



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TIEMPO
DE RECORRIDO, VELOCIDAD DE OPERACIÓN
Y OTROS INDICADORES DE EFICIENCIA,
ENTRE UNA LÍNEA DE TRANSPORTE PÚBLICO
CONFINADO Y UNA LÍNEA ABIERTA O SEMICONFINADA**

TESIS

Que para obtener el grado de
**MAESTRO EN INGENIERÍA CON OPCIÓN TERMINAL
EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE**

Presenta:

ING. RICARDO GUTIÉRREZ QUINTERO

Asesor de tesis:

M.I. Juan José Benítez Suárez

Puebla, Pue.

Agosto, 2018



BUAP

Oficio No. 2187/2018

C. Ricardo Gutiérrez Quintero

Pasante de la Maestría en Ingeniería
con opción terminal en Tránsito y Transporte
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Análisis comparativo del tiempo de recorrido, velocidad de operación y otros indicadores de eficiencia, entre una línea de transporte público confinado y una línea abierta o semiconfinada.** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Tránsito y Transporte. Asignándose como Asesor al M.I. Juan José Benítez Suárez.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Zaragoza, mayo 29 de 2018.

M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández
Director

C.c.p. M.I. Juan José Benítez Suárez, Asesor del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

ABH/WVL/sco*

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, BUAP.
P R E S E N T E

León Guanajuato, a 6 de julio de 2018

El suscrito **Ing. Ricardo Gutiérrez Quintero**, alumno de la Maestría en Ingeniería con opción terminal en Tránsito y Transporte, con número de **Matrícula 214470761** le solicito atentamente, me sea asignado el Honorable Jurado y la fecha para sustentar el Examen de Grado. Una vez que ha sido aprobada para su impresión la tesis intitulada "**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TIEMPO DE RECORRIDO, VELOCIDAD COMERCIAL Y OTROS INDICADORES DE EFICIENCIA, ENTRE UNA LÍNEA DE TRANSPORTE PÚBLICO CONFINADO (TIPO BRT) Y UNA LÍNEA ABIERTA O SEMICONFINADA**", por el asesor M.I. Juan José Benítez Suárez.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Ing. Ricardo Gutiérrez Quintero

D.K.
Pr. M.I. Juan José Benítez Suárez
Sus. M.I. José Luis Stefanoni Minutti
Vocal 1. M.I. Angel Carlos Gómez Zamora
Vocal 2. M.I. Jorge Antonio Corona López
22/07/18

C.c.p. **Dr. Alejandro Bautista Hernández**, Secretario de investigación y estudios de posgrados, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.

M.I. José Luis Stefanoni Minutti, Coordinador de la Maestría en Ingeniería con opción terminal en Tránsito y Transporte, de la Facultad de Ingeniería de la BUAP.

Expediente/minutario.



BUAP

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xii
JUSTIFICACIÓN	xii
OBJETIVOS	xiii
OBJETIVO GENERAL.....	xiii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xiii
HIPÓTESIS	xiv
METODOLOGÍA	xiv
CAPÍTULO I.....	15
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	15
1.1.1. COMPONENTES FÍSICOS DEL SIT	16
1.1.2. LÍNEAS TRONCALES.....	24
1.2. LÍNEAS DE ANÁLISIS (BRT).....	27
CAPÍTULO II.....	31
2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	31
2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS DE TRANSPORTE.....	31
2.1.1 LÍNEA 2	32
2.1.1.1 LÍNEA 2 SENTIDO DELTA – SAN JERÓNIMO	32
2.1.1.2 LÍNEA 2 SENTIDO SAN JERÓNIMO - DELTA	35
2.1.1.3 LÍNEA 2 DISTANCIA ENTRE PARADAS	44
2.1.2 LÍNEA 1	46
2.1.2.1 LÍNEA 1 SENTIDO DELTA – SAN JERÓNIMO	46



BUAP

2.1.2.2 LÍNEA 1 SENTIDO SAN JERÓNIMO - DELTA.....	49
2.1.2.3 LÍNEA 1 DISTANCIA ENTRE PARADAS	52
CAPÍTULO III.....	55
3. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES	55
3.1. EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD, DISTANCIA ENTRE PARADAS, TIEMPO DE PARADA Y DEMORAS.....	55
3.2. CALIBRACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA DE CAMPO	60
3.2.1 LÍNEA 1 CARRIL CONFINADO	61
3.2.1.1 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE TIEMPO DE PARADA Y DISTANCIA ENTRE PARADAS.....	61
3.2.1.2 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE DEMORA.....	67
3.2.2 LÍNEA 2 CARRIL COMPARTIDO.....	69
3.2.2.1 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE TIEMPO DE PARADA Y DISTANCIA ENTRE PARADAS.....	69
3.2.2.2 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE DEMORA.....	75
3.3. SITUACIÓN ACTUAL VS SITUACIÓN MEJORADA.....	77
3.3.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	77
3.3.2 SITUACIÓN MEJORADA.....	80
3.3.2.1 MEJORAS A LÍNEA 1.....	83
3.3.2.1.1 CAMBIAR EL 18% DEL CARRIL COMPARTIDO A CARRIL CONFINADO	83
3.3.2.1.2 ESPACIAR EL DISTANCIAMIENTO ENTRE PARADEROS A VALORES MAYORES A 600 METROS	84
3.3.2.1.3 UTILIZACIÓN DE CARRILES EXCLUSIVOS A FLUJO LIBRE	84
3.3.2.2 MEJORAS A LÍNEA 2.....	85
3.3.2.2.1 CAMBIAR EL 81% DEL CARRIL COMPARTIDO A CARRIL CONFINADO	85
3.3.2.2.2 ESPACIAR EL DISTANCIAMIENTO ENTRE PARADEROS A VALORES MAYORES A 600 METROS	85
3.3.2.2.3 UTILIZACIÓN DE CARRILES EXCLUSIVOS A FLUJO LIBRE	86
3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS 1 Y 2.....	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	93



BUAP





BUAP

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Paraderos o estaciones de línea 2 en la dirección San Jerónimo - Delta	24
Tabla 2. Paraderos o estaciones de línea 2 en la dirección Delta - San Jerónimo	26
Tabla 3. Paraderos o estaciones de línea 1 en la dirección San Jerónimo - Delta	26
Tabla 4. Paraderos o estaciones de línea 1 en la dirección Delta - San Jerónimo	27
Tabla 5. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido Delta-San Jerónimo	32
Tabla 6. Indicadores de la línea 2 sentido Delta-San Jerónimo.....	35
Tabla 7. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta	36
Tabla 8. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta.....	36
Tabla 9. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo a contraflujo)	38
Tabla 10. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo a contraflujo).....	39
Tabla 11. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo sin tramo a contraflujo)	40
Tabla 12. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo sin tramo a contraflujo).....	41
Tabla 13. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril uso compartido sin tramo a contraflujo)	42
Tabla 14. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril uso compartido sin tramo a contraflujo).....	42
Tabla 15. Comparativo de principales indicadores en la línea 2	43
Tabla 16. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido Delta-San Jerónimo.....	46
Tabla 17. Indicadores de la línea 1 sentido Delta-San Jerónimo.....	48
Tabla 18. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido San Jerónimo-Delta.....	49
Tabla 19. Indicadores de la línea 1 sentido San Jerónimo-Delta.....	49
Tabla 20. Comparativo de principales indicadores en la línea 1	51
Tabla 21. Principales datos estadísticos de la línea 1 en el indicador tiempo de parada.....	61



BUAP

Tabla 22. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 1	63
Tabla 23. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 1 con calibración mediante ajuste en tiempo de parada.....	64
Tabla 24. Tabla de referencia de valores de aplicar la fórmula GEH	66
Tabla 25. Cálculo del valor de GEH de la línea 1 con valores de velocidad sin calibrar.....	66
Tabla 26. Cálculo del valor de GEH de la línea 1 con valores de velocidad con calibración	67
Tabla 27. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 1 calibrado (demora)..	68
Tabla 28. Cálculo del valor de GEH de la línea 1 con valores de velocidad con calibración (demora)	69
Tabla 29. Principales datos estadísticos de la línea 2 en el indicador tiempo de parada.....	70
Tabla 30. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 2	71
Tabla 31. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 2 con calibración mediante ajuste en tiempo de parada.....	72
Tabla 32. Cálculo del valor de GEH de la línea 2 con valores de velocidad sin calibrar.....	74
Tabla 33. Cálculo del valor de GEH de la línea 2 con valores de velocidad con calibración	74
Tabla 34. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 2 calibrado (demora)..	75
Tabla 35. Cálculo del valor de GEH de la línea 2 con valores de velocidad con calibración (demora)	76
Tabla 36. Comparativo de principales indicadores en la línea 1	78
Tabla 37. Comparativo de principales indicadores en la línea 2	79
Tabla 38. Comparativo entre corredores BRT con carril confinado.....	79
Tabla 39. Mejora por cambiar el 18% del carril compartido a confinado.....	83
Tabla 40. Mejora por cambiar el distanciamiento entre paradas a valores mayores a 600 metros...	84
Tabla 41. Mejora por utilizar carriles exclusivos a flujo libre.....	84
Tabla 42. Mejora por cambiar el 81% del carril compartido a confinado.....	85
Tabla 43. Mejora por cambiar el 81% del carril compartido a confinado.....	85
Tabla 44. Mejora por utilizar carriles exclusivos a flujo libre.....	86
Tabla 45. Comparativos de tiempo de recorrido de la situación actual vs situaciones con mejoras.	86
Tabla 46. Porcentajes comparados de tiempo de recorrido de la situación actual vs situaciones con mejoras.....	86



BUAP

Tabla 47. Dimensionamiento de la flota de línea 1 88

Tabla 48. Dimensionamiento de la flota de línea 2 88



BUAP

ÍNDICE DE FIGURAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

NO SE ENCUENTRAN ELEMENTOS DE TABLA DE ILUSTRACIONES.

NO SE ENCUENTRAN ELEMENTOS DE TABLA DE ILUSTRACIONES.

NO SE ENCUENTRAN ELEMENTOS DE TABLA DE ILUSTRACIONES.

NO SE ENCUENTRAN ELEMENTOS DE TABLA DE ILUSTRACIONES.

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.



BUAP

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se han generado ideas innovadoras en todos los ámbitos y los sistemas de transporte del mundo no son la excepción, ya sea transporte masivo o colectivo el objetivo a perseguir y la constante de todos ellos es generar un servicio que sea económico y viable para los ciudadanos de esa localidad y mientras más funcional y con poca inversión es mejor; cada parte del mundo o ciudad realiza una tropicalización del mismo desde cómo se concibe previo o posterior a la traza urbana, si tienen apoyos con algún subsidio sea directo o cruzado o si definitivamente la manutención se da solamente de la tarifa sin generarse algún apoyo adicional.

Desde los años 70 se han generado ideas como los ya famosos sistemas de AUTOBÚS DE TRÁNSITO RÁPIDO (BUS RAPID TRANSIT EN INGLÉS, BRT), y debido a que estos sistemas son viables por su fácil adaptación y costo comparado con la creación de sistemas masivos como el metro, han tenido gran aceptación en diferentes ciudades del mundo por ello, en algunas instituciones educativas en nuestro país se han visto interesadas en abordar este tipo de temas de alto impacto social, preocupadas por preparar personal calificado para aplicar este conocimiento brindando mejoras en nuestros sistemas de transporte. Hoy en día contamos con técnicos en la materia, lo que antes se tenía que contratar con empresas consultoras en el extranjero a un costo considerable, en la actualidad tanto las empresas de transporte como consultores independientes se pueden encontrar en México, haciendo más accesibles los costos; otra opción es tener a un técnico contratado de forma permanente teniendo como ventaja que los proyectos desde su concepción, puesta en marcha y monitoreo sean llevados a cabo por él.

Lo que ofrece esta tesis es ver desde el punto de vista técnico, mediante indicadores de operación, las ventajas que tiene el mantener una línea del BRT con un carril confinado o exclusivo vs otra donde su carril sólo mantiene su exclusividad en algunos tramos, ambos casos de estudio son líneas del BRT SIT Optibus de la ciudad de León Guanajuato. Para ello se tomarán en cuenta las distintas variables que tienen cada una de ellas situándolas



BUAP

bajo un mismo plano de tal manera que puedan ser comparadas de la forma más objetiva posible.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el punto de vista de la planeación y operación en cualquier línea de transporte un elemento esencial es el tiempo de recorrido, cuando se tiene un carril compartido con los autos particulares genera un incremento en las demoras afectando la velocidad de operación, este efecto es más notable en las horas pico debido a que se tiene más saturación de vehículos particulares lo que ocasiona una mala operación y requiere de una flota mayor a la que se podría utilizar con un tiempo de recorrido más eficiente, otra consecuencia de tener un carril de circulación mixto son los bajos cumplimientos de horarios de paso que se tienen para regular los servicios durante el trayecto, el carril confinado es una alternativa para solventar estos problemas.

Sin embargo, en estos casos es conveniente pasar del carril semiconfinado al confinado considerando: ¿de qué orden de magnitud serían las mejoras al pasar a un carril totalmente confinado desde un punto de vista operacional? y ¿qué otros beneficios adicionales puede tener el hacer esta práctica de carriles confinados al 100%?.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente el BRT en el sistema troncal cuenta con 5 líneas y opera en su horario pico más crítico con 88 unidades en un día hábil, realiza 1326 viajes y el Transporte Público de la Ciudad de León Guanajuato mueve actualmente un promedio de 685,000 usuarios en día hábil (de lunes a viernes), de estos el BRT en el sistema troncal moviliza 155,000 lo que



BUAP

representa el 22% de la movilidad total. Según INEGI en el 2015 la ciudad de León contaba con un total de 1,578,626 habitantes lo que representa que el 43.5% utiliza el transporte público y tan sólo en el sistema troncal el 10% de la población.

Lo anterior nos da un panorama del impacto que puede traer a la sociedad el hecho de incrementar una velocidad de operación en alguna de las líneas de este sistema, siendo un beneficio en cascada donde el principal beneficiado es el usuario, por otro lado la disminución de flota y también disminución de contaminantes; es por eso que la esencia de estos sistemas es contar con los carriles confinados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo entre las ventajas y desventajas que representa para el usuario desde el punto de vista tiempo y otras variables (principal indicador en el transporte público), viajar a través de un sistema de transporte confinado en su totalidad y abierto o mixto (abierto y cerrado en algunas de sus partes del trazo); caso de estudio: la línea 1, y la línea 2 de corredor abierto del BRT SIT OPTIBUS, de la ciudad de León Guanajuato.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Medir los beneficios por medio de indicadores de operación en la línea 2 en la cual se tiene un carril confinado al 38% obteniendo principalmente los de mayor impacto social y de optimización de recursos.

- Medir los tiempos de las distintas velocidades de operación
 - Actuales



BUAP

- Proyectadas
- Calcular los beneficios que se tendrán en la operación
 - Flota
 - Tiempo de terminal
 - Regularidad en el servicio
 - Etc.
- Mencionar qué impacto social tendría su implementación
- Medir contaminantes
- Entre otros

HIPÓTESIS

Los beneficios medidos técnicamente expresados en tiempo de recorrido, velocidad de operación y otros indicadores de eficiencia, justifican el cambio de la operación de un BRT en carril parcialmente confinado a uno totalmente confinado.

METODOLOGÍA

- Realizar levantamiento de datos para conocer la situación por tramo de carril confinado y semiconfinado
- Generar estudio de demoras sobre ambas líneas en horario pico matutino (ya que es el de mayor impacto)
- Homologar criterios para que la comparación sea correcta
- Analizar y evaluar indicadores
- Conclusiones y recomendaciones



BUAP

CAPÍTULO I

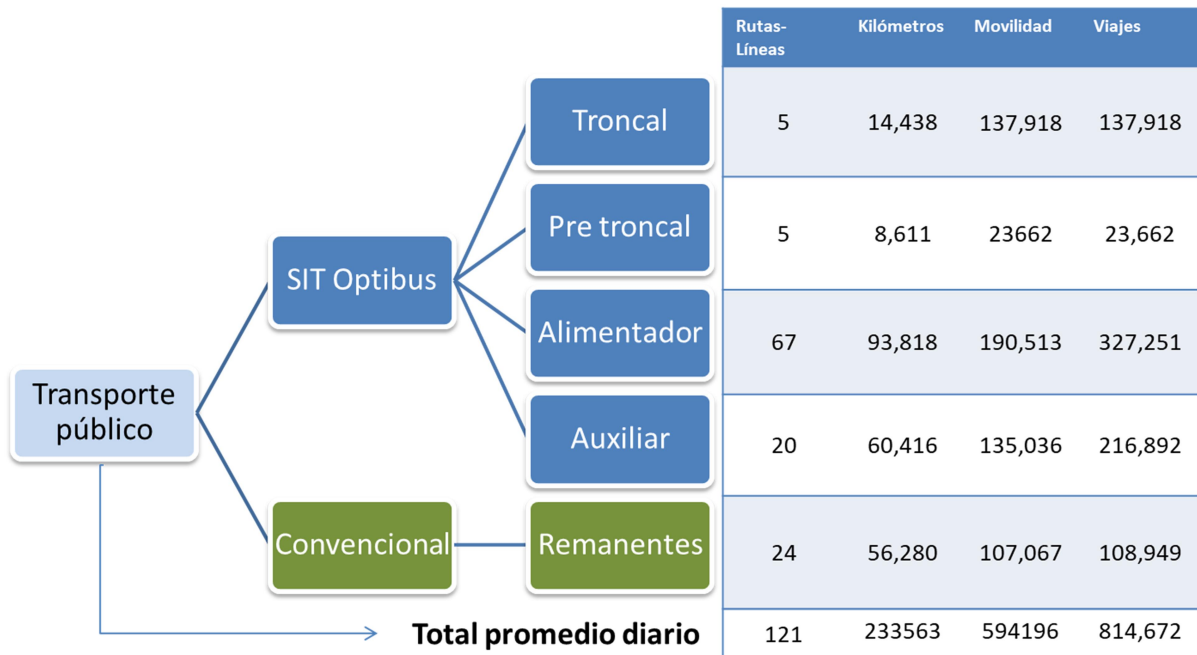
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

El transporte público de la ciudad de León se compone de un Sistema Integrado de Transporte BRT (Bus Rapid Transit, por sus siglas en inglés) el cual inició operaciones en el año 2003, en ese momento el sistema inicio con “una cobertura del 39% de los viajes totales en el transporte público” y un sistema convencional el cual con el paso del tiempo se ha ido generando una mayor cobertura en el SIT; “en la segunda etapa en el año 2010 su cobertura fue del 65%; para las etapas 3 y 4 que se concretaron en el año 2017 se tiene un total de 85% de la cobertura total en viajes.”¹Uno de los beneficios más palpables que los usuarios han tenido con la evolución de las etapas en el SIT son los viajes de extremo a extremo de la ciudad donde con un solo pasaje cubren su viaje independientemente del número de rutas que se tomen ya que el trasbordo no tiene un costo adicional. Con el fin de conocer cómo está compuesto cada sistema de transporte a continuación se presenta un cuadro resumen con su clasificación y algunos datos que servirán para apreciar de mejor forma este modelo.

