

# Analysis of the data of the users of the "Metropolitan" Bus Rapid Transit System in the city of Lima for the Generation of Routes

Betzy Suey Tapia-Quispitupa, Bach. Ingeniería Civil<sup>1</sup>, Gabriel Vicente-Alva, Estudiante de Ciencia de la Computación<sup>1</sup>, José Carlos Matías León, Dr.Sc. Ingeniería Estructural<sup>1</sup>, Yuri Nuñez-Medrano, MSc. en Ingeniería de Sistemas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, btapiaq@uni.pe, gvicentea@uni.pe, jose.matias@uni.edu.pe, ynunezm@uni.edu.pe

***Abstract**—We want to optimize the routes of the Bus Rapid Transit (BRT) "Metropolitan" of the city of Lima - Peru, for this will be an analysis of user data, which are captured through the validators that are made by RFID cards. The data to be analyzed are around 18 million validations, data collected over a month, provided by the Instituto Metropolitano de Protransporte de Lima, it is worth noting that the data are the records of income to the BRT system. The analysis consists of obtaining the origin-destination to evaluate which stations require more buses and to have the criteria to optimize the existing routes in the BRT system.*

**Keywords:** *Bus Rapid Transit BRT, public transport, origin destination matrix, data*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.598>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# Análisis de los datos de los usuarios del Sistema de los Buses de Transporte Rápido “Metropolitano” en la ciudad de Lima para la Generación de Rutas

Betzy Suey Tapia-Quispitupa, Bach. Ingeniería Civil<sup>1</sup>, Gabriel Vicente-Alva, Estudiante de Ciencia de la Computación<sup>1</sup>, José Carlos Matías León, Dr.Sc. Ingeniería Estructural<sup>1</sup>, Yuri Nuñez-Medrano, MSc. en Ingeniería de Sistemas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, btapiaq@uni.pe, gvicentea@uni.pe, jose.matias@uni.edu.pe, ynunezm@uni.edu.pe

**Resumen** – Se quiere optimizar las rutas del sistema de Buses de Transporte Rápido (Bus Rapid Transit [BRT]) “Metropolitano” de la ciudad de Lima – Perú, para ello se hará un análisis de los datos de los usuarios, los cuales son captados a través de los validadores que son realizadas por medio de las tarjetas RFID. Los datos a analizar son a rededor de 18 millones de validaciones, data recolectada a lo largo de un mes, facilitado por el Instituto Metropolitano de Protransporte de Lima, cabe resaltar que los datos son los registros de ingresos al sistema de BRT. El análisis consiste en obtener el origen-destino para evaluar que estaciones requieren mayor cantidad de buses y tener los criterios para optimizar las rutas existentes en el sistema BRT.

**Palabras claves**— Buses de transporte rápido (BRT), transporte público, matriz origen-destino, ruta, datos.

## I. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Lima existe una gran problemática en el sector transporte. Cada año a las pérdidas de horas hombre y gastos operativos ascienden a 500 MM de dólares americanos [1], el 40% del CO<sub>2</sub> proviene del transporte [2], además de ello en el transporte público el tiempo perdido debido al tráfico varía entre 40 a 120 minutos, así como el tiempo de espera en las estaciones del “Metropolitano” varía entre 30 a 45 minutos.

Para la ciudad de Lima se ha elaborado un estudio de demanda (origen-destino) donde indica que el 70% (16.5 millones) de los viajes son realizados en transporte público [3], así como existen 604 rutas de transporte público [4].

Una de las medidas que el Estado ha tomado para solucionar esta problemática fue la creación de la Autoridad de Transporte Urbano con la finalidad de mejorar el transporte [5].

Existen otras ciudades como Hong Kong, donde casi el 90% es transporte público, cuya planificación y diseño de servicio se adaptan a todas las personas [6], siendo esta un ejemplo a seguir.

En la medida de mejorar los tiempos de viajes de los usuarios del sistema de transporte urbano para el caso del “Metropolitano” a través de la optimización de rutas. Se realizó un estudio de demanda, el cual consiste en usar todos los datos de los usuarios del sistema BRT, distinto al convencional, de tal manera que los resultados sean más precisos, ello contribuirá a tener matrices orígenes destinos en cualquier intervalo de tiempo, estas matrices servirán para realizar el estudio de demanda de la red de transporte, ello ayuda a tener un mayor criterio para elaborar un método para optimizar las rutas de transporte.

