estudiantes de educación primaria y secundaria. La tarifa es de S/ 0.50 para los alimentadores y S/ 1.25 para los buses troncales de lunes a viernes de marzo a diciembre excepto sábados, domingos y feriados. El uso es personal y el mal manejo de la tarjeta genera un delito contra la fe pública; la cual, una vez detectada se retendrá y bloqueará. El usuario puede usar la tarjeta una vez cada quince minutos.

d) Tarjeta inteligente universitaria

Figura 52. Tarjeta inteligente para estudiante universitario. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018

Es similar a la tarjeta de escolar con la excepción que es dirigida para estudiantes universitarios y uso indebido es un delito contra la fe pública. El tarifario también es similar excepto para los domingos y feriados. Las tarjetas se tienen que renovar cada vez que el carné universitario expire y cuando la foto en la tarjeta sea borrosa.

e) Tarjeta inteligente por discapacidad

Figura 53. Tarjeta inteligente para personas con discapacidad. Adaptado de “Tarjetas”, por Metropolitano, 2018.

La tarjeta es exclusivamente para personas con discapacidad que permite acceso a las sillas de ruedas y los ascensores. El tarifario es igual a la tarjeta general, pero con la diferencia que tiene un ingreso especial en las diferentes estaciones.

5.13.2. Recarga en ventanilla

Son establecimientos con personal de Metropolitano que se encarga de las recargas de las tarjetas y las que pueden dar vuelto a los usuarios. Además, las ventanillas también cumplen con el servicio de adquirir nuevas tarjetas y renovar las tarjetas con documentos necesarios como carné universitario, carné escolar o carné CONADIS exclusivamente en las estaciones Matellini, Central y Naranjal.

Figura 54. Ventanillas ubicadas dentro las estaciones al costado de la puerta de ingreso. Elaboración propia.

5.13.3. Recarga en máquinas

En las estaciones existen máquinas que tienen como principal función de recargar las tarjetas de forma más rápida. Las máquinas no dan vuelto; es por ello, que los usuarios deben llevar las cantidades exactas para su uso. Además, las máquinas ofrecen el servicio de adquirir solamente tarjetas generales en todas las estaciones, puesto que no hay forma de presentar documentos que validen que la persona es estudiante o universitario.

Figura 55. Máquina de recarga ubicada en la puerta de las estaciones. Elaboración propia.

5.13.4. Forma de pago

La forma de pago para usar el servicio de transporte es mediante máquinas que están ubicadas al ingreso de todas las estaciones; en la cual, se debe acercar la tarjeta inteligente y luego ingresar a través de la ruleta ubicado al costado de la máquina. Además, se puede apreciar en la pantalla el pago de pasaje y el saldo restante de la tarjeta. Las máquinas son la única forma de pago para el servicio de los alimentadores y los buses troncales.

Figura 56. Ruleta de acceso y lector electrónico de tarjetas para puertas de embarque al servicio troncal. Elaboración propia.

5.14. Rutas

5.14.1. Regulares

5.14.1.1. Regular A

La ruta “Regular A” funciona en dirección de norte a sur y de sur a norte donde tiene paradas en la estación Naranjal, estación Izaguirre, estación Pacífico, estación Independencia, estación Los Jazmines, estación Tomás Valle, estación El Milagro, estación Honorio Delgado, estación UNI, estación Parque del Trabajo, estación Caquetá, estación Ramón Castilla, estación Tacna, estación Jirón de la Unión, estación Colmena, estación Dos De Mayo, estación Quilca, estación España y estación Central.

Figura 57. Paraderos de ruta regular A en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.1.2. Regular B

La ruta “Regular B” funciona en dirección de norte a sur y de sur a norte donde tiene paradas en la estación Naranjal, estación Izaguirre, estación Pacífico, estación Independencia, estación Los Jazmines, estación Tomás Valle, estación El Milagro, estación Honorio Delgado, estación UNI, estación Parque del Trabajo, estación Caquetá, Estación Dos de Mayo, Estación Quilca, Estación España, Estación Central, estación Estadio Nacional, estación México, estación Canadá, estación Javier Prado, estación Canaval y Moreyra, estación Aramburú, estación Domingo Orué, estación Angamos, estación Ricardo Palma,

estación Benavides, estación 28 de Julio, estación Plaza de Flores, estación Balta y estación Bulevar, estación Estadio Unión, estación Escuela Militar, estación Terán, estación Rosario de Villa y estación Matellini.

Figura 58. Paraderos de ruta regular B en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.1.3. Regular C

La ruta “Regular C” funciona en dirección de norte a sur y de sur a norte donde tiene paradas en la estación Ramon Castilla, estación Tacna, estación Jirón de la Unión, estación Colmena, estación Central, estación Estadio Nacional, estación México, estación Canadá, estación Javier Prado, estación Canaval y Moreyra, estación Aramburú, estación Domingo Orué, estación Angamos, estación Ricardo Palma, estación Benavides, estación 28 de Julio, estación Plaza de Flores, estación Balta, estación Bulevar, estación Estadio Unión, estación Escuela Militar, estación Terán, estación Rosario de Villa y estación Matellini.

Figura 59. Paraderos de ruta regular C en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.2. Expresos

5.14.2.1. Expreso 1

La ruta “Expreso 1” funciona en dirección de norte a sur donde tiene paradas en la estación Central, estación Estadio Nacional, estación Javier Prado, estación Canaval y Moreyra, estación Angamos, estación Ricardo Palma, estación 28 de Julio, estación Balta, estación Bulevar, estación Estadio Unión, estación Escuela Militar, estación Terán, estación Rosario de Villa y estación Matellini. Así mismo, de sur a norte para en la estación Matellini, estación Rosario de Villa, estación Terán, estación Escuela Militar, estación Estadio Unión, estación Bulevar, estación Balta, estación 28 de Julio, estación Ricardo Palma, estación Angamos, estación Javier Prado, estación Estadio Nacional y estación Central.

Figura 60. Paraderos de ruta expreso 1 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.2.2. Expreso 2

La ruta “Expreso 2” funciona en dirección de sur a norte donde para en la estación Ricardo Palma, estación Javier Prado, estación Canadá y estación Naranjal.

Figura 61. Paraderos de ruta expreso 2 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.2.3. Expreso 3

La ruta “Expreso 3” funciona en dirección de sur a norte donde para en la estación Benavides, estación Angamos y estación Naranjal.

Figura 62. Paraderos de ruta expreso 3 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.2.4. Expreso 8

La ruta “Expreso 8” funciona en dirección de norte a sur y de sur a norte donde tiene paradas en la estación Izaguirre, estación Independencia, estación Tomás Valle, estación UNI, estación Caquetá, estación España, estación Central, estación Javier Prado, estación Canaval Moreyra, estación Angamos, estación Benavides y estación Plaza de Flores.

Figura 63. Paraderos de ruta expreso 8 en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.2.5. Expreso SX

La ruta “Expreso SX” funciona en dirección de sur a norte donde tiene paradas en la estación Aramburú, estación Canaval y Moreyra y estación Naranjal.

Figura 64. Paraderos de ruta super expreso en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018.

5.14.2.6. Expreso SXN

La ruta “Expreso SXN” funciona en dirección de norte a sur donde tiene paradas en la estación Naranjal y Central. Así mismo, de sur a norte para en la estación Central, estación España, estación Quilca, estación Dos de Mayo y estación Naranjal.

Figura 65. Paraderos de ruta super expreso norte en el servicio actual. Adaptado de “Rutas”, por Metropolitano, 2018

5.15. Vías compartidas críticas

5.15.1. Óvalo Plaza Ramón Castilla

Esta vía se caracteriza por contar con un óvalo; en la cual, si bien está señalizada la vía por la que el metropolitano tiene exclusividad, en horas punta durante la tarde no siempre se cumple debido al embotellamiento sucedido por la gran cantidad de vehículos de transporte público cómo se aprecia en la siguiente imagen, existe el apoyo de inspectores de la municipalidad de Lima, aunque a veces no logra ser lo suficiente.

Figura 66. Inspectores apoyan al conductor del bus troncal a que pueda llegar a la estación. Adaptado de “Los Inspectores de Tránsito del #Metropolitano facilitan la fluidez vehicular en la Plaza Ramón Castilla, en el Cercado de Lima”, por Metropolitano, 2017.

5.15.2. Av. Alfonso Ugarte con Av. España (ingreso a estación Central)

En el cruce de dichas avenidas se da el ingreso a la estación Central desde la avenida Alfonso Ugarte, en la cual la intersección se hayan semáforos y policías de tránsito. También, el transporte público compuesto en su mayoría por buses y combis. Por otro lado, en horas pico a veces se originan largas colas de buses troncales a la espera del semáforo o la orden del policía de tránsito.

Figura 67. Cruce de avenidas justo antes del ingreso del bus troncal a la estación Central. Adaptado de “Infracciones de Tránsito España con Alfonso Ugarte Enero 2017”, por Jorge Izaguirre, 2017.

5.15.3. Av. Tacna con Av. Emancipación

En este cruce de avenidas se diferencia debido a que la estación en cuestión se divide en dos partes, ambas para cada sentido de la ciudad. Al suceder en el centro de Lima, se tiene una alta densidad de peatones cruzando por las avenidas y hay que añadirle la cantidad de buses de transporte público, taxis y colectivos. Lo que termina por dificultar el libre pase de los buses troncales por dicha intersección.

Figura 68. Vista de intersección de avenidas Tacna y Emancipación. Adaptado de “Av. Tacna & Avenida Emancipación”, por Google, 2015.

5.15.4. Av. Carlos Izaguirre con Av. Tupac Amaru

Este cruce se caracteriza por tener pistas muy amplias y cruces que son usados casi en su mayoría por transporte público, taxis, colectivos y transporte privado (en muy poca cantidad). Por ello, a veces se crean largas colas de buses troncales a la espera de que se pueda cruzar por completo dicha intersección de avenidas. Además, a ello, se tiene la semaforización y los policías de tránsito que apoyan en dar pase a los peatones que salen de la estación Izaguirre, del transporte público y a que todo esté en orden y no sucedan accidentes.

Figura 69. Vista del cruce de avenidas Carlos Izaguirre y Tupac Amaru en el distrito de Independencia. Adaptado de “Av. Carlos Izaguirre y Av. Tupac Amaru”, por Google, 2015.

5.16. Buses

5.16.1. Buses troncales

Los buses de Metropolitano son articulados que posee dos cabinas que son seguras para el transporte de los pasajeros en las vías exclusivas del sistema BRT y mide 18 metros de largo. En tecnología está compuesta por localizadores automáticos vehicular (LAV), comunicación mediante servicio general de paquetes de radio-GPRS, audio para pasajeros y sensor de priorización de semáforos. El bus tiene una accesibilidad y seguridad como espacios para personas con discapacidad, rampa de ingreso a nivel de las estaciones y alarmas de cierre de puertas. Además, la operación de los buses genera una cantidad muy reducida Dióxido de Carbono (CO₂), ya que el sistema de transporte trabaja con gas natural que es combustible menos contaminante.

Figura 70. Los buses articulados que circulan por las vías privadas de BRT. Adaptado de “Características de buses articulados”, por Metropolitano, 2019.

5.16.2. Capacidad de buses

El sistema BRT es una opción para el transporte masivo donde las vías son exclusivas para los buses; es por ello, que deben tener una capacidad alta para transportar pasajeros. Los buses del Metropolitano tienen una capacidad de 160 pasajeros que contribuyen con el transporte masivo.

Figura 71. Usuarios dentro de bus troncal. Elaboración propia.

5.16.3. Flota de buses

En los años de operación del servicio de transporte del Metropolitano. La flota de los buses troncales existentes en el sistema es de trecientos doce unidades que están distribuidas en las diferentes rutas (MTC, 2020).

Figura 72. Parte de la flota existente en el Metropolitano. Adaptado de “Servicios ofrecidos”, por Lima Bus Internacional, 2018

5.16.4. Operadores de bus

Los operarios de los buses troncales son conductores profesionales con licencias de AIII A o AIII C que no pueden ser menores de 25 años. Los horarios de trabajos son de acuerdo con la ley. La jornada es de ocho horas las cuales se trabaja las primeras cuatro horas y dos horas de descanso para después completar su jornada, para evitar cansancio en los conductores y accidentes.

Figura 73. Conductores que operan los buses articulado. Adaptado de “5 Buses se sumaron a ruta troncal del Metropolitano”, por Municipalidad de Lima, 2019

6. ESTUDIO DEL CASO

6.1. Datos de frecuencia y cantidad de buses de transporte

6.1.1. Frecuencia de buses en el horario de 5 a 8pm

Es necesario contar con datos reales y actuales de la frecuencia de salida de los buses activos durante el horario de investigación, los cuales son el expreso SX, SXN, EXP1, EXP2, EXP3 y EXP8. La frecuencia es fundamental cuando se modela en el TransCAD. A continuación, se detalla las frecuencias en sentido norte a sur en la tabla 1; por la cual, el expreso 1 es el único en empezar a las 5:30pm y a su vez en finalizar a las 9:30pm.

Tabla 1. Frecuencia de los servicios expresos de 5 a 9:30pm en sentido norte a sur

SERVICIO	FRECUENCIA POR HORA, SENTIDO N-S					TOTAL
	HORAS					
	17:00	18:00	19:00	20:00	21:30	
SX	0	0	0	0	0	0
SXN	21	22	22	23	0	88
EXP1	8	17	16	17	7	65
EXP2	0	0	0	0	0	0
EXP3	0	0	0	0	0	0
EXP8	65	22	18	15	0	120
TOTAL	94	61	56	55	7	273

Nota: Se describe la cantidad de buses en periodos de una hora para las diferentes rutas expresas y sus totales por ruta y por hora en el sentido norte a sur. Adaptado de “Área de Planificación y Programación”, por Protransporte, 2018.

Así también, en la tabla 2 se muestra los intervalos por hora de los buses de los servicios expresos que existen de norte a sur.

Tabla 2: Intervalos por hora de los servicios expresos en el sentido norte a sur

SERVICIO	INTERVALOS POR HORA, SENTIDO N-S				
	HORAS				
	17:00	18:00	19:00	20:00	21:30
SX	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
SXN	00:02:51	00:02:44	00:02:44	00:02:37	00:00:00
EXP1	00:03:45	00:03:32	00:03:45	00:03:32	00:04:17
EXP2	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
EXP3	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
EXP8	00:00:55	00:02:44	00:03:20	00:04:00	00:00:00

Nota: Se describe los intervalos de tiempo en minutos y segundos en cada hora de operación de las diferentes rutas expresas en el sentido norte a sur. Adaptado de “Área de Planificación y Programación”, por Protransporte, 2018.

A continuación, en la tabla 3 se explica la frecuencia de los buses en la hora pico noche en sentido sur a norte en todos los servicios expresos disponibles.

Tabla 3: Frecuencia de los servicios expresos de 5 a 9:30pm en sentido sur a norte

SERVICIO	FRECUENCIA POR HORA, SENTIDO S-N					TOTAL
	HORAS					
	17:00	18:00	19:00	20:00	21:30	
SX	15	25	25	18	0	83
SXN	13	22	22	22	9	88
EXP1	17	17	17	14	0	65
EXP2	20	27	27	18	5	97
EXP3	20	28	28	14	5	95
EXP8	35	35	35	28	5	138
TOTAL	120	154	154	114	24	566

Nota: Se describe la cantidad de buses en periodos de una hora para las diferentes rutas expresas y sus totales por ruta y por hora en el sentido sur a norte. Adaptado de “Área de Planificación y Programación”, por Protransporte, 2018.

En la anterior tabla, se muestra que el servicio súper expreso norte (SXN) empieza a las 5:30pm.

Por último, en la tabla 4 se detalla los intervalos por hora de cada servicio disponible durante todo el intervalo de hora pico en el sentido sur a norte.

Tabla 4: *Intervalos por hora de los servicios expresos en el sentido sur a norte*

SERVICIO	INTERVALO POR HORA, SENTIDO S-N				
	HORAS				
	17:00	18:00	19:00	20:00	21:30
SX	00:04:00	00:02:24	00:02:24	00:03:20	00:00:00
SXN	00:04:37	00:02:44	00:02:44	00:02:44	00:03:20
EXP1	00:03:32	00:03:32	00:03:32	00:04:17	00:00:00
EXP2	00:03:00	00:02:13	00:02:13	00:03:20	00:06:00
EXP3	00:03:00	00:02:09	00:02:09	00:04:17	00:06:00
EXP8	00:01:43	00:01:43	00:01:43	00:02:09	00:06:00

Nota: Se describe los intervalos de tiempo en minutos y segundos en cada hora de operación de las diferentes rutas expresas en el sentido sur a norte. Adaptado de “Área de Planificación y Programación”, por Protransporte, 2018.

6.2. Capacidad de ruta

La frecuencia en minutos se pasa a cantidad de buses en una hora. Luego se divide 60 minutos entre la frecuencia donde se obtiene la cantidad de buses por hora; por este motivo, en la siguiente tabla se extiende cada ruta con la cantidad de buses que tiene en la hora punta 6 a 7pm identificada como la de mayor incidencia de viajes y se multiplica con la capacidad del bus donde se obtiene la capacidad de ruta.

Tabla 5. Capacidad de ruta de cada ruta activa durante la hora punta en estudio

Ruta	Cantidad de Buses	Capacidad de Ruta
RB_NS	15	2,400
RB_SN	16	2,560
RA_NS	20	3,200
RA_SN	20	3,200
RC_NS	21	3,360
RC_SN	15	2,400
E1_NS	17	2,720
E1_SN	17	2,720
E2_SN	27	4,320
E3_SN	28	4,480
E8_NS	22	3,520
E8_SN	35	5,600
ESX_SN	25	4,000
ESXN_NS	22	3,520
ESXN_SN	22	3,520
TOTAL		51,520

Nota: Se detalla la capacidad de buses por cada una de las rutas de la situación actual y las cantidades de buses por ruta en el horario en estudio de 6 a 7pm, por elaboración propia.

6.3. Población

La información poblacional es importante para optimizar los diferentes sistemas de transporte de una ciudad; así que, Protransporte encargada de la administración del sistema BRT de la ciudad de Lima posee información relevante para mejorar el sistema. Por lo tanto, los datos de población ayudan como referencia en los cálculos que se realizan en el informe en las encuestas y factores de expansión. La cantidad de usuarios que ingresan al sistema BRT y las condiciones actuales del servicio que ofrece; además, con estos datos se calcula la población de los viajes realizados. Puesto que, existe evidencia de la cantidad de usuarios que ingresaron en el año 2016 y 2017 como se muestra en el *Anexo N° I*; el cálculo tiene una adición porcentual por el crecimiento poblacional de cada año.

6.3.1. Validación mensual y anual de 2016, 2017

Datos recolectados en Protransporte indican que la cantidad de usuarios en 2017 con respecto al año 2016 se incrementó en 0.78%; que obliga a tomar en cuenta un porcentaje adicional de usuarios para la investigación. Además, el promedio de viajes anual en año 2016 es de 11, 902,946 y en el año 2017 es de 11,989,492. El mes que obtuvo mayor cantidad de viajes fue en mayo del 2017, estos datos se pueden observar a partir del estudio de la Tabla 6.

Tabla 6: *Validaciones mensual y anual de 2016 y 2017.*

AÑO 2016		AÑO 2017	
MES	TOTAL	MES	TOTAL
enero	11,188,017	enero	11,947,607
febrero	11,156,488	febrero	11,062,666
marzo	11,572,930	marzo	12,324,356
abril	12,115,333	abril	11,264,132
mayo	12,330,543	mayo	12,697,920
junio	11,815,011	junio	11,916,492
julio	11,341,455	julio	11,655,861
agosto	12,214,854	agosto	12,270,607
septiembre	12,412,549	septiembre	12,241,602
octubre	12,455,838	octubre	12,479,301
noviembre	11,803,766	noviembre	12,151,989
diciembre	12,428,569	diciembre	11,861,372
TOTAL	142,835,353	TOTAL	143,873,905

Nota: Datos recolectados de ingreso al metropolitano de la estación Naranjal a Matellini. Adaptado de “Validaciones de viajes en las estaciones”, por Protransporte, 2018.

6.4. Selección de datos

Este procedimiento se realiza para obtener los datos que contengan características comunes para la investigación; es decir, se busca extraer en el periodo de un año, los meses en los cuales se tiene la cantidad de viajes más significativa entre marzo y noviembre. Por lo que, se excluye los días atípicos como sábados, domingos y feriados con el fin de que no distorsione la muestra poblacional.

6.5. Cálculo de muestra

La muestra tiene como un dato de nivel de confiabilidad que es equivalente al 95%; la cual, tiene como grado de profundidad el fenómeno exploratorio y aplicativo, puesto que dicho estudio asume como resultados la optimización del sistema de Metropolitano como el mejoramiento de una línea o la aplicación de una nueva. La investigación brinda una visión sobre la solución para mejorar el nivel de servicio del sistema, ya que los usuarios esperan mucho tiempo en las colas.

En la siguiente ecuación:

CÁLCULOS

$$n = \frac{2.58^2 \times 0.5^2 \times 160,000}{0.042^2 \times (160,000 - 1) + 2.58^2 \times 0.5^2}$$

$$n = 938$$

Para el trabajo se consideró un margen de error de 10% en las encuestas realizadas y se obtendrá la muestra corregida.

$$n_{\text{corregido}} = n * 10\%$$

$$n_{\text{cor}} = 938 * 0.10$$

$$n_{\text{cor}} = 94$$

La muestra total es la suma de muestra con la muestra corregida y el resultado de la operación será la cantidad de encuestas que se realiza en el trabajo de investigación. Además, esta cantidad se considera una muestra con un margen de error de 10% adicional al error muestral.

$$n_{\text{total}} = n + n_{\text{cor}}$$

$$n_{\text{total}} = 938 + 94$$

$$n_{\text{total}} = 1,032$$

El número total de encuestas realizadas es de 1,032 que tiene una confiabilidad del 95% y error muestral de 4.2% como también un porcentaje adicional de 10% en error de la recopilación de datos en las encuestas.

6.6. Cálculo de encuestadores por estación

Es necesario gestionar la cantidad de encuestadores por cada estación, ya que existen paraderos con cantidad de viajes despreciable; es por ello, que se distribuyen el número de encuestadores de acuerdo con la demanda de las estaciones. Este método es importante en todo procedimiento de muestreo, debido a que el éxito de los resultados estadísticos depende de este.

6.7. Encuestas

Es un procedimiento muy importante para las investigaciones, puesto que, ayuda a obtener un panorama más amplio de la situación en la que se encuentra el caso en estudio. Por lo tanto, es importante realizar estudios previos que ayudan a formular las preguntas. Las encuestas se realizan a un determinado número de usuarios del metropolitano que contenían las siguientes preguntas.

6.7.1. Selección de preguntas

Las encuestas contienen preguntas que ayudan a mejorar la obtención de información y facilitar el proceso de los cálculos. A continuación, se presenta las preguntas que se realizó en la salida de cada estación del servicio troncal del Metropolitano.

- ¿En qué estación subió?
- Origen de viaje (avenida/jirón/vía y cuadra)
- Dentro del servicio del metropolitano ¿Qué tipo de línea tomó (expreso o regular)? ¿Hizo transbordo y en qué estación?
- Modo de transporte con el que llegó a la estación: paradero del Alimentador COSAC, transporte público, moto taxi, bicicleta, a pie, etc.
- ¿Motivo de viaje?
- ¿Tiempo estimado de viaje?

En el *Anexo N° 2* se presenta el formato de las 6 preguntas que se realizan.

6.8. Factor de expansión

Es un método de amplificación que usa los datos efectuados para realizar la muestra. Dicha representación evalúa el modelamiento a partir de las encuestas realizadas en cada una de las estaciones. La cantidad de encuestas realizadas por estación se calcula en base a los datos de Protransporte, para modelar y obtener resultados similares a la realidad. En el *Anexo N° 3* se encuentra la cantidad de pasajeros promedio que se obtuvo para la investigación.