¹<http://www.pasajero7.com/cuarta-etapa-del-sit-optibus/>



BUAP



*Ilustración 1: Datos Operativos del sistema de transporte de la ciudad de León Guanajuato
Fuente: Elaboración propia*

En el recuadro anterior se presentan datos duros que muestran el comportamiento de cada uno de los sistemas y tipos de servicio que se tienen al día de hoy en un día hábil, dejando de forma muy clara que el sistema troncal es uno de los pilares de este sistema debido a que su movilidad y rentabilidad supera al resto, considerando su proporción de número de líneas las cuales se verán a detalle más adelante.

1.1.1. COMPONENTES FÍSICOS DEL SIT

Como parte de la migración de un sistema de rutas independientes a un sistema integrado de transporte un elemento que se tiene que contemplar en primer plano es la infraestructura,



BUAP

hoy en día se cuenta con terminales de transferencia, micro-estaciones, paraderos y carriles exclusivos, además de ello dentro de algunas terminales se cuenta con servicios de dependencias las cuales son aprovechadas por los usuarios para realizar trámites y pagos.

También es importante mencionar que este tipo de sistemas son incluyentes para la sociedad ya que personas con capacidades distintas cuentan con accesos y rampas para su movilización.



Etapas - SIT OPTIBUS

Componente	1ª Etapa Sep-2003	2ª Etapa Agosto 2010	3ª Etapa Agosto 2016	4ª Etapa Dic 2016
Terminal de Transferencia:	2: Delta y S.Jerónimo 1: Micro – P. Juárez	1: San Juan Bosco 1: Micro – Sta Rita	2: Maravillas y Timoteo Lozano	1: Portales y 1: Micro-estación Hidalgo.
Corredor:	26 km (60% Exclusivo)	4 km (Total: 30 km)	4 km (Total: 34 km)	5 km (Total: 39 km)
Estaciones:	51 Estaciones	10 Estaciones (Total: 61 estaciones)	7 estaciones (68 Total)	6 estaciones (74 Total) Renovar 2 Hid y 5 BALM

*Ilustración 2: Componentes de las diferentes etapas del SIT
Fuente: Dirección General De Movilidad León Guanajuato.*

En el recuadro anterior se especifica la evolución en infraestructura que se ha sostenido desde la primera etapa que se inició en septiembre del 2003, donde se consideran como tal las terminales de transferencia y micro-estaciones, los corredores y las estaciones o paraderos.



BUAP

Terminales de transferencia



*Ilustración 3: Estación San Jerónimo
Fuente: Google Earth*



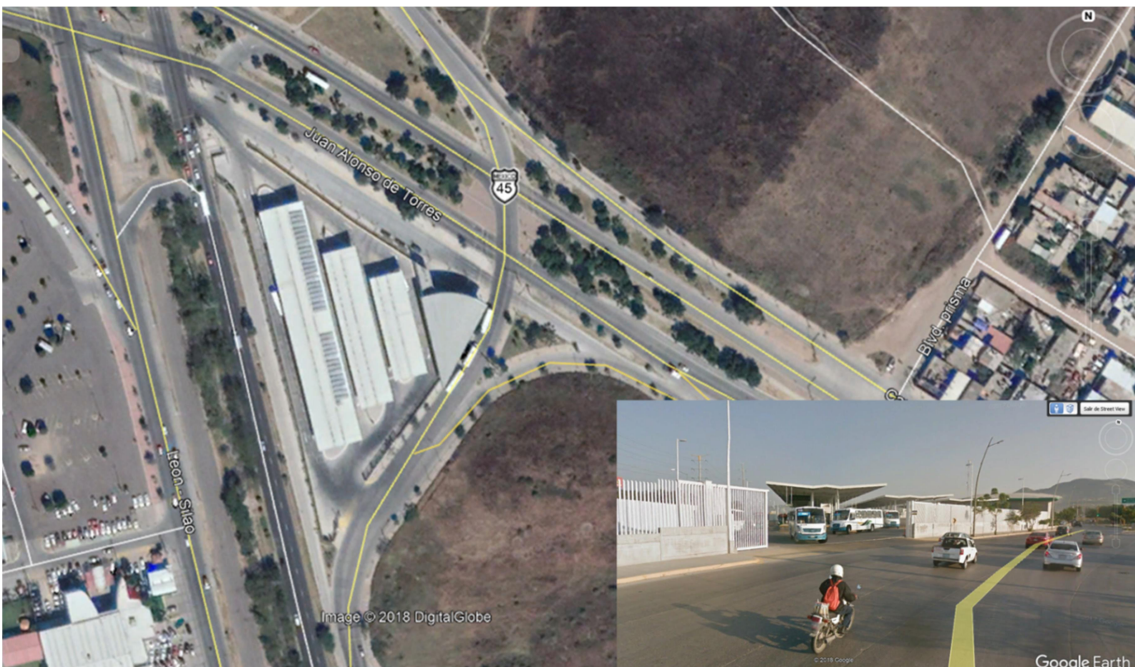
*Ilustración 4: Estación Delta
Fuente: Google Earth*



BUAP



*Ilustración 5: Estación San Juan Bosco
Fuente: Google Earth*



*Ilustración 6: Estación Maravillas
Fuente: Google Earth*



BUAP



*Ilustración 7: Estación Timoteo Lozano
Fuente: Google Earth*



*Ilustración 8: Estación Portales
Fuente: Google Earth*



BUAP

Micro-Estación



*Ilustración 9: Micro-estación Santa Rita
Fuente: Google Earth*



BUAP

Paraderos



*Ilustración 10: Paradero Soledad
Fuente: Google Earth*



*Ilustración 11: Paradero Apolo
Fuente: Google Earth*



BUAP



*Ilustración 12: Paradero Peñitas
Fuente: Google Earth*



*Ilustración 13: Paradero Francisco Villa
Fuente: Google Earth*



BUAP

1.1.2. LÍNEAS TRONCALES

En la **tabla 1** se muestra los paraderos de la línea 2 en el sentido o dirección San Jerónimo – Delta, su longitud y a cuál corresponde del tramo confinado o tramo abierto.

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea abierta km	Tramo Línea confinada km
1	Terminal San Jerónimo	Blvd. Hidalgo-Campestre	0.80	
2	Blvd. Hidalgo-Campestre	Guanajuato		0.50
3	Guanajuato	Los Reyes		0.55
4	Los Reyes	Malecón		0.52
5	Malecón	Hospital General	0.56	
6	Hospital General	Plaza del Mariachi	0.79	
7	Plaza del Mariachi	Soledad		0.48
8	Soledad	Reforma		0.35
9	Reforma	Centro de Salud		0.33
10	Centro de Salud	Justo Sierra		0.26
11	Justo Sierra	Monumento a La Madre		0.52
12	Monumento a La Madre	IMSS T21	0.31	
13	IMSS T21	Los Fresnos	0.51	
14	Los Fresnos	San Miguel	0.36	
15	San Miguel	Tierra Blanca	0.43	
16	Tierra Blanca	Preparatoria	0.33	
17	Preparatoria	Buenos Aires	0.61	
18	Buenos Aires	Sapal	0.53	
19	Sapal	Francisco Villa Sur	0.63	
20	Francisco Villa Sur	Centro Ciudadano	0.32	
21	Centro Ciudadano	Azteca	0.43	
22	Azteca	ISSSTE	0.54	
23	ISSSTE	San Isidro	0.41	
24	San Isidro	Paseo de Jerez	0.31	
25	Paseo de Jerez	Bocanegra	0.49	
26	Bocanegra	Deportiva	0.74	
27	Deportiva	Julián de Obregón		0.51
28	Julián de Obregón	Cerrito de Jerez		0.43
29	Cerrito de Jerez	Terminal Delta	2.64	
Suma Total			11.71	4.44
Promedio			0.651	0.444

Tabla 1. Paraderos o estaciones de línea 2 en la dirección San Jerónimo - Delta

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se puede comentar que del id 7 al 11 es carril exclusivo o confinado a contraflujo.



BUAP



*Ilustración 14: Tramo de la línea 2 a contraflujo
Fuente: Periódico AM de la ciudad de León Guanajuato.*

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea abierta km	Tramo Línea confinada km
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez	2.20	
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obregón		0.43
3	Julián de Obregón	Deportiva		0.51
4	Deportiva	Bocanegra	0.74	
5	Bocanegra	Paseo de Jerez	0.49	
6	Paseo de Jerez	San Isidro	0.31	
7	San Isidro	ISSSTE	0.41	
8	ISSSTE	Azteca	0.54	
9	Azteca	Centro Ciudadano	0.43	
10	Centro Ciudadano	Francisco Villa Sur	0.32	
11	Francisco Villa Sur	Sapal	0.63	
12	Sapal	Buenos Aires	0.53	
13	Buenos Aires	Preparatoria	0.61	
14	Preparatoria	Tierra Blanca	0.33	
15	Tierra Blanca	San Miguel	0.43	
16	San Miguel	Los Fresnos	0.36	
17	Los Fresnos	IMSS T21	0.51	
18	IMSS T21	Monumento a La Madre	0.31	
19	Monumento a La Madre	Justo Sierra	0.52	
20	Justo Sierra	Centro de Salud	0.26	
21	Centro de Salud	Reforma	0.33	
22	Reforma	Soledad	0.35	
23	Soledad	Aquiles Serdán	0.48	



BUAP

24	Aquiles Serdán	Centro Histórico		0.25
25	Centro Histórico	Moctezuma	0.93	
26	Moctezuma	Malecón	0.34	
27	Malecón	Los Reyes		0.52
28	Los Reyes	Guanajuato		0.55
29	Guanajuato	Insurgentes		0.66
30	Insurgentes	Terminal San Jerónimo	0.556	
Suma Total			12.88	2.92
Promedio			0.537	0.486

Tabla 2. Paraderos o estaciones de línea 2 en la dirección Delta - San Jerónimo
Fuente: Elaboración propia

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Tramo Línea abierta km
1	Terminal San Jerónimo	Los Gómez		0.76
2	Los Gómez	Peñitas	0.62	
3	Peñitas	Lluvia	0.34	
4	Lluvia	Insurgentes	0.31	
5	Insurgentes	IMSS T1	0.39	
6	IMSS T1	Calvario	0.33	
7	Calvario	Parque Hidalgo	0.50	
8	Parque Hidalgo	Apolo	0.35	
9	Apolo	Centro Histórico	0.60	
10	Centro Histórico	Hermanos Aldama	0.38	
11	Hermanos Aldama	Expiatorio	0.59	
12	Expiatorio	Trigo	0.59	
13	Trigo	Zona Piel	0.45	
14	Zona Piel	Central Camionera	0.38	
15	Central Camionera	Poliforum	0.70	
16	Poliforum	Buganvillas	0.73	
17	Buganvillas	Manzanares	0.61	
18	Manzanares	San Pedro	0.47	
19	San Pedro	Deportiva	0.46	
20	Deportiva	Julián de Obregón	0.51	
21	Julián de Obregón	Cerrito de Jerez	0.44	
22	Cerrito de Jerez	Terminal Delta		2.58
Suma Total			9.74	3.35
Promedio			0.487	1.673

Tabla 3. Paraderos o estaciones de línea 1 en la dirección San Jerónimo - Delta
Fuente: Elaboración propia

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Tramo Línea abierta km
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez		2.16
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obregón	0.44	
3	Julián de Obregón	Deportiva	0.51	
4	Deportiva	San Pedro	0.46	
5	San Pedro	Manzanares	0.47	
6	Manzanares	Buganvillas	0.61	
7	Buganvillas	Poliforum	0.73	



BUAP

8	Poliforum	Central Camionera	0.70	
9	Central Camionera	Zona Piel	0.38	
10	Zona Piel	Trigo	0.45	
11	Trigo	Expiatorio	0.59	
12	Expiatorio	Hermanos Aldama	0.59	
13	Hermanos Aldama	Centro Histórico	0.38	
14	Centro Histórico	Apolo	0.60	
15	Apolo	Parque Hidalgo	0.35	
16	Parque Hidalgo	Calvario	0.50	
17	Calvario	IMSS T1	0.33	
18	IMSS T1	Insurgentes	0.39	
19	Insurgentes	Lluvia	0.31	
20	Lluvia	Peñitas	0.34	
21	Peñitas	Los Gómez	0.62	
22	Los Gómez	Terminal San Jerónimo		0.75
Suma Total			9.74	2.90
Promedio			0.487	1.452

Tabla 4. Paraderos o estaciones de línea 1 en la dirección Delta - San Jerónimo
Fuente: Elaboración propia

1.2. LÍNEAS DE ANÁLISIS (BRT)

Las líneas de análisis es la línea 1 de transporte público confinado (TipoBRT) y una Línea abierta o semiconfinada, llamada línea 2 la cual tiene una longitud de 34.92 km.

La línea 2 tiene las características siguientes:

- Tramos de su recorrido en carril exclusivo confinado para los autobuses. El autobús se detiene en las estaciones intermedias o paraderos situados sobre el camellón de la vialidad. Las demoras de los autobuses se deben principalmente a semáforos.
- Tramos de su recorrido en carril de uso compartido con el resto de los vehículos, en el carril que normalmente se le llama de alta velocidad. El autobús para en las estaciones intermedias o paraderos que se encuentran en el camellón. Esta situación hace que el autobús en su recorrido tenga demoras originadas por el tráfico de la vialidad, vueltas izquierdas permitidas y semáforos, principalmente.

Las dimensiones de cada tipo de tramo son por dirección del servicio:

San Jerónimo – Delta



BUAP

4.44 kilómetros de carril confinado y 11.71 km de carril de uso compartido.

Delta – San Jerónimo

2.92 kilómetros de carril confinado y 12.88 km de carril de uso compartido.

Lo anterior se muestra en la **Ilustración 15**.



BUAP

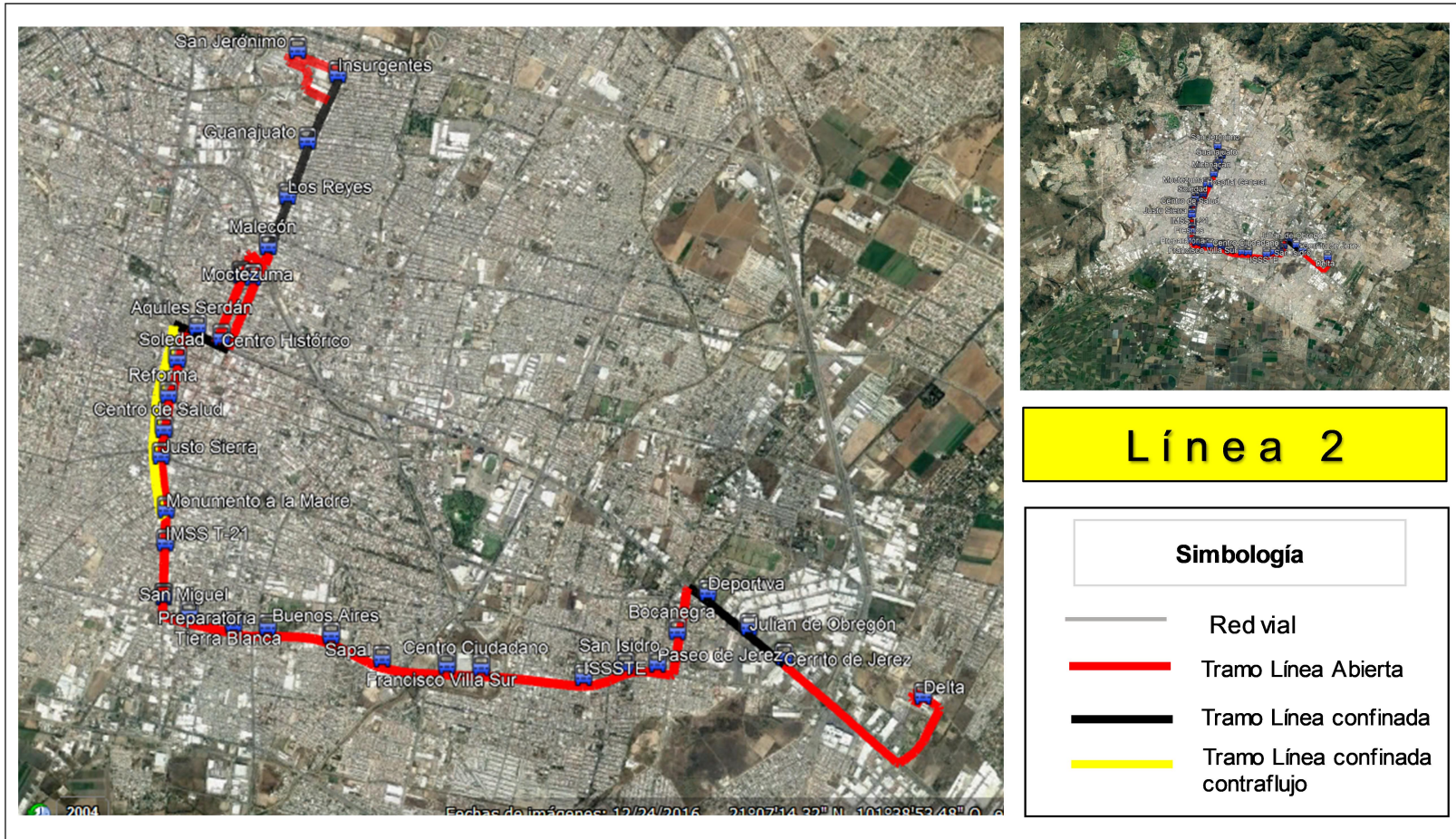


Ilustración 15. Tramos de la línea 2 con carril exclusivo y línea abierta o compartida
Fuente: Elaboración propia



BUAP

Falta mapa línea 1

*Ilustración 16: Tramos de la línea 1 con carril exclusivo y línea abierta o compartida
Fuente: Elaboración propia*



BUAP

CAPÍTULO II

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se verá la evolución del sistema de autobús de tránsito rápido (Bus Rapid Transit en inglés, BRT) de la ciudad de León Guanajuato conocido como Optibus, hasta su situación actual; las complicaciones que tiene bajo los problemas de toda gran ciudad, tráfico, accidentes, carriles semiconfinados debido a la falta de infraestructura entre otras cosas; y por otro lado se mencionará cuál es la propuesta de mejora y el beneficio que este traerá, reduciendo las demoras que tienen actualmente los usuarios y acto seguido el beneficio que esto puede traer para los permisionarios que ofrecen el servicio en la disminución de flota para la operación.