En el presente artículo se desarrollará: 1) Analizar los datos de los usuarios del sistema BRT con la finalidad de visualizar el comportamiento de los usuarios; 2) Obtener un método para obtener la matriz origen-destino con los datos de ingreso de los usuarios de un sistema BRT; 3) Determinar las variables que influyen para el modelo de generación de las rutas inteligentes.

## II. ANÁLISIS

### A. Descripción del sistema BRT

Los sistemas de Buses de Transporte Rápido (Bus Rapid Transit [BRT]), son autobuses modernos (articulados o biarticulados) que sirven para el transporte público masivo. Los BRT cuentan con carriles exclusivos, pueden ser a nivel o desnivel orientado al usuario del transporte público [7]

El sistema de BRT “Metropolitano” que atraviesa la ciudad de Lima en sentido Norte a Sur, está constituida por rutas alimentadoras en el norte, centro y sur de la ciudad que alimentan a la ruta troncal, esta última tiene 27 km de longitud y cuenta con 38 estaciones o paraderos; como se muestra en la Fig.1.

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.598>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

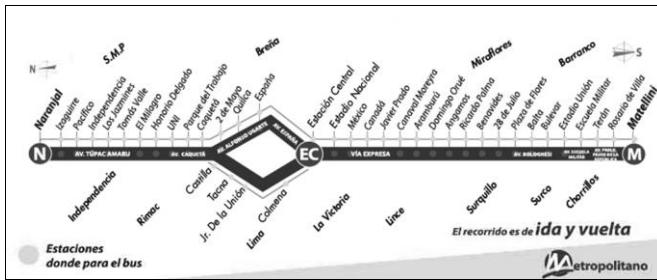


Fig. 1 Esquema de la Red del Sistema BRT “Metropolitano” en la ruta troncal [8].

### B. Forma de recolección de los datos

En el sistema del BRT “Metropolitano” de la ciudad de Lima, la forma de recaudo de los pasajes es a través de las tarjetas RFID, lo cual es validado cuando un usuario ingresa a la red del “Metropolitano”, los datos capturados son enviados a la base de datos del sistema. Ver Fig.2.

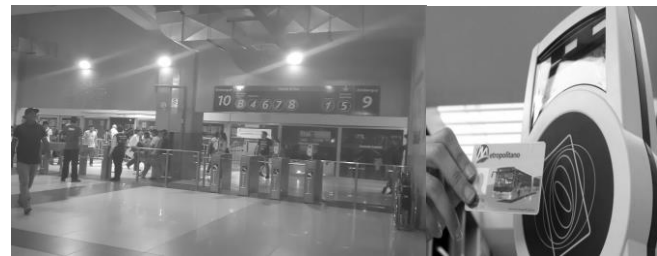


Fig. 2 Validación de tarjeta RFID del “Metropolitano”, estación central.

Los datos de las validaciones de los usuarios fueron facilitados por el Instituto Metropolitano de Protransporte de Lima. Los cuales son del mes de mayo del 2018 y contiene al redor de 18 millones de validaciones durante ese mes.

### C. Atributos

Los datos que son capturados, a través de las validaciones, presentan ciertos atributos que ayudan a identificar las características de cada validación, cuando un usuario realiza un viaje. En este caso de estudio, la cantidad de atributos que presenta cada validación son 9, los cuales son los siguientes: 1) Fecha, indica la fecha y hora de la validación; 2) Validador, indica el código del validador (equipo conformado por un torniquete o molinete y un lector de tarjeta); 3) Secuencia, es el contador de la cantidad de personas que ingresan por el validador; 4) Archivo, indica el nombre del archivo de una validación; 5) Tarjeta, es código de identificación de la tarjeta; 6) Perfil, si el usuario es escolar (ES), universitario (UN), general (GE) o pase libre (PL); 7) Tipo de validador, si el usuario es minusválido (M) o normal (N); 8) Tipo de validación, si la ruta es alimentador (A) o ruta troncal (T); 9) Parada, el nombre de la estación o paradero; 10) Monto, el costo del pasaje.

En la Tabla I se muestra la validación de dos usuarios, que fueron escogidas como ejemplos, en esta tabla también se ve la estructura y tipo de cada atributo.