6.9. Tabla de viajes

En la investigación se realizan encuestas que ayuden a entender mejor el escenario actual por el que viajan los usuarios del sistema BRT; es por ello, que se recolectan todos los conteos de todos los posibles viajes efectuados de las estaciones que se representan en una tabla de viajes que servirá para crear la matriz origen y destino en el horario en estudio. En el *Anexo N° 4* se muestra lo detallado líneas arriba.

6.10. Matriz OD

El metropolitano está conformado por 38 estaciones a lo largo de todo su recorrido; así que, tiene como estación inicial y final a Naranjal y Matellini respectivamente. Por lo tanto, la matriz está conformada por 38 pares ordenados que conectan los enlaces posibles de viajes en ambos sentidos. La matriz OD muestra los embarques y desembarques en todo el sistema., con el uso de hojas de cálculo se crea la matriz como se detalla en el *Anexo N° 5*, en la cual se observa que el total de viajes producidos es de 53,776. De esta manera, se genera en la estación número 1 (Naranjal) la mayor cantidad de viajes atraídos.

6.11. Cálculo de velocidad de operación por tramo

Para realizar un modelamiento adecuado, se debe utilizar datos actuales con respecto a las velocidades de los buses en los viajes que se realizan. Es por ello, que con ayuda de una aplicación llamada “Mi Ruta” se obtiene tiempos de viaje, tiempos muertos, cuando la velocidad del bus es cero, velocidades máximas y promedio. Además de distancias recorridas mostradas a través de un mapa de la ciudad.

En la siguiente ilustración, se muestra que el viaje por GPS inicia a partir de la estación Naranjal hacia la estación Central en la ruta B de norte a sur a las 6:13:33 pm. Y tuvo una duración de 36:07 min., la distancia recorrida fue de 8.64 km. Y la velocidad media fue de 14.3 km/h y la máxima de 62.4 km/h. Todos estos datos se calculan mediante la aplicación y se hace mínimo tres recorridos en ambos sentidos para obtener una velocidad promedio de cada tramo entre estación.

Figura 74. Viaje hecho con la Ruta B Norte a Sur de estación Naranjal a Central. Elaboración propia.

Mediante el uso del software Google Earth, se exporta en formato KMZ los viajes realizados. De manera que se puede escoger el tramo deseado y obtener datos como tiempo de viaje, velocidad máxima, velocidad promedio y distancia recorrida.

En la siguiente figura se observa que en el tramo de estación Naranjal al primer semáforo se tiene una longitud de 167m. Una velocidad promedio de 7.4 km/h, mínima de 2.8 km/h y máxima de 50.8 km/h y un tiempo de 1min. 21.8 segundos.

Figura 75. Representación en Google Earth de viaje realizado en la ruta B de norte a sur. Elaboración propia

Las velocidades se calculan por tramo; por lo que, se tendrán 39 velocidades promedio a partir de los viajes realizados por el uso del GPS y la aplicación “Mi Ruta”. En consecuencia, se obtiene las velocidades promedio y tiempos de viaje por tramo mostradas en el Anexo N° 6.

7. MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN

7.1. Modelación en software

7.1.1. Mapeo

En la modelación del sistema de transporte en TransCAD es necesario trabajar sobre un mapa de infraestructura como base del estudio. Los mapas deben estar en formato shapefile para que el software lo procese; sin embargo, la mayoría de los programas de descarga de mapas están en diferentes formatos. Es por ello, que se utiliza la página OpenStreetMap; la cual, ayuda a descargar los mapas con todos los datos existentes sobre la infraestructura como las carreteras, las zonas, la dirección de los carriles, etc. Se delimita manualmente el área del mapa y de lo obtenido se convierte el formato a “shapefile” a través del software “Global Mapper”. Finalmente, en el TransCAD se apertura el mapa y se obtiene las capas de puntos, líneas y áreas como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 76. Mapa de Lima en TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.2. Centroides

En el software TransCAD, se crean puntos (nodos) que se les puede asignar varios campos de diferentes tipos (caracteres o números). Por lo que los centroides, para nuestra investigación llevan los nombres de las estaciones del 1 al 38 (estación Naranjal a estación

Matellini). También, cada centroide tiene un ID, el cual nos permite identificar mejor las combinaciones de viajes que se puedan realizar para las rutas que se crean a partir de ellos.

Los centroides sirven para crear las matrices OD y van de la mano con líneas que llevan el nombre de Conector. En el *Anexo N° 7* se observa que los centroides llevan código 99, ya que con este número se logra identificarlos mejor.

7.1.3. Conectores

Son las líneas que unen a los centroides con las paradas o “stops” que puedan tener cada una de las rutas que se tengan que modelar dentro del software TransCAD. Es apropiado decir que las paradas y las estaciones, para nuestra investigación, son las mismas. Porque el metropolitano utiliza a las estaciones como puntos de paradas para sus rutas. Sin embargo, como se había explicado anteriormente las rutas expresas tienen diferentes paradas que las regulares, las cuales sí coinciden paradas con estaciones.

Por otro lado, en las líneas llamadas conectores también se debe crear campos de capacidad para cada uno de los nodos (estaciones), ya que cada estación tiene una determinada capacidad de personas por ruta. Además, se debe tener en cuenta la adición del campo de velocidad de los pasajeros, el cual es de 4km/h (Protransporte, 2018). Al igual que los centroides, tienen un ID y diversos campos que se detallan en el *Anexo N° 8*.

7.1.4. Vías

Es la unión de las capas de puntos, líneas y áreas que representan las vías de tránsito donde se movilizan los buses del sistema BRT. En la tabla “Viario” de vías que se observa en el *Anexo N° 9* se describe las características como velocidades permitidas, tiempos de viaje, longitudes, el modo permitido, los nombres de las calles, la capacidad de buses, el sentido por el que está permitido el viaje, etc. También, se puede incluir e insertar datos de líneas que se utilizaran como conectores en el mapa.

7.1.5. Tabla de capas

Es la tabla que representa el resumen de todo lo que existe en la modelación y cada uno de ellos tienen datos que ayudan a ejecutar correctamente el software TransCAD. Se observa, en la siguiente ilustración la capa con sus diferentes campos. Existen diferentes funciones como asignarle un símbolo, un tipo de letra, escala, color, nombre, sobreponer capas y ocultar.

Figura 77. Tabla de Capas de la modelación en software TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.6. Rutas

Las rutas son vías de desplazamiento que poseen una dirección y diversas paradas. En el software se inserta quince rutas que actualmente operan con una nueva ruta propuesta que mejora la operación del sistema; las cuales modifica los intervalos, paradas, cantidades de buses por ruta y la capacidad de ruta. Después de modificar las variables mencionadas se crean diferentes escenarios donde se obtiene la mejor alternativa que optimice la operación y el tiempo de viaje. En la siguiente ilustración, se muestra una ruta de la situación actual que tiene como paraderos la estación Central, España. Quilca, 2 de mayo y Naranjal en el sentido sur a norte en la hora punta de 6 a 7pm.

Figura 78. Representación gráfica de la ruta Super Expreso Norte de Sur a Norte en software TransCAD. Elaboración propia.

Por otro lado, el software TransCAD permite visualizar las rutas individualmente y en conjunto como se detalla en la siguiente ilustración; puesto que, en la zona del centro de la ciudad el recorrido se divide en dos tramos. En el tramo que va hacia la avenida Alfonso Ugarte van las rutas regular B y las expresas, mientras que en el tramo que va por la avenida Emancipación recorren las regulares A y C.

Figura 79. Bifurcación de recorrido del sistema BRT entre la estación Central y Caquetá en TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.7. Editor de rutas

Es una de las aplicaciones fundamentales para el transporte público, ya que puede representar las rutas de los buses de los sistemas BRT y acercarse a la realidad con datos de campo. Dentro de las opciones posibles, se encuentra la caja de edición de rutas, en la cual se puede modificar, extender, duplicar, crear y eliminar rutas. Además, se asigna, elimina, traslada paradas y se puede crear el retorno de una misma ruta. Es por ello, que su aplicación está en constante uso debido a que genera diferentes escenarios a partir de un ligero cambio.

Figura 80. Editor de Sistema de Rutas en software TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.8. Paraderos

Es la representación de embarque y desembarque de los pasajeros a los buses del sistema; las cuales, están enlazadas mediante los conectores a los centroides del sistema BRT. Las paradas tienen como información base en sus tablas las coordenadas, la ruta, el ID de parada y el nombre de la estación, ya que son datos que se insertan para la óptima ejecución del software como se muestra en el *Anexo N°10*. Es importante recalcar que se debe encontrar en la capa de rutas; puesto que, el programa no ofrece esta opción.

7.1.9. Verificación de ruta

Para obtener rutas bien representadas, existe la opción de verificación de rutas; la cual, ayuda mediante un reporte ver el sentido del recorrido que la ruta realiza. Además, existe la opción de mostrar la dirección mediante flechas a lo largo de toda la ruta. La mala utilización de estas rutas genera que la asignación tenga errores en tiempo de viaje, recorrido, flujo de viajes y capacidad por ruta.

Figura 81. Reporte de verificación de sentido de ruta en TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.10. Tabla de rutas

Mediante una tabla se representa las rutas activas durante el horario de estudio de 5 a 8pm; en la cual, se identifica como hora punta de 6 a 7pm. También, se introducen las características que proporciona el sistema actual que ayuda a calibrar el modelamiento de la investigación. En la siguiente ilustración, se muestra las rutas de la situación actual en la hora punta 6 a 7pm. Además, se puede apreciar las frecuencias de cada una en el campo “IntervaloHPM”, el modo del transporte, la capacidad de ruta y la velocidad máxima.

ew10 - Rutas07							
ID	Route_Name	NomRuta	ModoHPM	IntervaloHPM	TipoVeh	PCU	CapRut
10	E3_SN		2	2.15		--	4480
13	E8_NS		2	2.73		--	3520
14	E8_SN		2	1.72		--	5600
15	RB_NS		2	4.00		--	2400
16	RB_SN		2	3.70		--	2560
17	RA_NS		2	3.00		--	3200
18	RA_SN		2	3.00		--	3200
19	RC_NS		2	2.83		--	3360
20	RC_SN		2	4.00		--	2400
21	E1_NS		2	3.53		--	2720
22	E1_SN		2	3.53		--	2720
23	E2_SN		2	2.21		--	4320
24	ESX_SN		2	2.40		--	4000
25	ESXN_NS		2	2.73		--	3520
26	ESXN_SN		2	2.73		--	3520

Figura 82. Lista de rutas activas en la situación actual del horario en estudio 6 a 7pm en TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.11. Modos

Esto se representa en TransCAD mediante una tabla de Transferencia en la que establecen las relaciones entre qué modos se realizan las transferencias. En otras palabras, representa todas las posibles conexiones que se generan dentro de una ciudad. En el caso de la

investigación, los modos que se establecen son del sistema COSAC y caminata. En la siguiente figura, se muestra las tarifas, los tiempos de cada modo, el ID del modo, el nombre, el acceso y egreso.

MODE_NAME	MODE_ID	MODE_USED	CAMPTIME	ACCESO	EGRESS	FARE	TYPE
Cosac	2	1	* TmCosac	--	--	1.15	Bus
Caminata	9	1	* TmPeat	1	1	--	Peaton
Deshabilitado	99	--	--	--	--	--	--

Figura 83. Tabla de Modos de Transferencia en software TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.12. Matriz OD

7.1.12.1. Tabla de Viajes

Se inserta la información recaudada de las encuestas realizadas en un formato DBF al software TransCAD mediante la opción “Exportar” se crea la matriz OD; la cual, es fundamental para realizar la asignación porque el software te lo solicita como paso previo insertar dichos datos. En el *Anexo N°11* se muestra los enlaces de estaciones y su cantidad de viajes.

7.1.12.2. Matriz de Viajes

Luego de exportar, se obtiene la matriz OD de todos los viajes; la cual, sirve como dato de entrada para la calibración inicial de la modelación. Esta matriz es fundamental para generar alternativas de nuevos escenarios, ya que los datos que proporciona son los viajes de estación a estación. La suma total de la matriz es de cincuenta y tres mil setecientos setenta y seis viajes donde la mayor cantidad de viajes originados sucede en la estación Canaval y Moreira de cinco mil setecientos noventa y cuatro viajes y como viajes destino se encuentra la estación Naranjal con una cantidad de veinte mil noventa y dos viajes, como se muestra en el *Anexo N°12*.

7.1.13. Asignación

7.1.13.1. Proceso de Asignación

La asignación es el paso final del modelamiento; el cual, asigna los centroides, las rutas creadas, las paradas, las vías, conectores y finalmente mediante el método SUE y la matriz

OD modela la situación actual y propuesta. Además, se puede asignar la cantidad máxima de transferencias, el valor social del tiempo, tiempos máximos de espera y cantidad máxima de acceso y egreso. Dentro de las características del método de asignación, se destaca la capacidad de ruta, lo que genera un mejor equilibrio de viajes a partir de las probabilidades y la preferencia del usuario. Es importante revisar que los modos de cada centroide estén bien conectados, ya que el software es delicado con estos datos.

Figura 84. Ventanas de Asignación de Viajes mediante el método SUE en software TransCAD. Elaboración Propia.

7.1.13.2. Resultados de Asignación

Para obtener una mejora importante de la operación del transporte, se debe obtener la cantidad estimada de embarque y desembarque en cada estación. En consecuencia, al modificar datos de entrada como rutas, capacidad, frecuencia, paraderos provoca diferentes escenarios y resultados.

7.1.13.3. Embarque y Desembarque

Es la cantidad de subidas y bajadas en cuanto a viajes en cada una de las estaciones y por cada ruta. Este resultado se exporta de formato DBF a Excel. De esta manera, se obtiene los nuevos intervalos con las cuales se optimiza la operación de los buses mediante el cálculo de la carga máxima de cada ruta. Además, se calcula la cantidad de buses y los recorridos totales de todo el sistema modelado (Ver Anexo N° 13).

7.1.13.4. Flujo de Tránsito

Es el resultado que calcula los pasajeros por minuto de cada tramo; la cual, es el paso importante para realizar la comparación de la situación actual con la propuesta y verificar el tiempo de ahorro que ofrece la optimización. En el *Anexo N° 35* se muestra la cantidad de viajes por tramo (estación a estación) y ruta que se realizan. También, se muestra el tiempo por tramo y el costo por tramo.

7.2. Optimización

7.2.1. Variables de estudio y operación

En la siguiente tabla, se describe por cada objetivo específico una variable representativa que abarque de manera concisa la descripción de todo ese punto.

Tabla 7. *Variables en Estudio*

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Demanda en el periodo de investigación	Cantidad de viajes	Validaciones hechas por Protransporte	Cantidad de ingresos a las estaciones	Ruleta de ingreso
Hora Pico	Tiempo	Cantidad de viajes efectuados	Cantidad numérica.	Asignación de viajes
Comparación con la situación real	Cantidad de viajes, tiempo, frecuencia, flujo por tramo, capacidad de ruta	Diferencia de flujos (actual vs propuesto)	Carga de viajes	Observación Directa
Propuesta	Nueva Frecuencia	Disminuir el tiempo total de viaje e incrementar el IPK	Cantidad de minutos ahorrados y pasajeros por kilómetros	Modelamiento

Nota: Variables asignadas a cada objetivo específico de la investigación. Elaboración propia.

7.2.2. Calibración inicial de intervalos

Después de hacer todos los procedimientos de modelación, insertar la matriz de origen destino y dibujar las rutas con sus paraderos, se asigna mediante el método SUE que genera reportes de subidas y bajadas en sus paraderos como se observa en el *Anexo N°13*. Estos reportes ayudan a obtener los diferentes resultados de las nuevas frecuencias, capacidad por ruta, graficas de carga por estación, grafico de subida y bajada por estación y los flujos por tramos.

El reporte del resultado de subidas y bajadas del software se introduce en las hojas de cálculo para así obtener un cuadro con la cantidad de embarque y desembarque que se realizan en los diferentes paraderos de las rutas. Así mismo, se especifica por sentido de ruta de norte a sur y sur a norte; además, se tiene las cantidades totales de subidos y bajados, carga máxima especificada en la estación que sucede, etc.

7.2.2.1. Ruta A (Norte – Sur)

En la ruta A en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,005 en la estación Naranjal y la mayor cantidad de personas que bajan es de 401 en la estación Izaguirre; lo cual, genera una carga máxima de 1,005 pasajeros en la estación Naranjal como en el *Anexo N° 14*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 85. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita siete buses con un intervalo de paso de 8.57 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. *Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (NS) calibrado.*

NORTE - SUR (Ruta A)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	1,005	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	7	Buses
Intervalo de paso	8.57	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular A en la situación calibrada con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.2.2.Ruta A (Sur – Norte)

En la ruta A en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,750 en la estación Jr. de la Unión y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,732 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 3,390 pasajeros en la estación Caquetá como en el *Anexo N° 14*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 86. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintidós buses con un intervalo de paso de 2.73 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (SN) calibrado.

SUR - NORTE (RUTA A)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,390	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	22	Buses
Intervalo de paso	2.73	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular A en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.3.Ruta B (Norte – Sur)

En la ruta B en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,057 en la estación Naranjal y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,461 en la estación Matellini; lo cual, genera una carga máxima de 2,325 pasajeros en la estación Central como en el *Anexo N° 15*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 87. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita quince buses con un intervalo de paso de cuatro minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (NS) calibrado.

NORTE - SUR (Ruta B)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,325	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	15	Buses
Intervalo de paso	4	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular B en la situación calibrada con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.2.4. Ruta B (Sur – Norte)

En la ruta B en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,045 en la estación Matellini y la mayor cantidad de personas que bajan es de 864 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 3,579 pasajeros en la estación Central como en el Anexo N° 15. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 88. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintitrés buses con un intervalo de paso de 2.61 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (SN) calibrado.

SUR - NORTE (RUTA B)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,579	pasajeros
Capacidad COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	23	Buses
Intervalo de paso	2.61	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular B en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.5.Ruta C (Norte – Sur)

En la ruta C en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 554 en la estación Canadá y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,372 en la estación Matellini; lo cual, genera una carga máxima de 2,293 pasajeros en la estación Ricardo Palma como en el *Anexo N° 16*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 89. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita quince buses con un intervalo de paso de cuatro minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (NS) calibrado.

NORTE - SUR (RUTA C)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,293	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	15	Buses
Intervalo de paso	4	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular C en la situación calibrada con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.2.6.Ruta C (Sur – Norte)

En la ruta C en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,200 en la estación Canaval y Moreyra y la mayor cantidad de personas que bajan es de 751 en la estación Ramón Castilla; lo cual, genera una carga máxima de 2,410 pasajeros en la estación Javier Prado como en el *Anexo N° 16*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 90. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita dieciséis buses con un intervalo de paso de 3.75 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (SN) calibrado.

SUR - NORTE (RUTA C)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,410	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	16	Buses
Intervalo de paso	3.75	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular C en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.7. Ruta Expreso 1 (Norte – Sur)

En la ruta Expreso 1 en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,603 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,362 en la estación Matellini; lo cual, genera una carga máxima de 2,780 pasajeros en la estación Canaval y Moreyra como en el Anexo N° 17. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 91. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita dieciocho buses con un intervalo de paso de 3.33 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (NS) calibrado.

NORTE - SUR (Ruta EXP1)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,780	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	18	Buses
Intervalo de paso	3.33	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 1 en la situación calibrada con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.2.8.Ruta Expreso 1 (Sur – Norte)

En la ruta Expreso 1 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 922 en la estación Matellini y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,273 en la estación Central; lo cual, genera una carga máxima de 3,105 pasajeros en la estación Angamos como en el *Anexo N° 17*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 92. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veinte buses con un intervalo de paso de tres minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (SN) calibrado.

SUR - NORTE (Ruta EXP1)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,105	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	20	Buses
Intervalo de paso	3	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 1 en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.9. Ruta Expreso 2 (Sur – Norte)

En la ruta Expreso 2 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,791 en la estación Javier Prado y la mayor cantidad de personas que bajan es de 4,303 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 4,303 pasajeros en la estación Canadá como en el *Anexo N° 18*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 93. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 2 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintisiete buses con un intervalo de paso de 2.22 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. *Resumen de resultados obtenidos de EXP 2 (SN) calibrado.*

SUR - NORTE (Ruta EXP2)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	4,303	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	27	Buses
Intervalo de paso	2.22	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 2 en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.10. Ruta Expreso 3 (Sur – Norte)

En la ruta Expreso 3 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 3,806 en la estación Angamos y la mayor cantidad de personas que bajan es de 5,345 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 5,345 pasajeros en la estación Angamos como en el *Anexo N° 19*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 94. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 3 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita 34 buses con un intervalo de paso de 1.76 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Resumen de resultados obtenidos de EXP 3 (SN) calibrado.

SUR - NORTE (Ruta EXP3)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	5,345	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	34	Buses
Intervalo de paso	1.76	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 3 en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.11. Ruta Expreso 8 (Norte – Sur)

En la ruta Expreso 8 en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,552 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,030 en la estación Angamos; lo cual, genera una carga máxima de 3,297 pasajeros en la estación Central como en el *Anexo N° 20*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 95. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintiuno buses con un intervalo de paso de 2.86 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (NS) calibrado.

NORTE - SUR (Ruta EXP8)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,297	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	21	Buses
Intervalo de paso	2.86	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 8 en la situación calibrada con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.2.12. Ruta Expreso 8 (Sur – Norte)

En la ruta Expreso 8 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,985 en la estación Javier Prado y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,574 en la estación Tomás Valle; lo cual, genera una carga máxima de 4,689 pasajeros en la estación España como en el Anexo N° 20. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 96. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita treinta buses con un intervalo de paso de dos minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (SN) calibrado.

SUR - NORTE (Ruta EXP8)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	4,689	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	30	Buses
Intervalo de paso	2	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 8 en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.13. Ruta Super Expreso (Sur – Norte)

En la ruta Super Expreso en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 3,280 en la estación Canaval y Moreyra y la mayor cantidad de personas que bajan es de 4,501 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 4,501 pasajeros en la estación Canaval y Moreyra como en el *Anexo N° 21*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 97. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintinueve buses con un intervalo de paso de 2.07 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Resumen de resultados obtenidos de EXPSX (SN) calibrado.

SUR - NORTE (Ruta EXPSX)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	4,501	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	29	Buses
Intervalo de paso	2.07	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta super expreso a situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.2.14. Ruta Super Expreso Norte (Norte – Sur)

En la ruta Super Expreso Norte en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,923 en la estación Naranjal y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,923 en la estación Central; lo cual, genera una carga máxima de 1,923 pasajeros en la estación Naranjal como en el *Anexo N° 22*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 98. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario calibrado con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita trece buses con un intervalo de paso de 4.62 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (NS) calibrado.

NORTE - SUR (Ruta ESXN)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	1,923	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	13	Buses
Intervalo de paso	4.62	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta super expreso norte en la situación calibrada con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.2.15. Ruta Super Expreso Norte (Sur – Norte)

En la ruta Super Expreso Norte en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 2,142 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 3,659 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 3,659 pasajeros en la estación 2 de Mayo como en el *Anexo N° 22*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 99. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario calibrado con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintitrés buses con un intervalo de paso de 2.61 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (SN) calibrado.

SUR - NORTE (Ruta ESXN)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,659	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	23	Buses
Intervalo de paso	2.61	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta super expreso norte en la situación calibrada con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por último, se presenta el cuadro de demanda total de todas las rutas activas en el horario en estudio de la situación actual, el cual se muestra en el *Anexo N° 23*.