2.1. INDICADORES Y PARÁMETROS DE TRANSPORTE

“Los estudios de tiempos de recorrido y demoras tienen por objeto checar las ubicaciones, duraciones y causas de demoras que las unidades de transporte público experimentan durante su operación” (Moliner, 2006). Para lo que se realizaron 3 recorridos de este tipo en la línea 1 y línea 2, durante el periodo de máxima demanda (7:00 a 8:00 a.m.). Las demoras que se consideraron fueron aquellas que de acuerdo con la experiencia y condiciones por donde circulan los autobuses se creen puedan darse. Las incluidas para la medición son las mostradas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tipos de demora o reducción de velocidad

AD	Ascenso y descenso de pasajeros
PI	Pérdida intencional de tiempo
BE	Otro autobús en AD
FM	Falla mecánica
AC	Accidente

SR	Semáforo en rojo
AT	Agente de tránsito operando intersec.
CO	Congestionamiento
MP	Manifestaciones públicas (huelga)
VU, VD, VI	Vuelta en "U", Der., Izq.

PE	Peatones cruzando u obstruyendo
PM	Pavimento en mal estado
OT	Otra

Ilustración 17. Demoras que se consideraron para el estudio
Fuente: Elaboración propia



BUAP

2.1.1 LÍNEA 2

2.1.1.1 LÍNEA 2 SENTIDO DELTA – SAN JERÓNIMO

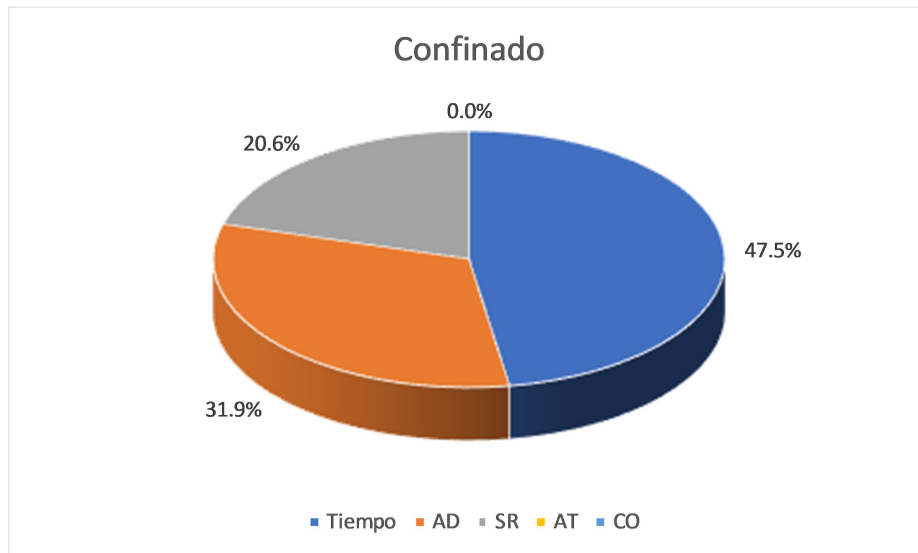
Una vez que se realizaron los 3 recorridos se encontraron los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 5, para la dirección Delta-San Jerónimo. De ella se puede comentar que, como se esperaba, el transitar por el carril de uso compartido tiene mayor tiempo en detenciones por semáforos, congestiónamiento y tránsito, que para este caso es de aproximadamente 25.4% del tiempo total de recorrido, mientras que en el exclusivo es del 20.6%.

Tipo	Carril Confinado o exclusivo		Carril de uso compartido	
	Minutos	Porcentaje	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	4.28	47.5%	21.70	45.5%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	2.88	31.9%	10.76	22.6%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	1.86	20.6%	12.13	25.4%
Tiempo de demora por intervención de agente de tránsito	0.00	0.0%	3.11	5.8%
Tiempo de demora por congestiónamiento	0.00	0.0%	0.33	0.7%
Tiempo Total	9.02	100.0%	47.70	100.0%

*Tabla 5. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido Delta-San Jerónimo
Fuente: Elaboración propia*



BUAP



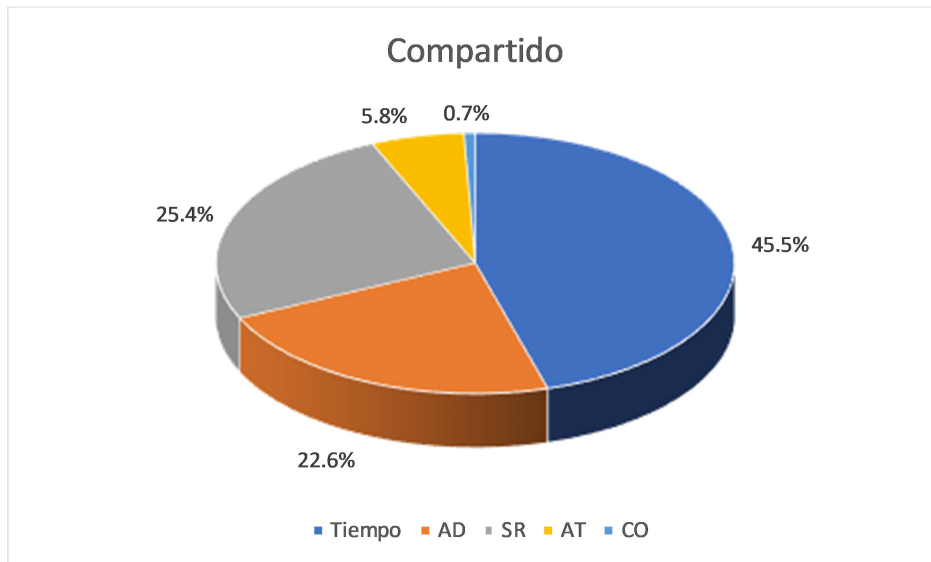
Gráfica 1. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido Delta-San Jerónimo en carril confinado o exclusivo
Fuente: Elaboración propia

De la Gráfica 1, se puede comentar que el 47.5% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 31.9% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso y el 20.6% en detenciones en semáforos rojos.

De la Gráfica 2, se puede comentar que el 45.5% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 22.6% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso, el 25.4% en detenciones en semáforos rojos y 5.8% en detenciones por intervención del tránsito.



BUAP



Gráfica 2. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido Delta-San Jerónimo en carril de uso compartido
Fuente: Elaboración propia

Tipo	Carril Confinado o exclusivo	Carril de uso compartido
Distancia recorrida (kilómetros)	2.92	12.88
Porcentaje de distancia (%)	19%	81%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	19.39	16.20
Total de paraderos	6	24
Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias (metros)	486	537
Tiempo promedio de detención por paradero (seg)	29	28
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	28	36
Tiempo promedio de detención Agente de Tránsito (seg)	0	83
Tiempo promedio de detención congestiónamiento (seg)	0	20
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.99	0.84
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	0.64	0.94



BUAP

Demora (minutos por kilómetro) Agente de tránsito	-	0.22
Demora (minutos por kilómetro) congestión	-	0.03

Tabla 6. Indicadores de la línea 2 sentido Delta-San Jerónimo
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el tiempo que hay en cada demora está relacionada primeramente con la cantidad de veces que se detiene y el tiempo que permanece detenido. En este sentido, da una magnitud, pero si se quiere comparar con otras demoras ya sea del mismo tipo o de otros tipos, no hay manera de hacerlo, ya que no están en las mismas unidades. Por ello, se propone compararlas con la variable demora por kilómetro. Esta variable es el resultado de dividir la cantidad de tiempo en minutos entre el kilometraje recorrido, lo que da como resultado un valor de tiempo asociado a cada kilómetro, como se muestra en la tabla 6. Por ejemplo, la demora en tiempo por semáforo en rojo del carril compartido comparado con el exclusivo es de casi 7 veces mayor, sin embargo, al compararlos con la variable demora/km este es 0.7 veces. Ya que como se mencionó no es lo mismo compararlo directamente debido a que tienen diferente longitud los tramos analizados, al relacionarlos en las mismas condiciones por cada kilómetro recorrido, se podrá ser objetivos. Esta variable pertenece a la categoría de rapidez, comúnmente usada en la medición de la velocidad, al considerar el tiempo invertido entre la distancia. En este caso se utiliza una parte del tiempo que sería el tiempo detenido entre la distancia, lo cual da una magnitud de tiempo – distancia.

2.1.1.2 LÍNEA 2 SENTIDO SAN JERÓNIMO - DELTA

En la dirección San Jerónimo-Delta se realizaron 3 recorridos para la línea 2, de los cuales en la siguiente tabla se muestran los principales resultados.

	Carril Confinado o	Carril de uso
--	--------------------	---------------



BUAP

Tipo	exclusivo		compartido	
	Minutos	Porcentaje	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	7.81	44.3%	12.40	40.2%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	3.46	19.6%	7.31	23.7%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	6.37	36.1%	9.04	29.3%
Tiempo de demora por intervención de agente de tránsito	0.00	0.0%	0.49	1.6%
Tiempo de demora por congestión	0.00	0.0%	1.60	5.1%
Tiempo Total	17.64	100.0%	30.82	100.0%

Tabla 7. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta

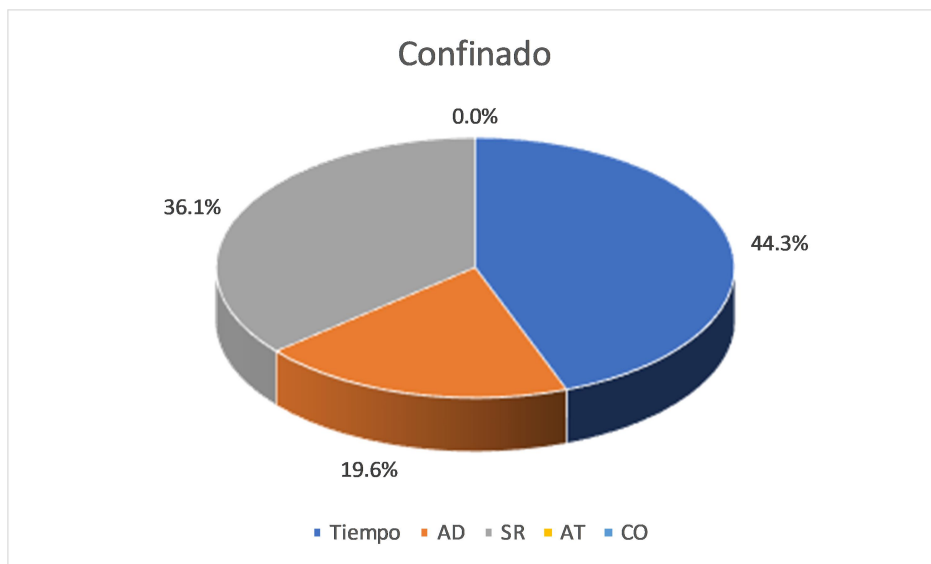
Tipo	Carril Confinado o exclusivo	Carril de uso compartido
Distancia recorrida (kilómetros)	4.44	11.71
Porcentaje de distancia (%)	27%	73%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	15.09	22.79
Total de paraderos	10	19
Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias	444	651
Tiempo promedio de detención por paradero	21	26
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	42	36
Tiempo promedio de detención Agente de Tránsito (seg)	-	29
Tiempo promedio de detención congestión	-	48
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.78	0.62
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	1.44	0.77
Demora (minutos por kilómetro) Agente de tránsito	-	0.04
Demora (minutos por kilómetro) congestión	-	0.14

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Gráfica 3. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo - Delta en carril confinado o exclusivo



Fuente: Elaboración propia

De la

Gráfica 3, se puede comentar que el 44.3% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 19.6% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso y el 36.1% en detenciones en semáforos rojos.

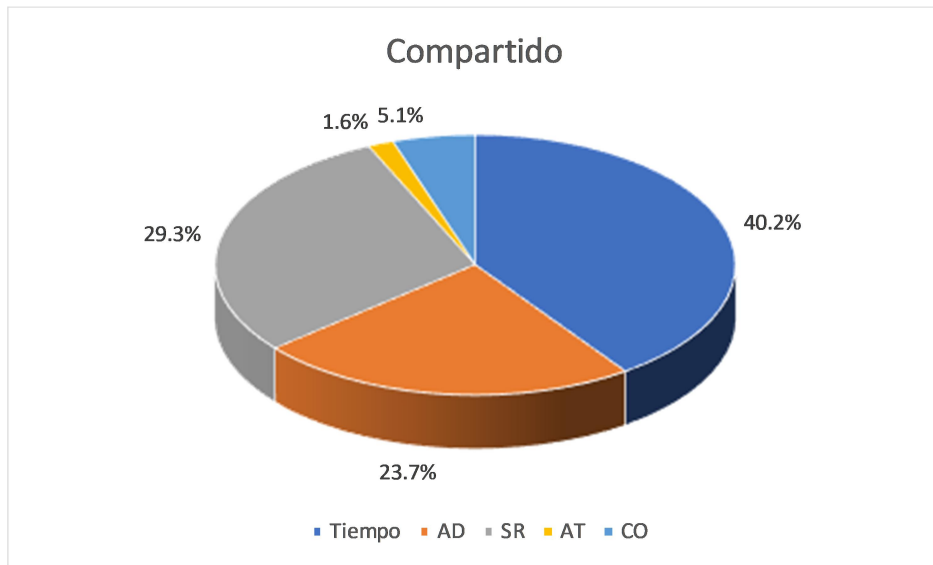
De la Gráfica 4, se puede comentar que el 40.2% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 23.7% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso, el 29.3% en



BUAP

detenciones en semáforos rojos, 5.1% por congestionamiento y 1.6% en detenciones por intervención del tránsito.

Gráfica 4. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo - Delta en carril de uso compartido



Fuente: Elaboración propia

En la dirección de San Jerónimo a Delta, se encuentra un tramo de carril exclusivo a contra flujo, el cual sus resultados se muestran en la tabla 9

Gráfica 5. De la tabla siguiente se puede comentar que las demoras se incrementan y se ve reflejado en la velocidad comercial, la cual es muy baja de un valor de 13.94 km/h, asociado a que los paraderos se encuentran muy cercanos 362 metros.

Tabla 10. De las tablas se puede comentar que el porcentaje en movimiento baja en el tramo a contraflujo a 31.4%, mientras que el tiempo de semáforo se incrementa a 45.8%, comparado con el tramo normal de carril exclusivo.

Tabla 9. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo a contraflujo)

	Carril Confinado o
--	---------------------------

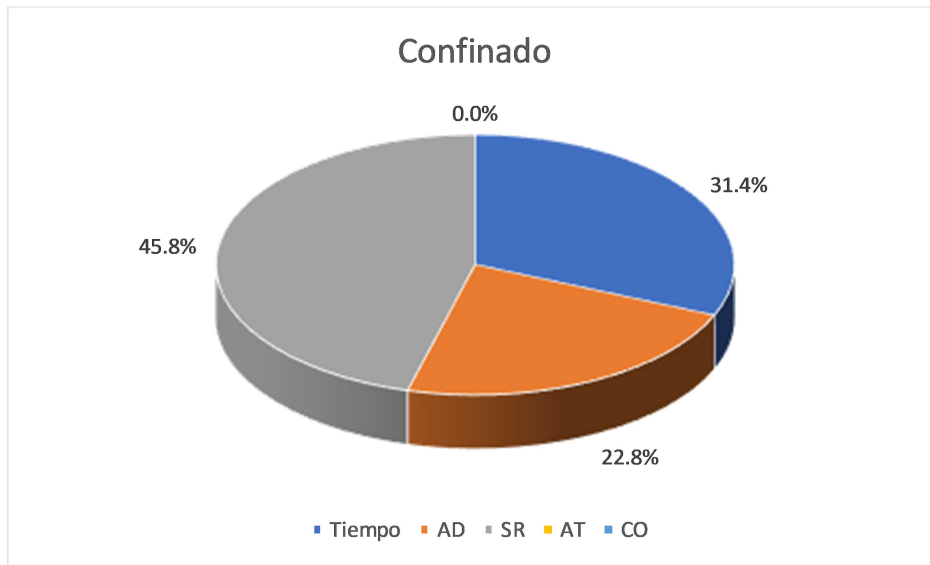


BUAP

Tipo	exclusivo	
	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	1.96	31.4%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	1.42	22.8%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	2.86	45.8%
Tiempo Total	6.23	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo - Delta (tramo carril exclusivo a contraflujo)



Fuente: Elaboración propia

De la tabla siguiente se puede comentar que las demoras se incrementan y se ve reflejado en la velocidad comercial, la cual es muy baja de un valor de 13.94 km/h, asociado a que los paraderos se encuentran muy cercanos 362 metros.