TABLA I  
ATRIBUTOS DE CADA VALIDACIÓN

FECHA	VALIDADOR	SECUENCIA	ARCHIVO	TARJETA	PERFIL	TIPO VALIDADOR	TIPO VALIDACION	PARADA	MONTO
04/05/2018 7:50:11	4040	1217	20180504S_072_001_001_38535	340000838	GE	N	T	Uni	2.5
04/05/2018 18:53:58	12047	474	20180504S_072_001_011_38392	966593341	UN	N	A	AS-08	0.5

### D. Análisis general

Del análisis de los datos del mes de mayo del 2018 la cantidad de validaciones de entrada es de 18 720 760 viajes, teniendo como promedio diario 603 896 viajes en todo el sistema, es decir validaciones que se realizaron tanto en la ruta troncal como la alimentadora. La distribución de los registros según el “tipo de validación” durante un mes (mayo 2018) se muestra en la Fig. 3, como se ve, de lunes a viernes son los días con mayor demanda, disminuyendo los días sábados y teniendo como punto más bajo los días domingos y feriados.

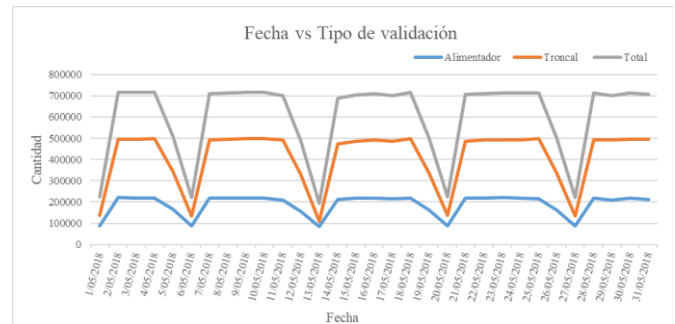


Fig. 3 Gráfica fecha vs cantidad de validaciones en un mes, según el “tipo de validación”.

En la siguiente tabla se muestra el análisis de los viajes promedios, tanto en la troncal como en el alimentador, separándolo los días laborables de lunes a viernes, sábado, domingos y feriados. Ver Tabla II

TABLA II  
CANTIDAD DE VIAJES PROMEDIO

USUARIOS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO DE LUNES A VIERNES	PROMEDIO SABADOS	PROMEDIO FERIADO Y DOMINGOS	MES
Alimentador	189184.2	217490.7	162180.5	86238.6	5864711
Troncal	414711.3	493167.1	337476.5	131293.2	12856049
Total	603871.5	710657.9	499657.0	217531.8	18720760

En la Tabla III, se muestra la cantidad de viajes máximos y mínimos realizados por los usuarios, de la tabla se ve que los días domingos son los días con menor cantidad demanda y el día con mayor demanda es el miércoles.

TABLA III  
CANTIDAD DE VIAJES MÍNIMOS Y MÁXIMOS

USUARIOS	MÍNIMO DIARIO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO DIARIO	DÍA MÁXIMO
Alimentador	83643	Domingo 13-05-2018	221968	Miércoles 02-05-2018
Troncal	109814	Domingo 13-05-2019	499808	Viernes 04-05-2018
Fecha	193457	Domingo 13-05-2019	718343	Miércoles 09-05-2018

Según el atributo “perfil” los usuarios están categorizados en escolar, universitario, general y pase libre; como se observa en la Fig.4, las validaciones del perfil general (GE) tiene un promedio de 480 482 viajes diarios, el universitario (UN) tiene

un promedio de 101 429 viajes diarios, los universitarios (PL) tienen un promedio de 14 222 viajes por día, los escolares (ES) tiene un promedio de 7 763 viajes por día; estos dos últimos son valores pequeños comparados con los otros.

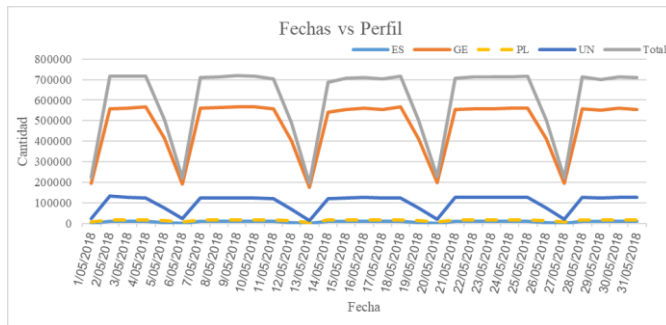


Fig.4 Gráfica fecha vs cantidad de validaciones en un mes, según el "perfil".

En la tabla IV se muestra el promedio diario, entre semana, feriados y domingos según el perfil de los usuarios, donde el perfil general es el que tiene mayor cantidad de validaciones seguida por los universitarios, pase libre finalmente el que tiene menor cantidad de validaciones es el perfil escolar.