7.2.3. Verificación de demanda

A partir de la calibración mediante el uso de la modelación por software se obtiene nuevas cantidades de buses por ruta y en ambos sentidos. Esto se compara con la situación actual y se observa una variación importante que demuestra que el servicio debe modificarse para poder satisfacer la demanda existente de viajes. En el caso de la ruta A en sentido norte a sur existe una diferencia de trece buses, lo que evidencia que la propuesta realizada por el organismo operador no está bien graduada. Esta variación genera saturación en las demás rutas, ya que al ser una ruta regular tiene paraderos en todas las estaciones y genera que el tráfico aumente. Es por ello, que estos buses que no se tienen contabilizados en el escenario calibrado se debe distribuir en las demás rutas que necesiten mayor cantidad tales como las líneas expresas en el sentido sur a norte. Por lo tanto, la calibración sirve como guía para comprobar que la demanda se encuentra desatendida y las modificaciones que se deben tomar en cuenta para la optimización. En la tabla 23 se presenta la comparación del escenario actual con el calibrado.

Tabla 23. Resumen de verificación de demanda de buses actuales y calibrado.

Ruta	Cantidad de Buses (Actual)	Cantidad de Buses (Calibrado)
A-NS	20	7
A-SN	20	22
B-NS	15	15
B-SN	16	23
C-NS	21	15
C-SN	15	16
EXP1-NS	17	18
EXP1-SN	17	20
EXP2-SN	27	27
Exp3-SN	28	34
EXP8-NS	22	21
EXP8-SN	35	30
SX-SN	25	29
SXN-NS	22	13
SXN-SN	22	23

Nota: Cantidad de buses asignados por ProTransporte y la cantidad que se obtiene en la calibración con el software TransCAD. Elaboración propia.

7.2.4. Propuesta

Para obtener la mejor alternativa se debe realizar diferentes procesamiento de datos. Por este motivo se realizó 36 versiones diferentes que aumentan positivamente el nivel del servicio. La propuesta más eficiente se basa en la modificación de dos rutas actuales y la implementación de una nueva ruta expresa con el recorrido de estación Plaza de Flores a estación UNI. Además, se adquiere una nueva cantidad de buses y frecuencias para la operación de cada ruta en el sistema mediante el resultado obtenido que se representan por tablas y gráficos en TransCAD y hojas de cálculo. A continuación, se presenta la cantidad máxima de embarque, cantidad máxima de desembarque, carga máxima de pasajeros, cantidad de buses y nuevos intervalos de cada ruta que la propuesta contiene con sus paraderos correspondientes.

7.2.4.1. Ruta A (Norte – Sur)

En la ruta A en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 914 en la estación Naranjal y la mayor cantidad de personas que bajan es de 304 en la estación Central; lo cual, genera una carga máxima de 991 en la estación Honorio Delgado como en el Anexo N° 24. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 100. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita siete buses con un intervalo de paso de 8.57 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (NS) propuesto.

NORTE - SUR (Ruta A)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	991	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	7	Buses
Intervalo de paso	8.57	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular A en la situación propuesta con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.4.2.Ruta A (Sur – Norte)

En la ruta A en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,823 en la estación Jirón de la Unión y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,749 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 3,099 de pasajeros en la estación Ramón Castilla como en el *Anexo N° 24*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 101. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular A escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veinte buses con un intervalo de paso de tres minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Resumen de resultados obtenidos de RUTA A (SN) propuesto.

SUR - NORTE (RUTA A)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,099	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	20	Buses
Intervalo de paso	3	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular A en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.4.3.Ruta B (Norte – Sur)

En la ruta B en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 949 en la estación Naranjal y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,421 en la estación Matellini; lo cual, genera una carga máxima de 2,454 de pasajeros en la estación Central como en el *Anexo N° 25*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 102. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita dieciséis buses con un intervalo de paso de 3.75 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (NS) propuesto

NORTE - SUR (Ruta B)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,454	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	16	Buses
Intervalo de paso	3.75	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular B en la situación propuesta con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.4.4. Ruta B (Sur – Norte)

En la ruta B en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,060 en la estación Matellini y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,586 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 2,657 pasajeros en la estación España como en el *Anexo N° 25*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 103. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular B del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita diecisiete buses con un intervalo de paso de 3.53 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27. Resumen de resultados obtenidos de RUTA B (SN) propuesto.

SUR - NORTE (RUTA B)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,657	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	17	Buses
Intervalo de paso	3.53	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular B en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.4.5.Ruta C (Norte – Sur)

En la ruta C en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 597 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,400 en la estación Matellini; lo cual, genera una carga máxima de 2,320 pasajeros en la estación Ricardo Palma como en el *Anexo N° 26*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 104. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita quince buses con un intervalo de paso de cuatro minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (NS) propuesto.

NORTE - SUR (Ruta C)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,320	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	15	Buses
Intervalo de paso	4	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular C en la situación propuesta con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.4.6.Ruta C (Sur – Norte)

En la ruta C en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,043 en la estación Matellini y la mayor cantidad de personas que bajan es de 704 en la estación Ramón Castilla; lo cual, genera una carga máxima de 1,892 pasajeros en la estación Javier Prado como en el *Anexo N° 26*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 105. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta regular C del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita doce buses con un intervalo de paso de cinco minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Resumen de resultados obtenidos de RUTA C (SN) propuesto.

SUR - NORTE (RUTA C)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	1,892	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	12	Buses
Intervalo de paso	5	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta regular C en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.4.7. Ruta Expreso 1 (Norte – Sur)

En la ruta expreso 1 en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,572 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,374 en la estación Matellini; lo cual, genera una carga máxima de 2,521 pasajeros en la estación Canaval y Moreyra como en el *Anexo N° 27*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 106. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita dieciséis buses con un intervalo de paso de 3.75 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (NS) propuesto.

NORTE - SUR (Ruta EXP1)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,521	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	16	Buses
Intervalo de paso	3.75	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 1 en la situación propuesta con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.4.8.Ruta Expreso 1 (Sur – Norte)

En la ruta expreso 1 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 899 en la estación Matellini y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,012 en la estación Central; lo cual, genera una carga máxima de 2,659 pasajeros en la estación 28 de Julio como en el *Anexo N° 27*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 107. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 1 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita diecisiete buses con un intervalo de paso de 3.53 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31. Resumen de resultados obtenidos de EXP 1 (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta EXP1)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,659	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	17	Buses
Intervalo de paso	3.53	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 1 en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.4.9.Ruta Expreso 2 (Sur – Norte)

En la ruta expreso 2 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 2,140 en la estación Ricardo Palma y la mayor cantidad de personas que bajan es de 5,350 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 5,350 pasajeros en la estación Canadá como en el *Anexo N° 28*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 108. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 2 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita 34 buses con un intervalo de paso de 1.76 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Resumen de resultados obtenidos de EXP 2 (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta EXP2)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	5,350	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	34	Buses
Intervalo de paso	1.76	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 2 en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia

7.2.4.10. Ruta Expreso 3 (Sur – Norte)

En la ruta expreso 3 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,820 en la estación Angamos y la mayor cantidad de personas que bajan es de 3,239 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 4,792 pasajeros en la estación Central como en el *Anexo N° 29*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 109. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 3 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita treinta buses con un intervalo de paso de dos minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Resumen de resultados obtenidos de EXP 3 (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta EXP3)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	4,792	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	30	Buses
Intervalo de paso	2	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 3 en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia

7.2.4.11. Ruta Expreso 8 (Norte – Sur)

En la ruta expreso 8 en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,332 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 937 en la estación Angamos; lo cual, genera una carga máxima de 3,077 pasajeros en la estación Central como en el *Anexo N° 30*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 110. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veinte buses con un intervalo de paso de tres minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (NS) propuesto.

NORTE - SUR (Ruta EXP8)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,077	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	20	Buses
Intervalo de paso	3	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 8 en la situación propuesta con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.4.12. Ruta Expreso 8 (Sur – Norte)

En la ruta expreso 8 en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,258 en la estación Canaval y Moreyra y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,514 en la estación Tomás Valle; lo cual, genera una carga máxima de 3,099 pasajeros en la estación Central como en el *Anexo N° 30*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 111. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso 8 del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veinte buses con un intervalo de paso de tres minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 35.

Tabla 35. Resumen de resultados obtenidos de EXP 8 (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta EXP8)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,099	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	20	Buses
Intervalo de paso	3	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso 8 en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia

7.2.4.13. Ruta Super Expreso (Sur – Norte)

En la ruta super expreso en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 3,920 en la estación Canaval y Moreyra y la mayor cantidad de personas que bajan es de 4,685 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 4,685 pasajeros en la estación Canaval y Moreyra como en el *Anexo N° 31*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 112. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita treinta buses con un intervalo de paso de dos minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36. Resumen de resultados obtenidos de EXPSX (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta EXPSX)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	4,685	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	30	Buses
Intervalo de paso	2	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta super expreso en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.4.14. Ruta Super Expreso Norte (Norte – Sur)

En la ruta super expreso norte en el sentido norte a sur la mayor cantidad de personas que suben es de 1,794 en la estación Naranjal y la mayor cantidad de personas que bajan es de 1,794 en la estación Central; lo cual, genera una carga máxima de 1,794 pasajeros en la estación Naranjal como en el *Anexo N° 32*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 113. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario propuesto con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita doce buses con un intervalo de paso de cinco minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 37.

Tabla 37. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (NS) propuesto.

NORTE - SUR (Ruta ESXN)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	1,794	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	12	Buses
Intervalo de paso	5	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta super expreso norte en la situación propuesta con dirección de norte a sur. Elaboración propia.

7.2.4.15. Ruta Super Expreso Norte (Sur – Norte)

En la ruta super expreso norte en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,290 en la estación Central y la mayor cantidad de personas que bajan es de 3,497 en la estación Naranjal; lo cual, genera una carga máxima de 3,497 pasajeros en la estación Uni como en el *Anexo N° 32*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 114. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta super expreso norte del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita veintidós buses con un intervalo de paso de 2.73 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 38.

Tabla 38. Resumen de resultados obtenidos de ESXN (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta ESXN)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	3,497	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	22	Buses
Intervalo de paso	2.73	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta super expreso norte en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

7.2.4.16. Ruta Expreso Propuesto (Sur – Norte)

En la ruta expreso propuesto en el sentido sur a norte la mayor cantidad de personas que suben es de 1,038 en la estación Angamos y la mayor cantidad de personas que bajan es de 2,955 en la estación Uni; lo cual, genera una carga máxima de 2,955 pasajeros en la estación Javier Prado como en el *Anexo N° 33*. En la siguiente figura, se detalla el resumen de embarque y desembarque en formato de barras.

Figura 115. Gráfico de embarque, desembarque y carga máxima de la ruta expreso propuesto del escenario propuesto con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

Por lo tanto, para satisfacer la carga máxima de pasajeros que se observa en la gráfica anterior de la ruta, se necesita diecinueve buses con un intervalo de paso de 3.16 minutos en la hora en estudio como se muestra en la tabla 39.

Tabla 39. Resumen de resultados obtenidos de EXP-P (SN) propuesto.

SUR - NORTE (Ruta EXP-P)		
Concepto	Cantidad	Unidad
Carga Máxima	2,955	pasajeros
Capacidad Bus COSAC	160	pasajeros
Número de Buses	19	Buses
Intervalo de paso	3.16	minutos

Nota: Se determina la carga máxima, número de buses e intervalos de la ruta expreso propuesto en la situación propuesta con dirección de sur a norte. Elaboración propia.

En síntesis, se presenta el cuadro de demanda total de todas las rutas activas en el horario en estudio de la situación propuesta, el cual se muestra en el *Anexo N° 34*.

8. VALIDACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. Validación de resultados

Para obtener un escenario válido se debe confirmar que los datos que se insertan en la modelación deben ser confiables. De manera que, se realizó un muestreo de 1,032 encuestas con confiabilidad de 95% y un error muestral de 4.2% que al amplificarse con el factor de expansión logra representar la cantidad de viajes totales en el sistema que son 53,776. Estos datos se ingresaron en el software TransCAD para realizar los debidos procesos, los cuales obtuvieron viajes relativamente cercanos a la ampliación de la muestra. Esto significa que la comparación entre los viajes actuales y propuestos aumentó en 25%, ya que la ruta nueva de la propuesta obliga a que los usuarios realicen transbordos. Por otra parte, en el escenario calibrado los gráficos de subidas y bajadas totales de sur a norte resultan ser similares a los datos proporcionados por la entidad Protransporte.

8.2. Discusión de resultados

8.2.1. Rutas actuales vs. propuestas

En la propuesta con mejor nivel de servicio se modifica los paraderos de dos rutas expresas existentes y se añade una nueva ruta expresa ambas en sentido sur a norte. En primer lugar, en el escenario actual la ruta expreso 3 tiene paraderos como Benavides, Angamos y Naranjal. Pero en el escenario propuesto, la ruta expreso 3 tiene paraderos como Benavides, Angamos, Aramburú, México, Central, UNI, Izaguirre y Naranjal. En segundo lugar, en el escenario actual la ruta super expreso norte tiene paraderos como Central, España, Quilca, 2 de Mayo y Naranjal. Sin embargo, en el escenario propuesto, la ruta super expreso norte tiene paraderos como Central, España, Quilca, 2 de Mayo, UNI y Naranjal. Por último, se adiciona la nueva ruta expresa propuesta que tiene paraderos en Plaza de Flores, Angamos, Canaval y Moreyra, Javier Prado y UNI. Este último tiene un recorrido con un retorno operacional nuevo, ya que el retorno en la estación UNI no se usa en el horario en estudio. En la siguiente tabla, se detalla todo lo mencionado líneas arriba.

Tabla 40. Cuadro comparativo de rutas actuales y propuestas.

Rutas	Paradas Actuales (Sur - Norte)	Paradas Propuestas (Sur - Norte)
RUTA EXPRESO 3	Benavides	Benavides
	Angamos	Angamos
		Aramburu
		México
		Central
		UNI
		Izaguirre
	Naranjal	Naranjal
RUTA SUPER EXPRESO NORTE	Central	Central
	España	España
	Quilca	Quilca
	2 de Mayo	2 de Mayo
		UNI
	Naranjal	Naranjal
RUTA PROPUESTA		Plaza de Flores
		Angamos
		Canaval y Moreyra
		Javier Prado
		UNI

Nota: Diseño de las nuevas de las estaciones que ruta propuesta tiene como paradas. Elaboración propia.

8.2.2. Ahorro de tiempo de viaje total

El software TransCAD desarrolla diferentes tablas que detallan el mejor escenario como se observa en el *Anexo N° 35*, las cuales deben ser procesadas mediante hojas de cálculo que producen gráficos con cantidad de viajes, carga máxima y tiempo de viaje. Este último, se deduce de la tabla flujos de tránsito, la cual contiene diferentes parámetros como paradero inicial, tiempo de viaje por tramo, paradero final, ruta y cantidad de viajes de tramo. En la tabla 41 se presenta la sumatoria total de tiempo de viaje de ambos escenarios donde se observa que la situación actual tiene un tiempo total de 1,648,247.17 min y la situación

propuesta tiene un tiempo total de 1,641,092.91 min. donde se observa que el tiempo ahorrado es de 7,154.26 min en la hora pico. De este modo, se comprueba que la propuesta beneficia en el nivel de servicio para el usuario, ya que el tiempo de viaje total se redujo en la hora punta.

Tabla 41. *Tiempo ahorrado de tiempo total de viaje en minutos*

Situación actual			Situación propuesta		
Tiempo total (a)	1,648,247.17	min	Tiempo total (b)	1,641,092.91	min
Tiempo Ahorrado (a-b)				7,154.26	min

Nota: Diferencia de tiempos totales de los viajes realizados en el sistema. Elaboración propia.

Además, se realizó la comparación entre ambos escenarios para obtener el tiempo máximo y mínimo de ahorro de todos los nodos posibles de las 38 estaciones del sistema. Estos valores muestran que existe un ahorro máximo de 4 minutos con 48 segundos en tramos largos y de cero minutos de ahorro en tramos cortos. En la siguiente tabla, se detalla lo escrito líneas arriba.

Tabla 42. *Ahorro de Tiempos Máximos y Mínimos de tiempo total de viaje.*

Tiempo máximo			Tiempo mínimo		
t máx. ACTUAL	43.21	min	t mín. ACTUAL	0.46	min
t máx. PROPU	38.39	min	t mín. PROPU	0.46	min
t máx. ahorro	4.82	min	t mín. ahorro	0.00	min
t máx. ahorro	04:48	min	t mín. ahorro	00:00	min

Nota: Diferencia de tiempos en el escenario actual y propuesto. Elaboración propia.

8.2.3. Ahorro del valor social del transporte

El Ministerio de Economía y Finanzas asigna valores del costo de tiempo según propósito, ámbito geográfico y nivel socioeconómico, ya que el motivo principal de su uso es para realizar evaluaciones sociales de proyectos en los que se considere dentro de los beneficios esperados diferentes objetivos como ahorro de tiempo de usuarios, ya sea transporte urbano

o rural. Su importancia recae por motivos comparativos en cuanto a escenarios proyectados versus actuales. Además de tener beneficios económicos y sociales. (MEF, 2019)

Por lo tanto, en la tabla 43 se identifica el valor del tiempo para el transporte público urbano de 6.50; con el cual, se obtiene el beneficio por ahorro de tiempo de usuarios.

Tabla 43. *Valor social del tiempo de transporte urbano en Lima.*

Modo de Transporte	Valor del Tiempo (soles/hora pasajero)	
Transporte Local Público		
Lima	Urbano	6.50
	Rural	3.31

Nota: Valor de tiempo del transporte público en Lima en la zona urbana y rural. Adaptado de “ANEXO N° 11: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN SOCIAL”, por Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), 2019.

En la tabla 44, se observa un tiempo ahorrado de 7,154.26 min. en la hora pico. De esta manera, ayuda a obtener mediante el uso del valor social del tiempo por hora de pasajero en transporte público de Lima, el cálculo del beneficio anual por ahorro de tiempo de todos los días laborables de un año.

Tabla 44. *Ahorro del beneficio social del tiempo.*

Cantidad	Unidad
7,154.26	min
119.24	h
9	horas punta
1,073.14	h/día
S/6.50	soles/h
S/6,975.40	soles/día
252	días laborables
S/1,757,801.01	soles

Nota: Ahorro de costo social en las 9 horas punta que tiene el transporte público. Elaboración propia.

8.2.4. Cantidad de buses

La modificación de dos rutas y una nueva ruta expresa propuesta crea una alternativa donde la cantidad de buses de cada ruta aumenta y disminuye, ya que el usuario posee más opciones para poder movilizarse dentro del sistema. La situación actual presenta el mayor número de buses en el expreso 8 sur a norte con una totalidad de 322 buses. Mientras que en la propuesta presenta el mayor número de buses en el expreso 2 de sur a norte con una totalidad de 307 buses. La diferencia total de la situación actual y la propuesta es de quince buses que benefician a los operadores del Metropolitano, ya que se ahorra en mantenimiento, sueldo de conductores, gasolina, etc.

Tabla 45. Cuadro comparativo de cantidad de buses actuales y propuesta.

Ruta	Cantidad de Buses (Actual)	Cantidad de Buses (Propuesta)
A-NS	20	7
A-SN	20	20
B-NS	15	16
B-SN	16	17
C-NS	21	15
C-SN	15	12
EXP1-NS	17	16
EXP1-SN	17	17
EXP2-SN	27	34
EXP3-SN	28	30
EXP8-NS	22	20
EXP8-SN	35	20
SX-SN	25	30
SXN-NS	22	12
SXN-SN	22	22
EP_SN	-	19
	322	307

Nota: Detalle de cantidad de buses por ruta y sentido. Elaboración propia

8.2.5. Intervalos

La nueva cantidad de buses que se presenta en la tabla anterior demuestra que existe variación de frecuencias, la cual es mayor en el sentido sur a norte debido a la alta demanda, especialmente las rutas tienen como destino la estación Naranjal. Así mismo, los expresos con menor intervalo en la situación propuesta son el expreso 2, expreso 3, expreso 8, super expreso, super expreso norte y el expreso propuesto. En la situación actual, las rutas con intervalos de menor tiempo son la ruta A en sentido norte a sur, el expreso 8 en sentido sur a norte y el expreso 3 en sentido sur a norte. Y en la situación propuesta, solamente en el sentido norte a sur, las rutas con intervalos de menor tiempo son el expreso 8, expreso 1 y en la ruta B. El escenario propuesto es eficiente, debido a que se prioriza las rutas expresas con menores intervalos mientras que las regulares tienen intervalos mayores a tres minutos; por el contrario, la situación actual presenta rutas regulares con intervalos menores a tres minutos que genera tráfico dentro del sistema.

Tabla 46. Cuadro comparativo de intervalos actuales y propuesta.

Ruta	Intervalos (Actual)	Intervalos (Propuesta)
A-NS	2.14	8.57
A-SN	3	3
B-NS	3	3.75
B-SN	4	3.53
C-NS	3.75	4
C-SN	2.86	5
EXP1-NS	4	3.75
EXP1-SN	3.53	3.53
EXP2-SN	3.53	1.76
EXP3-SN	2.22	2
EXP8-NS	2.73	3
EXP8-SN	1.71	3
SX-SN	2.4	2
SXN-NS	2.73	5
SXN-SN	2.73	2.73
EP_SN	-	3.16

Nota: Detalle de intervalos que los buses tienen por ruta y dirección, Elaboración propia.

8.2.6. Ahorro en costo de operadores de buses

El sueldo mínimo de un operador de bus troncal es de S/. 1,200 con una bonificación de S/. 450, los cuales suman una cantidad de S/. 1,650 en promedio de acuerdo con las reuniones realizadas con el organismo supervisor (Protransporte, 2018). En la tabla 45, se observa la cantidad de buses ahorrados de quince buses con la propuesta versus la actual. Es por ello, que existe quince conductores en exceso, lo que significa quince salarios de ahorro mensual. En la siguiente tabla, se explica el ahorro total en costo de operadores de buses troncales en un año.

Tabla 47. *Ahorro total de costos de operadores de buses.*

Cantidad	Unidad
15	buses
15	operadores
S/1,650.00	soles/operador
14	sueldos por año
S/346,500.00	ahorrado por año

Nota: Sueldos anual de operadores que se ahorra al aplicar la propuesta, Elaboración propia.

8.2.7. Kilómetros recorridos

Se propone las rutas de acuerdo con los retornos operacionales más cercanos, ya que ayuda a que el recorrido total sea menor y que beneficie en tiempo a los usuarios y en valor monetario a los operadores del sistema BRT. La suma total de los recorridos de la situación actual es de 5,833.51 km. Y la suma total de los recorridos de la situación propuesta es de 5,697.97 km. Donde el ahorro de recorridos totales es de 135.54 km. en la hora de estudio por hora de bus operativo.

Tabla 48. Cuadro comparativo de kilómetros recorridos actuales y propuesta.

Ruta	Kilómetros Recorridos (Actual)	Kilómetros Recorridos (Propuesta)
A-NS	591.31	74.56
A-SN	213.03	213.03
B-NS	213.03	425.56
B-SN	398.96	452.15
C-NS	425.56	284.37
C-SN	398.12	227.50
EXP1-NS	284.37	260.85
EXP1-SN	277.15	277.15
EXP2-SN	277.15	718.02
EXP3-SN	570.19	633.55
EXP8-NS	464.60	422.37
EXP8-SN	739.14	422.37
SX-SN	527.96	633.55
SXN-NS	226.47	123.53
SXN-SN	226.47	226.47
EP_SN	-	302.95
	5,833.51	5,697.97

Nota: Cantidad de kilómetros que se recorre en los escenarios actual y propuesto. Elaboración propia.

Además, se calcula el ahorro anual de kilómetros recorridos en las tres horas de investigación en los días laborables del año que suma 102,468.24 km. recorridos.

Tabla 49. Ahorro anual de kilómetros recorridos de buses.

Cantidad	Unidad
135.54	km
3	horas
252	Días laborables
102,468.24	km anual

Nota: Cuadro de los kilómetros que se ahorra por año aplicando la ruta propuesta. Elaboración propia.