Tabla 10. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo a contraflujo)

Tipo	Carril Confinado o exclusivo
Distancia recorrida (kilómetros)	1.45



BUAP

Porcentaje de distancia (%)	9%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	13.94
Total de paraderos	4
Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias	362
Tiempo promedio de detención por paradero	21
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	43
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.98
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	1.97

Fuente: Elaboración propia

En las tablas anteriores se mostraron los resultados del tramo con carril exclusivo a contraflujo, en las siguientes tablas se muestran los resultados del tramo confinado restante de este sentido de circulación. En las Tabla 11,

Gráfica 6 y Tabla 12, se puede comentar que quitando el tramo a contraflujo, el tiempo en movimiento se incrementa notablemente alcanzando un valor de 40.8%, mientras que la velocidad incrementa a 19.13 km/h, la cual está relacionada con la distancia entre paraderos que es de 499 metros y se reduce la demora en semáforo en rojo a 3.52%.

Tabla 11. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo sin tramo a contraflujo)

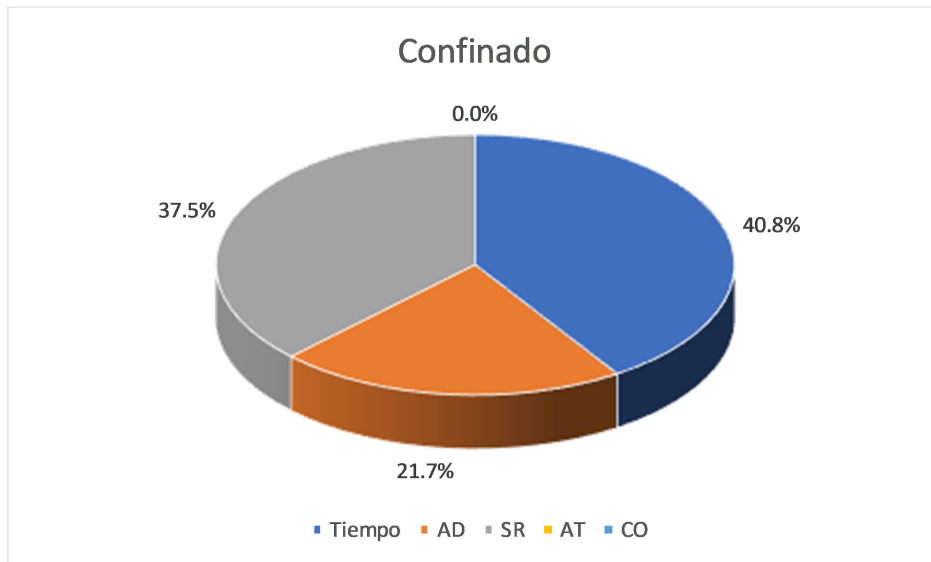
Tipo	Carril Confinado o exclusivo	
	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	3.83	40.8%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	2.04	21.7%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	3.52	3.52%
Tiempo Total	9.38	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San jerónimo - Delta (tramo carril exclusivo sin tramo a contraflujo)



BUAP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril exclusivo sin tramo a contraflujo)

Tipo	Carril Confinado o exclusivo
Distancia recorrida (kilómetros)	11.71
Porcentaje de distancia (%)	79%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	19.13
Total de paraderos	6
Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias	499
Tiempo promedio de detención por paradero	20
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	35
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.68
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	1.18
Demora (minutos por kilómetro) Agente de tránsito	0.00
Demora (minutos por kilómetro) congestionamiento	0.00

Fuente: Elaboración propia



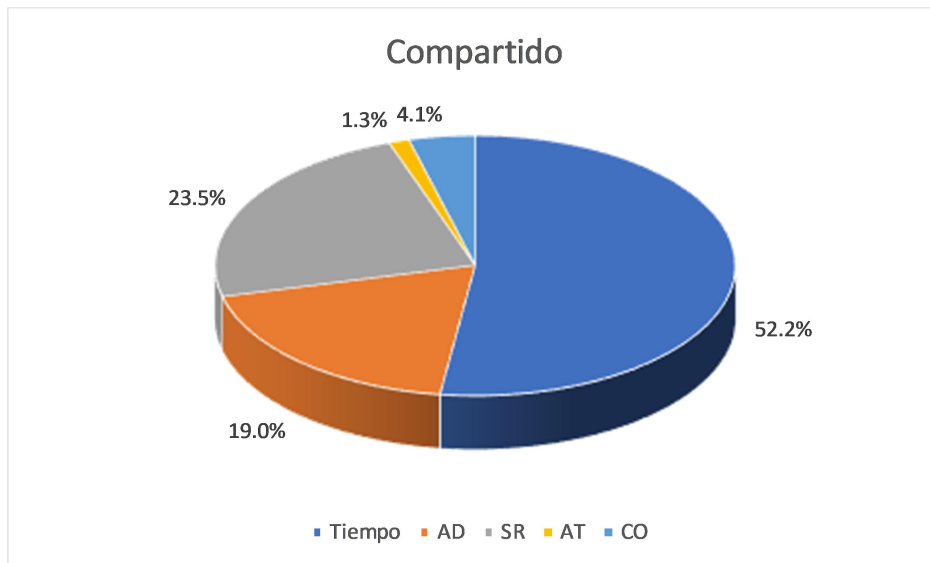
BUAP

Tabla 13. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril uso compartido sin tramo a contraflujo)

Tipo	Carril uso compartido	
	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	20.08	52.2%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	7.31	19.0%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	9.04	23.5%
Tiempo de demora por Agente de tránsito	0.49	1.3%
Tiempo de demora por congestión	1.60	4.1%
Tiempo Total	20.08	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 2 sentido San Jerónimo - Delta (tramo carril uso compartido sin tramo a contraflujo)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Indicadores de la línea 2 sentido San Jerónimo-Delta (tramo carril uso compartido sin tramo a contraflujo)

Tipo	Carril uso compartido
------	-----------------------



BUAP

Distancia recorrida (kilómetros)	2.99
Porcentaje de distancia (%)	19%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	18.25
Total de paraderos	19
Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias	616
Tiempo promedio de detención por paradero	26
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	36
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.62
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	0.77
Demora (minutos por kilómetro) Agente de tránsito	0.04
Demora (minutos por kilómetro) congestiónamiento	0.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Comparativo de principales indicadores en la línea 2

Dirección	Tipo	Velocidad	Distancia entre paraderos	Demora Ascenso-descenso (min/km)	Demora Semáforo en Rojo (min/km)	Demora Agente de Tránsito (min/km)	Demora Congestionamiento (min/km)
Delta – San Jerónimo	Compartido	16.20	537	0.84	0.94	0.22	0.03
San Jerónimo – Delta		18.25	616	0.62	0.77	0.04	0.14
Delta – San Jerónimo	Confinado	19.39	486	0.99	0.64	0.00	0.00
San Jerónimo-Delta		19.13	499	0.68	1.18	0.00	0.00
San Jerónimo-Delta	Contraflujo	13.94	362	0.98	1.97	0.00	0.00



BUAP

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede apreciar que en carril compartido hay una relación entre la distancia entre paraderos y las demoras, ya que a mayor distancia entre ellos (en este ejercicio) se incrementa la velocidad, de la misma manera se aprecia que las demoras son menores.

En lo que respecta a los carriles exclusivos, se aprecia que a mayor distancia mayor velocidad y que a menor demora mayor velocidad.

Considerando las velocidades por carril confinado comparadas con las compartido, se ve que en promedio las del compartido son 17.22 km/h, mientras que las de confinado 19.26 km/h, un 10% mayor. Sin embargo, la distancia promedio entre paraderos en cuanto a compartido es 576 metros y confinado 492 metros (15% menor), mientras que las demoras son para el compartido de 1.80 min/km y de confinado 1.74 min/km (3% menor).

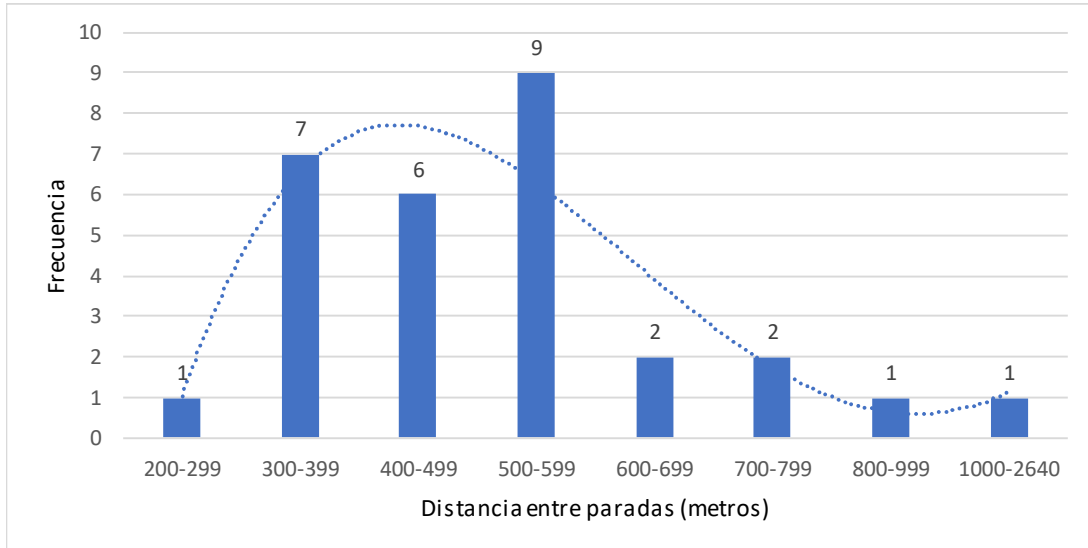
2.1.1.3 LÍNEA 2 DISTANCIA ENTRE PARADAS

En la siguiente Gráfica 8 se muestra por rangos la cantidad de paraderos que hay para la línea 2, en donde se aprecia que el rango mayor se encuentra en 500-999 m.

Gráfica 8. Frecuencia de la distancia entre paraderos de la línea 2

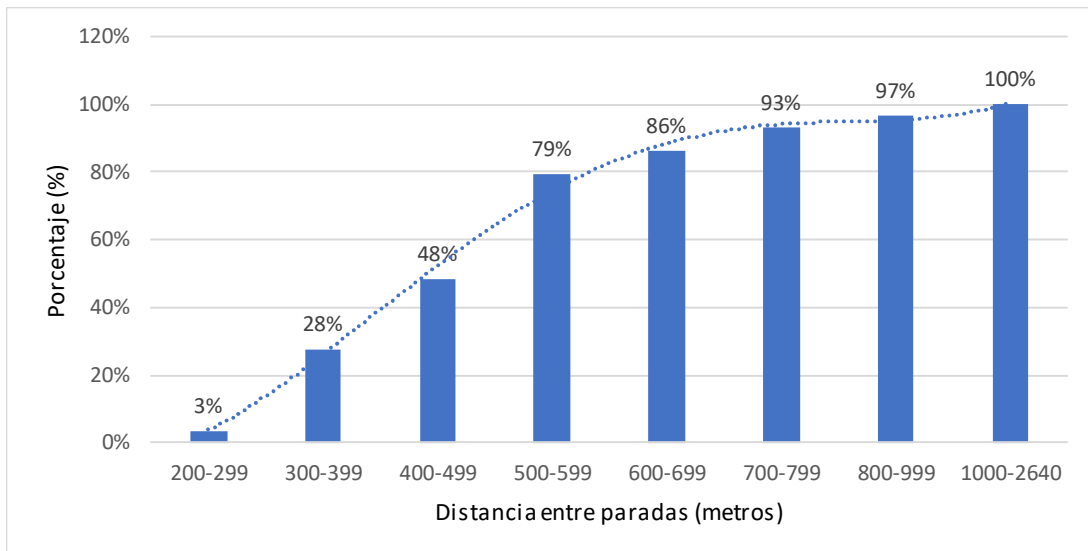


BUAP



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9. Frecuencia acumulada de la distancia entre paraderos de la línea 2



Fuente: Elaboración propia

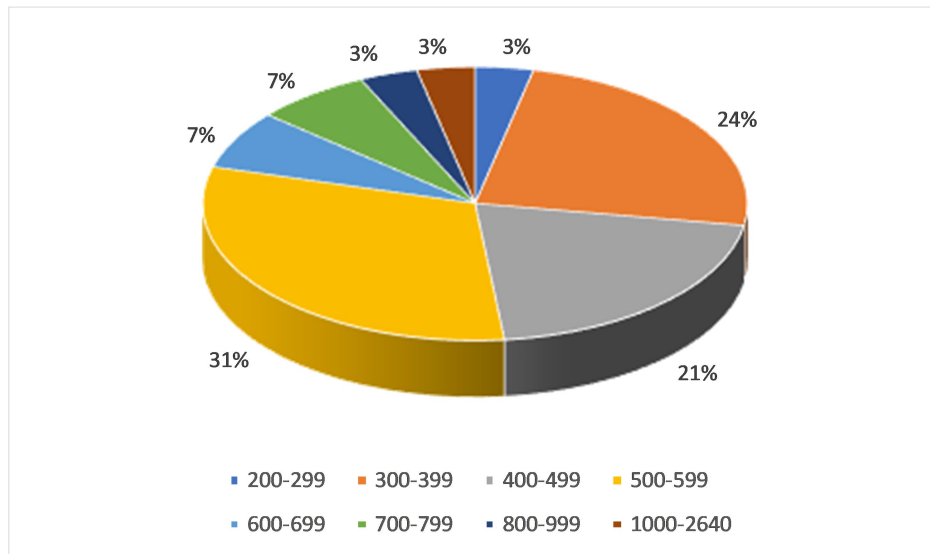
En la Gráfica 9 y Gráfica 10 se muestra que el 79% de las distancias entre paraderos se encuentra en valores menores a 600 metros, lo cual indica que no es lo más adecuado pues



BUAP

lo ideal, de acuerdo con lo que se muestra en el siguiente capítulo, es distanciamientos mayores a los 500 metros.

Gráfica 10. Porcentajes de la distancia entre paraderos de la línea 2



Fuente: Elaboración propia

2.1.2 LÍNEA 1

2.1.2.1 LÍNEA 1 SENTIDO DELTA – SAN JERÓNIMO

De los 3 recorridos realizados, se encontraron los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 16 , para la dirección Delta-San Jerónimo.

Tabla 16. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido Delta-San Jerónimo

Tipo	Carril Confinado o exclusivo		Carril de uso compartido	
	Minutos	Porcentaje	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	14.54	48.2%	3.25	42.3%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	8.54	28.3%	0.41	5.3%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	6.91	22.9%	2.62	34.1%
Tiempo de demora por intervención de agente de	0.15	0.5%	0.42	5.4%

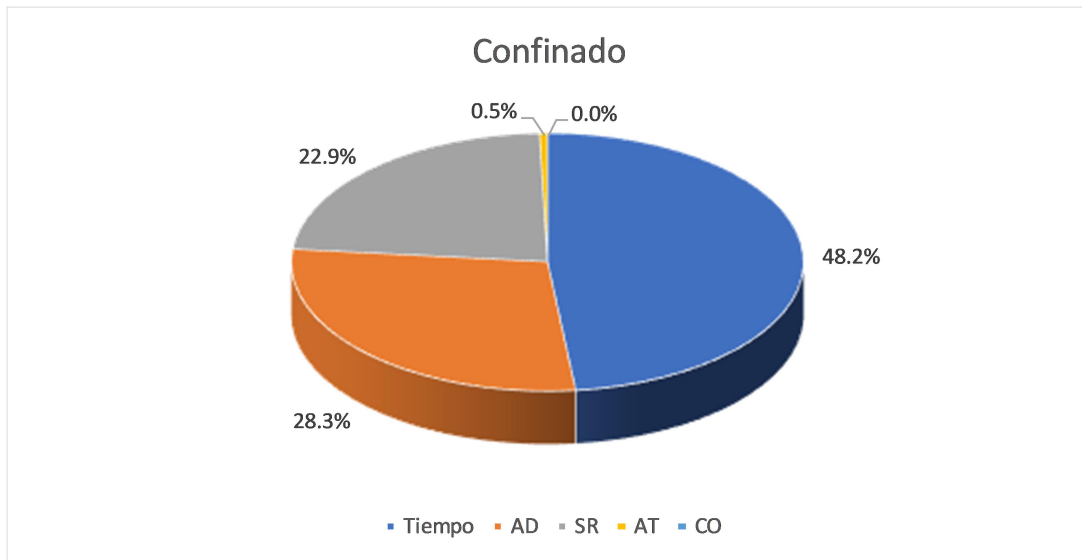


BUAP

tránsito				
Tiempo de demora por congestión	0.00	0.0%	0.99	12.9%
Tiempo Total	30.14	100.0%	7.69	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 11. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido Delta-San Jerónimo en carril confinado o exclusivo



Fuente: Elaboración propia

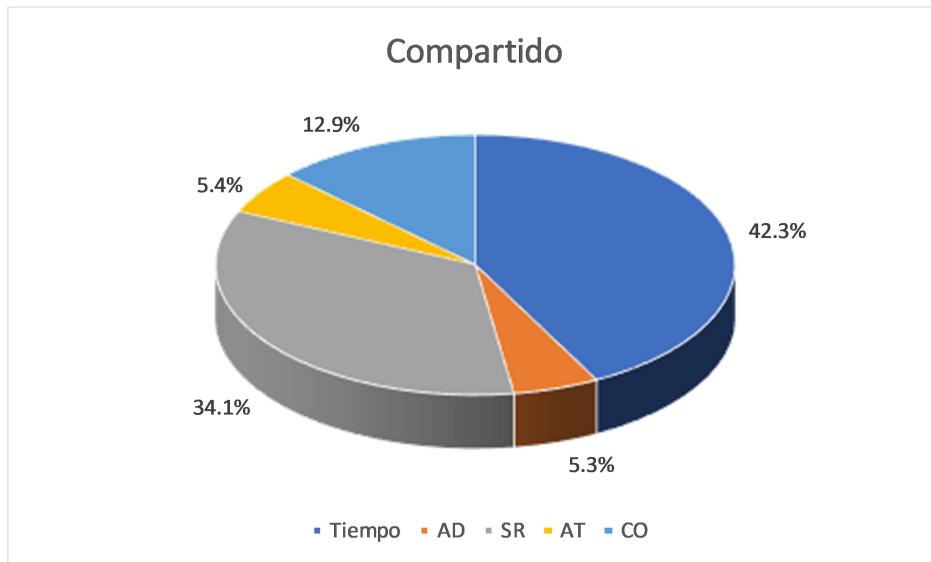
De la Gráfica 11, se puede comentar que el 48.2% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 28.3% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso y el 22.9% en detenciones en semáforos rojos.