TABLA IV  
PROMEDIO DE VIAJES SEGÚN EL TIPO DE PERFIL

USUARIOS	PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO DE LUNES A VIERNES	PROMEDIO SABADOS Y DOMINGOS	PROMEDIO FERIADO Y DOMINGOS	MES
Escolar	7763.3	10112.3	3157.8	1112.0	240661
Pase Libre	14221.6	16371.9	12816.3	5884.8	440871
Universitario	101428.7	125237.5	72966.5	19440.0	3144290
General	480481.9	558936.2	410716.5	191095.0	14894938
TOTAL	603895.5	710657.9	499657.0	217531.8	18720760

Otro atributo es el tipo de validador, el cual indica si el usuario es "minusválido" (M) o "normal" (N), como se muestra en la Fig.5, los usuarios "normales" bordea los 70000 en semana, teniendo puntos valles de 20 000 los domingos o feriados, en cambio los usuarios "minusválidos" varían entre los 1000 a lo largo del mes.

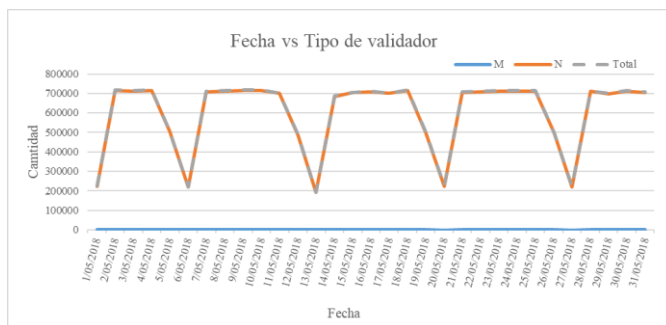


Fig.5 Gráfica fecha vs cantidad de validaciones en un mes, según el "Tipo de validador".

El costo del pasaje en el Metropolitano es como se muestra la Tabla V, sin embargo el pasaje integral está compuesta por el uso de la ruta troncal y alimentador cuyo costo es de S/2,5 soles.

TABLA V  
COSTO DE PASAJE

Perfil	Costo de pasaje	
	Ruta Troncal	Ruta Alimentadora
General	S/ 2.50	S/ 0.50
Universitario	S/ 1.25	S/ 0.25
Pase libre	S/ 0.00	S/ 0.00
Escolar	S/ 1.25	S/ 0.25

#### D. Análisis con los atributos influyentes

Del análisis general, se muestra que los atributos que mejor pueden contribuir en el "modelo de generación de las rutas" son los atributos "fecha", "tarjeta" y "parada".

Con el atributo "fecha" se puede saber el momento en que cada usuario ingresa al sistema del Metropolitano; el atributo "tarjeta" sirve para identificar a cada usuario; por último el atributo "parada" es muy importante ya que indica el origen de cada usuario.

### III. MATRIZ ORIGEN- DESTINO

#### A. Metodología

De los datos capturados por el validador, se ve que solo se tiene el origen y no el destino de los usuarios, es decir solo se cuenta con los datos del atributo "parada"; es por ello que se elabora una metodología para la formación de origen-destino de cada usuario.

1. Identificar a cada usuario en base al código del atributo "tarjeta".
2. Si el usuario tiene más de dos validaciones, servirá para matriz origen-destino.
3. La primera validación del usuario será el origen y la segunda será el destino; este será el primer viaje. La segunda validación será el nuevo origen y la tercera validación será el destino; este será el segundo viajes. Así sucesivamente se forman los viajes de cada usuario.
4. Una vez que se tenga el origen-destino de cada usuario se procede a formar la matriz origen-destino.

#### B. Matriz origen-destino

Para obtener la matriz origen-destino primero se hizo una limpieza de datos, se seleccionó los atributos más influyentes, luego se utilizó la metodología para para formación de pares origen-destino, finalmente se agrupó los pares origen-destino en una matriz. Es necesario mencionar que para un mejor comportamiento en la generación de rutas, se hará uso de los pares origen-destino de la ruta Troncal; debida a que esta ruta circula por una vía exclusiva y tienen estaciones en las cuales se realizan la validación de las tarjetas.