En el *Anexo N° 36* se detalla los kilómetros de separación por tramos y en el *Anexo N° 37* se detalla el cuadro comparativo de kilómetros actuales y propuestos de forma más específica.

8.2.8. Índice de Pasajeros por Kilómetro Recorrido (IPK)

Para medir la eficiencia de una ruta se tiene que calcular este indicador, ya que a mayor valor se obtiene mayor cantidad de viajes realizados en una longitud de un kilómetro. En el *Anexo N° 38* se detallan los cálculos realizados a partir del total de pasajeros transportados por cada ruta y los kilómetros recorridos por todos los buses en la hora en operación. A continuación, en la tabla 50 se muestra en el cuadro comparativo que el escenario actual tiene un IPK promedio de 9.84 y el escenario propuesto un valor de 14.65; lo que, demuestra que es más eficiente por casi cinco puntos.

Tabla 50. Cuadro comparativo de Índice de Pasajeros por Kilómetro Recorrido (IPK) de escenario actual y propuesto.

ruta	ACTUAL	PROPUESTA
A-NS	15.02	24.85
A-SN	15.02	20.73
B-NS	6.02	12.87
B-SN	6.02	17.81
C-NS	8.44	15.01
C-SN	8.44	24.25
EXP1-NS	9.81	13.76
EXP1-SN	9.81	13.46
EXP2-SN	7.58	7.78
EXP3-SN	7.58	9.69
EXP8-NS	7.58	8.92
EXP8-SN	7.58	13.61
SX-SN	7.58	7.39
SXN-NS	15.54	14.52
SXN-SN	15.54	17.26
EP_SN	-	12.49
Promedio	9.84	14.65

Nota: Se detalla la capacidad de buses por cada una de las rutas de la situación actual y las cantidades de buses por ruta en el horario en estudio de 6 a 7pm, por elaboración propia.

8.2.9. Ahorro de consumo de combustible

El ahorro de kilómetros recorridos ocasiona que el escenario propuesto genere un ahorro de 135.54km. de recorrido en la hora en estudio, ya que existe una diferencia entre cantidades de buses y distancias recorridas por ruta de ambos escenarios. Es por ello, que para estimar el consumo de combustible se usa el rendimiento de un bus articulado del Metropolitano estimado por Protransporte, el cual es de 0.91 m3/km.

Tabla 51. *Especificaciones técnicas mínimas de los gasocentros sur y norte.*

Consumo	Articulado (18,5 m.)	Ómnibus (12 m.)	Ómnibus (8,5 m.)
Rendimiento (m3/km)	0.91	0.5	0.38

Nota: Consumo estimado de consumo de gas de buses. Adaptado de “Especificaciones técnicas mínimas de los gasocentros sur y norte”, por Protransporte, 2008

Por lo tanto, se calcula el ahorro anual de combustible GNV mediante el uso del rendimiento de combustible por kilómetro de un bus troncal anunciado en la tabla anterior, la cantidad de horas en estudio y los días laborables en un año.

Tabla 52. *Ahorro anual de combustible GNV en m3 de buses troncales del Metropolitano.*

Cantidad	Unidad
135.54	km
0.91	m3/km
123.34	m3
3	horas
252	Días laborables
93,246.10	m3 anual

Nota: Ahorro en metros cúbicos de combustible de GNV por año. Elaboración propia.

8.2.10. Ahorro de precio de combustible

En tabla anterior se comprueba que el consumo anual de combustible GNV es de 93,246.10 m³. El precio de venta del combustible se estimó mediante la búsqueda en la página web de Osinergmin (2020) que detalla el precio reportado de S/. 1.52 por m³ del gasocentro Gasnorte S.A.C. que abastece a toda la flota de buses troncales del Metropolitano; por lo que, se calculó con los días laborables del año y horas punta del día un beneficio monetario anual de S/. 141,734.07.

Tabla 53. Ahorro anual de combustible GNV en soles de buses troncales del Metropolitano.

Cantidad	Unidad
135.54	km
0.91	m ³ /km
123.34	m ³
1.52	soles/m ³
S/187.48	soles
3	horas
252	Días laborables
S/. 141,734.07	soles anuales

Nota: Ahorro anual de combustible de todos los buses en la 3 hora de estudio. Elaboración propia

8.2.11. Ahorro anual de precio de carbono

Este parámetro no solo ayuda a obtener un valor monetario sobre el costo por tonelada de Dióxido de Carbono (CO₂), sino generar consciencia del daño que causa al medio ambiente. Por lo tanto, de acuerdo con la Oficina Catalana de Cambio Climático (OCCC, 2011) se obtiene el valor de conversión de 2.15 kilogramos de CO₂ por cada m³ de combustible GNV y en la web del MEF se extrae el precio social del carbono, el cual es de 7.17 dólares americanos por tonelada de carbono. En la tabla 53 se halla que el CO₂ generado por el GNV es de 200.48 toneladas. Es por ello, que el resultado de la ruta propuesta crea un sistema con menor emisión de carbono y un ahorro de S/. 4,858.53.

Tabla 54. Ahorro anual en soles de precio social de carbono

Cantidad	Unidad			
93,246.10	m3 anual			
2.15	kgCO2/m3			
200,479.11	Kg. CO2	→	200.48	Ton. CO2
7.17	USD/TON			
\$1,437.44	PRECIO DE CARBONO ANUAL DOLARES			
3.38	DÓLAR			
S/4,858.53	PRECIO DE CARBONO ANUAL SOLES			

Nota: Ahorro anual de carbono en tonelada y precio con la ruta propuesta. Elaboración propia.

Por último, estos resultados se obtuvieron mediante la modelación completa de rutas, paraderos, capacidad de buses, matriz OD, etc. Insertadas en el software TransCAD a través del mapeo total donde se realizaron las diferentes propuestas como se observa en el *Anexo N° 39*.

CONCLUSIONES

Objetivo específico 1

- El crecimiento porcentual fue de 17% con proyección a cinco años, luego de depurar los datos de demanda de Protransporte.
- La cantidad de viajes que se desarrollan en un día ascienden a 600mil aproximadamente en todo el recorrido del Metropolitano en días laborables; los cuales se obtuvieron mediante las proyecciones realizadas a los datos.

Objetivo específico 2

- Se considera que la cantidad de viajes que se validan en el horario de 5 a 9pm, que es el horario de operación de los expresos en el turno tarde, es de 160mil viajes.
- En el intervalo de 8 a 9pm se observa que la demanda disminuye de forma evidente, por lo que, se excluye del horario en estudio.
- La hora intermedia de 6 a 7pm posee 53,776 viajes, la cual la identifica como la hora con mayor cantidad de viajes que funciona como base de estudio para la investigación. Se debe tomar en cuenta las frecuencias de los buses de las rutas de sentido norte a sur y sur a norte en dicho intervalo. Así también, la flota total disponible para las distintas horas del turno tarde.

Objetivo específico 3

- La distribución de buses en dirección norte a sur y sur a norte no deben ser iguales como Protransporte presenta actualmente, ya que se verifica que la mayor demanda insatisfecha de viajes se encuentra en el sentido sur a norte.
- La situación actual presenta una mayor cantidad de buses en las rutas regulares, lo que genera colas de buses y mayores tiempos de embarque en los distintos paraderos del sistema. Sin embargo, la propuesta asigna intervalos de acuerdo a la demanda que requiere cada ruta, lo cual mejora el nivel de servicio y disminuye la demanda insatisfecha.
- Las variaciones más representativas se observan en la ruta expreso 3 en el sentido sur a norte que presenta un aumento de veintiocho a 34 buses en el proceso de calibración, lo que genera que la ruta no cubra la demanda actual. Por otro lado, en la ruta regular C en el sentido norte a sur presenta una disminución de veintiuno a quince buses en el proceso de calibración, que demuestra que existe un exceso de buses para cubrir esta menor demanda.

Objetivo específico 4

- En el expreso 3 se sugiere añadir los paraderos Aramburú, México, Central, Uni e Izaguirre. En el super expreso norte se sugiere añadir la estación Uni. Así mismo, en la ruta propuesta los paraderos son Plaza de Flores, Angamos, Canaval y Moreyra, Javier Prado y con retorno operacional en la estación Uni.
- El ahorro de tiempo total de viaje es de 7,154.26 minutos por cada hora punta del turno tarde donde se obtiene un ahorro por beneficio social de S/. 1,757,801.01 anuales que representan las nueve horas pico que existen en un día laborable. Además, se tiene un tiempo máximo de ahorro de 4 minutos con 48 segundos en tramos largos y un tiempo mínimo de ahorro de cero minutos en tramos cortos.
- La cantidad de recorrido actual es de 5,833.51 kilómetros y la propuesta, 5,697.97 kilómetros en una hora de operación en el sistema BRT; por lo tanto, el ahorro por hora punta es de 135.54 kilómetros al día y 102,468.24 kilómetros anuales.
- La cantidad de buses que se obtiene de la situación actual con el propuesto genera un resultado positivo en el ahorro de quince buses; es decir, que con menos buses se generan viajes en menor tiempo. Además, se obtiene un beneficio de ahorro de sueldos de operadores inactivos que asciende a la suma de S/. 346,500 soles anuales.
- El índice de pasajeros por kilómetro recorrido (IPK) promedio del escenario propuesto es de 14.65, el cual demostró ser mayor en casi cinco puntos al IPK del escenario actual de 9.84 con un beneficio 48.88%.
- La cantidad de combustible ahorrado que se obtiene por año es de 93,246.10 m³ de combustible GNV que equivalen a S/. 141,734.07 anuales. Así mismo, el ahorro en precio social del carbono es de S/. 4,858.53 que equivalen a 200.48 toneladas de CO₂ emitidos.

Objetivo general

- Mediante los cuadros de resultados obtenidos con las nuevas modificaciones a los paraderos y la nueva ruta expresa se comprueba la optimización del sistema del Metropolitano. Debido a que, los diferentes parámetros de medición de tiempo, costo, emisión de gases, cantidad de buses, etc son de mayor beneficio en comparación de la situación actual. Las conclusiones se alcanzaron a través de la modelación de las rutas propuestas con nuevas frecuencias de buses y modificaciones en los paraderos de las líneas expresas utilizando el método SUE para la asignación de viajes.

RECOMENDACIONES

Objetivo específico 1

- Para obtener mejores resultados de demanda de viajes se sugiere invertir en la recolección de datos mediante encuestas, sistemas tecnológicos y en empresas privadas encargadas de sondeo.
- Realizar incrementos porcentuales de acuerdo al año en que se proyecta el estudio de demanda en base al incremento poblacional. Además, se debe considerar los posibles cambios a futuro con respecto al tipo de suelo de los diferentes sectores por los que recorre el sistema BRT.

Objetivo específico 2

- Realizar estudios de todas las horas pico que existen en el sistema de transporte, ya que estas se van modificando con el tiempo.
- Las horas consideradas como horas punta, deban tener un control más riguroso para la toma de viajes; puesto que, al satisfacer las horas el nivel del servicio mejora.
- Se recomienda realizar un estudio de optimización para los días sabados y domingos, ya que no existen estudios previos.

Objetivo específico 3

- Se aconseja que para obtener mejores resultados de demanda insatisfecha se debe realizar mayor cantidad de encuestas que se acerquen a la realidad del sistema operacional.
- Se sugiere realizar estudios que generan índices de nivel de servicio y calidad. Estos datos recolectados ayudan a observar el servicio desde la perspectiva del usuario y realizar nuevas propuestas.
- Se recomienda proponer nuevas variables que tengan relación con la cantidad de viajes y satisfacción de los usuarios.

Objetivo específico 4

- Se recomienda que este estudio sea modelado en un software diferente para poder corroborar los resultados que se obtuvieron en la investigación
- Se sugiere obtener costos de mantenimiento de los buses troncales de 18m para conocer los ahorros anuales sobre los buses inoperativos.
- Para tener una mejor asignación, se recomienda recolectar una información más cercana a la realidad sobre la distribución de viajes como etapa de planificación de transporte.

- Se aconseja ampliar este estudio incluyendo las estaciones faltantes en la zona norte de la ciudad que contempla el tramo hasta el terminal Chimpú Ocllo en el distrito de Carabayllo.

Recomendaciones adicionales

- Se debe realizar este estudio de optimización y propuesta de rutas para los diferentes sistemas de transporte masivos de la ciudad como los alimentadores, corredores, etc en sus diferentes horas punta.
- Se sugiere una nueva tarifa para los expresos, mediante la implementación de un rotulador para volver a pasar la tarjeta dentro del bus. Así se puede restringir y mejorar el servicio expreso.
- Diseñar giros de retorno operacional en más puntos del recorrido del sistema BRT, estos retornos aumentan el flujo de buses troncales.
- Se recomienda que a la salida del sistema los usuarios tengan que pasar la tarjeta para poder obtener mejor información sobre el origen y destino de los distintos viajes que realizan. Esto aumenta información relevante en la etapa de distribución de viajes y la ejecución de una mejor asignación.
- Para mejorar el flujo de buses en el giro operacional en la estación Uni, se sugiere el uso de semáforos con sensor de movimiento para que tengan prioridad de pase en la intersección de las avenidas.
- Mejorar la infraestructura de la estación Naranjal, ya que existen vigas transversales que quitan espacio para poder hacer las colas en las horas punta e incluso dificultan el recorrido de los usuarios por la estación.
- Finalmente, se recomienda incentivar que Protransporte realice campañas educativas sobre el eficiente uso de las rutas del sistema BRT para que los usuarios realicen transbordos y reduzcan su tiempo de viaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (AATE). (2017). *Movilidad Urbana de Personas de Lima y Callao*. Perú: AATE. Recuperado de: <http://bigdata.aate.gob.pe:3009/> [Consulta: 15 de mayo de 2020].
2. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2015). *Casos de Estudio Comparativo de Tres Proyectos de Transporte Urbano Apoyados por el BID*. New York: BID. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Casos-de-estudio-comparativos-de-tres-proyectos-de-transporte-urbano-apoyados-por-el-BID.pdf> [Consulta: 18 de agosto de 2018].
3. Blair, H. (2017). *TransCAD Network Settings 2017/4/17*. Recuperado de <https://slideplayer.com/slide/5170863/> [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
4. Blair, H. (2018). *TransCAD Route Systems 2018/11/22*. Recuperado de <https://slideplayer.com/slide/14724751/> [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
5. Caliper Corporation. (2010). *What TransCAD Users Should Know about New Static Traffic Assignment Methods*. Massachusetts: Caliper Corporation. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/b473/3cbdd5bf3d9cc216f34335c69c7e8e10baaf.pdf> [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
6. Caliper Corporation. 2017. Software de planificación de transporte TransCAD. Estados Unidos. Recuperado de <https://www.caliper.com/transcad/applicationmodules.htm> [Consulta: 29 de setiembre de 2018].
7. Caliper Corporation. (2018). *Sophisticated Geographic and Transportation Analysis Tools*. Massachusetts: Caliper Corporation. Recuperado de <https://www.caliper.com/transcad/applicationmodules.htm> [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
8. Caliper Corporation. (2018). *Travel Demand Modeling with TransCAD*. Massachusetts: Caliper Corporation. Recuperado de <https://www.caliper.com/pdfs/transcad-espanol.pdf> [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
9. Caliper Corporation. (2019). *Objetos TransCAD*. Massachusetts: Caliper Corporation. Recuperado de <https://www.caliper.com/TransCAD/objetos.htm> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
10. Caliper Corporation. (2019). *TransCAD Transportation Planning Software*. Massachusetts: Caliper Corporation. Recuperado de <https://www.caliper.com/tcovu.htm> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
11. Clavijo, E. (2018). *Construcción de una matriz origen-destino para el transporte público en Montevideo* (Tesis de licenciatura, Universidad ORT Uruguay, Facultad de Ingeniería, Montevideo, Uruguay). Recuperado de <https://dspace.ort.edu.uy/handle/20.500.11968/3765> [Consulta: 28 de agosto de 2019].
12. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). *Qué es un BRT, o la implementación del Metrobús en la ciudad de Buenos Aires, Argentina*. Buenos Aires: CEPAL. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36157/1/FAL-312-WEB_es.pdf [Consulta: 15 de diciembre de 2019].
13. Coursera. (18 de abril de 2018). Modelo clásico de transporte 4 etapas [Archivo de video]. Recuperado de <https://es.coursera.org/lecture/analisis-sistemas-de-transporte/modelo--ATqle> [Consulta: 26 de mayo de 2018].

14. Currie, G., & A. Delbosc. (2011). "Understanding bus rapid transit route ridership drivers: An empirical study of Australian BRT systems." *Transp. Policy* 18 (5) 755–764. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/227427453_Understanding_bus_rapid_transit_route_ridership_drivers_An_empirical_study_of_Australian_BRT_systems [Consulta: 10 de Agosto 2019].
15. Currie, G., & A. Delbosc. (2013). "Exploring comparative ridership drives of bus rapid transit and light rail transit routes." *J. Publ. Transp.* 16 (2), 47–65. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261667775_Exploring_Comparative_Ridership_Drivers_of_Bus_Rapid_Transit_and_Light_Rail_Transit_Routes [Consulta: 10 de Agosto 2019].
16. El Comercio. (19 de marzo de 2019). Metropolitano: caos en estaciones por falta de buses troncales. El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/transporte/metropolitano-caos-estaciones-falta-buses-troncales-fotos-noticia-nndc-618067-noticia/> [Consulta: 17 de diciembre de 2019].
17. Galindres, A. (2016). Asignación de frecuencias apropiadas a través de un modelo multiobjetivo para un sistema BRT. *Revista EIA*, 13 (26), 141-152.
18. Google Maps. (2015). Av. Carlos Izaguirre y Av. Tupac Amaru [Captura de pantalla] Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Av.+Carlos+Izaguirre+%26+Av.+Tupac+Amaru,+Independencia+15311/@-11.9890629,-77.0571003,3a,75y,2.75h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1sp7wm-vP8SuG9XOW7Y61ZuA!2e0!7i13312!8i6656!4m5!3m4!1s0x9105ce5328622721:0x229eb03a3b081c0f!8m2!3d-11.9890417!4d-77.0570885> [Consulta: 12 de diciembre de 2019].
19. Google Maps. (2015). Av. Tacna & Avenida Emancipación [Captura de pantalla] Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Av.+Tacna+%26+Avenida+Emancipaci%C3%B3n,+Cercado+de+Lima+15001/@-12.0463549,-77.039631,17z/data=!3m1!4b1!4m8!1m2!2m1!1stacna+y+emancipacion+google+earth!3m4!1s0x9105c8cbdeb2f177:0xb04d97fbbfd4e9e4!8m2!3d-12.0463549!4d-77.0374423> [Consulta: 12 de diciembre de 2019].
20. González, C. (2011). *Solving the traffic assignment problem using real data for a segment of Medellin's transportation network*. Medellín: Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302011000300005 [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
21. Gonzales, F. (27 de noviembre de 2017). Construir matrices orígenes destino con la tarjeta SUBE. Medium. Recuperado de <https://medium.com/@alephcero/construir-matrices-or%C3%ADgenes-destino-con-la-tarjeta-sube-9c06ae25c00c> [Consulta: 28 de junio de 2018].
22. Instituto Metropolitano PROTRANSPORTE de Lima (Protransporte). (2012). Portal de Metropolitano. Lima: Metropolitano. Recuperado de <http://www.metropolitano.com.pe/> [Consulta: 15 de octubre de 2019].
23. Instituto Metropolitano de PROTRANSPORTE de Lima (Protransporte). *Especificaciones técnicas mínimas de los gasocentros sur y norte*. Lima: PROTRANSPORTE. Recuperado de <http://www.protransporte.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/Bases-Especificaciones-T%C3%A9nicas-28.12.09-Gasocentros-Norte-y-Sur.pdf> [Consulta 16 de enero de 2020].
24. Instituto Nacional de Estadística e Informática (21 de setiembre del 2017), Evaluación de la población censada rural, según departamento y año censal. Recuperado en: <http://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/growth-and-size-of-population/> [Consulta: 11 de enero de 2020].

25. Izaguirre, J. (2017). *Infracciones de Tránsito España con Alfonso Ugarte Enero 2017* [Archivo de video] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QbbMjdz0v8A> [Consulta: 12 de diciembre de 2019].
26. Ko, J., D. Park, & S. Lee. (2011). "Transit ridership evaluation using aggregate-level causal analyses of subway mode shares in Seoul, South Korea." *Transp. Res. Rec.* 2219 (1), 59–68. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330728436_Transit_Ridership_Evaluation_Using_Aggregate-Level_Causal_Analyses_of_Subway_Mode_Shares_in_Seoul_South_Korea [Consulta: 10 de Agosto 2019].
27. Ko, J, Kim, D, S.M. ASCE & Etezady, A. (2019) Determinants of Bus Rapid Transit Ridership: System-Level Analysis. *Journal of Urban Planning and Development*, 145(2), 1-8. Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000506> [Consulta: 10 de Agosto 2019].
28. Lam, WHK, GAO, Z, Chan, K, Yang, H, (1999). *A stochastic user equilibrium assignment model for congested transit networks*. Transportation Research Part B: Methodological, Volume 33, Issue 5, p. 351-368. 2019, Diciembre 10, De Science Direct Base de datos.
29. Lavado, J. (2013). *TransCAD Modulo IV* [Captura de pantalla]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/juliocesarlavadoyarasca/transcad-module-iv> [Consulta: 10 de diciembre de 2018].
30. Lima Bus Internacional. 2018. Portal de Limabus. Lima: Lima Bus Internacional: Recuperado de <https://www.limabus.com.pe/> [Consulta: 23 de diciembre de 2019].
31. Ma, Z, Li, C & Zhang, J, (2018) Transportation and Land Use Change: Comparison of Intracity Transport Routes in Changchun. *Journal of Urban Planning and Development*, 144(3). 1-10. Recuperado de <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000465> [Consulta: 10 de Agosto 2019].
32. Martínez, F. & Gulnara, M. & Mauttone, A. (2017). and solution method to a simultaneous route design and frequency setting problem for a bus rapid transit system in Colombia. *Pesquisa Operacional*, 37(2), 403-434.
33. Metropolitano. [MetropolitanoPT]. (26 de abril 2017). *Los Inspectores de Tránsito del #Metropolitano facilitan la fluidez vehicular en la Plaza Ramón Castilla, en el Cercado de Lima.* [Publicación de Twitter] Recuperado de <https://twitter.com/MetropolitanoPT/status/857366955132628997> [Consulta: 12 de diciembre de 2019].
34. Metropolitano. (2019). *Accesos a estaciones*. Lima: Metropolitano. Recuperado de <http://www.metropolitano.com.pe/atencion-al-usuario/atencion-preferencial/accesos-a-estaciones/> [Consulta: 12 de diciembre de 2019].
35. Metropolitano. (2020). *Conócenos*. Lima: Metropolitano. Recuperado de <http://www.metropolitano.com.pe/conocenos/> [Consulta: 14 de enero de 2020].

36. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2019). *ANEXO N° 11: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN SOCIAL*. Lima: MEF. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo11_directiva001_2019EF6301.pdf [Consulta: 16 de enero de 2020].
37. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2020). *El Metropolitano anuncia nuevo horario desde este miércoles 25 de marzo*. Lima: MTC. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/109941-el-metropolitano-anuncia-nuevo-horario-desde-este-miercoles-25-de-marzo> [Consulta: 30 de marzo de 2020].
38. Municipalidad de Lima. (2017). *Estudiantes de institutos ya pueden actualizar tarjeta del metropolitano con vigencia al 31 de diciembre*. Lima: Municipalidad de Lima. Recuperado de <http://www.munlima.gob.pe/noticias/item/36567-estudiantes-de-institutos-ya-pueden-actualizar-tarjeta-del-metropolitano-con-vigencia-al-31-de-diciembre> [Consulta: 12 de diciembre de 2018].
39. Municipalidad de Lima (Munlima). (2019). *5 Buses se sumaron a ruta troncal del Metropolitano*. Lima: Munlima. Recuperado de <http://www.munlima.gob.pe/noticias/item/38000-5-buses-se-sumaron-a-ruta-troncal-del-metropolitano> [Consulta: 14 de enero de 2020].
40. Municipalidad de Lima (Munlima). (2019). *Ampliación Tramo Norte del Metropolitano*. Lima: Munlima. Recuperado de <https://aplicativos.munlima.gob.pe/ampliacion-metropolitano> [Consulta: 15 de enero de 2020].
41. Oficina Catalana de Cambio Climático (OCCC). (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Cataluña: OCCC. Recuperado de <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531> [Consulta: 11 de enero 2020].
42. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinermin). *Precio Reportado por los operadores de los Establecimientos de Venta al Público de GNV*. Lima: Portal Facilito. Recuperado de <http://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGNVAction.do> [Consulta 16 de enero de 2020].
43. Posada, J. & Gonzáles, C. (junio, 2010). Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales. *Revista facultad de ingeniería*, 53, 106-118. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n53/n53a09.pdf> [Consulta: 20 de enero de 2019].
44. Prieto, G. (2018). *Cambios en esquemas contractuales del transporte público como clave para la transformación de las empresas alimentadoras del Sistema TransMilenio, 1999-2003*. Revista Espacios. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a18v39n41/18394124.html> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
45. RVA Servicios Generales. (2019). *SEÑALÉTICA SIMPLE Y FOTOLUMINISCENTE*. Lima: RVA Servicios Generales. Recuperado de <http://www.rva.pe/productos/senaletica.html> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
46. SETON. (2019). *Señal direccional " Pictograma ISO 7010 en rollo "Prohibido apoyarse" - P041*. Madrid: SETON. Recuperado de <https://www.seton.es/pictograma-iso-7010-rollo-prohibido-apoyarse-p041.html#ISO%20A%20RXD100%20P041> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].

47. SETON. (2019). *Señal direccional "Salida de emergencia" flecha 90° a la derecha*. Madrid: SETON. Recuperado de <https://www.seton.es/senal-direccional-salida-emergencia-flecha-90-a-derecha.html#PA3PE%20515%203E> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
48. Sociedad de Comercio Exterior del Perú (COMEX). (2019). Ley de chatarreo y otros, piezas en el rompecabezas del transporte sostenible. Perú: COMEX. Recuperado de: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/ley-de-chatarreo-y-otros-piezas-en-el-rompecabezas-del-transporte-sostenible> [Consulta: 04 de enero de 2020].
49. Taylor, B. D., D. Miller, H. Iseki, & C. Fink. (2009). "Nature and/or nurture? Analyzing the determinants of transit ridership across US urbanized areas." *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 43 (1), 60–77. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/221956321_Nature_andor_Nurture_Analyzing_the_Determinants_of_Transit_Ridership_across_US_Urbanized_Areas [Consulta: 10 de Agosto 2019].
50. Tapia C. I. (2016). *Evaluación del nivel de servicio del transporte público a través de indicadores en la etapa de viaje: espera en parada (origen)*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito, Ecuador).
51. Thériault, M. (1999). *Modelling Commuter Trip Length and Duration Within GIS: Application to an O-D Survey*. Québec: Centre de recherche en aménagement et en développement (CRAD). Recuperado de http://publish.uwo.ca/~jmalczew/gida_5/Therault/Therault.htm [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
52. TransMilenio S.A. (2019). *Buscador de Rutas*. Bogotá: TransMilenio S.A. Recuperado de https://www.transmilenio.gov.co/Rutas/servicio_troncal/1_portal_eldorado_universidades [Consulta: 10 de diciembre de 2019].
53. Villanueva, T. & Ríos, L. (2014). Implementación de un sistema informático de soporte para la recolección y análisis de datos de tránsito vial y a través de la configuración de los estudios de tránsito (Tesis de bachiller, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú). Recuperado de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/334688/1/TirsoVillanueva.pdf> [Consulta: 12 de abril del 2018].
54. Yu, C. & He, Z. (2014). Passenger Flow Estimation Based on Smart Card Data in Public Transit. *CICTP 2014*, 658-670, doi: 10.1061/9780784413623.064.
55. W.H.K. Lam et all. (1999). *A stochastic user equilibrium assignment model for congested transit networks*. Hong Kong: W.H.K. Lam et all. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019126159800040X> [Consulta: 10 de diciembre de 2019].

ANEXOS

Anexo N° 1. Cálculo de población de los datos cedidos por Protransporte

VALIDACIONES POR ESTACIONES POR HORA DEL MARTES 1 DE MARZO DEL 2016								
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Matellini	2130	2795	1644	6569
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Rosario de Villa	452	534	399	1385
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Terán	208	219	173	600
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Escuela Militar	136	204	189	529
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Unión	373	330	159	862
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Bulevar	457	432	351	1240
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Balta	570	751	549	1870
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Plaza de Flores	680	861	562	2103
1-Mar-16	marzo	2016	martes	28 de Julio	754	865	586	2205
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Benavides	1760	2265	1790	5815
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Ricardo Palma	1038	1454	1142	3634
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Angamos	2501	3896	3293	9690
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Domingo Orué	384	656	411	1451
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Aramburú	1157	1638	1226	4021
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Canaval y Moreyra	3261	6544	4582	14387
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Javier Prado	1943	3337	2892	8172
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Canadá	1424	2048	1784	5256
1-Mar-16	marzo	2016	martes	México	640	982	767	2389
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Estadio Nacional	718	918	745	2381
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Estación Central	2189	3149	3063	8401
1-Mar-16	marzo	2016	martes	España	1231	1713	1529	4473
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Quilca	306	425	419	1150
1-Mar-16	marzo	2016	martes	2 de Mayo	558	896	752	2206
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Colmena	1010	1033	1006	3049
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Jirón de la Unión	1869	2004	1625	5498
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Tacna	568	601	542	1711
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Ramón Castilla	536	598	477	1611
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Caquetá	269	356	277	902
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Parque del Trabajo	152	167	115	434
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Uni	571	739	525	1835
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Honorio Delgado	247	275	198	720
1-Mar-16	marzo	2016	martes	El Milagro	143	139	73	355
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Tomás Valle	665	725	623	2013
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Los jazmines	103	93	51	247
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Independencia	184	192	101	477
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Pacífico	114	138	62	314
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Izaguirre	592	599	379	1570
1-Mar-16	marzo	2016	martes	Naranjal	2955	3155	1695	7805
								119330

Nota: Se muestra los ingresos a cada una de las estaciones en el horario y día enunciado, por Protransporte, 2018.

UPC
Universidad Peruana
de Ciencias Aplicadas

ENCUESTA UNIVERSITARIA

1. ¿En qué estación subió?
.....

2. Origen de viaje (avenida/jirón/vía y cuadra)
Avenida.....
Jirón/Cuadra.....
Vía.....

3. Dentro del servicio del metropolitano ¿Qué tipo de línea tomó?
☐ Expreso 1 / 2 / 3 / 8 / SX / SXN
☐ Regular A / B / C
¿Hizo transbordo y en qué estación?
SI ☐ ¿Cuál Estación?..... NO ☐

4. Modo de transporte con el que llegó a la estación:
☐ Ruta Alimentadora..... ☐ transporte público
☐ mototaxi ☐ bicicleta ☐ a pie ☐ Otros.....

5. ¿Motivo de viaje?
☐ Estudio ☐ Trabajo ☐ Ocio / Personal

6. ¿Tiempo estimado de viaje?
.....

Nota: Se detalla cada una de las preguntas que se hizo a la salida de las estaciones a los usuarios del sistema, por Elaboración Propia.

Anexo N° 3. Factor de expansión por cada estación del sistema BRT Metropolitano

	Estación	Encuestas	Pasajeros	Factor de Expansión
	N			
Naranjal	1	60	3,486	58.10
Izaguirre	2	25	751	30.05
Pacífico	3	3	143	47.58
Independencia	4	5	266	53.14
Los jazmines	5	2	101	50.66
Tomás Valle	6	30	897	29.91
El Milagro	7	3	145	48.18
Honorio Delgado	8	4	343	85.82
Uni	9	30	885	29.49
Parque del Trabajo	10	3	188	62.53
Caquetá	11	4	456	114.10
Ramón Castilla	12	30	719	23.97
Tacna	13	30	644	21.47
Jirón de la Unión	14	30	2,055	68.51
Colmena	15	30	1,103	36.75
2 de Mayo	16	30	846	28.20
Quilca	17	4	465	116.22
España	18	30	2,388	79.61
Estación Central	19	90	4,517	50.19
Estadio Nacional	20	30	1,025	34.15
México	21	30	1,031	34.36
Canadá	22	45	2,471	54.92
Javier Prado	23	60	3,817	63.62
Canaval y Moreyra	24	90	6,511	72.34
Aramburu	25	30	1,990	66.32
Domingo Orué	26	4	517	129.24
Angamos	27	90	4,526	50.29
Ricardo Palma	28	30	1,665	55.52
Benavides	29	60	2,727	45.44
28 de Julio	30	30	794	26.47
Plaza de Flores	31	30	1,009	33.62
Balta	32	30	732	24.40
Bulevar	33	5	420	83.99
Unión	34	4	324	81.09
Escuela Militar	35	2	154	77.20
Terán	36	3	242	80.64
Rosario de Villa	37	5	462	92.34
Matellini	38	60	2,959	49.32
		1081	53,776	49.75

Nota: Se calcula el factor de expansión a partir de los viajes y las encuestas realizadas, por Elaboración Propia.

Anexo N° 4. *Tabla de encuestas en Excel*

FROM	TO	NVIAJES	FROM	TO	NVIAJES
11617	11617	0	11618	11618	0
11617	11618	481	11618	11620	0
11617	11620	0	11618	11622	0
11617	11622	0	11618	11624	0
11617	11624	0	11618	11626	0
11617	11626	0	11618	11628	0
11617	11628	0	11618	11629	0
11617	11629	0	11618	11631	100
11617	11631	174	11618	11632	0
11617	11632	0	11618	11633	0
11617	11633	0	11618	11635	0
11617	11635	72	11618	11636	0
11617	11636	86	11618	11637	0
11617	11637	89	11618	11640	32
11617	11640	84	11618	11642	74
11617	11642	0	11618	11643	0
11617	11643	132	11618	11644	0
11617	11644	152	11618	11646	59
11617	11646	155	11618	11648	0
11617	11648	0	11618	11649	0
11617	11649	78	11618	11651	74
11617	11651	195	11618	11653	66
11617	11653	214	11618	11655	43
11617	11655	149	11618	11657	0
11617	11657	121	11618	11659	0
11617	11659	0	11618	11661	134
11617	11661	774	11618	11666	12
11617	11666	151	11618	11668	0
11617	11668	536	11618	11670	160
11617	11670	0	11618	11671	23
11617	11671	0	11618	11673	0
11617	11673	0	11618	11674	0
11617	11674	0	11618	11676	0
11617	11676	0	11618	11678	0
11617	11678	0	11618	11680	0
11617	11680	0	11618	11682	0
11617	11682	0	11618	11683	0
11617	11683	0	11620	11617	11
11618	11617	75	11620	11618	0

Nota: se muestra parte de la cantidad total de viajes hallados a partir de las encuestas amplificadas en una hoja de cálculo, por Elaboración Propia.

Anexo N° 5. Matriz OD en Excel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
1	0	481	0	0	0	0	0	0	174	0	0	72	86	89	84	0	132	152	155	0	78	195	214	149	121	0	774	151	536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3643
2	75	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	32	74	0	0	59	0	0	74	66	43	0	0	134	12	0	160	23	0	0	0	0	0	0	0	852
3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	17	0	6	71	0	2	9	5	3	5	4	5	0	0	0	14	3	6	22	2	12	3	2	0	0	0	10	217
4	0	0	3	0	0	4	0	0	4	0	0	13	9	6	4	15	0	14	17	4	11	9	10	12	4	0	120	3	7	0	11	12	0	0	0	6	0	21	319
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	9	0	4	10	8	7	9	4	5	5	4	0	7	0	3	0	0	0	0	0	3	0	9	98	
6	359	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	32	40	41	0	43	0	140	56	36	0	30	15	8	0	0	0	0	31	0	14	0	0	0	0	0	70	955	
7	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	11	9	0	9	3	5	14	3	0	14	12	5	0	6	2	1	7	0	5	13	3	0	0	2	3	8	152
8	49	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	14	8	0	5	0	20	18	10	3	20	12	7	0	5	22	6	11	28	8	13	0	3	0	2	2	50	323
9	0	58	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	74	88	0	0	61	16	26	58	0	101	0	33	0	57	0	0	0	0	0	223	888	
10	63	4	4	5	0	0	0	0	0	0	2	0	9	4	3	0	2	3	0	6	9	10	5	6	7	0	6	3	0	0	0	13	0	0	8	0	9	25	206
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	388	0	0	0	0	0	0	0	0	0	388	
12	132	41	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	87	12	19	0	25	72	20	23	0	11	30	0	0	0	0	0	105	698
13	200	31	28	31	0	75	0	33	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	20	0	17	0	0	0	0	0	8	17	0	23	23	48	0	0	0	37	78	730
14	1123	63	0	189	120	79	0	137	138	0	75	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	2055
15	266	41	37	82	0	151	37	45	58	0	0	48	0	0	0	0	0	0	31	0	0	22	12	7	20	0	24	11	0	0	0	30	0	0	0	0	0	158	1080
16	438	49	22	0	0	31	0	27	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	16	0	0	7	4	0	0	14	6	0	0	6	0	38	0	0	0	0	94	799
17	319	18	7	8	5	18	5	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	9	5	5	9	0	11	3	3	28	9	17	5	0	0	2	0	34	533
18	895	110	99	110	106	0	0	0	79	0	66	0	0	0	0	0	0	0	28	71	0	0	31	34	0	0	0	28	122	0	162	82	0	0	0	0	0	140	2163
19	1978	236	70	196	0	291	35	0	114	0	23	23	28	43	27	0	0	0	0	0	0	21	67	60	79	24	205	20	109	0	49	119	124	0	0	41	142	654	4778
20	249	51	0	0	0	64	0	0	111	0	0	0	72	0	0	0	0	0	105	0	0	0	29	8	0	0	30	13	0	0	25	38	80	78	0	0	0	130	1083
21	58	0	0	0	34	0	0	0	25	0	22	21	0	0	0	0	0	0	37	0	0	20	10	11	18	22	21	0	20	0	0	0	0	0	0	38	87	501	945
22	519	0	0	0	0	156	0	139	140	0	0	112	46	0	0	0	0	0	147	41	0	0	36	49	64	39	74	48	107	0	0	48	0	0	93	135	0	327	2320
23	1859	170	51	0	0	141	0	0	124	0	138	34	0	0	0	0	63	219	278	0	111	31	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	87	0	0	0	146	3484
24	2461	113	100	168	0	833	0	61	202	66	102	131	0	164	77	0	0	214	546	144	36	60	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	86	0	0	0	216	5794
25	1139	71	6	18	10	88	14	5	37	7	26	34	25	7	21	12	2	23	28	7	1	6	2	4	0	0	7	2	7	45	10	12	11	13	4	10	16	98	1828
26	148	13	0	7	3	14	5	3	18	3	11	39	25	11	4	21	5	19	20	7	6	8	2	0	4	0	3	2	0	22	2	15	5	3	0	3	3	70	524
27	3246	0	0	148	0	274	0	81	106	0	178	130	0	82	51	0	0	187	57	0	0	0	42	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	90	379	5219
28	484	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	73	0	0	0	0	153	0	0	106	57	123	0	0	58	0	0	0	0	0	156	0	0	210	0	384	1863
29	1848	0	0	0	73	95	0	83	108	90	0	0	0	27	0	60	0	0	39	49	0	0	22	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2532
30	0	0	0	0	0	45	0	0	25	84	22	0	26	0	49	57	0	90	92	69	23	0	10	16	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	629
31	349	198	14	46	0	76	14	0	22	0	9	0	0	17	0	0	17	59	43	10	20	8	5	12	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	22	0	0	97	1050
32	53	67	0	0	0	123	30	0	47	0	20	0	0	0	0	27	0	0	111	21	21	70	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	598
33	188	23	0	3	3	15	3	3	12	6	10	17	14	4	3	15	0	16	31	13	12	7	4	2	3	0	6	0	2	0	2	5	0	0	0	0	6	37	465
34	117	10	0	3	0	16	0	2	10	3	2	20	11	2	7	11	3	16	25	15	4	14	8	0	3	0	3	1	3	0	0	5	0	0	0	0	4	24	342
35	77	0	0	4	0	13	7	0	3	0	3	5	0	8	7	11	0	3	14	10	0	6	5	5	0	0	7	0	5	22	0	7	10	0	0	0	16	17	265
36	132	12	5	7	3	23	8	3	15	5	6	7	12	4	10	21	3	14	18	12	7	6	10	0	0	0	2	1	0	0	2	8	0	0	0	0	0	5	361
37	242	18	11	10	0	28	0	2	23	7	6	22	12	8	8	12	5	12	29	15	11	9	12	3	5	4	10	6	6	22	5	5	8	5	8	0	0	6	595
38	1002	249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0	252	0	159	0	1																

Nota: Se muestra la matriz origen destino de la situación actual luego de realizar la expansión en Excel, por Elaboración Propia.

Anexo N° 6. *Velocidades y tiempos de operación en ambos sentidos de los buses COSAC por tramo en todo el recorrido*

Tramo	Distancia	velocidad AB	velocidad BA	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 1 (s)	Tiempo 2 (s)
1-2	0.518	15.1	17.2	2.06	1.81	123.50	108.42
1-2	0.245	58.1	41.1	0.25	0.36	15.18	21.46
1-2	0.236	7.1	7.7	1.99	1.84	119.66	110.34
2-3	0.149	17.1	40.2	0.52	0.22	31.37	13.34
2-3	0.542	29.9	55.8	1.09	0.58	65.26	34.97
3-4	0.255	46.4	52.2	0.33	0.29	19.78	17.59
3-4	0.096	9.6	6.2	0.60	0.93	36.15	55.97
4-5	0.410	6.1	53.2	4.03	0.46	241.97	27.74
5-6	0.521	19.6	48.4	1.59	0.65	95.69	38.75
6-7	0.108	7.8	33.3	0.83	0.19	49.85	11.68
6-7	0.383	53.3	13.4	0.43	1.71	25.87	102.90
6-7	0.106	54	41.6	0.12	0.15	7.07	9.17
7-8	0.482	14.4	41.2	2.01	0.70	120.50	42.12
7-8	0.256	39.9	16.3	0.38	0.94	23.10	56.54
8-9	0.665	22.7	25.8	1.76	1.55	105.46	92.79
8-9	0.201	40.4	11.6	0.30	1.04	17.91	62.38
9-10	0.852	25.1	47.7	2.04	1.07	122.20	64.30
10-11	0.149	16.8	44.4	0.53	0.20	31.93	12.08
10-11	0.096	16.8	30.4	0.34	0.19	20.55	11.36
10-11	0.149	16.8	33.4	0.53	0.27	31.93	16.06
10-11	0.447	16.8	21.5	1.60	1.25	95.79	74.85
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-12	0.103	19.1	14.6	0.32	0.42	19.36	25.33
11-16	0.175	16.8	29.8	0.63	0.35	37.50	21.14
11-16	0.175	16.8	29.8	0.63	0.35	37.50	21.14

11-16	0.175	16.8	29.8	0.63	0.35	37.50	21.14
11-16	0.175	16.8	29.8	0.63	0.35	37.50	21.14
11-16	0.175	16.8	29.8	0.63	0.35	37.50	21.14
11-16	0.175	16.8	29.8	0.63	0.35	37.50	21.14
16-17	0.299	33.8	43.3	0.53	0.41	31.79	24.82
16-17	0.299	33.8	43.3	0.53	0.41	31.79	24.82
17-18	0.397	12.1	13	1.97	1.83	118.12	109.94
17-18	0.192	31.9	40.3	0.36	0.29	21.67	17.15
17-18	0.192	6.8	3.8	1.69	3.03	101.65	181.89
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
18-19	0.143	23.9	12.2	0.36	0.70	21.52	42.15
12-13	0.488	12.9	14.6	2.27	2.01	136.19	120.33
13-14	0.569	14.8	15.2	2.31	2.25	138.41	134.76
14-15	0.604	14.3	15.7	2.53	2.31	152.06	138.50
15-19	0.994	22.8	24.6	2.62	2.42	156.95	145.46
19-20	1.300	33.3	28.2	2.34	2.77	140.54	165.96
20-21	0.986	29.8	39.6	1.99	1.49	119.11	89.64
21-22	0.677	19.5	25.4	2.08	1.60	124.98	95.95
22-23	0.921	36	37.7	1.54	1.47	92.10	87.95
23-24	1.222	33.5	34.9	2.19	2.10	131.32	126.05
24-25	0.712	23.5	28.9	1.82	1.48	109.07	88.69
25-26	1.102	38.7	31.7	1.71	2.09	102.51	125.15
26-27	0.738	33.6	36	1.32	1.23	79.07	73.80
27-28	0.633	24.9	22.7	1.53	1.67	91.52	100.39
28-29	0.717	22.9	22.9	1.88	1.88	112.72	112.72
29-30	0.506	30.6	26.3	0.99	1.15	59.53	69.26
30-31	1.310	24.3	31.1	3.23	2.53	194.07	151.64
31-32	0.790	23.6	14.5	2.01	3.27	120.51	196.14
32-33	0.969	21.6	18.9	2.69	3.08	161.50	184.57
33-34	0.475	18.8	13.9	1.52	2.05	90.96	123.02
34-35	1.012	19.5	23.5	3.11	2.58	186.83	155.03
35-36	0.836	15.6	19.3	3.22	2.60	192.92	155.94
36-37	0.629	20.1	24.4	1.88	1.55	112.66	92.80

37-38	0.768	32.5	23.8	1.42	1.94	85.07	116.17
-------	-------	------	------	------	------	-------	--------

Nota: Detalles de tiempos y velocidades por tramo a partir de viajes reales, por Elaboración Propia.

Anexo N° 7. Tabla de centroides

Centroides						
	ID	Longitudo	Latitude	CentroideN	Nombre	[NumeroEstación]
\$	11617	-77059636	-11979857	99	Estación Naranjal	1
\$	11618	-77056118	-11988902	99	Estación Izaguirre	2
\$	11620	-77055277	-11993547	99	Estación Pacífico	3
\$	11622	-77054601	-11998529	99	Estación Independencia	4
\$	11624	-77053631	-12002076	99	Estación Jazmines	5
\$	11626	-77052790	-12006187	99	Estación Tomás Valle	6
\$	11628	-77051118	-12010866	99	Estación El Milagro	7
\$	11629	-77050006	-12017805	99	Estación Honorio Delgado	8
\$	11631	-77047811	-12022978	99	Estación Uni	9
\$	11632	-77043540	-12028230	99	Estación Parque del Trabajo	10
\$	11633	-77043031	-12035178	99	Estación Caquetá	11
\$	11635	-77041468	-12043375	99	Estación Ramón Castilla	12
\$	11636	-77036290	-12046009	99	Estación Tacna	13
\$	11637	-77032621	-12048578	99	Estación Jr de la Unión	14
\$	11640	-77031091	-12052283	99	Estación Colmena	15
\$	11642	-77042171	-12047102	99	Estación 2 de mayo	16
\$	11643	-77041323	-12051565	99	Estación Quilca	17
\$	11644	-77040840	-12057545	99	Estación España	18
\$	11646	-77034882	-12058608	99	Estación Central	19
\$	11648	-77030438	-12068761	99	Estación Estadio Nacional	20
\$	11649	-77027762	-12076873	99	Estación México	21
\$	11651	-77025920	-12082021	99	Estación Canadá	22
\$	11653	-77021982	-12090165	99	Estación Javier Prado	23
\$	11655	-77023218	-12095922	99	Estación Canaval y Moreyra	24
\$	11657	-77025715	-12101757	99	Estación Aramburú	25
\$	11659	-77025501	-12107792	99	Estación Domingo Orué	26
\$	11661	-77024658	-12112998	99	Estación Angamos	27
\$	11666	-77025005	-12118587	99	Estación Ricardo Palma	28
\$	11668	-77023006	-12124292	99	Estación Benavides	29
\$	11670	-77020925	-12128801	99	Estación 28 de Julio	30
\$	11671	-77018302	-12134813	99	Estación Plaza de Flores	31
\$	11673	-77016211	-12140324	99	Estación Balta	32
\$	11674	-77018868	-12147592	99	Estación Bulevar	33
\$	11676	-77017750	-12152107	99	Estación Estadio Unión	34
\$	11678	-77016837	-12159617	99	Estación Escuela Militar	35
\$	11680	-77014477	-12166875	99	Estación Terán	36
\$	11682	-77011434	-12170984	99	Estación Rosario de Villa	37
\$	11683	-77009444	-12176998	99	Estación Matellini	38

Nota: Se detallan los centroides que sirven como paraderos en la etapa de creación de rutas, por Elaboración Propia.