De la Gráfica 12, se puede comentar que el 42.3% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 5.3% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso, el 34.1% en detenciones en semáforos rojos y 5.4% en detenciones por intervención del tránsito.

Gráfica 12. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido Delta-San Jerónimo en carril de uso compartido



BUAP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Indicadores de la línea 1 sentido Delta-San Jerónimo

Tipo	Carril Confinado o exclusivo	Carril de uso compartido
Distancia recorrida (kilómetros)	9.74	2.90
Porcentaje de distancia (%)	77%	23%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	19.40	22.65
Total de paraderos	20	2
Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias (metros)	487	1,452
Tiempo promedio de detención por paradero (seg)	26	25
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	21	79
Tiempo promedio de detención Agente de Tránsito (seg)	9	13
Tiempo promedio de detención congestionamiento (seg)	0	30
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.88	0.14
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	0.71	0.90



BUAP

Demora (minutos por kilómetro) Agente de tránsito	0.02	0.14
Demora (minutos por kilómetro) congestión	0.00	0.34

Fuente: Elaboración propia

2.1.2.2 LÍNEA 1 SENTIDO SAN JERÓNIMO - DELTA

En la dirección San Jerónimo-Delta se realizaron 3 recorridos para la línea 1, los principales resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18. Tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido San Jerónimo-Delta

Tipo	Carril Confinado o exclusivo		Carril de uso compartido	
	Minutos	Porcentaje	Minutos	Porcentaje
Tiempo en movimiento	10.31	35.0%	6.33	91.3%
Tiempo de demora por ascenso – descenso	9.12	30.9%	0.33	4.7%
Tiempo de demora por semáforo en rojo	9.34	31.7%	0.27	3.9%
Tiempo de demora por intervención de agente de tránsito	0.09	0.3%	0.00	0.0%
Tiempo de demora por congestión	0.00	0.0%	0.00	0.0%
Tiempo de demora por otro autobús en ascenso - descenso	0.43	1.5%	6.33	91.3%
Tiempo de demora por vuelta izquierda	0.19	0.7%	0.33	4.7%
Tiempo Total	29.49	100.0%	6.93	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Indicadores de la línea 1 sentido San Jerónimo-Delta

Tipo	Carril de uso exclusivo	Carril de uso compartido
Distancia recorrida (kilómetros)	9.74	3.35
Porcentaje de distancia (%)	74%	26%
Velocidad comercial (kilómetros/hora)	19.83	28.97
Total de paraderos	20	2

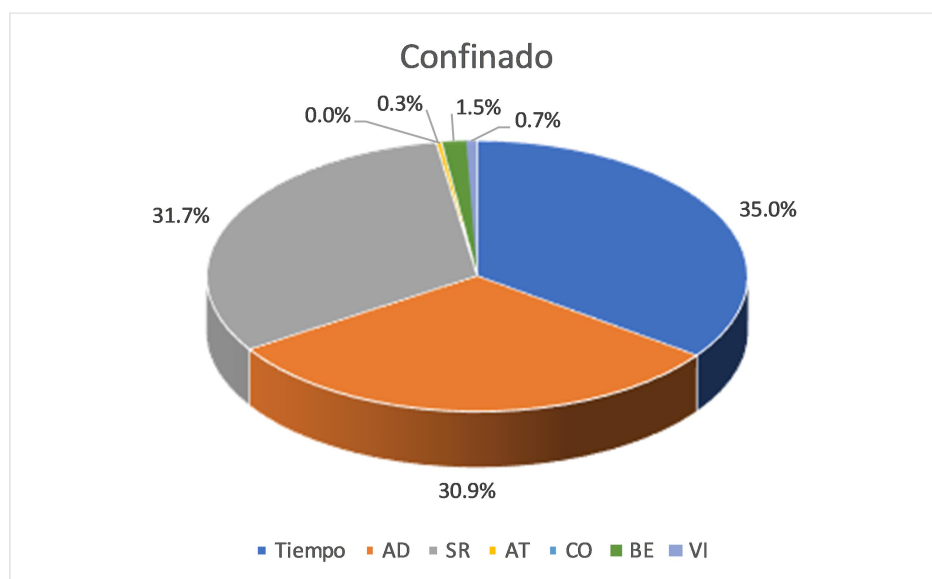


BUAP

Distancia promedio entre paraderos o estaciones intermedias	487	1,673
Tiempo promedio de detención por paradero	27	10
Tiempo promedio de detención Semáforo en rojo (seg)	28	8
Tiempo promedio de detención Agente de Tránsito (seg)	5	0
Tiempo promedio de detención congestiónamiento (seg)	7	0
Demora (minutos por kilómetro) Ascenso-descenso	0.94	0.10
Demora (minutos por kilómetro) Semáforo en rojo	0.96	0.08
Demora (minutos por kilómetro) Agente de tránsito	0.01	-
Demora (minutos por kilómetro) congestiónamiento	-	-
Demora (minutos por kilómetro) por otro autobús en ascenso - descenso	0.04	-
Demora (minutos por kilómetro) vuelta izquierda	0.02	-

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 13. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido San Jerónimo - Delta en carril confinado o exclusivo





BUAP

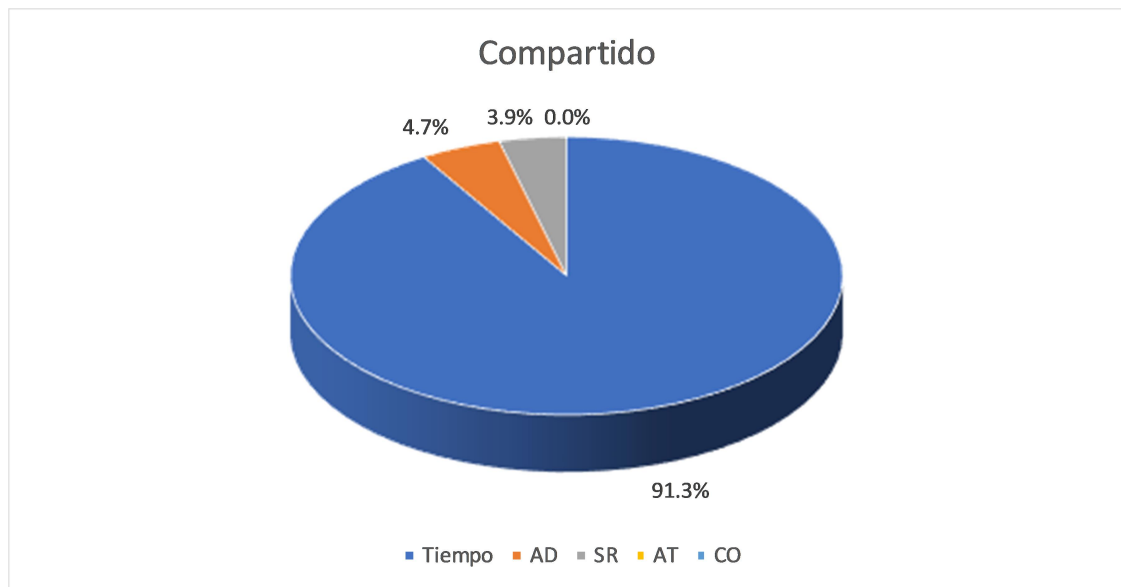
Fuente: Elaboración propia

De la

Gráfica 13, se puede comentar que el 35% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 30.9% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso y el 31.7% en detenciones en semáforos rojos.

De la Gráfica 14, se puede comentar que el 91.3% del tiempo total de viaje es en recorrido, mientras que el 4.7% está dedicado a maniobras de ascenso y descenso, el 3.9% en detenciones en semáforos rojos.

Gráfica 14. Porcentaje de tiempo de recorrido y demoras de la línea 1 sentido San Jerónimo - Delta en carril de uso compartido



Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Comparativo de principales indicadores en la línea 1

Dirección	Tipo	Velocidad	Distancia entre paraderos	Demora Ascenso-descenso	Demora Semáforo en Rojo	Demora Agente de	Demora Congestionamiento	Demora Otro autobús	Demora vuelta izquierda



BUAP

				(min/km)	(min/km)	Tránsito (min/km)	(min/km)	en ascenso – descenso (min/km)	(min/km)
Delta – San Jerónimo	Compartido	22.65	1,452	0.14	0.90	0.14	0.34	0.00	0.00
San Jerónimo - Delta		28.97	1,673	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Delta – San Jerónimo	Confinado	19.40	487	0.88	0.71	0.02	0.00	0.00	0.00
San Jerónimo - Delta		19.83	487	0.94	0.96	0.01	0.00	0.04	0.02

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede mencionar que en carril compartido hay una relación entre la distancia, los paraderos y las demoras, ya que a mayor distancia entre ellos se incrementa la velocidad, de la misma manera se aprecia que las demoras son menores.

En lo que respecta a los carriles exclusivos la distancia entre paraderos es la misma, no hay un comportamiento apreciable.

Considerando las velocidades por carril confinado comparadas con el compartido, se ve que en promedio las del compartido son 25.81 km/h, mientras que las de confinado 19.61 km/h, un 24% mayor. Sin embargo, la distancia promedio entre paraderos, en cuanto a compartido, es 1562 metros y confinado 487 metros (68% menor), mientras que las demoras son para el compartido de 0.85 min/km y de confinado 1.78 min/km (52% mayor).

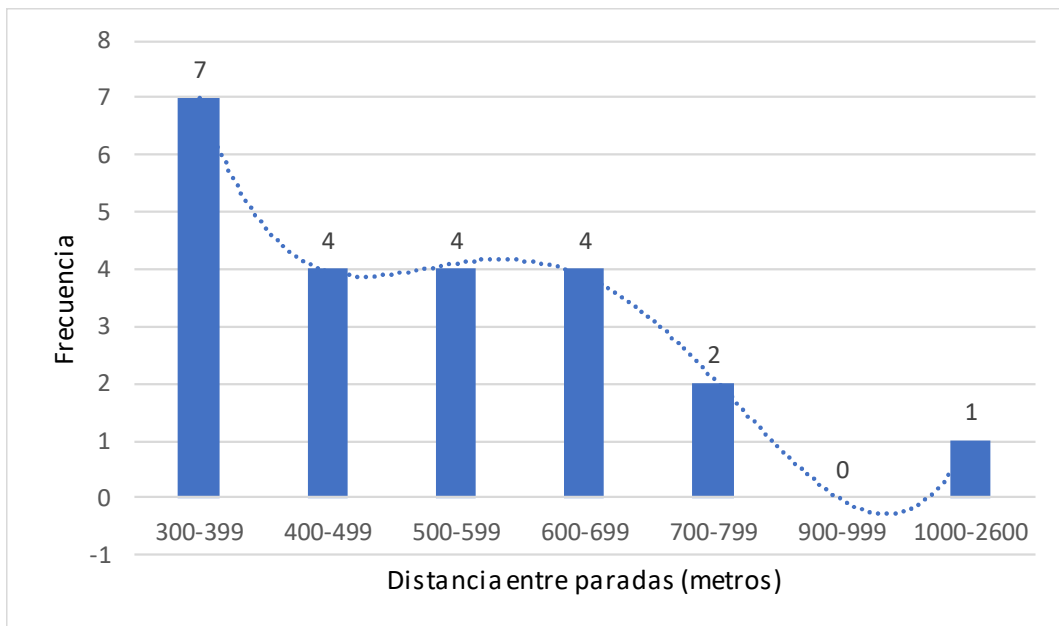
2.1.2.3 LÍNEA 1 DISTANCIA ENTRE PARADAS



BUAP

En la siguiente Gráfica 15 se muestra por rangos la cantidad de paraderos que hay para la línea 1, en donde se aprecia que el rango mayor se encuentra en 300-399.

Gráfica 15. Frecuencia de la distancia entre paraderos de la línea 1

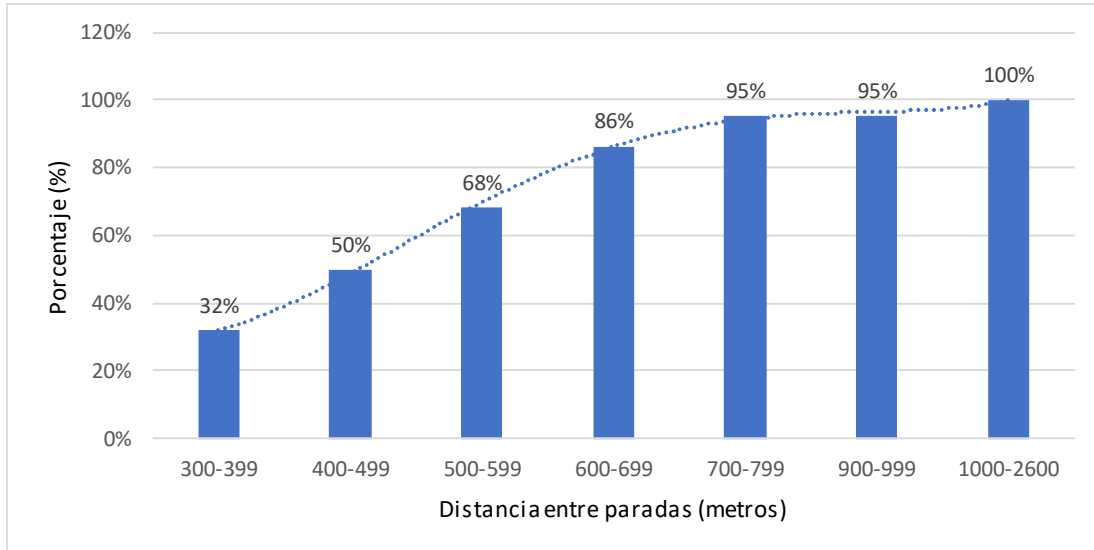


Fuente: Elaboración propia

Gráfica 16. Frecuencia acumulada de la distancia entre paraderos de la línea 1



BUAP



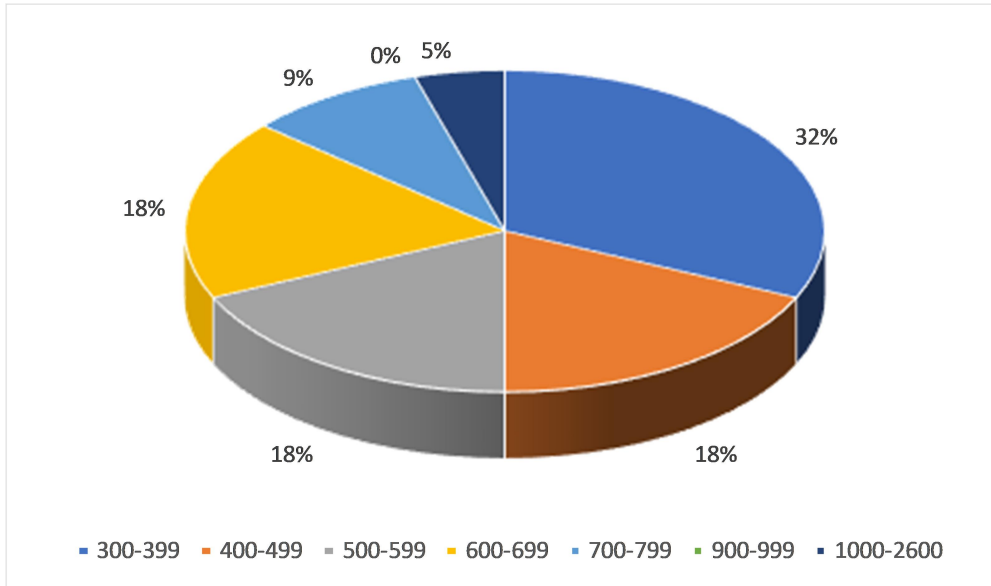
Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 16 y Gráfica 17 se muestra que el 68% de las distancias entre paraderos se encuentra en valores menores a 600 metros, lo cual indica que no es lo más adecuado pues lo ideal, de acuerdo con lo que se muestra en el siguiente capítulo, es distanciamientos mayores a los 500 metros.

Gráfica 17. Porcentajes de la distancia entre paraderos de la línea 1



BUAP



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES

3.1. EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD, DISTANCIA ENTRE PARADAS, TIEMPO DE PARADA Y DEMORAS

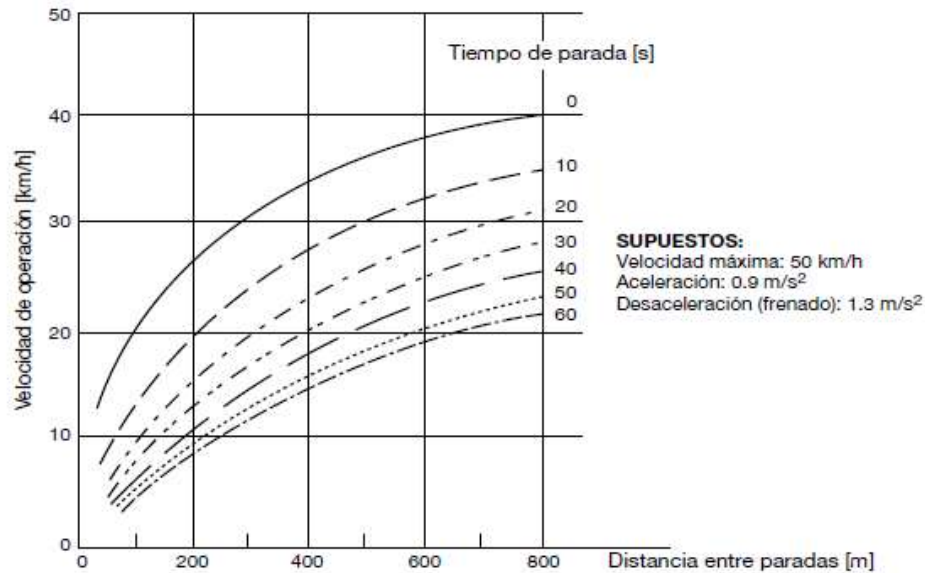
En el capítulo anterior se mostraron los resultados de las rutas 1 y 2, considerando los tramos confinados y compartidos, de los cuales se puede mencionar que se encontró una relación en la distancia entre paradas, la velocidad comercial y las demoras.