MATRIZ DE ESTACIONES		DESTINO																																						NORTE A SUR	
		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		
Naranjal		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		
Izaguirre		2	1	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		
Pacifico		3	2	1	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		
Independencia		4	2	3	1	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		
Los jazmines		5	2	3	4	1	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		
Tomas Valle		6	2	3	4	5	1	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		
El Milagro		7	2	3	4	5	6	1	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		
Honorio Delgado		8	2	3	4	5	6	7	1	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		
Uni		9	2	3	4	5	6	7	8	1	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		
Parque del Trabajo		10	2	3	4	5	6	7	8	9	1	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		
Caqueta		11	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	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		
2 de Mayo		12	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	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		
Quica		13	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	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		
EspaAza		14	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Ramón Castilla		15	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Tacna		16	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Jiron de la UniAñ		17	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Colmena		18	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Estación Central		19	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Estadio Nacional		20	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
MA Oxcio		21	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
CanadAñ		22	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	2	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Javier Prado		23	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	2	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Canaval y Moreyra		24	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	2	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Aramburu		25	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	2	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Domingo OruA©		26	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	2	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Angamos		27	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	2	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Ricardo Palma		28	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	2	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Benavides		29	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	2	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
28 de Julio		30	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	2	31	32	33	34	35	36	37	38		
Plaza de Flores		31	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	2	32	33	34	35	36	37	38		
Bulwer		32	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	2	33	34	35	36	37	38		
Bulevar		33	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	2	34	35	36	37	38		
Union		34	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	2	35	36	37	38		
Escuela Militar		35	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	2	36	37	38		
TerAñ		36	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	2	37	38		
Rosario de Villa		37	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	2	38		
Matellini		38	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	2		