Anexo N° 8. Tabla de Conectores

<div> <div> </div> <div> <div>Conector</div> <div> </div> </div> </div>															
	ID	Length	Dir	NombreVia	Cosac	Tipo	PeatonTPub	AB_Capac	BA_Capac	AB_VelPeat	BA_VelPeat	BA_TmPriv	AB_TmPeat	BA_TmPeat	
—	9842	0.14	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.04	2.04	2.04	
—	9855	0.22	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	3.33	3.33	3.33	
—	9853	0.13	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.99	1.99	1.99	
—	9830	0.12	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.82	1.82	1.82	
—	9852	0.18	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.66	2.66	2.66	
—	9840	0.12	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.75	1.75	1.75	
—	9821	0.22	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	3.24	3.24	3.24	
—	9800	0.08	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.25	1.25	1.25	
—	9802	0.18	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.68	2.68	2.68	
—	9804	0.07	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.02	1.02	1.02	
—	9813	0.19	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.83	2.83	2.83	
—	9814	0.08	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.21	1.21	1.21	
—	9815	0.11	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.72	1.72	1.72	
—	9849	0.22	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	3.24	3.24	3.24	
—	9847	0.15	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.24	2.24	2.24	
—	9808	0.13	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.93	1.93	1.93	
—	9817	0.06	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	0.85	0.85	0.85	
—	9819	0.08	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.18	1.18	1.18	
—	9818	0.14	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.08	2.08	2.08	
—	9861	0.47	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	7.02	7.02	7.02	
—	9845	0.10	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.57	1.57	1.57	
—	9806	0.13	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.88	1.88	1.88	
—	9823	0.07	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.09	1.09	1.09	
—	9862	0.23	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	3.48	3.48	3.48	
—	9811	0.15	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.22	2.22	2.22	
—	9827	0.10	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.54	1.54	1.54	
—	9810	0.19	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.92	2.92	2.92	
—	9829	0.18	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.65	2.65	2.65	
—	9850	0.12	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.73	1.73	1.73	
—	9834	0.11	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.68	1.68	1.68	
—	9836	0.16	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.34	2.34	2.34	
—	9838	0.16	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.38	2.38	2.38	
—	9832	0.08	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.17	1.17	1.17	
—	9859	0.54	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	8.08	8.08	8.08	
—	9857	0.30	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	
—	9824	0.14	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	2.04	2.04	2.04	
—	9825	0.12	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.78	1.78	1.78	
—	9799	0.07	0	Conector	99	99	9	800	800	4.00	4.00	1.05	1.05	1.05	

Nota: Se muestran los conectores que asignan diferentes parámetros a cada uno de los centroides, por Elaboración Propia.

Anexo N° 9. Vías

ID	Length	Dir	NombreVia	Cosac	AB_Carril	BA_Carril	AB_Capac	BA_Capac	AB_Precarga	BA_Precarga	AB_VelPeat	BA_VelPeat	AB_VelCosac	BA_VelCosac	Distancia	Tiempo_AB	Tiempo_BA
1005	0.07	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	2004.90	1468.13	4.00	4.00	9.60	6.20	0.096	0.60	0.93
1006	0.34	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	1480.90	2006.72	4.00	4.00	46.40	52.20	0.255	0.33	0.29
1013	0.13	0	TUPAC AMARU	1	2	2	1680	1680	1651.77	1880.81	4.00	4.00	7.10	7.70	0.236	1.99	1.84
1014	0.13	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	2044.22	1518.40	4.00	4.00	17.10	40.20	0.149	0.52	0.22
1059	0.72	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	1892.82	2050.52	4.00	4.00	25.10	47.70	0.852	2.04	1.07
1061	0.23	0	CAQUETA	1	2	2	2400	2400	991.24	61.98	4.00	4.00	16.80	44.40	0.149	0.53	0.20
1068	0.70	0	COSAC 1	1	2	2	2800	2800	--	--	4.00	4.00	22.70	25.80	0.665	1.76	1.55
1077	0.10	0	CAQUETA	1	2	2	2400	2400	--	1203.81	4.00	4.00	16.80	30.40	0.096	0.34	0.19
1101	0.10	0	ALFONSO UGARTE	1	2	2	2400	2400	617.52	--	4.00	4.00	19.10	14.60	0.103	0.32	0.42
1165	0.33	0	CAQUETA	1	2	2	2400	2400	668.55	164.77	4.00	4.00	16.80	21.50	0.447	1.60	1.25
1166	0.18	0	CAQUETA	1	2	2	2400	2400	1209.57	--	4.00	4.00	16.80	33.40	0.149	0.53	0.27
1171	0.01	0	RAMPA ACCESO	1	2	2	2400	2400	668.55	--	4.00	4.00	19.10	14.60	0.103	0.32	0.42
1209	0.40	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	1302.42	1978.43	4.00	4.00	53.30	13.40	0.383	0.43	1.71
1210	0.04	0	TUPAC AMARU	1	3	3	3600	3600	2019.05	1430.53	4.00	4.00	54.00	41.60	0.106	0.12	0.15
1460	0.64	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	1614.27	1843.31	4.00	4.00	15.10	17.20	0.518	2.06	1.81
1461	0.23	0	TUPAC AMARU	1	2	2	2400	2400	1880.81	1614.27	4.00	4.00	58.10	41.10	0.245	0.25	0.36
1788	0.21	0	ALFONSO UGARTE	1	3	3	3600	3600	1453.95	--	4.00	4.00	19.10	14.60	0.103	0.32	0.42
1960	0.40	0	COSAC 1	1	2	2	2800	2800	--	--	4.00	4.00	39.90	16.30	0.256	0.38	0.94
2527	0.13	0	VIA EXPRESA	1	1	1	1400	1400	223.90	--	4.00	4.00	29.80	39.60	0.149	0.30	0.23
2530	0.18	0	VIA EXPRESA	1	1	1	1400	1400	223.90	129.93	4.00	4.00	29.80	39.60	0.183	0.37	0.28
2612	0.64	0	VIA EXPRESA	1	1	1	1400	1400	223.90	129.93	4.00	4.00	19.50	25.50	0.667	2.05	1.57
2660	1.09	0	VIA EXPRESA	1	3	3	4200	4200	223.90	--	4.00	4.00	33.30	28.20	1.124	2.03	2.39
4423	0.21	0	ALFONSO UGARTE	1	2	2	2400	2400	1400.14	1030.84	4.00	4.00	6.80	3.80	0.192	1.69	3.03
4425	0.19	0	ALFONSO UGARTE	1	2	2	2400	2400	1071.06	1400.14	4.00	4.00	31.90	40.30	0.192	0.36	0.29
4442	0.13	0	ESPAÑA	1	3	3	2520	2520	70.51	--	4.00	4.00	23.90	12.20	0.143	0.36	0.70
4448	0.23	0	ESPAÑA	1	2	2	1680	1680	70.51	--	4.00	4.00	23.90	12.20	0.143	0.36	0.70
4610	0.06	0	PASEO DE LOS HEROES NAVALES	1	4	4	3360	3360	70.51	--	4.00	4.00	22.80	24.60	0.086	0.23	0.21
4611	0.06	0	PASEO DE LA REPUBLICA	1	4	4	3360	3360	--	--	4.00	4.00	22.80	24.60	0.082	0.22	0.20
4613	0.07	0	PLAZA GRAU	1	4	4	5600	5600	1600.77	--	4.00	4.00	33.30	28.20	0.071	0.13	0.15
5610	0.03	0	PLAZA GRAU	1	4	4	5600	5600	1450.73	--	4.00	4.00	33.30	28.20	0.043	0.08	0.09
6425	0.12	0	EMANCIPACION	1	4	4	3840	3840	45.00	--	4.00	4.00	12.90	14.60	0.096	0.45	0.39
6441	0.42	0	EMANCIPACION	1	4	4	3840	3840	324.43	--	4.00	4.00	12.90	14.60	0.392	1.82	1.61
6460	0.39	0	ALFONSO UGARTE	1	2	2	2400	2400	262.39	--	4.00	4.00	16.80	29.80	0.175	0.63	0.35
6461	0.06	0	ALFONSO UGARTE	1	1	1	1200	1200	355.13	--	4.00	4.00	19.10	14.60	0.103	0.32	0.42

Nota: Se especifica cada una de las características y parámetros que las vías por las que recorre el servicio BRT Metropolitano posee, por Elaboración Propia.

Anexo N° 10. Paraderos

[Dataview9 - Paradas07]

Map Dataview Selection Matrix Layout Tools Procedures Networks/Paths Route Systems Pla								
All Records								
ID	Longitude	Latitude	Route_ID	Milepost	STOP_ID	Nodo	[Stop Name]	Nombre
426	-77056881	-11988971	10	10.448120	426	2722 E. Izaguirre	E3_SN	E3_SN
425	-77049205	-12023991	10	7.810053	425	11630 E. Uni	E3_SN	E3_SN
424	-77035800	-12058817	10	4.834248	424	11645 E. Central	E3_SN	E3_SN
423	-77028870	-12076846	10	3.484798	423	6963 E. Mexico	E3_SN	E3_SN
422	-77027089	-12102204	10	1.597633	422	11656 E. Aramburu	E3_SN	E3_SN
182	-77059131	-11980244	10	11.067108	182	3108 E. Naranjal	E3_SN	E3_SN
181	-77025884	-12113243	10	0.823879	181	11664 E. Angamos	E3_SN	E3_SN
180	-77024191	-12124971	10	0.000000	180	11667 E. Benavides	E3_SN	E3_SN
220	-77019249	-12135276	13	11.243307	220	10048 E. Plaza de Flor	E8_NS	E8_NS
219	-77024191	-12124971	13	10.448120	219	11667 E. Benavides	E8_NS	E8_NS
218	-77025885	-12113236	13	9.623758	218	11664 E. Angamos	E8_NS	E8_NS
217	-77024657	-12095971	13	8.389864	217	11654 E. Canaval y Mor	E8_NS	E8_NS
216	-77022998	-12090305	13	7.971368	216	11652 E. Javier Prado	E8_NS	E8_NS
215	-77035800	-12058821	13	5.614162	215	11645 E. Central	E8_NS	E8_NS
214	-77041767	-12058103	13	5.142737	214	11353 E. España	E8_NS	E8_NS
213	-77043710	-12035967	13	3.611095	213	11616 E. Caqueta	E8_NS	E8_NS
212	-77049203	-12023993	13	2.638255	212	11630 E. Uni	E8_NS	E8_NS
211	-77053845	-12006718	13	1.258154	211	11625 E. Tomas Valle	E8_NS	E8_NS
210	-77055201	-11998347	13	0.675007	210	11621 E. Independencia	E8_NS	E8_NS
209	-77056881	-11988976	13	0.000343	209	2722 E. Izaguirre	E8_NS	E8_NS
230	-77053845	-12006717	14	9.985236	230	11625 E. Tomas Valle	E8_SN	E8_SN
229	-77049209	-12023988	14	8.605583	229	11630 E. Uni	E8_SN	E8_SN
228	-77043711	-12035961	14	7.632630	228	11616 E. Caqueta	E8_SN	E8_SN
227	-77041767	-12058103	14	6.100569	227	11353 E. España	E8_SN	E8_SN
226	-77035800	-12058818	14	5.629373	226	11645 E. Central	E8_SN	E8_SN
225	-77022998	-12090305	14	3.271943	225	11652 E. Javier Prado	E8_SN	E8_SN
224	-77024652	-12095962	14	2.854151	224	11654 E. Canaval y Mor	E8_SN	E8_SN
223	-77025884	-12113243	14	1.619064	223	11664 E. Angamos	E8_SN	E8_SN
222	-77024191	-12124971	14	0.795187	222	11667 E. Benavides	E8_SN	E8_SN
221	-77019249	-12135276	14	0.000000	221	10048 E. Plaza de Flor	E8_SN	E8_SN
232	-77056881	-11988971	14	11.243307	232	2722 E. Izaguirre	E8_SN	E8_SN
231	-77055200	-11998361	14	10.567336	231	11621 E. Independencia	E8_SN	E8_SN
246	-77041767	-12058105	15	5.761861	246	11353 E. España	RB_NS	RB_NS
245	-77042376	-12050907	15	5.265362	245	11342 E. Quilca	RB_NS	RB_NS

Nota: Se detalla los paraderos que poseen las rutas expresas 3, 8 y regular B, por Elaboración Propia.

Anexo N° 11. *Tablas de viajes de encuestas en TransCAD*

FROM	TO	NVIAJES	FROM	TO	NVIAJES
11617	11617	0.00	11617	11678	0.00
11617	11618	481.00	11617	11680	0.00
11617	11620	0.00	11617	11682	0.00
11617	11622	0.00	11617	11683	0.00
11617	11624	0.00	11618	11617	75.00
11617	11626	0.00	11618	11618	0.00
11617	11628	0.00	11618	11620	0.00
11617	11629	0.00	11618	11622	0.00
11617	11631	174.00	11618	11624	0.00
11617	11632	0.00	11618	11626	0.00
11617	11633	0.00	11618	11628	0.00
11617	11635	72.00	11618	11629	0.00
11617	11636	86.00	11618	11631	100.00
11617	11637	89.00	11618	11632	0.00
11617	11640	84.00	11618	11633	0.00
11617	11642	0.00	11618	11635	0.00
11617	11643	132.00	11618	11636	0.00
11617	11644	152.00	11618	11637	0.00
11617	11646	155.00	11618	11640	32.00
11617	11648	0.00	11618	11642	74.00
11617	11649	78.00	11618	11643	0.00
11617	11651	195.00	11618	11644	0.00
11617	11653	214.00	11618	11646	59.00
11617	11655	149.00	11618	11648	0.00
11617	11657	121.00	11618	11649	0.00
11617	11659	0.00	11618	11651	74.00
11617	11661	774.00	11618	11653	66.00
11617	11666	151.00	11618	11655	43.00
11617	11668	536.00	11618	11657	0.00
11617	11670	0.00	11618	11659	0.00
11617	11671	0.00	11618	11661	134.00
11617	11673	0.00	11618	11666	12.00
11617	11674	0.00	11618	11668	0.00
11617	11676	0.00	11618	11670	160.00

Nota: Cantidad de viajes hallados a partir de las encuestas amplificadas en el software TransCAD, por Elaboración Propia.

Anexo N° 12. Matriz OD en TransCAD

	11653	11655	11657	11659	11661	11666	11668	11670	11671	11673	11674	11676	11678	11680	11682	11683	Sum
11628	12.00	5.00	0.00	6.00	2.00	1.00	7.00	0.00	5.00	13.00	3.00	0.00	0.00	2.00	3.00	8.00	152.00
11629	12.00	7.00	0.00	5.00	22.00	6.00	11.00	28.00	8.00	13.00	0.00	3.00	0.00	2.00	2.00	50.00	323.00
11631	16.00	26.00	58.00	0.00	101.00	0.00	33.00	0.00	57.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	223.00	888.00
11632	5.00	6.00	7.00	0.00	6.00	3.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.00	0.00	8.00	0.00	9.00	25.00	206.00
11633	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	388.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	388.00
11635	12.00	19.00	0.00	25.00	72.00	20.00	23.00	0.00	11.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	105.00	698.00
11636	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	17.00	0.00	23.00	23.00	48.00	0.00	0.00	0.00	37.00	78.00	730.00
11637	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.00	2055.00
11640	12.00	7.00	20.00	0.00	24.00	11.00	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	158.00	1080.00
11642	7.00	4.00	0.00	0.00	14.00	6.00	0.00	0.00	6.00	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	94.00	799.00
11643	5.00	5.00	9.00	0.00	11.00	3.00	3.00	28.00	9.00	17.00	5.00	0.00	0.00	2.00	0.00	34.00	533.00
11644	31.00	34.00	0.00	0.00	0.00	28.00	122.00	0.00	162.00	82.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140.00	2163.00
11646	67.00	60.00	79.00	24.00	205.00	20.00	109.00	0.00	49.00	119.00	124.00	0.00	0.00	41.00	142.00	654.00	4778.00
11648	29.00	8.00	0.00	0.00	30.00	13.00	0.00	0.00	25.00	38.00	80.00	78.00	0.00	0.00	0.00	130.00	1083.00
11649	10.00	11.00	18.00	22.00	21.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	87.00	501.00	945.00
11651	36.00	49.00	64.00	39.00	74.00	48.00	107.00	0.00	0.00	48.00	0.00	0.00	93.00	135.00	0.00	327.00	2320.00
11653	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.00	0.00	0.00	0.00	146.00	3484.00
11655	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	86.00	0.00	0.00	0.00	216.00	5794.00
11657	2.00	4.00	0.00	0.00	7.00	2.00	7.00	45.00	10.00	12.00	11.00	13.00	4.00	10.00	16.00	98.00	1828.00
11659	2.00	0.00	4.00	0.00	3.00	2.00	0.00	22.00	2.00	15.00	5.00	3.00	0.00	3.00	3.00	70.00	524.00
11661	42.00	0.00	0.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.00	90.00	379.00	5219.00
11666	57.00	123.00	0.00	0.00	58.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	156.00	0.00	0.00	210.00	0.00	384.00	1863.00
11668	22.00	0.00	38.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2532.00
11670	10.00	16.00	0.00	0.00	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	629.00
11671	5.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00	22.00	0.00	0.00	97.00	1050.00
11673	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	598.00
11674	4.00	2.00	3.00	0.00	6.00	0.00	2.00	0.00	2.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	37.00	465.00
11676	8.00	0.00	3.00	0.00	3.00	1.00	3.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	24.00	342.00
11678	5.00	5.00	0.00	0.00	7.00	0.00	5.00	22.00	0.00	7.00	10.00	0.00	0.00	0.00	16.00	17.00	265.00
11680	10.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	2.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	361.00
11682	12.00	3.00	5.00	4.00	10.00	6.00	6.00	22.00	5.00	5.00	8.00	5.00	8.00	0.00	0.00	6.00	595.00
11683	142.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1063.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3002.00
Sum	890.00	623.00	437.00	215.00	1748.00	752.00	1090.00	349.00	1511.00	519.00	491.00	277.00	135.00	530.00	415.00	4195.00	53776.00

Nota: Se muestra una parte de la matriz OD obtenida a través del software TransCAD, por Elaboración Propia.

Anexo N° 13. Reporte de embarque y desembarque (Boarding Counts) de TransCAD

TransCAD - [Dataview3 - Boarding Counts]				TransCAD - [Dataview3 - Boarding Counts]			
File Edit Map Dataview Selection				File Edit Map Dataview Selection			
All Records				All Records			
STOP	ROUTE	ON	OFF	STOP	ROUTE	ON	OFF
180	10	1192.8420	0.0000	235	15	96.7368	4.4737
181	10	1819.5264	0.0000	236	15	67.2105	8.3684
422	10	1326.1578	5.1579	237	15	69.5789	0.0000
423	10	123.5263	183.2632	238	15	154.0000	9.9474
424	10	1056.6843	538.7369	239	15	102.3158	0.0000
425	10	615.9474	746.7369	240	15	223.4211	0.0000
426	10	3.9474	1425.6841	241	15	247.4210	92.3684
182	10	0.0000	3239.0527	242	15	109.4211	6.2632
209	13	484.3158	0.0000	243	15	215.8421	41.1053
210	13	224.1053	2.4211	244	15	198.0000	146.0000
211	13	447.7895	1.4737	245	15	146.0000	143.0000
212	13	534.9474	66.1053	246	15	361.8421	197.0000
213	13	326.3158	4.6842	247	15	329.2105	150.5789
214	13	351.9474	245.7895	248	15	7.2632	339.1579
215	13	1331.8947	303.6316	249	15	302.0526	83.1579
216	13	24.4737	531.6316	250	15	523.3158	438.0000
217	13	4.4211	378.1579	251	15	150.6316	125.2632
218	13	36.8947	936.6842	252	15	107.6316	169.4737
219	13	0.0000	858.3684	253	15	96.7895	196.9474
220	13	0.0000	438.1579	254	15	55.8421	49.5789
221	14	286.5789	0.0000	255	15	156.4210	237.2105
222	14	676.8947	34.1579	256	15	142.4211	424.0000
223	14	834.2105	167.5789	257	15	42.5789	214.5789
224	14	1257.5262	671.6842	258	15	9.2632	212.8421
225	14	1093.6842	181.1579	259	15	198.0000	87.8421
226	14	705.9473	702.2632	260	15	137.4211	138.7895
227	14	429.4737	535.8422	261	15	28.1053	48.0526
228	14	141.5263	552.4210	262	15	19.3158	21.1053
229	14	320.3684	226.4737	263	15	18.1053	43.5263
230	14	0.0000	1513.5790	264	15	2.3684	118.4737
231	14	0.0000	618.2105	265	15	2.2105	85.1053
232	14	0.0000	542.8421	266	15	0.0000	1420.8947
233	15	948.8420	0.0000	284	16	1060.2632	0.0000
234	15	211.3684	227.8421	285	16	171.6842	0.0000
Dataview: Records 1 - 34 of 227				Dataview: Records 35 - 68 of 227			

Nota: Se detalla una parte de los resultados de asignación de embarque y desembarque, por Elaboración Propia.