En este sentido se realizó una revisión de documentos encontrando que hay gráficos donde se muestra que existe dicha relación, tal es el caso de la Figura 1, donde se puede observar que a mayor distancia entre paradas, mayor será la velocidad de operación o comercial, y a mayor tiempo de parada menor será la velocidad mencionada.

Figura 1. Velocidad de operación en función de la distancia entre paradas y el tiempo de parada



BUAP



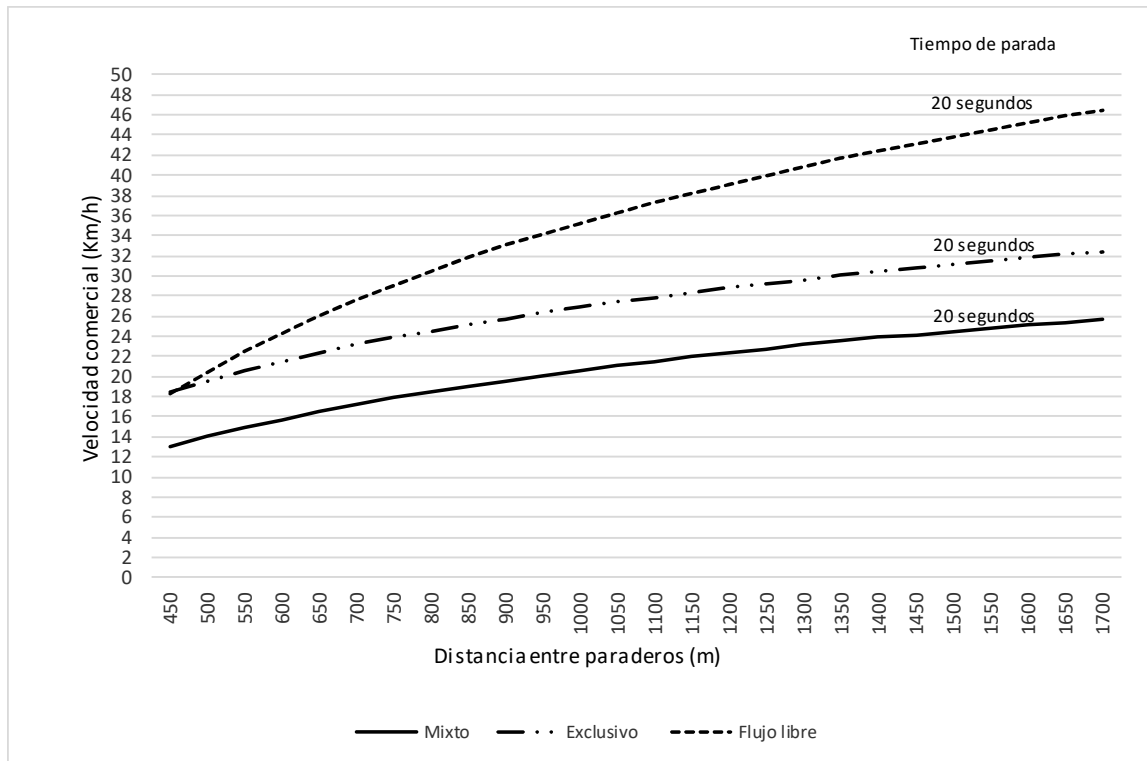
Fuente: VÖV/VDA. Bus-Verkehrsystem: Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb. Düsseldorf: Alba Buchverlag, 1979.

De igual manera se encontró otra bibliografía en donde este comportamiento se realizó, investigando los BRT de Metrobús, Trasmilenio y Optibus, el cual es más apropiado su uso, ya que se tiene información de velocidades a flujo libre, carril exclusivo y carril compartido, además de contar con un modelo no lineal que explica el fenómeno, en donde la velocidad comercial depende del tiempo detenido en las paradas y la distancia que existe entre paraderos, estas velocidades tienen incluidas aquellas demoras que para el caso de las que se desarrollan en carril compartido y confinado se dan por detenciones en semáforos, congestionamientos, entre otras, lo cual se muestra en la Figura 2 y Figura 3.

Figura 2. Velocidad de operación en función de la distancia entre paradas y el tiempo de parada en BRT Optibus y Metrobús con tiempo de parada de 20 segundos



BUAP



Fuente: Gustavo Fermín Sánchez, ¿Es el BRT la mejor opción?

De las Figura 2 y Figura 3, se puede mencionar que el carril donde se puede desarrollar mayor velocidad es el de flujo libre, mientras que el exclusivo es el que tiene la segunda velocidad más alta y seguido del carril de uso compartido. Lo anterior se explica, de acuerdo los siguientes aspectos:

Carril a flujo libre. Los autobuses solo tienen demoras en maniobras de ascenso y descenso.

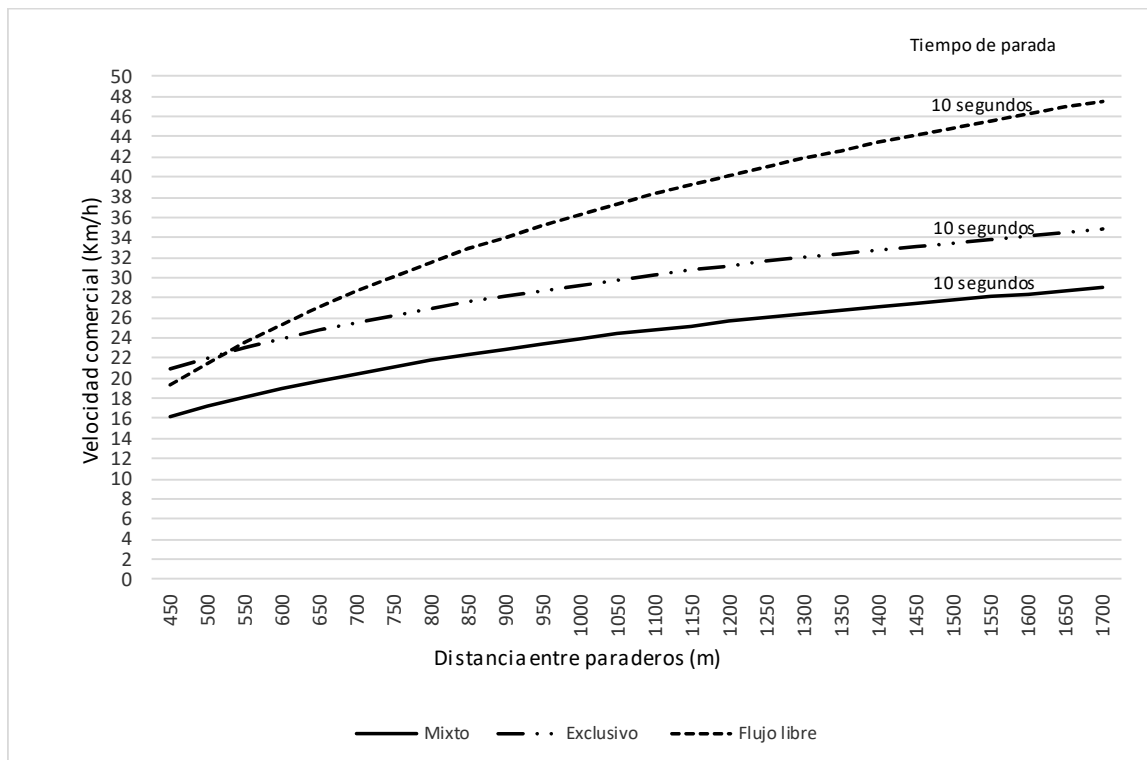
Carril exclusivo o confinado. Los autobuses paran en semáforos, tienen algunas demoras como detenciones por otros vehículos que realizarán vueltas izquierdas, entre otras y maniobras de ascenso y descenso.

Carril mixto o uso compartido. Los autobuses comparten carril con el resto de los autos, tienen detenciones en semáforos, entre otros y realizan maniobras por ascenso y descenso.



BUAP

Figura 3. Velocidad de operación en función de la distancia entre paradas y el tiempo de parada en BRTOptibus y Metrobús con tiempo de parada de 10 segundos



Fuente: Gustavo Fermín Sánchez, ¿Es el BRT la mejor opción?

Las figuras anteriores permiten estimar las velocidades comerciales con 2 variables (tiempo de parada y distancia entre paradas), sin embargo si se requiere de mayor detalle como se pudo observar en la

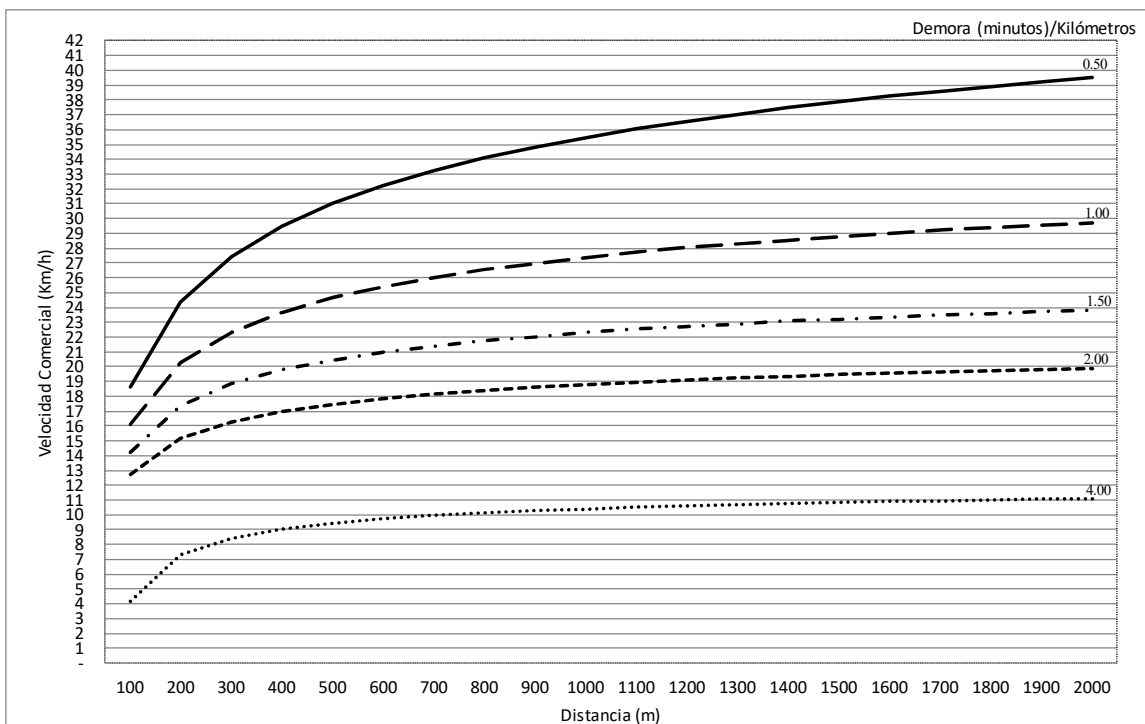
Tabla 15 y Tabla 20 al querer considerar una tercera (demoras) que ocurre entre el desplazamiento entre paraderos como las de: semáforo rojo, intervención de agente de tránsito, congestionamiento, otro autobús adelante haciendo maniobras de ascenso – descenso, vuelta izquierda, entre otras, se puede utilizar lo mostrado en la Figura 4. Este tipo de detalle si se considera en el análisis de las estimaciones de velocidad al cambiar de



BUAP

carril compartido a confinado, permitirá manejar de manera independiente cada aspecto de demora.

Figura 4. Velocidad de operación en función de la distancia entre paradas y demoras (min/km) en BRT Optibus y Metrobús



Fuente: Gustavo Fermín Sánchez, ¿Es el BRT la mejor opción?

En la Figura 4, se muestra como la velocidad comercial está asociada a las demoras que ocurren en el recorrido, que para este caso están acumuladas, por ejemplo: tiempo de



BUAP

parada, semáforos, entre otras. A mayor distancia entre paradas mayor será la velocidad y a mayor cantidad de demora (min/km) menor será la velocidad. Este análisis sirve para BRT con carriles confinados y compartidos. El modelo no lineal calcula como primer paso la velocidad a flujo libre y con la distancia del corredor se calcula el tiempo total de viaje, con las demoras de tiempo de parada, semáforos, entre otros, se calcula el tiempo de recorrido que incluye dichas demoras, y con éste la velocidad estimada.

3.2. CALIBRACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA DE CAMPO

A continuación, se muestra la aplicación de dos métodos que se utilizan para evaluar si un modelo representa la realidad y con él se pueden realizar predicciones de escenarios futuros.

El primer método es mediante el cálculo del Coeficiente de correlación o R^2 ; el cual indica qué tan correlacionados están los valores observados contra los que se estiman a través del modelo en general. Cuando el valor del Coeficiente de correlación es más cercano a 100% implica que los valores están mejor correlacionados; es decir que la representación de la información es correcta y está recreando bien la realidad y por ello se podrá utilizar para recrear escenarios con otras condiciones del BRT, como los es cambiar de carril de uso mixto a exclusivo.

El segundo método es el denominado GEH el cual “es una fórmula utilizada en ingeniería de tráfico, previsión de tráfico y modelado de tráfico para comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico. La fórmula GEH debe su nombre a Geoffrey E. Havers, quien la inventó en la década de 1970 mientras trabajaba como planificador de transporte en Londres, Inglaterra. Aunque su forma matemática es similar a una prueba de chi-cuadrado, no es una prueba estadística verdadera. Más bien, es una fórmula empírica que ha demostrado ser útil para una variedad de propósitos de análisis de tráfico” (1).



BUAP

3.2.1 LÍNEA 1 CARRIL CONFINADO

En este apartado se mostrará primeramente la calibración del modelo que estima la velocidad con las variables tiempo de parada y tiempo entre paradas, seguido de la calibración con la variable tiempo de demora.

3.2.1.1 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE TIEMPO DE PARADA Y DISTANCIA ENTRE PARADAS

Considerando los valores de los tres recorridos realizados en línea 1, se obtiene una velocidad comercial por recorrido, tiempos de parada en cada uno de los paraderos o estaciones intermedias, principalmente.

Con esta información se obtuvieron valores estadísticos para el tiempo de parada como lo son promedios, desviaciones estándar, moda, de igual manera se calculó un valor resultante de restar al promedio la desviación estándar y otro restando al promedio $\frac{1}{2}$ desviación estándar, con el propósito de identificar qué valor de la variable tiempo de parada es el que da un valor más cercano a la velocidad comercial estimada de los recorridos. Es decir, que el valor estimado del modelo vs el valor estimado en campo sea lo más semejante, para que se pueda utilizar en los escenarios que se plantean en el siguiente capítulo, lo cual se muestra en la

Tabla 21.

Tabla 21. Principales datos estadísticos de la línea 1 en el indicador tiempo de parada

Dirección	Recorrido	Promedio	Desviación estándar	Promedio - desviación estándar	Promedio - $\frac{1}{2}$ desviación estándar	Moda
Delta – San	1	28	15	13	21	21
	2	25	8	17	20	22



BUAP

Jerónimo	3	24	8	15	20	22
San	1	24	12	11	18	18
Jerónimo	2	30	13	16	22	22
- Delta	3	29	23	7	17	19

Fuente: Elaboración propia

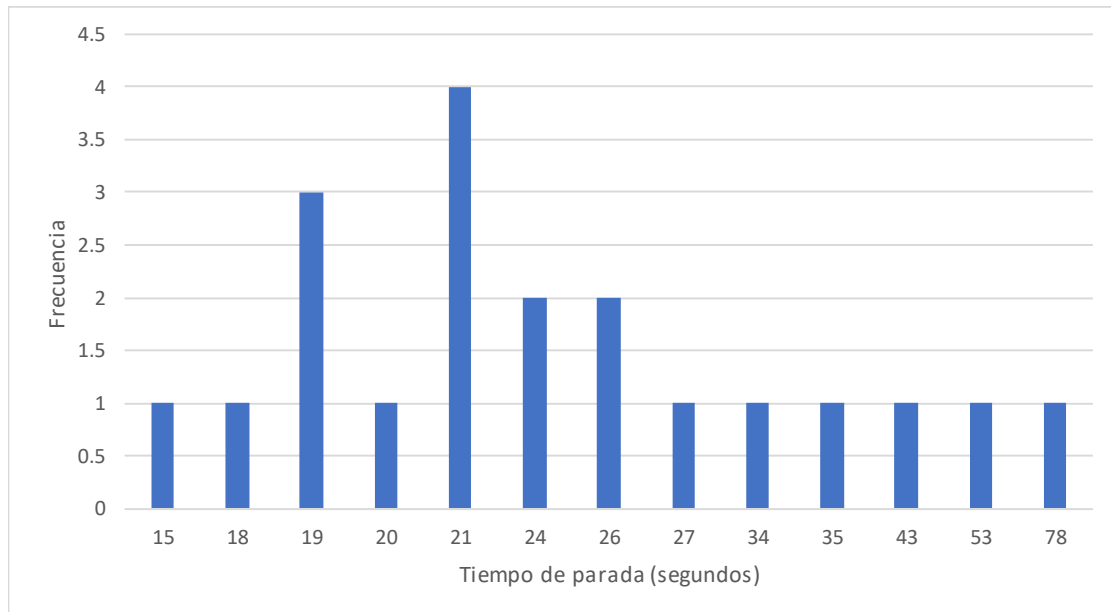
Con los resultados de la

Tabla 21, se encontró que el valor que mejores resultados dan es el de realizar la resta del promedio de tiempo de parada con $\frac{1}{2}$ desviación estándar. Esto se puede deber a como se muestra en la Gráfica 18, existe mucha dispersión en los datos ya que se tienen valores desde los 13 segundos, hasta los 78 segundos, el valor que más se repite es 21 segundos (la moda), la desviación estándar es grande 15 segundos, lo que indica que los valores están concentrados entre 13 y 43 segundos, considerando valores pequeños entre 13 y 28 y grandes entre 29 y 43, y en este caso el promedio – $\frac{1}{2}$ desviación estándar es igual a la moda. Las figuras de los recorridos por sentido de recorrido restante de la línea 1 se muestran en el anexo...