Fig.6 Matriz origen-destino del día 04-05-2018, considera más de una validación

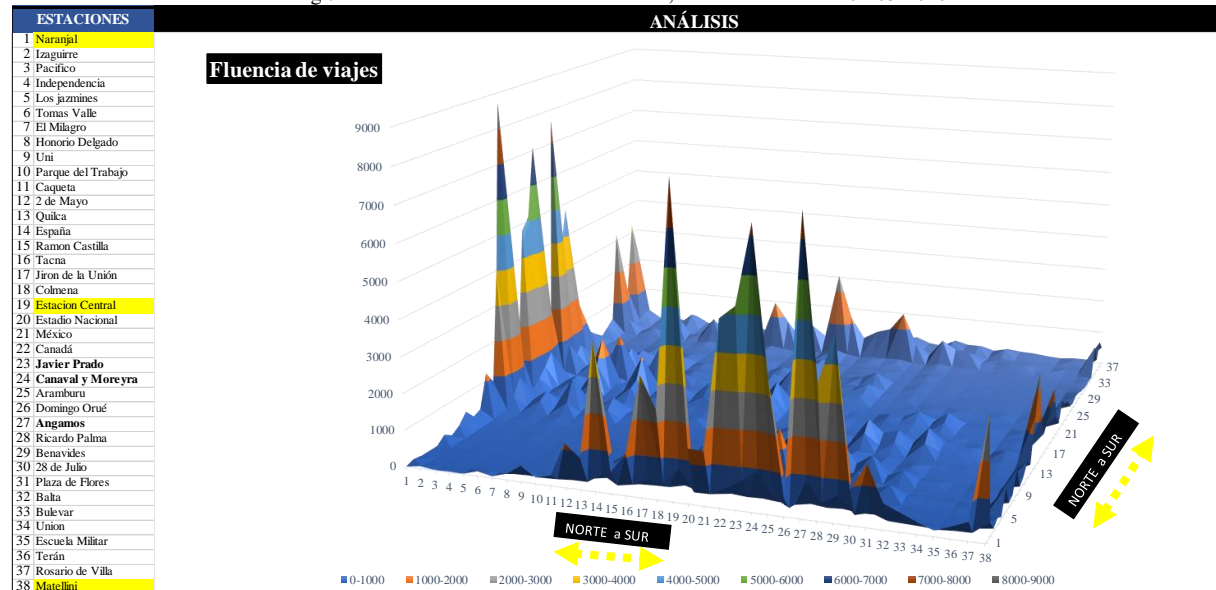
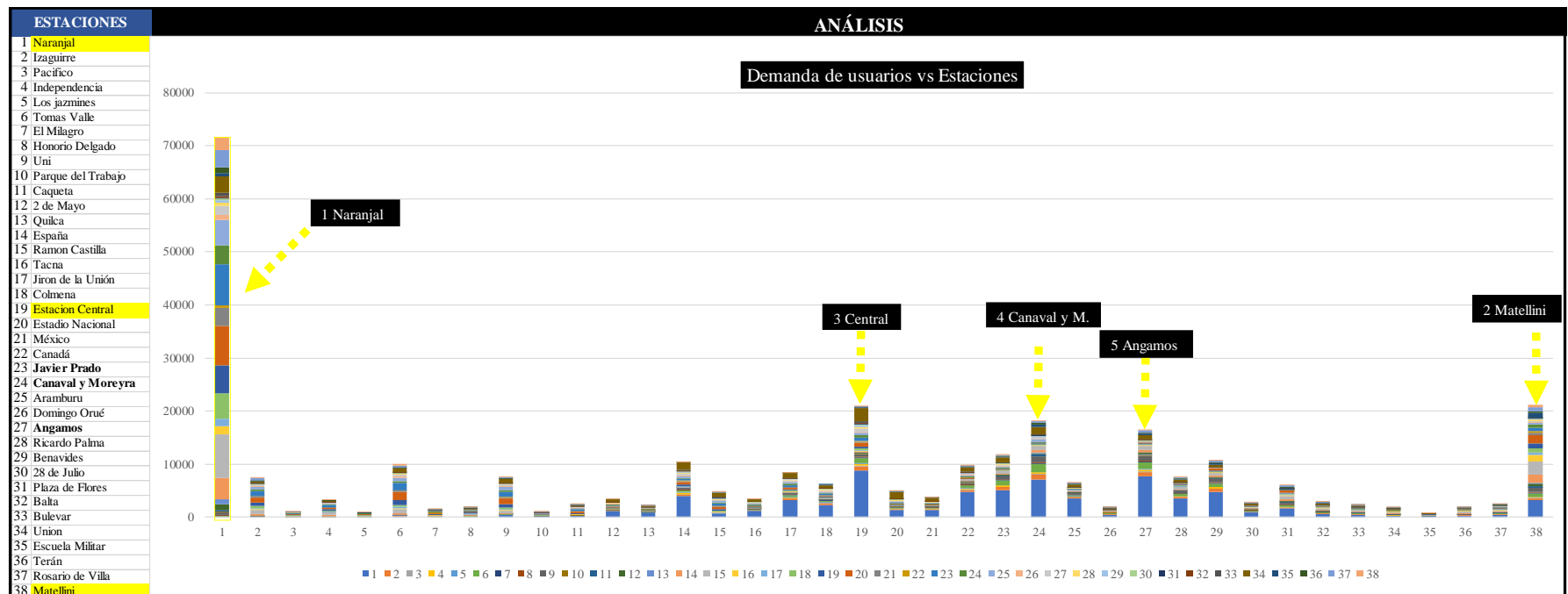
De acuerdo a la metodología que se está planteando se forma la matriz origen-destino del día 04-05-2018, con esta metodología también se puede generar matriz origen destino por intervalos de tiempo. En el día 04-05-2018 la cantidad de validaciones es de 717 196, de los cuales 217 387 pertenecen a la ruta alimentadora y 499 809 pertenecen a la ruta troncal, de esta ultima la cantidad de usuarios con más de una validación es de 304 705, el cual representa 60,96% y los usuarios con una sola validación es de 195 104 el cual representa 39,04%.

En la Fig.6, se muestra el origen-destino de los usuarios con más de una validación en la ruta troncal, es decir, la cantidad de viajes de un par origen-destino. La matriz esta separada mediante la diagonal en viajes realizados de norte a sur en la matriz superior y los viajes de sur a norte en la matriz inferior, así mismo, para una mejor visualización esta coloreada según las estaciones más demandadas; es decir, las casillas sin colorear pertenecen al intervalo  $[0,100]$ , las de color verde en el intervalo  $(100,1000]$ , las de color amarillo en el intervalo  $(1000,5000]$ , y las que están color rojo están dentro del intervalo  $(5000, 10000]$ . De la matriz origen destino, se ve que, en las casillas de color rojo los viajes están colapsando, debido a que existen gran demanda en esos

pares de origen-destino, como por ejemplo el par origen-destino estación Naranjal hacia la Estación central. En esta matriz también se observa que existen pares de origen-destino cuya cantidad de viajes es cero, como por ejemplo de la estación Parque del Trabajo hacia la estación Honorio delgado, el cual indicaría baja demanda de viajes en ese par origen-destino.

La ciudad de Lima tiene puntos de atracción, en la estación central tiene llegada a todo el centro de la ciudad, las estaciones desde Javier Prado hasta la estación Benavides se encuentra la zonas financieras y empresas que abarcan principalmente los distritos de San Isidro y Miraflores. En la Fig.7, se ve, las cinco estaciones más demandas a lo largo de la ruta Troncal.