Anexo N° 14. *Demanda por ruta en ruta regular A en situación calibrada*

DEMANDA RUTA A									
NORTE - SUR (Ruta A)					SUR - NORTE (Ruta A)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	1,005	0	1,005	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	81	401	685	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	110	9	786	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	34	37	783	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	34	9	808	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	114	75	847	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	42	1	888	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	68	0	956	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	20	221	755	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	30	18	767	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	82	86	763	28	Ricardo Palma	0	0	0
12	Ramon Castilla	80	196	647	27	Angamos	0	0	0
13	Tacna	56	169	534	26	Domingo Orué	0	0	0
14	Jr. de la Unión	86	184	436	25	Aramburu	0	0	0
15	Colmena	82	190	328	24	Canaval y Moreyra	0	0	0
19	Central	0	327	0	23	Javier Prado	0	0	0
20	Estadio Nacional	0	0	0	22	Canadá	0	0	0
21	México	0	0	0	21	México	0	0	0
22	Canadá	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	0
23	Javier Prado	0	0	0	19	Central	163	0	163
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	15	Colmena	618	44	737
25	Aramburu	0	0	0	14	Jr. de la Unión	1,750	61	2,426
26	Domingo Orué	0	0	0	13	Tacna	629	36	3,019
27	Angamos	0	0	0	12	Ramon Castilla	304	16	3,307
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	182	99	3,390
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	24	39	3,375
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	140	290	3,225
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	5	273	2,957
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	3	57	2,903
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	23	441	2,485
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	199	2,286
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	18	290	2,014
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	1	171	1,844
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	244	358	1,730
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	1,732	0
SUB-TOTAL		1,924	1,924	1,005	SUB-TOTAL		4,104	4,104	3,390

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta A calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 15. Demanda por ruta en ruta regular B en situación calibrada

DEMANDA RUTA B									
NORTE - SUR (Ruta B)					SUR - NORTE (RUTA B)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	1,057	0	1,057	38	Matellini	1,045	0	1,045
2	Izaguirre	208	315	950	37	Rosario de Villa	152	0	1,197
3	Pacífico	96	15	1,031	36	Terán	48	0	1,245
4	Independencia	58	17	1,072	35	Escuela Militar	36	6	1,275
5	Jazmines	60	4	1,128	34	Estadio Unión	30	4	1,301
6	Tomás Valle	157	110	1,175	33	Bulevar	40	13	1,328
7	El Milagro	98	0	1,273	32	Balta	88	21	1,395
8	Honorio Delgado	206	4	1,475	31	Plaza de Flores	122	678	839
9	UNI	230	36	1,669	30	28 de Julio	91	16	914
10	Parque del Trabajo	114	1	1,782	29	Benavides	484	244	1,154
11	Caquetá	254	43	1,993	28	Ricardo Palma	189	262	1,081
16	2 de Mayo	189	153	2,029	27	Angamos	335	216	1,200
17	Quilca	146	143	2,032	26	Domingo Orué	154	29	1,325
18	España	316	181	2,167	25	Aramburu	409	396	1,338
19	Central	328	170	2,325	24	Canaval y Moreyra	791	87	2,042
20	Estadio Nacional	61	402	1,984	23	Javier Prado	648	459	2,231
21	México	367	59	2,292	22	Canadá	446	126	2,551
22	Canadá	499	537	2,254	21	México	92	216	2,427
23	Javier Prado	171	103	2,322	20	Estadio Nacional	909	111	3,225
24	Canaval y Moreyra	189	238	2,273	19	Central	617	263	3,579
25	Aramburu	111	177	2,207	18	España	260	518	3,321
26	Domingo Orué	67	57	2,217	17	Quilca	102	249	3,174
27	Angamos	169	204	2,182	16	2 de Mayo	218	224	3,168
28	Ricardo Palma	224	375	2,031	11	Caquetá	29	152	3,045
29	Benavides	130	214	1,947	10	Parque del Trabajo	52	232	2,865
30	28 de Julio	29	112	1,864	9	UNI	39	418	2,486
31	Plaza de Flores	154	58	1,960	8	Honorio Delgado	44	347	2,183
32	Balta	0	87	1,873	7	El Milagro	9	100	2,092
33	Bulevar	43	67	1,849	6	Tomás Valle	327	679	1,740
34	Estadio Unión	11	60	1,800	5	Jazmines	4	146	1,598
35	Escuela Militar	15	52	1,763	4	Independencia	5	139	1,464
36	Terán	1	183	1,581	3	Pacífico	10	261	1,213
37	Rosario de Villa	1	122	1,460	2	Izaguirre	161	475	899
38	Matellini	0	1,461	0	1	Naranjal	0	894	0
SUB-TOTAL		5,759	5,759	2,325	SUB-TOTAL		7,986	7,986	3,579

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta B calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 16. *Demanda por ruta en ruta regular C en situación calibrada*

DEMANDA RUTA C									
NORTE - SUR (Ruta C)					SUR - NORTE (Ruta C)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	1,035	0	1,035
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	185	0	1,220
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	117	0	1,337
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	61	1	1,397
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	91	1	1,487
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	99	4	1,582
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	53	8	1,627
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	171	408	1,390
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	126	56	1,460
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	141	29	1,572
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	129	480	1,221
12	Ramon Castilla	394	0	394	27	Angamos	361	307	1,275
13	Tacna	287	0	681	26	Domingo Orué	162	65	1,372
14	Jr. de la Unión	188	0	869	25	Aramburu	323	88	1,607
15	Colmena	304	0	1,173	24	Canaval y Moreyra	1,200	497	2,310
19	Central	500	272	1,401	23	Javier Prado	198	98	2,410
20	Estadio Nacional	134	185	1,350	22	Canadá	348	586	2,172
21	México	426	69	1,707	21	México	72	195	2,049
22	Canadá	554	457	1,804	20	Estadio Nacional	416	107	2,358
23	Javier Prado	192	95	1,901	19	Central	97	709	1,746
24	Canaval y Moreyra	198	161	1,938	15	Colmena	78	239	1,585
25	Aramburu	187	207	1,918	14	Jr. de la Unión	32	389	1,228
26	Domingo Orué	141	64	1,995	13	Tacna	6	483	751
27	Angamos	366	220	2,141	12	Ramon Castilla	0	751	0
28	Ricardo Palma	263	111	2,293	11	Caquetá	0	0	0
29	Benavides	26	133	2,186	10	Parque del Trabajo	0	0	0
30	28 de Julio	14	93	2,107	9	UNI	0	0	0
31	Plaza de Flores	73	75	2,105	8	Honorio Delgado	0	0	0
32	Balta	0	133	1,972	7	El Milagro	0	0	0
33	Bulevar	13	156	1,829	6	Tomás Valle	0	0	0
34	Estadio Unión	10	54	1,785	5	Jazmines	0	0	0
35	Escuela Militar	11	68	1,728	4	Independencia	0	0	0
36	Terán	2	219	1,511	3	Pacífico	0	0	0
37	Rosario de Villa	3	143	1,371	2	Izaguirre	0	0	0
38	Matellini	0	1,372	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		4,286	4,286	2,293	SUB-TOTAL		5,501	5,501	2,410

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta C calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 17. Demanda por ruta en ruta expreso 1 en situación calibrada

DEMANDA RUTA EXP1									
NORTE - SUR (Ruta EXP1)					SUR - NORTE (Ruta EXP1)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	922	0	922
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	252	0	1,174
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	191	0	1,365
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	136	1	1,500
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	193	0	1,693
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	283	1	1,975
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	513	58	2,430
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	2,430
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	459	19	2,870
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	0	2,870
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	160	238	2,792
12	Ramon Castilla	0	0	0	27	Angamos	766	453	3,105
13	Tacna	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	3,105
14	Jr. de la Unión	0	0	0	25	Aramburu	0	0	3,105
15	Colmena	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	3,105
19	Central	1,603	0	1,603	23	Javier Prado	133	926	2,312
20	Estadio Nacional	817	0	2,420	22	Canadá	0	0	2,312
21	México	0	0	2,420	21	México	0	0	2,312
22	Canadá	0	0	2,420	20	Estadio Nacional	34	1,073	1,273
23	Javier Prado	238	36	2,622	19	Central	0	1,273	0
24	Canaval y Moreyra	319	161	2,780	15	Colmena	0	0	0
25	Aramburu	0	0	2,780	14	Jr. de la Unión	0	0	0
26	Domingo Orué	0	0	2,780	13	Tacna	0	0	0
27	Angamos	191	509	2,462	12	Ramon Castilla	0	0	0
28	Ricardo Palma	271	266	2,467	11	Caquetá	0	0	0
29	Benavides	0	0	2,467	10	Parque del Trabajo	0	0	0
30	28 de Julio	0	144	2,323	9	UNI	0	0	0
31	Plaza de Flores	0	0	2,323	8	Honorio Delgado	0	0	0
32	Balta	5	274	2,054	7	El Milagro	0	0	0
33	Bulevar	13	277	1,790	6	Tomás Valle	0	0	0
34	Estadio Unión	12	163	1,639	5	Jazmines	0	0	0
35	Escuela Militar	14	14	1,639	4	Independencia	0	0	0
36	Terán	2	128	1,513	3	Pacífico	0	0	0
37	Rosario de Villa	2	150	1,365	2	Izaguirre	0	0	0
38	Matellini	0	1,362	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		3,487	3,487	2,780	SUB-TOTAL		4,042	4,042	3,105

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 1 calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 18. *Demanda por ruta en ruta expreso 2 en situación calibrada*

DEMANDA RUTA EXP2									
NORTE - SUR (Ruta Exp2)					SUR - NORTE (RUTA Exp2)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	1,607	0	1,607
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	0	0	1,607
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	1,607
18	España	0	0	0	25	Aramburu	0	0	1,607
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	1,607
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	1,791	346	3,052
21	México	0	0	0	22	Canadá	1,370	119	4,303
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	4,303
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	4,303
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	0	0	4,303
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	4,303
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	0	0	4,303
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	4,303
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	4,303
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	4,303
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	0	4,303
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	4,303
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	4,303
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	4,303
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	4,303
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	4,303
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	4,303
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	4,303
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	4,303	0
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		4,768	4,768	4,303

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 2 calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 19. Demanda por ruta en ruta expreso 3 en situación calibrada

DEMANDA RUTA EXP3										
NORTE - SUR (Ruta Exp3)					10	SUR - NORTE (Ruta Exp3)				10
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019			
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA	
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0	
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0	
3	Pacifico	0	0	0	36	Terán	0	0	0	
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0	
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	0	0	0	
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0	
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0	
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	0	
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	0	
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	1,539	0	1,539	
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	0	0	1,539	
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	3,806	0	5,345	
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	5,345	
18	España	0	0	0	25	Aramburu	0	0	5,345	
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	5,345	
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	0	0	5,345	
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	5,345	
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	5,345	
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	5,345	
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	0	0	5,345	
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	5,345	
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	0	0	5,345	
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	5,345	
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	5,345	
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	5,345	
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	0	5,345	
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	5,345	
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	5,345	
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	5,345	
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	5,345	
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	5,345	
36	Terán	0	0	0	3	Pacifico	0	0	5,345	
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	5,345	
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	5,345	0	
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		5,345	5,345	5,345	

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 3 calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 20. Demanda por ruta en ruta expreso 8 en situación calibrada

DEMANDA RUTA EXP8									
NORTE - SUR (Ruta Exp8)					SUR - NORTE (RUTA Exp8)				
Nº	ESTACION	2019			Nº	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	496	0	496	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	496	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	243	0	739	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	739	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	470	1	1,208	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	1,208	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	1,208	31	Plaza de Flores	633	0	633
9	UNI	531	88	1,651	30	28 de Julio	0	0	633
10	Parque del Trabajo	0	0	1,651	29	Benavides	626	0	1,259
11	Caquetá	249	7	1,893	28	Ricardo Palma	0	0	1,259
16	2 de Mayo	0	0	1,893	27	Angamos	730	313	1,676
17	Quilca	0	0	1,893	26	Domingo Orué	0	0	1,676
18	España	389	245	2,037	25	Aramburu	0	0	1,676
19	Central	1,552	292	3,297	24	Canaval y Moreyra	1,525	696	2,505
20	Estadio Nacional	0	0	3,297	23	Javier Prado	1,985	190	4,300
21	México	0	0	3,297	22	Canadá	0	0	4,300
22	Canadá	0	0	3,297	21	México	0	0	4,300
23	Javier Prado	22	531	2,788	20	Estadio Nacional	0	0	4,300
24	Canaval y Moreyra	15	498	2,305	19	Central	1,192	808	4,684
25	Aramburu	0	0	2,305	18	España	405	400	4,689
26	Domingo Orué	0	0	2,305	17	Quilca	0	0	4,689
27	Angamos	0	1,030	1,275	16	2 de Mayo	0	0	4,689
28	Ricardo Palma	0	0	1,275	11	Caquetá	16	763	3,942
29	Benavides	0	882	393	10	Parque del Trabajo	0	0	3,942
30	28 de Julio	0	0	393	9	UNI	14	892	3,064
31	Plaza de Flores	0	394	0	8	Honorio Delgado	0	0	3,064
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	3,064
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	19	1,574	1,509
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	1,509
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	592	917
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	917
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	918	0
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		3,967	3,967	3,297	SUB-TOTAL		7,145	7,145	4,689

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 8 calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 21. *Demanda por ruta en ruta super expreso en situación calibrada*

DEMANDA RUTA EXPSX									
NORTE - SUR (Ruta ExpSX)					SUR - NORTE (RUTA ExpSX)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Union	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	0	0	0
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	0	0	0
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	0
18	España	0	0	0	25	Aramburu	1,228	0	1,228
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	3,280	7	4,501
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	0	0	4,501
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	4,501
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	4,501
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	4,501
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	0	0	4,501
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	4,501
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	0	0	4,501
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	4,501
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	4,501
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	4,501
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	0	4,501
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	4,501
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	4,501
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	4,501
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	4,501
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	4,501
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	4,501
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	4,501
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	4,502	0
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		4,508	4,508	4,501

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta super expreso, por Elaboración Propia.

Anexo N° 22. Demanda por ruta en ruta super expreso norte en situación calibrada

DEMANDA RUTA ESXN									
NORTE - SUR (Ruta ESXN)					SUR - NORTE (RUTA ESXN)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	1,923	0	1,923	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	1,923	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	1,923	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	1,923	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	1,923	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	1,923	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	1,923	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	1,923	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	0	0	1,923	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	0	0	1,923	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	0	0	1,923	28	Ricardo Palma	0	0	0
16	2 de Mayo	0	0	1,923	27	Angamos	0	0	0
17	Quilca	0	0	1,923	26	Domingo Orué	0	0	0
18	España	0	0	1,923	25	Aramburu	0	0	0
19	Central	0	1,923	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	0
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	0	0	0
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	0
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	0
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	0
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	2,142	0	2,142
25	Aramburu	0	0	0	18	España	839	0	2,981
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	318	16	3,283
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	399	23	3,659
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	3,659
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	3,659
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	0	3,659
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	3,659
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	3,659
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	3,659
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	3,659
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	3,659
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	3,659
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	3,659
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	3,659	0
SUB-TOTAL		1,923	1,923	1,923	SUB-TOTAL		3,698	3,698	3,659

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta super expreso norte calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 23. Demanda total de todas las rutas en la situación calibrada

DEMANDA TOTAL									
NORTE - SUR (Ruta TOTAL)					SUR - NORTE (Ruta TOTAL)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	3,985	0	3,985	38	Matellini	3,002	0	3,002
2	Izaguirre	785	716	4,054	37	Rosario de Villa	589	0	3,591
3	Pacífico	206	24	4,236	36	Terán	356	0	3,947
4	Independencia	335	54	4,517	35	Escuela Militar	233	8	4,172
5	Jazmines	94	13	4,598	34	Estadio Unión	314	5	4,481
6	Tomás Valle	741	186	5,153	33	Bulevar	422	18	4,885
7	El Milagro	140	1	5,292	32	Balta	654	87	5,452
8	Honorio Delgado	274	4	5,562	31	Plaza de Flores	926	1,086	5,292
9	UNI	781	345	5,998	30	28 de Julio	676	91	5,877
10	Parque del Trabajo	144	19	6,123	29	Benavides	2,790	273	8,394
11	Caquetá	585	136	6,572	28	Ricardo Palma	2,085	980	9,499
12	Ramon Castilla	474	196	6,850	27	Angamos	5,998	1,289	14,208
13	Tacna	343	169	7,024	26	Domingo Orué	316	94	14,430
14	Jr. de la Unión	274	184	7,114	25	Aramburu	1,960	484	15,906
15	Colmena	386	190	7,310	24	Canaval y Moreyra	6,796	1,287	21,415
16	2 de Mayo	189	153	7,346	23	Javier Prado	4,755	2,019	24,151
17	Quilca	146	143	7,349	22	Canadá	2,164	831	25,484
18	España	705	426	7,628	21	México	164	411	25,237
19	Central	3,983	2,984	8,627	20	Estadio Nacional	1,359	1,291	25,305
20	Estadio Nacional	1,012	587	9,052	19	Central	4,211	3,053	26,463
21	México	793	128	9,717	18	España	1,504	918	27,049
22	Canadá	1,053	994	9,776	17	Quilca	420	265	27,204
23	Javier Prado	623	765	9,634	16	2 de Mayo	617	247	27,574
24	Canaval y Moreyra	721	1,058	9,297	15	Colmena	696	283	27,987
25	Aramburu	298	384	9,211	14	Jr. de la Unión	1,782	450	29,319
26	Domingo Orue	208	121	9,298	13	Tacna	635	519	29,435
27	Angamos	726	1,963	8,061	12	Ramon Castilla	304	767	28,972
28	Ricardo Palma	758	752	8,067	11	Caquetá	227	1,014	28,185
29	Benavides	156	1,229	6,994	10	Parque del Trabajo	76	271	27,990
30	28 de Julio	43	349	6,688	9	UNI	193	1,600	26,583
31	Plaza de Flores	227	527	6,388	8	Honorio Delgado	49	620	26,012
32	Balta	5	494	5,899	7	El Milagro	12	157	25,867
33	Bulevar	69	500	5,468	6	Tomás Valle	369	2,694	23,542
34	Estadio Unión	33	277	5,224	5	Jazmines	4	345	23,201
35	Escuela Militar	40	134	5,130	4	Independencia	23	1,021	22,203
36	Terán	5	530	4,605	3	Pacífico	11	432	21,782
37	Rosario de Villa	6	415	4,196	2	Izaguirre	405	1,751	20,436
38	Matellini	0	4,195	0	1	Naranjal	0	20,435	0
SUB-TOTAL		21,346	21,346	9,776	SUB-TOTAL		47,097	47,097	29,435

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de todas las rutas en la situación calibrada, por Elaboración Propia.

Anexo N° 24. Demanda por ruta en ruta regular A en situación propuesta

DEMANDA RUTA A									
NORTE - SUR (Ruta A)					SUR - NORTE (Ruta A)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	914	0	914	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	107	253	768	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	109	15	862	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	33	18	877	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	24	0	901	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	119	114	906	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	38	4	940	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	51	0	991	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	76	201	866	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	28	41	853	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	64	166	751	28	Ricardo Palma	0	0	0
12	Ramon Castilla	103	185	669	27	Angamos	0	0	0
13	Tacna	71	169	571	26	Domingo Orué	0	0	0
14	Jr. de la Unión	10	184	397	25	Aramburu	0	0	0
15	Colmena	106	199	304	24	Canaval y Moreyra	0	0	0
19	Central	0	304	0	23	Javier Prado	0	0	0
20	Estadio Nacional	0	0	0	22	Canadá	0	0	0
21	México	0	0	0	21	México	0	0	0
22	Canadá	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	0
23	Javier Prado	0	0	0	19	Central	175	0	175
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	15	Colmena	512	84	603
25	Aramburu	0	0	0	14	Jr. de la Unión	1,823	91	2,335
26	Domingo Orué	0	0	0	13	Tacna	527	0	2,862
27	Angamos	0	0	0	12	Ramon Castilla	237	0	3,099
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	36	243	2,892
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	10	59	2,843
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	647	411	3,079
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	13	236	2,856
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	4	53	2,807
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	100	577	2,330
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	1	194	2,137
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	21	326	1,832
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	1	190	1,643
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	309	203	1,749
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	1,749	0
SUB-TOTAL		1,853	1,853	991	SUB-TOTAL		4,416	4,416	3,099

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta A propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 25. Demanda por ruta en ruta regular B en situación propuesta

DEMANDA RUTA B									
NORTE - SUR (Ruta B)					SUR - NORTE (RUTA B)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	949	0	949	38	Matellini	1,060	0	1,060
2	Izaguirre	211	228	932	37	Rosario de Villa	172	0	1,232
3	Pacífico	97	4	1,025	36	Terán	81	0	1,313
4	Independencia	67	8	1,084	35	Escuela Militar	37	5	1,345
5	Jazmines	70	0	1,154	34	Estadio Unión	34	3	1,376
6	Tomás Valle	154	10	1,298	33	Bulevar	40	12	1,404
7	El Milagro	102	0	1,400	32	Balta	52	19	1,437
8	Honorio Delgado	223	0	1,623	31	Plaza de Flores	102	819	720
9	UNI	247	92	1,778	30	28 de Julio	222	5	937
10	Parque del Trabajo	109	6	1,881	29	Benavides	509	85	1,361
11	Caquetá	216	41	2,056	28	Ricardo Palma	139	484	1,016
16	2 de Mayo	198	146	2,108	27	Angamos	433	148	1,301
17	Quilca	146	143	2,111	26	Domingo Orué	280	15	1,566
18	España	362	197	2,276	25	Aramburu	107	292	1,381
19	Central	329	151	2,454	24	Canaval y Moreyra	686	429	1,638
20	Estadio Nacional	7	339	2,122	23	Javier Prado	237	14	1,861
21	México	302	83	2,341	22	Canadá	445	570	1,736
22	Canadá	523	438	2,426	21	México	76	125	1,687
23	Javier Prado	151	125	2,452	20	Estadio Nacional	684	102	2,269
24	Canaval y Moreyra	108	169	2,391	19	Central	586	283	2,572
25	Aramburu	97	197	2,291	18	España	381	296	2,657
26	Domingo Orué	56	50	2,297	17	Quilca	83	170	2,570
27	Angamos	156	237	2,216	16	2 de Mayo	168	184	2,554
28	Ricardo Palma	142	424	1,934	11	Caquetá	34	150	2,438
29	Benavides	43	215	1,762	10	Parque del Trabajo	89	200	2,327
30	28 de Julio	9	213	1,558	9	UNI	546	241	2,632
31	Plaza de Flores	198	88	1,668	8	Honorio Delgado	36	388	2,280
32	Balta	137	139	1,666	7	El Milagro	8	101	2,187
33	Bulevar	28	48	1,646	6	Tomás Valle	284	660	1,811
34	Estadio Unión	19	21	1,644	5	Jazmines	3	163	1,651
35	Escuela Militar	18	44	1,618	4	Independencia	73	161	1,563
36	Terán	2	118	1,502	3	Pacífico	10	247	1,326
37	Rosario de Villa	2	85	1,419	2	Izaguirre	354	95	1,585
38	Matellini	0	1,421	0	1	Naranjal	0	1,586	0
SUB-TOTAL		5,478	5,478	2,454	SUB-TOTAL		8,051	8,051	2,657

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta B propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 26. Demanda por ruta en ruta regular C en situación propuesta

DEMANDA RUTA C									
NORTE - SUR (Ruta C)					SUR - NORTE (Ruta C)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	1,043	0	1,043
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	187	0	1,230
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	66	0	1,296
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	59	3	1,352
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	76	2	1,426
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	89	5	1,510
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	153	9	1,654
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	72	620	1,106
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	72	10	1,168
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	466	209	1,425
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	250	409	1,266
12	Ramon Castilla	364	0	364	27	Angamos	480	76	1,670
13	Tacna	251	0	615	26	Domingo Orué	123	86	1,707
14	Jr. de la Unión	183	0	798	25	Aramburu	108	458	1,357
15	Colmena	301	0	1,099	24	Canaval y Moreyra	864	472	1,749
19	Central	597	252	1,444	23	Javier Prado	157	14	1,892
20	Estadio Nacional	62	103	1,403	22	Canadá	290	820	1,362
21	México	460	32	1,831	21	México	68	187	1,243
22	Canadá	547	334	2,044	20	Estadio Nacional	461	115	1,588
23	Javier Prado	231	69	2,206	19	Central	231	380	1,440
24	Canaval y Moreyra	144	150	2,200	15	Colmena	161	188	1,413
25	Aramburu	138	199	2,139	14	Jr. de la Unión	40	359	1,094
26	Domingo Orué	72	71	2,140	13	Tacna	0	390	704
27	Angamos	370	208	2,302	12	Ramon Castilla	0	704	0
28	Ricardo Palma	260	242	2,320	11	Caquetá	0	0	0
29	Benavides	108	152	2,276	10	Parque del Trabajo	0	0	0
30	28 de Julio	82	81	2,277	9	UNI	0	0	0
31	Plaza de Flores	75	56	2,295	8	Honorio Delgado	0	0	0
32	Balta	0	219	2,077	7	El Milagro	0	0	0
33	Bulevar	8	136	1,949	6	Tomás Valle	0	0	0
34	Estadio Unión	4	84	1,869	5	Jazmines	0	0	0
35	Escuela Militar	8	77	1,800	4	Independencia	0	0	0
36	Terán	1	236	1,565	3	Pacífico	0	0	0
37	Rosario de Villa	2	167	1,400	2	Izaguirre	0	0	0
38	Matellini	0	1,400	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		4,268	4,268	2,320	SUB-TOTAL		5,516	5,516	1,892

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta C propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 27. Demanda por ruta en ruta expreso 1 en situación propuesta