Gráfica 18. Frecuencia de tiempo de parada en el recorrido 1 en paraderos de tramos confinados o de carril exclusivo de la línea 1



BUAP



Fuente: Elaboración propia

El modelo considera para estimar la velocidad comercial, el tiempo de parada, el cual se utilizó el promedio $- \frac{1}{2}$ desviación estándar, y la distancia entre paradas promedio de cada recorrido. Las velocidades estimadas y las reales, así como los datos de tiempo y distancia de paradas se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 1

Dirección	Recorrido	Estimada	Real		
		Velocidad comercial (Km/h) Modelo	Velocidad comercial (Km/h) De los Recorridos	Tiempo de parada (segundos)	Distancia entre paradas (metros)
Delta – San Jerónimo	1	19.15	19.25	21	487
	2	19.32	19.90	20	487
	3	19.32	19.06	20	487
San Jerónimo - Delta	1	19.68	19.58	18	487
	2	18.99	18.97	22	487
	3	19.88	21.08	17	487

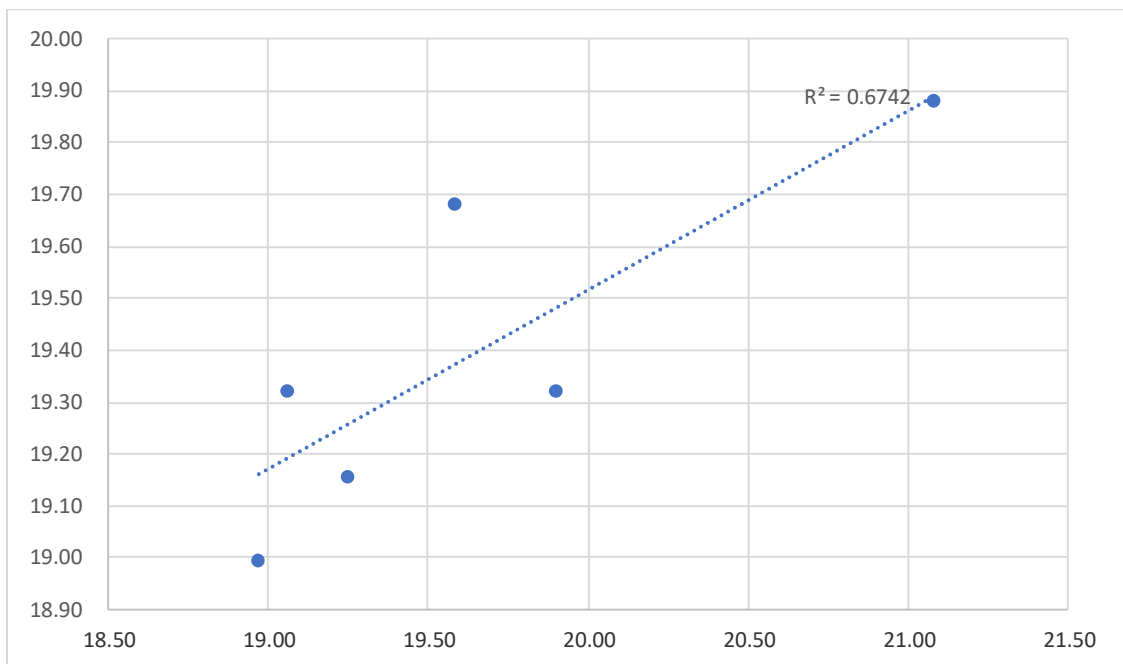
Fuente: Elaboración propia



BUAP

Con dichos datos se elaboró la Gráfica 19, en ella a manera de ejemplificación utilizando el método correlación el cual relaciona que tanto el modelo explica el fenómeno cuando su valor es cercano a 100%, siendo para este ejercicio de $R^2=67\%$.

Gráfica 19. Coeficiente de correlación para la línea 1 en carril exclusivo o confinado



Fuente: Elaboración propia

Si se realiza la calibración al considerar otros valores que estén dentro de los tiempos que se mostraron en la Gráfica 20 y **en el anexo**... se tiene la siguiente correlación de acuerdo a los valores que se muestran en la Tabla 23. Esto al cambiar o ajustar los valores de tiempo de parada en un promedio de 2 segundos. Haciendo este ejercicio el valor cambia a $R^2=99\%$.

Tabla 23. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 1 con calibración mediante ajuste en tiempo de parada

Dirección	Recorrido	Estimada	Real	Ajustada	Real
		Velocidad comercial	Velocidad comercial	Tiempo de	Distancia entre

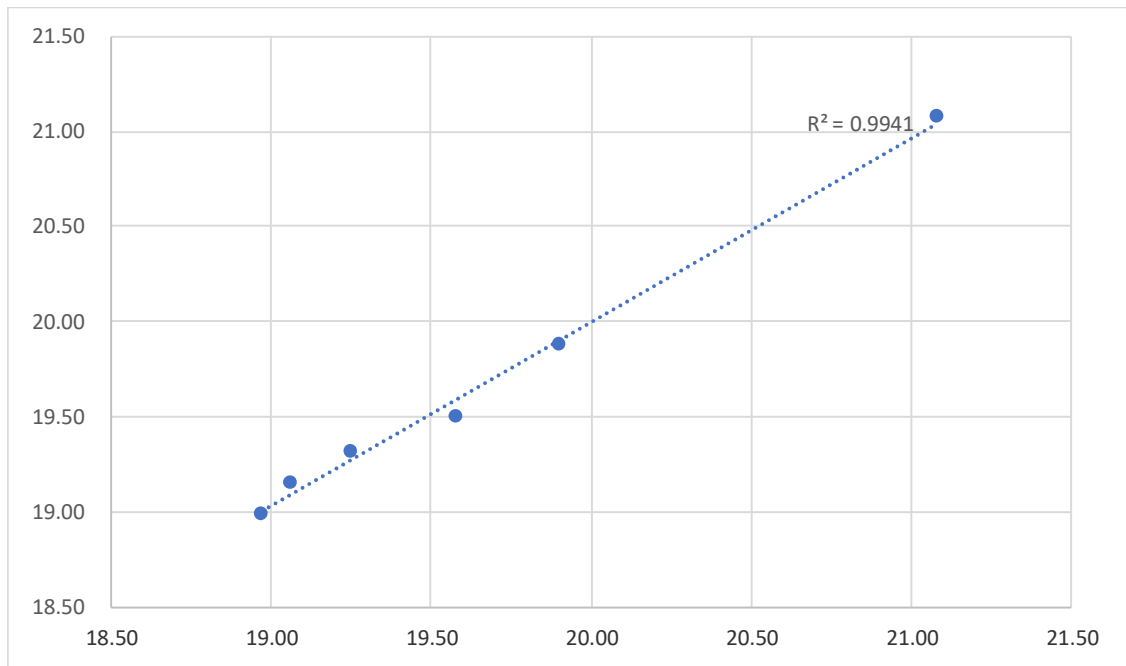


BUAP

		(Km/h) Modelo	(Km/h) De los Recorridos	parada (segundos)	paradas (metros)
Delta –	1	19.32	19.25	20	487
San	2	19.88	19.90	17	487
Jerónimo	3	19.15	19.06	21	487
San	1	19.50	19.58	19	487
Jerónimo	2	18.99	18.97	22	487
- Delta	3	21.07	21.08	12	487

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 20. Coeficiente de correlación para la línea 1 en carril exclusivo o confinado calibrado



Fuente: Elaboración propia

El segundo método que se utiliza el denominado GEHStatistic,

La ecuación es la siguiente:



BUAP

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}$$

Donde:

M=Es el valor resultante del modelo

C=Es el valor real

Tabla 24. Tabla de referencia de valores de aplicar la fórmula GEH

GEH	Descripción
<5	Buena estimación de la realidad
5<10	Se puede justificar la investigación
>10	Se puede tener un problema en la estimación

Fuente: Recuperado de internet de https://en.wikipedia.org/wiki/GEH_statistic

En la Tabla 25, se muestran los cálculos del valor de GEH, considerando la velocidad en metros/hora, ya que utilizando la velocidad en unidades de km/h, daba valores menores a 1. En ella se puede observar, que 5 de 6 valores son buenos y estiman la realidad y 1 de 6 es aceptable. En la tabla 26 se muestran que los 6 valores son menores a 5 lo cual se consideran como buena estimación de la realidad.

Tabla 25. Cálculo del valor de GEH de la línea 1 con valores de velocidad sin calibrar

Dirección	Recorrido	Velocidad comercial (m/h) Modelo	Velocidad comercial (m/h) De los Recorridos	GEH
Delta – San	1	19,154	19,250	0.69
	2	19,321	19,900	4.13
Jerónimo	3	19,321	19,060	1.89



BUAP

San	1	19,683	19,580	0.73
Jerónimo	2	18,994	18,970	0.18
- Delta	3	19,879	21,080	8.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Cálculo del valor de GEH de la línea 1 con valores de velocidad con calibración

Dirección	Recorrido	Velocidad comercial (m/h) Modelo	Velocidad comercial (m/h) De los Recorridos	GEH
Delta – San	1	19,321	19,250	0.51
	2	19,879	19,900	0.15
Jerónimo	3	19,154	19,060	0.68
San Jerónimo	1	19,497	19,580	0.59
	2	18,994	18,970	0.18
- Delta	3	21,074	21,080	0.04

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE DEMORA

Considerando los valores de los tres recorridos realizados en línea 1, se obtiene una velocidad comercial por recorrido, demoras por detención en paradas, detenciones en semáforos, principalmente. Utilizando el modelo no lineal se estimó la velocidad comercial, este utiliza la variable tiempo de parada, distancia entre paradas y demora (minutos). Este modelo considera el cálculo de la velocidad en carril exclusivo en donde solo hay demoras por detenciones en paradas, por lo tanto, para ser calibrado y que se ingrese el tiempo de parada como parte de las demoras en la unidad de medición minutos de manera acumulada, se consideró contar como insumo en el modelo el tiempo de parada con un valor cercano a cero y con ello dejar una sola demora al sumar todas (parada, semáforo en rojo y agente de tránsito) y con ello sea más práctico el pronóstico cuando se cambien las condiciones como cambiar a carril compartido a exclusivo. En la tabla siguiente se muestra la calibración.



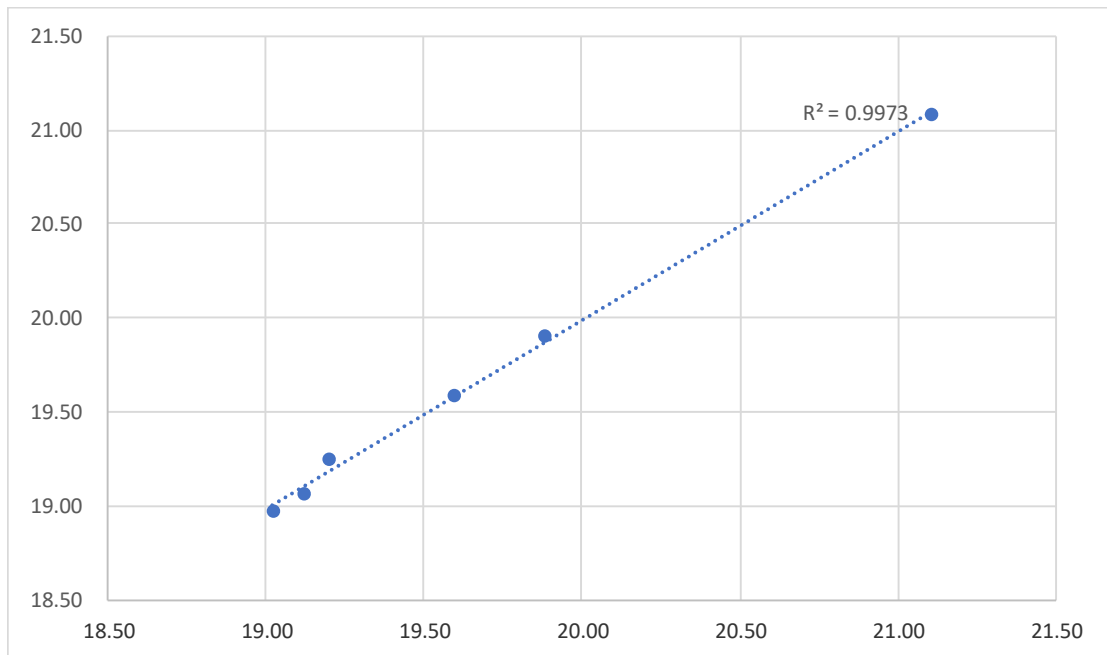
BUAP

Tabla 27. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 1 calibrado (demora)

Dirección	Recorrido	Estimada	Real				Ajustado
		Velocidad comercial (Km/h) Modelo	Velocidad comercial (Km/h) De los Recorridos	Distancia entre paradas (metros)	Demora acumulada (minutos)	Demora (min/km)	Tiempo de parada (segundos)
Delta – San Jerónimo	1	19.20	19.25	487	16.70	1.71	0.60
	2	19.88	19.90	487	16.10	1.65	0.45
	3	19.12	19.06	487	14.00	1.44	2.60
San Jerónimo – Delta	1	19.60	19.58	487	18.70	1.92	0.08
	2	19.02	18.97	487	19.60	2.01	0.08
	3	21.10	21.08	487	19.20	1.97	0.003

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 21. Coeficiente de correlación para la línea 1 en carril exclusivo o confinado calibrado (demora)



Fuente: Elaboración propia



BUAP

Tabla 28. Cálculo del valor de GEH de la línea 1 con valores de velocidad con calibración (demora)

Dirección	Recorrido	Velocidad comercial (m/h) Modelo	Velocidad comercial (m/h) De los Recorridos	GEH
Delta – San Jerónimo	1	19,201	19,250	0.36
	2	19,884	19,900	0.11
	3	19,117	19,060	0.42
San Jerónimo - Delta	1	19,595	19,580	0.11
	2	19,021	18,970	0.37
	3	21,104	21,080	0.17

Fuente: Elaboración propia

Se ajustaron los tiempos de parada para calibrar la velocidad comercial, y con ellos se logró una correlación de 99% y valores GEH, menores a 1, lo que hacen representativo al modelo.

3.2.2 LÍNEA 2 CARRIL COMPARTIDO

3.2.2.1 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE TIEMPO DE PARADA Y DISTANCIA ENTRE PARADAS

Con base en los valores de los tres recorridos realizados en línea 2, se calcula la velocidad comercial por recorrido, tiempos de parada en cada uno de los paraderos o estaciones intermedias, demoras por detenciones en semáforos, entre otras. Con esta información se obtuvieron valores estadísticos para el cálculo de la velocidad del tiempo de parada, los cuales son: promedios, desviaciones estándar, moda, de igual manera se calculó un valor resultante de restar al promedio la desviación estándar y otro restando al promedio $\frac{1}{2}$ desviación estándar, con el propósito de identificar qué valor de la variable tiempo de parada es el que dá un valor más cercano a la velocidad comercial estimada de los recorridos. Es decir, que el valor estimado del modelo vs el valor estimado en campo sea lo más semejante, Dichos datos se muestran en la Tabla 29.



BUAP

Tabla 29. Principales datos estadísticos de la línea 2 en el indicador tiempo de parada

Dirección	Recorrido	Promedio	Desviación estándar	Promedio - desviación estándar	Promedio + ½ desviación estándar	Moda
Delta – San Jerónimo	1	31	20	11	21	23
	2	28	11	17	22	22
	3	25	13	12	19	20
San Jerónimo - Delta	1	24	15	9	16	18
	2	22	9	13	18	20
	3	31	18	13	22	22

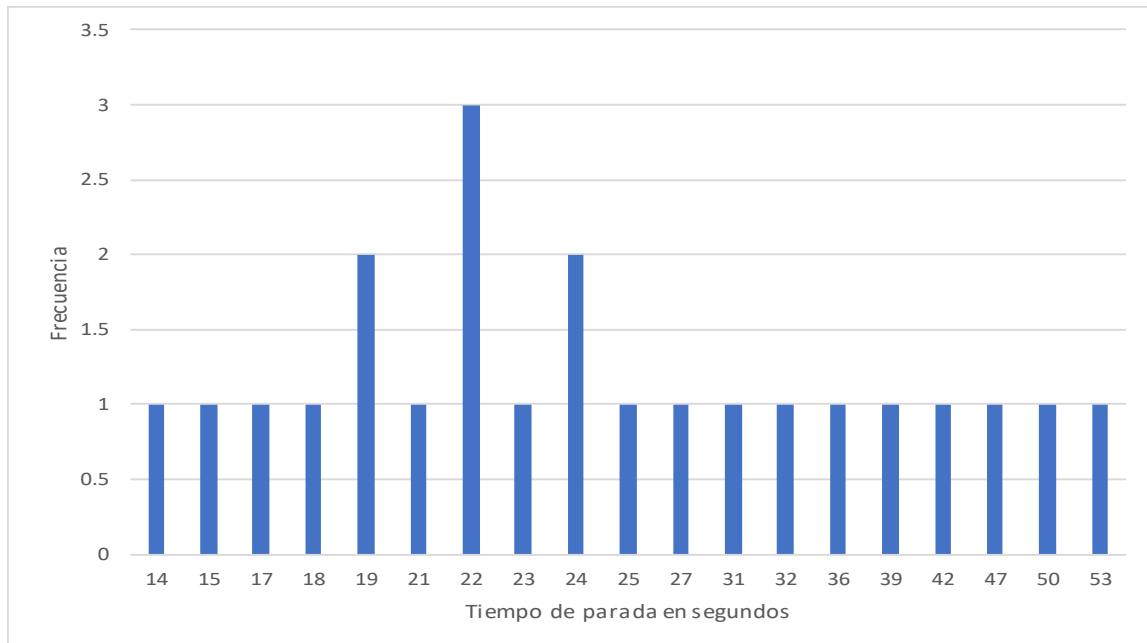
Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la Tabla 29, se encontró que el valor que mejores resultados dan es el de realizar la resta del promedio de tiempo de parada con la desviación estándar. Esto se puede deber a como se muestra en la Gráfica 22, existe mucha dispersión en los datos ya que se tienen valores desde los 14 segundos, hasta los 53 segundos, el valor que más se repite es 22 segundos (la moda), la desviación estándar es de 11 segundos, lo que indica que los valores están concentrados entre 17 y 45 segundos, considerando valores pequeños entre 17 y 28 y grandes entre 28 y 45. Las figuras de los recorridos por sentido de recorrido restante de la línea 2 se muestran en el anexo...