Como se muestra en la Fig.8, la cantidad de flujo de los usuarios del Metropolitano es hacia el centro de la ciudad, el flujo más concurrido en las mañanas es de norte a centro y en las tardes noches es del centro a norte, en ambos sentidos se ve la interacción con el centro de la ciudad. En esta figura, en plano x-y se muestran las estaciones y en el plano z se muestra la demanda.





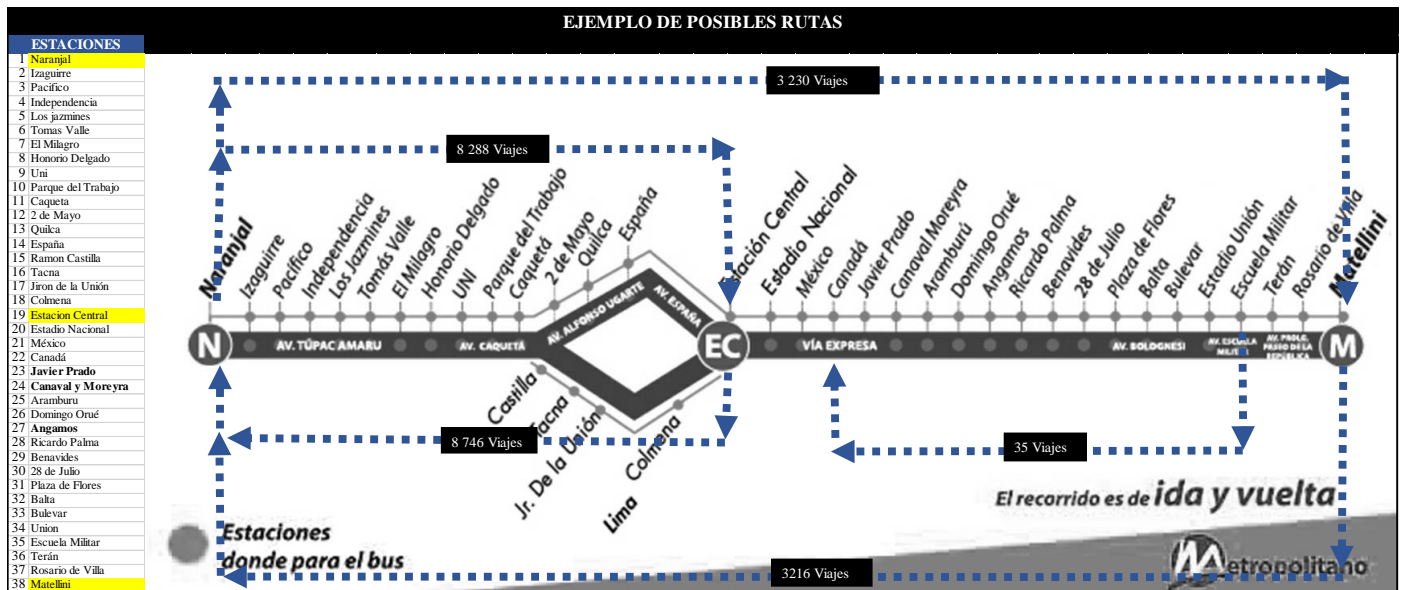


Fig.9 Ejemplo de posibles rutas basándose en la cantidad de usuarios, en los datos del día 04-05-2018

Del análisis, se muestra en la Fig.9, que una de las rutas directas es de la estación Naranjal hacia la estación central debido a que existen 8288 viajes y en sentido contrario es de 8746 viajes, esta sería una posible ruta directa debido a la gran cantidad de demanda. Sin embargo los viajes realizados de la estación Escuela Militar hacia la estación Canadá no podría ser una ruta directa, ya que la cantidad de viajes transportados es de 35, para este caso se usaría una ruta regular por la baja demanda.

#### IV. VARIABLES PARA EL MODELO DE GENERACIÓN DE RUTAS

Según el análisis que se está realizando para el modelo de “generación de las rutas” las variables que influirán son las siguientes:

1. Origen-destino de cada usuario con hora y fecha.
2. Capacidad máxima del bus
3. Coordenadas de las estaciones (paraderos)
4. Velocidad del bus

El modelo de generación de rutas debe considerar el origen-destino de cada usuario con su hora y fecha, debido a que estos datos determinara la cantidad de usuarios que van de un mismo origen a un destino un intervalo de tiempo, así se podrá saber la cantidad de viajes de un mismo origen-destino. La capacidad máxima de un bus, determinara la cantidad máxima de usuarios que se transportaran en un BRT. Las coordenadas de las estaciones, se utilizara para calcular la distancia entre estaciones. La velocidad del bus junto con las distancias entre estaciones determinaran el tiempo de viaje entre cada estación.