DEMANDA RUTA EXP1									
NORTE - SUR (Ruta EXP1)					SUR - NORTE (Ruta EXP1)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	899	0	899
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	230	0	1,129
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	209	0	1,338
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	137	0	1,475
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	205	0	1,680
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	293	1	1,972
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	393	2	2,363
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	1	2,362
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	327	30	2,659
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	1	2,658
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	213	744	2,127
12	Ramon Castilla	0	0	0	27	Angamos	762	281	2,608
13	Tacna	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	2,608
14	Jr. de la Unión	0	0	0	25	Aramburu	0	0	2,608
15	Colmena	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	2,608
19	Central	1,572	0	1,572	23	Javier Prado	45	899	1,754
20	Estadio Nacional	681	0	2,253	22	Canadá	0	0	1,754
21	México	0	0	2,253	21	México	0	0	1,754
22	Canadá	0	0	2,253	20	Estadio Nacional	17	761	1,010
23	Javier Prado	251	86	2,418	19	Central	0	1,012	0
24	Canaval y Moreyra	198	95	2,521	15	Colmena	0	0	0
25	Aramburu	0	0	2,521	14	Jr. de la Unión	0	0	0
26	Domingo Orue	0	0	2,521	13	Tacna	0	0	0
27	Angamos	381	656	2,246	12	Ramon Castilla	0	0	0
28	Ricardo Palma	480	210	2,516	11	Caquetá	0	0	0
29	Benavides	0	1	2,515	10	Parque del Trabajo	0	0	0
30	28 de Julio	0	93	2,422	9	UNI	0	0	0
31	Plaza de Flores	0	1	2,421	8	Honorio Delgado	0	0	0
32	Balta	0	268	2,153	7	El Milagro	0	0	0
33	Bulevar	6	289	1,870	6	Tomás Valle	0	0	0
34	Estadio Unión	9	171	1,708	5	Jazmines	0	0	0
35	Escuela Militar	7	7	1,708	4	Independencia	0	0	0
36	Terán	2	175	1,535	3	Pacífico	0	0	0
37	Rosario de Villa	2	163	1,374	2	Izaguirre	0	0	0
38	Matellini	0	1,374	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		3,589	3,589	2,521	SUB-TOTAL		3,730	3,730	2,659

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 1 propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 28. *Demanda por ruta en ruta expreso 2 en situación propuesta*

DEMANDA RUTA EXP2									
NORTE - SUR (Ruta Exp2)					SUR - NORTE (RUTA Exp2)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	2,140	0	2,140
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	0	0	2,140
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	2,140
18	España	0	0	0	25	Aramburu	0	0	2,140
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	2,140
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	1,612	149	3,603
21	México	0	0	0	22	Canadá	1,832	85	5,350
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	5,350
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	5,350
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	0	0	5,350
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	5,350
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	0	0	5,350
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	5,350
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	5,350
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	5,350
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	0	5,350
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	5,350
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	5,350
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	5,350
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	5,350
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	5,350
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	5,350
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	5,350
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	5,351	0
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		5,584	5,584	5,350

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 2 propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 29. Demanda por ruta en ruta expreso 3 en situación propuesta

DEMANDA RUTA EXP3										
NORTE - SUR (Ruta Exp3)					10	SUR - NORTE (Ruta Exp3)				10
Nº	ESTACION	2019			Nº	ESTACION	2019			
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA	
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0	
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0	
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	0	0	0	
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0	
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Union	0	0	0	
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0	
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0	
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	0	
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	0	
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	1,193	0	1,193	
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	0	0	1,193	
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	1,820	0	3,013	
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	3,013	
18	España	0	0	0	25	Aramburu	1,326	5	4,334	
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	4,334	
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	0	0	4,334	
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	4,334	
22	Canadá	0	0	0	21	México	124	184	4,274	
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	4,274	
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	1,057	539	4,792	
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	4,792	
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	0	0	4,792	
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	4,792	
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	4,792	
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	4,792	
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	616	747	4,660	
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	4,660	
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	4,660	
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	4,660	
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	4,660	
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	4,660	
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	4,660	
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	4	1,426	3,239	
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	3,239	0	
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		6,140	6,140	4,792	

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 3 propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 30. Demanda por ruta en ruta expreso 8 en situación propuesta

DEMANDA RUTA EXP8									
NORTE - SUR (Ruta Exp8)					SUR - NORTE (RUTA Exp8)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	484	0	484	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	484	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	224	2	706	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	706	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	448	1	1,153	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	1,153	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	1,153	31	Plaza de Flores	287	0	287
9	UNI	535	66	1,622	30	28 de Julio	0	0	287
10	Parque del Trabajo	0	0	1,622	29	Benavides	677	34	930
11	Caquetá	326	5	1,943	28	Ricardo Palma	0	0	930
16	2 de Mayo	0	0	1,943	27	Angamos	834	168	1,596
17	Quilca	0	0	1,943	26	Domingo Orué	0	0	1,596
18	España	352	246	2,049	25	Aramburu	0	0	1,596
19	Central	1,332	304	3,077	24	Canaval y Moreyra	1,258	672	2,182
20	Estadio Nacional	0	0	3,077	23	Javier Prado	1,094	181	3,095
21	México	0	0	3,077	22	Canadá	0	0	3,095
22	Canadá	0	0	3,077	21	México	0	0	3,095
23	Javier Prado	24	532	2,571	20	Estadio Nacional	0	0	3,095
24	Canaval y Moreyra	4	376	2,199	19	Central	706	702	3,099
25	Aramburu	0	0	2,199	18	España	429	536	2,992
26	Domingo Orue	0	0	2,197	17	Quilca	0	0	2,992
27	Angamos	37	937	1,297	16	2 de Mayo	0	0	2,992
28	Ricardo Palma	0	1	1,296	11	Caquetá	142	553	2,581
29	Benavides	0	858	438	10	Parque del Trabajo	0	0	2,581
30	28 de Julio	0	0	438	9	Uní	320	226	2,674
31	Plaza de Flores	0	438	0	8	Honorio Delgado	0	0	2,674
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	2,674
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	1,514	1,161
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	1,161
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	618	543
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	543
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	543	0
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		3,766	3,766	3,077	SUB-TOTAL		5,747	5,747	3,099

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta expreso 8 propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 31. *Demanda por ruta en ruta super expreso en situación propuesta*

DEMANDA RUTA EXPSX									
NORTE - SUR (Ruta ExpSX)					SUR - NORTE (RUTA ExpSX)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	0	0	0
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	0	0	0
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	0
18	España	0	0	0	25	Aramburu	765	0	765
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	3,920	0	4,685
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	0	0	4,685
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	4,685
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	4,685
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	4,685
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	0	0	4,685
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	4,685
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	0	0	4,685
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	4,685
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	4,685
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	4,685
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	0	4,685
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	4,685
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	4,685
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	4,685
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	4,685
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	4,685
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	4,685
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	4,685
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	4,685	0
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		4,685	4,685	4,685

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta super expreso, por Elaboración Propia.

Anexo N° 32. Demanda por ruta en ruta super expreso norte en situación propuesta

DEMANDA RUTA ESXN									
NORTE - SUR (Ruta ESXN)					SUR - NORTE (RUTA ESXN)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	1,794	0	1,794	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	1,794	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	1,794	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	1,794	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	1,794	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	1,794	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	1,794	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	1,794	31	Plaza de Flores	0	0	0
9	UNI	0	0	1,794	30	28 de Julio	0	0	0
10	Parque del Trabajo	0	0	1,794	29	Benavides	0	0	0
11	Caquetá	0	0	1,794	28	Ricardo Palma	0	0	0
16	2 de Mayo	0	0	1,794	27	Angamos	0	0	0
17	Quilca	0	0	1,794	26	Domingo Orué	0	0	0
18	España	0	0	1,794	25	Aramburu	0	0	0
19	Central	0	1,794	0	24	Canaval y Moreyra	0	0	0
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	0	0	0
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	0
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	0
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	0
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	1,290	0	1,290
25	Aramburu	0	0	0	18	España	664	50	1,904
26	Domingo Orué	0	0	0	17	Quilca	304	63	2,145
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	433	63	2,515
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	2,515
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	2,515
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	1,219	237	3,497
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	3,497
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	3,497
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	3,497
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	3,497
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	3,497
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	3,497
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	3,497
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	3,497	0
SUB-TOTAL		1,794	1,794	1,794	SUB-TOTAL		3,910	3,910	3,497

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta super expreso norte propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 33. *Demanda por ruta en ruta expreso propuesto en situación propuesta*

DEMANDA RUTA EXP									
NORTE - SUR (Ruta EXP)					SUR - NORTE (RUTA EXP)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	0	0	0	38	Matellini	0	0	0
2	Izaguirre	0	0	0	37	Rosario de Villa	0	0	0
3	Pacífico	0	0	0	36	Terán	0	0	0
4	Independencia	0	0	0	35	Escuela Militar	0	0	0
5	Jazmines	0	0	0	34	Estadio Unión	0	0	0
6	Tomás Valle	0	0	0	33	Bulevar	0	0	0
7	El Milagro	0	0	0	32	Balta	0	0	0
8	Honorio Delgado	0	0	0	31	Plaza de Flores	827	0	827
9	UNI	0	0	0	30	28 de Julio	0	0	827
10	Parque del Trabajo	0	0	0	29	Benavides	0	0	827
11	Caquetá	0	0	0	28	Ricardo Palma	0	0	827
16	2 de Mayo	0	0	0	27	Angamos	1,038	129	1,736
17	Quilca	0	0	0	26	Domingo Orué	0	0	1,736
18	España	0	0	0	25	Aramburu	0	0	1,736
19	Central	0	0	0	24	Canaval y Moreyra	1,023	667	2,092
20	Estadio Nacional	0	0	0	23	Javier Prado	897	34	2,955
21	México	0	0	0	22	Canadá	0	0	2,955
22	Canadá	0	0	0	21	México	0	0	2,955
23	Javier Prado	0	0	0	20	Estadio Nacional	0	0	2,955
24	Canaval y Moreyra	0	0	0	19	Central	0	0	2,955
25	Aramburu	0	0	0	18	España	0	0	2,955
26	Domingo Orue	0	0	0	17	Quilca	0	0	2,955
27	Angamos	0	0	0	16	2 de Mayo	0	0	2,955
28	Ricardo Palma	0	0	0	11	Caquetá	0	0	2,955
29	Benavides	0	0	0	10	Parque del Trabajo	0	0	2,955
30	28 de Julio	0	0	0	9	UNI	0	2,955	0
31	Plaza de Flores	0	0	0	8	Honorio Delgado	0	0	0
32	Balta	0	0	0	7	El Milagro	0	0	0
33	Bulevar	0	0	0	6	Tomás Valle	0	0	0
34	Estadio Unión	0	0	0	5	Jazmines	0	0	0
35	Escuela Militar	0	0	0	4	Independencia	0	0	0
36	Terán	0	0	0	3	Pacífico	0	0	0
37	Rosario de Villa	0	0	0	2	Izaguirre	0	0	0
38	Matellini	0	0	0	1	Naranjal	0	0	0
SUB-TOTAL		0	0	0	SUB-TOTAL		3,785	3,785	2,955

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de la ruta propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 34. Demanda total de todas las rutas en la situación propuesta

DEMANDA TOTAL									
NORTE - SUR (Ruta TOTAL)					SUR - NORTE (Ruta TOTAL)				
N°	ESTACION	2019			N°	ESTACION	2019		
		SUBE	BAJA	CARGA			SUBE	BAJA	CARGA
1	Naranjal	3,657	1	3,658	38	Matellini	3,002	0	3,002
2	Izaguirre	802	481	3,979	37	Rosario de Villa	589	0	3,591
3	Pacifico	206	19	4,166	36	Terán	356	0	3,947
4	Independencia	324	28	4,462	35	Escuela Militar	233	8	4,172
5	Jazmines	94	0	4,556	34	Estadio Unión	315	5	4,482
6	Tomás Valle	721	125	5,152	33	Bulevar	422	18	4,886
7	El Milagro	140	4	5,288	32	Balta	598	30	5,454
8	Honorio Delgado	274	0	5,562	31	Plaza de Flores	1,288	1,440	5,302
9	UNI	858	359	6,061	30	28 de Julio	621	46	5,877
10	Parque del Trabajo	137	47	6,151	29	Benavides	2,845	329	8,393
11	Caquetá	606	212	6,545	28	Ricardo Palma	2,742	1,638	9,497
12	Ramon Castilla	467	185	6,827	27	Angamos	5,367	802	14,062
13	Tacna	322	169	6,980	26	Domingo Orué	403	102	14,363
14	Jr. de la Unión	193	184	6,989	25	Aramburu	2,306	755	15,914
15	Colmena	407	199	7,197	24	Canaval y Moreyra	7,751	2,240	21,425
16	2 de Mayo	198	146	7,249	23	Javier Prado	4,042	1,291	24,176
17	Quilca	146	143	7,252	22	Canadá	2,567	1,475	25,268
18	España	714	443	7,523	21	México	268	495	25,041
19	Central	3,830	2,805	8,548	20	Estadio Nacional	1,162	978	25,225
20	Estadio Nacional	750	442	8,856	19	Central	4,045	2,916	26,354
21	México	762	115	9,503	18	España	1,474	882	26,946
22	Canadá	1,070	772	9,801	17	Quilca	387	233	27,100
23	Javier Prado	657	812	9,646	16	2 de Mayo	601	247	27,454
24	Canaval y Moreyra	454	792	9,308	15	Colmena	673	272	27,855
25	Aramburu	235	396	9,147	14	Jr. de la Unión	1,863	450	29,268
26	Domingo Orué	128	121	9,154	13	Tacna	527	390	29,405
27	Angamos	944	2,038	8,060	12	Ramon Castilla	237	704	28,938
28	Ricardo Palma	882	876	8,066	11	Caquetá	212	943	28,207
29	Benavides	151	1,225	6,992	10	Parque del Trabajo	99	259	28,047
30	28 de Julio	91	387	6,696	9	UNI	3,348	4,817	26,578
31	Plaza de Flores	273	583	6,386	8	Honorio Delgado	49	624	26,003
32	Balta	137	626	5,897	7	El Milagro	12	154	25,861
33	Bulevar	42	473	5,466	6	Tomás Valle	384	2,751	23,494
34	Estadio Unión	32	276	5,222	5	Jazmines	4	357	23,141
35	Escuela Militar	33	128	5,127	4	Independencia	94	1,105	22,130
36	Terán	5	529	4,603	3	Pacifico	11	437	21,704
37	Rosario de Villa	6	415	4,194	2	Izaguirre	667	2,267	20,104
38	Matellini	0	4,195	0	1	Naranjal	0	20,107	0
SUB-TOTAL		20,751	20,751	9,801	SUB-TOTAL		51,567	51,567	29,405

Nota: Se detalla las subidas y bajadas en ambos sentidos de todas las rutas en la situación propuesta, por Elaboración Propia.

Anexo N° 35. Reporte de flujo de tránsito (Transit Flows) en situación propuesta

TransCAD - [Dataview4 - Transit Flows]

File Edit Map Dataview Selection Matrix Layout Tools Procedures Networks/Pa

All Records

LRS_ID	ROUTE	FROM_STOP	TO_STOP	FROM_MP	TO_MP	FLOW	BaseVTT
1	10	180	181	0.0000	0.8239	1192.8421	3.4153
2	10	181	422	0.8239	1.5976	3012.3684	3.3197
3	10	422	423	1.5976	3.4848	4333.3684	6.7898
4	10	423	424	3.4848	4.8342	4273.6316	4.2630
5	10	424	425	4.8342	7.8101	4791.5789	16.2645
6	10	425	426	7.8101	10.4481	4660.7895	8.1601
7	10	426	182	10.4481	11.0671	3239.0526	4.4103
8	13	209	210	0.0003	0.6750	484.3158	1.9901
9	13	210	211	0.6750	1.2582	706.0000	5.6378
10	13	211	212	1.2582	2.6383	1152.3158	7.6421
11	13	212	213	2.6383	3.6111	1621.1579	3.8078
12	13	213	214	3.6111	5.1427	1942.7895	7.5511
13	13	214	215	5.1427	5.6142	2048.9474	2.6154
14	13	215	216	5.6142	7.9714	3077.2105	7.8490
15	13	216	217	7.9714	8.3899	2570.0526	2.1014
16	13	217	218	8.3899	9.6238	2196.3158	4.8142
17	13	218	219	9.6238	10.4481	1296.5263	3.5414
18	13	219	220	10.4481	11.2433	438.1579	4.2267
19	14	221	222	0.0000	0.7952	286.5789	3.6817
20	14	222	223	0.7952	1.6191	929.3158	3.4153
21	14	223	224	1.6191	2.8542	1595.9474	4.8217
22	14	224	225	2.8542	3.2719	2181.7895	2.1879
23	14	225	226	3.2719	5.6294	3094.3158	7.3624
24	14	226	227	5.6294	6.1006	3098.0000	3.6155
25	14	227	228	6.1006	7.6326	2991.6316	8.4468
26	14	228	229	7.6326	8.6056	2580.7368	4.2041
27	14	229	230	8.6056	9.9852	2674.6316	4.4777
28	14	230	231	9.9852	10.5673	1161.0526	1.1076
29	14	231	232	10.5673	11.2433	542.8421	2.5733
30	15	233	234	0.0000	0.6190	948.8421	3.8989
31	15	234	235	0.6190	1.0409	932.3684	1.1052
32	15	235	236	1.0409	1.2947	1024.6316	0.8974
33	15	236	237	1.2947	1.5432	1083.4737	4.0258
34	15	237	238	1.5432	1.8764	1153.0526	1.5972

Nota: En la tabla de flujos de tránsito se especifica por cada ruta el inicio, final, cantidad de viajes por tramo, tiempo por cada tramo como resultado de la asignación de viajes en el software TransCAD, por Elaboración Propia.

Anexo N° 36. Kilómetros de separación por tramos

Inicio	Fin	Tramo	Longitud (Km.)				
Naranjal	Izaguirre	1-2	0.999				
Izaguirre	Pacífico	2-3	0.691				
Pacífico	Independencia	3-4	0.3514				
Independencia	Los jazmines	4-5	0.41				
Los jazmines	Tomás Valle	5-6	0.521				
Tomás Valle	El Milagro	6-7	0.597				
El Milagro	Honorio Delgado	7-8	0.738				
Honorio Delgado	Uni	8-9	0.866				
UNI	Parque del Trabajo	9-10	0.852				
Parque del Trabajo	Caquetá	10-11	0.8409				
Caquetá	Ramon Castilla	11-12	1.13	Caquetá	2 de Mayo	11-16	1.05
Ramon Castilla	Tacna	12-13	0.488	2 de Mayo	Quilca	16-17	0.597
Tacna	Jirón de la Unión	13-14	0.569	Quilca	España	17-18	0.781
Jirón de la Unión	Colmena	14-15	0.604	España	Estación Central	18-19	1
Colmena	Estación Central	15-19	0.994				
Estación Central	Estadio Nacional	19-20	1.3				
Estadio Nacional	México	20-21	0.986				
México	Canadá	21-22	0.677				
Canadá	Javier Prado	22-23	0.921				
Javier Prado	Canaval y Moreyra	23-24	1.222				
Canaval y Moreyra	Aramburu	24-25	0.712				
Aramburu	Domingo Orué	25-26	1.102				
Domingo Orué	Angamos	26-27	0.738				
Angamos	Ricardo Palma	27-28	0.633				
Ricardo Palma	Benavides	28-29	0.717				
Benavides	28 de Julio	29-30	0.506				
28 de Julio	Plaza de Flores	30-31	1.31				
Plaza de Flores	Balta	31-32	0.79				
Balta	Bulevar	32-33	0.969				
Bulevar	Unión	33-34	0.475				
Unión	Escuela Militar	34-35	1.012				
Escuela Militar	Terán	35-36	0.836				
Terán	Rosario de Villa	36-37	0.629				
Rosario de Villa	Matellini	37-38	0.768				

Nota: Se detalla los tramos de estación a estación con sus diferentes longitudes en kilómetros en el sentido norte a sur, por Elaboración Propia.

Anexo N° 37. Cálculo de kilómetros actuales y propuestos a detalle

SITUACIÓN ACTUAL				SITUACIÓN PROPUESTA		
Ruta	Longitud	Cant. Buses	Km recorridos	Distancia	Cant. Buses	Km recorridos
Exp3-SN	21.12	28	591.31	10.65	7	74.56
A-NS	10.65	20	213.03	10.65	20	213.03
A-SN	10.65	20	213.03	26.60	16	425.56
B-NS	26.60	15	398.96	26.60	17	452.15
B-SN	26.60	16	425.56	18.96	15	284.37
C-NS	18.96	21	398.12	18.96	12	227.50
C-SN	18.96	15	284.37	16.30	16	260.85
EXP1-NS	16.30	17	277.15	16.30	17	277.15
EXP1-SN	16.30	17	277.15	21.12	34	718.02
EXP2-SN	21.12	27	570.19	21.12	30	633.55
EXP8-NS	21.12	22	464.60	21.12	20	422.37
EXP8-SN	21.12	35	739.14	21.12	20	422.37
SX-SN	21.12	25	527.96	21.12	30	633.55
SXN-NS	10.29	22	226.47	10.29	12	123.53
SXN-SN	10.29	22	226.47	10.29	22	226.47
EP_SN	15.94	-	-	15.94	19	302.95
Total		322	5833.51		307	5697.97

Nota: Se calcula los kilómetros recorridos a partir de la cantidad de buses y la longitud de cada ruta en el horario en operación de ambas situaciones, por Elaboración Propia.

Anexo N° 38. Cálculo de Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK) actuales y propuestos a detalle

SITUACIÓN ACTUAL					SITUACIÓN PROPUESTA				
Ruta	Longitud (km)	Buses	Pasajeros Transportados	IPK	Ruta	Longitud (km)	Buses	Pasajeros Transportados	IPK
A-NS	10.65	20	3200	15.02	A-NS	10.65	7	1853	24.85
A-SN	10.65	20	3200	15.02	A-SN	10.65	20	4416	20.73
B-NS	26.60	15	2400	6.02	B-NS	26.60	16	5478	12.87
B-SN	26.60	16	2560	6.02	B-SN	26.60	17	8051	17.81
C-NS	18.96	21	3360	8.44	C-NS	18.96	15	4268	15.01
C-SN	18.96	15	2400	8.44	C-SN	18.96	12	5516	24.25
EXP1-NS	16.30	17	2720	9.81	EXP1-NS	16.30	16	3589	13.76
EXP1-SN	16.30	17	2720	9.81	EXP1-SN	16.30	17	3730	13.46
EXP2-SN	21.12	27	4320	7.58	EXP2-SN	21.12	34	5584	7.78
Exp3-SN	21.12	28	4480	7.58	EXP3-SN	21.12	30	6140	9.69
EXP8-NS	21.12	22	3520	7.58	EXP8-NS	21.12	20	3766	8.92
EXP8-SN	21.12	35	5600	7.58	EXP8-SN	21.12	20	5747	13.61
SX-SN	21.12	25	4000	7.58	SX-SN	21.12	30	4685	7.39
SXN-NS	10.29	22	3520	15.54	SXN-NS	10.29	12	1794	14.52
SXN-SN	10.29	22	3520	15.54	SXN-SN	10.29	22	3910	17.26
					EP_SN	15.94	19	3785	12.49
TOTAL_NS	103.92	117	18720	1.54	TOTAL_NS	103.92	86	20748	2.32
TOTAL_SN	167.28	205	32800	0.96	TOTAL_SN	183.22	221	51564	1.27

Nota: Se calcula los índices de pasajeros por kilómetros recorridos (IPK) a partir de la cantidad de buses, la longitud de cada ruta y los pasajeros transportados por cada ruta en el horario en operación de ambas situaciones, por Elaboración Propia.

Nota: se presentan parte de las estaciones que conforman el sistema BRT Metropolitano, por Elaboración Propia.