La interacción de estas variables servirá para obtener un buen modelo de generación de rutas, en situaciones en las que el sistema del BRT tenga carril exclusivo sin semáforos u otras interferencias en su recorrido.

#### V. CONCLUSIONES

Los días de lunes a viernes tiende a seguir una tendencia ya que estos días son laborables; el día sábado de cada semana tiene el mismo comportamiento, los días domingos y feriados se comporta de la misma manera. Ello indica que la cantidad de rutas de lunes a viernes será la misma con una variación en los días sábados, domingos y ferias.

Los atributos más influyentes para la formación de los orígenes – destinos son “fecha”, “tarjeta” y “parada”

Las estaciones más demandadas son las estaciones Naranjal, Matellini, Central, Angamos, y Canaval y Moreyra respectivamente, las tres primeras debido a que son estaciones terminales y las otras dos últimas es porque están dentro de zonas de atracción, es decir son zonas financieras.

Se podría decir que sistema de BRT está diseñado para los usuarios de la zona norte de la ciudad, ya que existe un gran flujo de viajes de norte a centro y viceversa.

Las posibles rutas pueden formarse de dos maneras, la directa y la ruta regular; la primera que solo embarca y desembarca en algunas estaciones, la segunda para en todas las estaciones

El análisis de los datos se realizó con la finalidad de obtener las variables para un futuro modelo de generación de rutas inteligentes, también fue útil para tener una idea general de comportamiento de las futuras rutas. Con el propósito de elaborar un modelo de generación de rutas inteligentes se recomienda utilizar herramientas como Big Data, Machine Learning, Data Science y otros algoritmos de optimización de rutas; cabe resaltar que en el análisis de los datos se utilizó la herramienta de Data Science y criterios de ingeniería de transporte.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece al Laboratorio 4 del Centro de Tecnologías de Información y Comunicaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería CTIC-UNI, por el apoyo brindado con las instalaciones y equipos para el desarrollo de esta investigación, así mismo se agradece a todo el equipo que ayudo en la realización de la presente investigación.

## REFERENCES

- [1] Lanegra, I., Zevallos, P., Mora, J., & Apaella, K., “Gobernando con el Clima a Favor”, Libélula, 2016, p.6. Recuperado de Libélula website: d
- [2] Sistemas de transporte eficientes, efectivos y sostenibles TRANSPerú, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2018, Recuperado de [www.bmu.bund.de](http://www.bmu.bund.de)
- [3] Encuesta de Recolección de Información Básica del Transporte Urbano en el Área Metropolitana de Lima y Callao, Agencia de cooperación Internacional del Japón (JICA), 2013, pp.20-21. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/01 - EI JR13012 Resumen.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/01_-_EI_JR13012_Resumen.pdf)
- [4] Rutas de Transporte Público, Gerencia de Transporte Urbano (GTU), 2019, pp.1-3. Recuperado de [http://www.gtu.munlima.gob.pe/sites/default/files/publicaciones/SRT/CRONOGRAMA DE ENTREGA DE TUC.pdf](http://www.gtu.munlima.gob.pe/sites/default/files/publicaciones/SRT/CRONOGRAMA%20DE%20ENTREGA%20DE%20TUC.pdf)
- [5] Congreso de la República, “Ley No 30900: Ley que Crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao”, El Peruano, 2018, pp. 16-21. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-crea-la-autoridad-de-transporte-urbano-para-lima-y-c-ley-n-30900-1727064-7>
- [6] Yang, L. “Modeling the mobility choices of older people in a transit-oriented city: Policy insights”, Habitat International, vol.76, pp.10-18, mayo 2018. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.05.007>
- [7] Lloyd, W. [ITDP], & Karl, F. [GTZ], 2006. *Opciones de Transporte Público Masivo* (Deutsche G; Manfred Breithaupt, Stefan Opitz, Karl Fjellstrom, & Jan Schwaab, Eds.). Recuperado de <http://www.sutp.org>
- [8] Metropolitano, 2020. Recuperado 10 de marzo de 2020, de PROTRANSPORTE website: <http://www.metropolitano.com.pe>