Gráfica 22. Frecuencia de tiempo de parada en el recorrido 2 en paraderos de tramos compartidos o mixtos de la línea 2



BUAP



Fuente: Elaboración propia

El modelo considera para estimar la velocidad comercial, el tiempo de parada, el cual se utilizó el promedio – la desviación estándar, y la distancia entre paradas promedio de cada recorrido. Las velocidades estimadas y las reales, así como los datos de tiempo y distancia de paradas se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 2

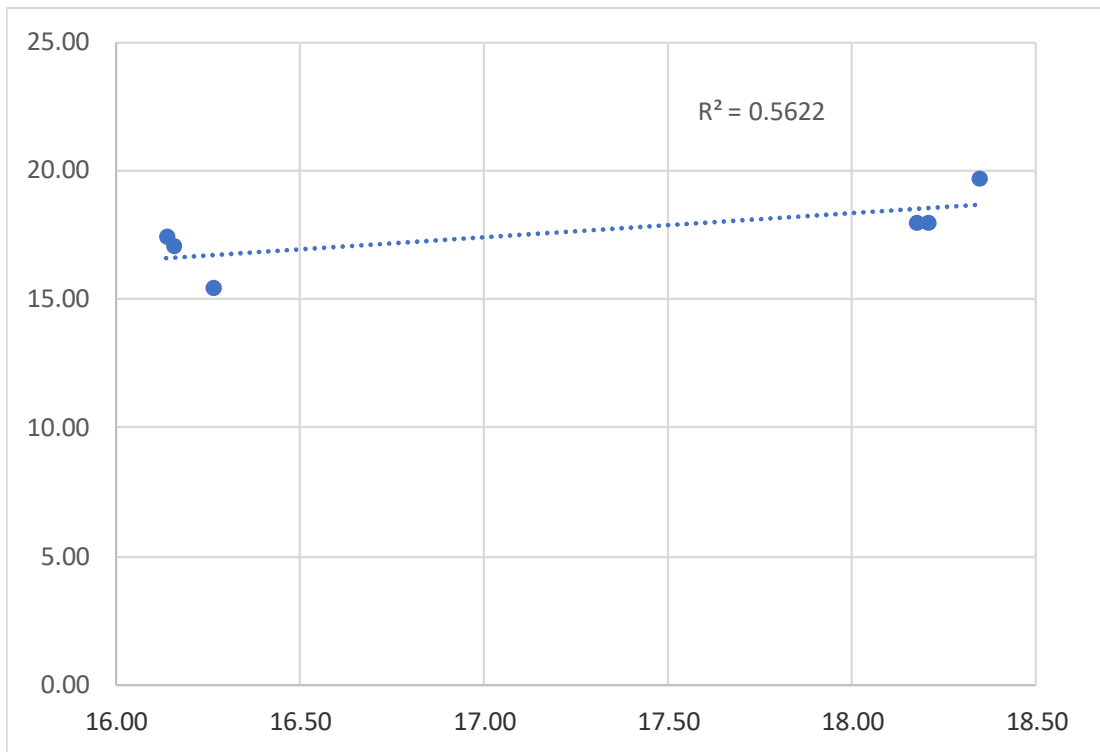
Dirección	Recorrido	Estimada	Real		
		Velocidad comercial (Km/h) Modelo	Velocidad comercial (Km/h) De los Recorridos	Tiempo de parada (segundos)	Distancia entre paradas (metros)
Delta – San Jerónimo	1	17.49	16.14	11	537
	2	15.43	16.27	17	537
	3	17.08	16.16	12	537
San Jerónimo - Delta	1	19.75	18.35	9	616
	2	18.01	18.18	13	616
	3	18.01	18.21	13	616



BUAP

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 23. Coeficiente de correlación para la línea 2 en carril compartido o mixto



Fuente: Elaboración propia

Con dichos datos se elaboró la , en ella a manera de ejemplificación utilizando el método correlación el cual relaciona que tanto el modelo explica el fenómeno cuando su valor es cercano a 100%, siendo para este ejercicio de $R^2=56\%$. Si se realiza la calibración al considerar otros valores que estén dentro de los tiempos que se mostraron en la Gráfica 24 y en el anexo... se tiene la siguiente correlación de acuerdo a los valores que se muestran en la Tabla 31. Esto al cambiar o ajustar los valores de tiempo de parada en un promedio de 2segundos. Haciendo este ejercicio el valor cambia a $R^2=99\%$.

Tabla 31. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 2 con calibración mediante ajuste en tiempo de parada

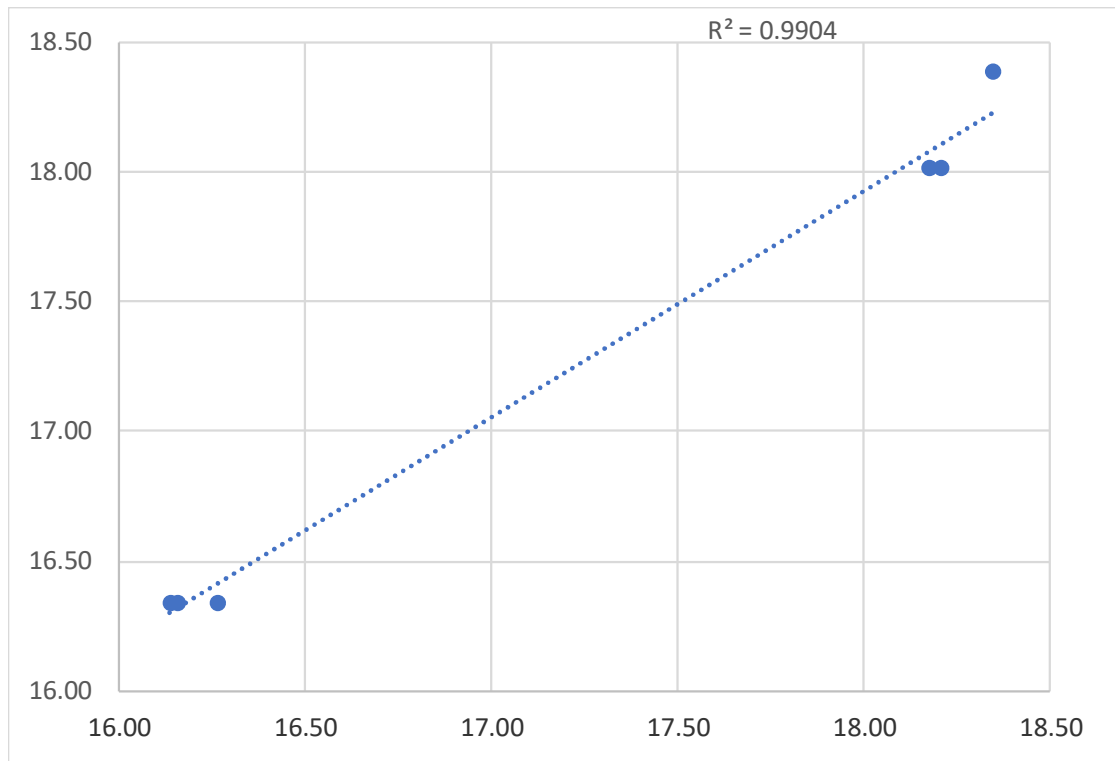


BUAP

Dirección	Recorrido	Estimada	Real	Ajustada	Real
		Velocidad comercial (Km/h) Modelo	Velocidad comercial (Km/h) De los Recorridos	Tiempo de parada (segundos)	Distancia entre paradas (metros)
Delta – San	1	16.35	16.14	14	537
	2	16.35	16.27	14	537
Jerónimo	3	16.35	16.16	14	537
San Jerónimo	1	18.39	18.35	12	616
- Delta	2	18.01	18.18	13	616
	3	18.01	18.21	13	616

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 24. Coeficiente de correlación para la línea 2 en carril compartido o carril mixto calibrado



Fuente: Elaboración propia



BUAP

Se realizaron los cálculos utilizando el método GEHStatistic, mostrado para la línea 1, para la línea 2, los cuales se muestran en la Tabla 32. , se muestran los cálculos del valor de GEH, considerando la velocidad en metros/hora, ya que utilizando la velocidad en unidades de km/h, daba valores menores a 1. En ella se puede observar, que 2 de 6 valores son buenos y estiman la realidad, 2 de 6 son aceptables y 2 de 6 están en el límite de lo aceptable. En la Tabla 33, se muestran que los 6 valores son menores a 5 lo cual se consideran como buena estimación de la realidad

Tabla 32. Cálculo del valor de GEH de la línea 2 con valores de velocidad sin calibrar

Dirección	Recorrido	Velocidad comercial (m/h) Modelo	Velocidad comercial (m/h) De los Recorridos	GEH
Delta – San	1	17,488	16,140	10.39
	2	15,429	16,270	6.68
Jerónimo	3	17,076	16,160	7.11
San Jerónimo	1	19,752	18,350	10.16
	2	18,012	18,180	1.25
- Delta	3	18,012	18,210	1.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Cálculo del valor de GEH de la línea 2 con valores de velocidad con calibración

Dirección	Recorrido	Velocidad comercial (m/h) Modelo	Velocidad comercial (m/h) De los Recorridos	GEH
Delta – San	1	16,347	16,140	1.63
	2	16,347	16,270	0.60
Jerónimo	3	16,347	16,160	1.47
San Jerónimo	1	18,391	18,350	0.30
	2	18,012	18,180	1.25
- Delta	3	18,012	18,210	1.47

Fuente: Elaboración propia



BUAP

3.2.2.2 CALIBRACIÓN CON LA VARIABLE DEMORA

Considerando los valores de los tres recorridos realizados en línea 2, se obtiene una velocidad comercial por recorrido, demoras por detención en paradas, detenciones en semáforos, principalmente. Al igual que el punto 3.2.1.2 se consideró contar como insumo en el modelo el tiempo de parada con un valor cercano a cero y con ello dejar una sola demora al sumar todas (parada, semáforo en rojo, agente de tránsito y congestión) y con ello sea más práctico el pronóstico cuando se cambien las condiciones como cambiar a carril compartido a exclusivo. En la tabla siguiente se muestra la calibración.

Tabla 34. Valores estimados y reales de la velocidad comercial de la línea 2 calibrado (demora)

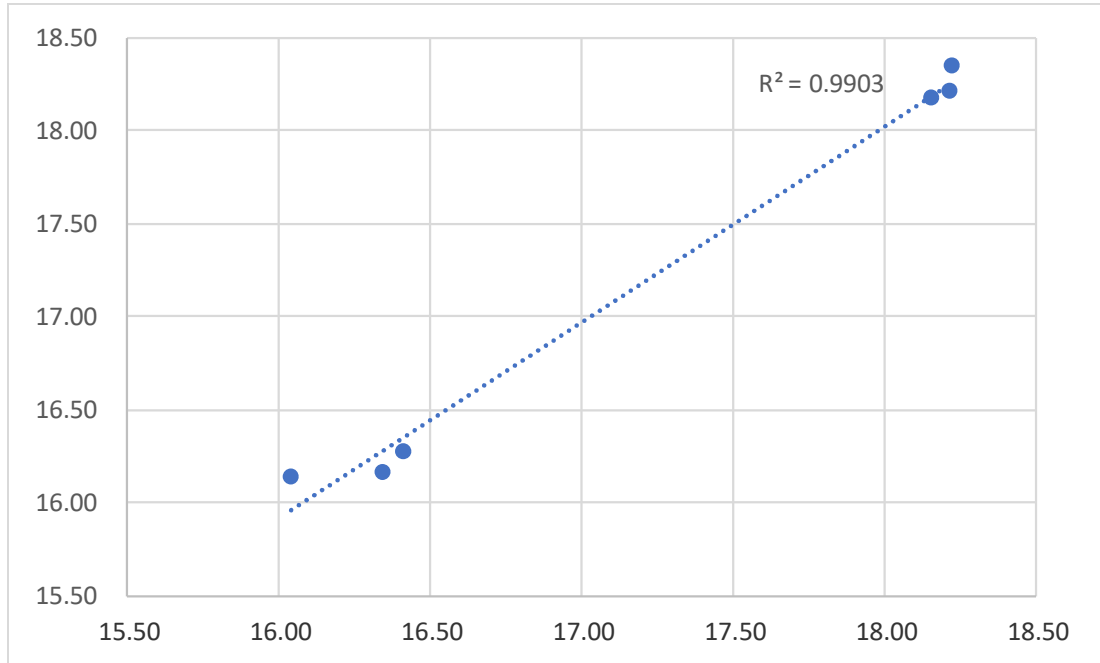
Dirección	Recorrido	Estimada	Real				Ajustado
		Velocidad comercial (Km/h) Modelo	Velocidad comercial (Km/h) De los Recorridos	Distancia entre paradas (metros)	Demora acumulada (minutos)	Demora (min/km)	Tiempo de parada (segundos)
Delta – San Jerónimo	1	16.04	16.14	537	31.30	2.43	0.40
	2	16.40	16.27	537	23.20	1.80	6.00
	3	16.34	16.16	537	24.80	1.93	4.00
San Jerónimo - Delta	1	18.22	18.35	616	16.80	1.43	8.50
	2	18.15	18.18	616	24.10	2.06	0.35
	3	18.21	18.21	616	17.10	1.46	7.80

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 25. Coeficiente de correlación para la línea 2 en carril exclusivo o confinado calibrado (demora)



BUAP



Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Cálculo del valor de GEH de la línea 2 con valores de velocidad con calibración (demora)

Dirección	Recorrido	Velocidad comercial (m/h) Modelo	Velocidad comercial (m/h) De los Recorridos	GEH
Delta – San Jerónimo	1	16,036	16,140	0.82
	2	16,404	16,270	1.05
	3	16,335	16,160	1.37
San Jerónimo - Delta	1	18,218	18,350	0.98
	2	18,152	18,180	0.21
	3	18,210	18,210	0.00

Fuente: Elaboración propia

Se ajustaron los tiempos de parada para calibrar la velocidad comercial, y con ellos se logró una correlación de 99% y valores GEH, menores a 5, lo que hacen representativo al modelo.



BUAP

3.3. SITUACIÓN ACTUAL VS SITUACIÓN MEJORADA

En este tema se realizará un análisis comparativo entre las ventajas y desventajas que representa para el usuario desde el punto de vista tiempo y otras variables (principal indicador en el transporte público) viajar a través de un sistema de transporte confinado en su totalidad y abierto o mixto (abierto y cerrado en algunas de sus partes del trazo); caso de estudio: la línea 1, y la línea 2 de corredor abierto del BRT SIT OPTIBUS. Cabe resaltar que la línea 1, tiene un 18% de carril compartido y 81% la línea 2.

3.3.1 SITUACIÓN ACTUAL

En las Tabla 36 y Tabla 37 se muestran los principales resultados de la línea 1 y línea 2, de los cuales podemos resaltar que la línea 2 como se esperaba es más lenta que la línea 1, debido a que carece de carril exclusivo en la mayor parte de la ruta 19%, la demora es un 3% mayor, y la velocidad es un 20% menor ya que el autobús no se detiene en su totalidad pero si disminuye su velocidad cuando van adelante otros vehículos en el mismo carril.

En la Tabla 38, se muestran algunos ejemplos de líneas BRT del país y de Colombia, de ésta se puede apreciar que el de menor velocidad es el Pumabus, el cual tiene la característica de que fue diseñado para atender los viajes al interior del campus de la UNAM, por lo cual para en cada facultad aunado a que existen muchos pasos a nivel para los peatones (topes), esto hace que la distancia entre paraderos sea corta y las demoras altas. Transmilenio en sus rutas corrientes se puede apreciar que existen demoras asociadas a los semáforos o tráfico en los cruces con otras vialidades ya que a pesar de tener un distanciamiento de casi 700 metros la velocidad apenas los 19.25 km/h. Metrobús y Macrobus son los corredores similares entre sí, hablando de condiciones operativas, lo cual se refleja en las velocidades muy cercanas. Por su parte, las rutas expresas de Transmilenio y Macrobus están por encima de los 25 km/h por el distanciamiento entre paradas mayor a los 1,100 metros. En lo que respecta a la línea 1 de Optibus, esta se encuentra dentro de los parámetros aceptables



BUAP

ya que el único corredor que lo supera bajo similares condiciones es Macrobus en un 3% de su velocidad, a pesar de que la línea 1, cuenta con un 18% de su carril no confinado. Mientras que la línea 2 al ser su mayor parte compartida sólo supera en velocidad a la línea que transita en el corredor de Pumabús.

Tabla 36. Comparativo de principales indicadores en la línea 1

Dirección	Tipo	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo movimiento (min)	Demora Ascenso-descenso	Demora (Semáforo rojo, Agente de tránsito)	Demora Total	Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	Comparado	22.65	1,452	2.90	3.25	0.14 (min/km)	1.39 (min/km)	1.53 (min/km)	7.69
						0.41 min	4.03 min	4.44 min	
San Jerónimo - Delta	Comparado	28.97	1,673	3.35	6.33	0.10 (min/km)	0.08 (min/km)	0.18 (min/km)	6.93
						0.33 min	0.27 min	0.60 min	
Delta – San Jerónimo	Confinado	19.40	487	9.74	14.54	0.88 (min/km)	0.71 (min/km)	1.59 (min/km)	30.14
						8.54 min	7.06 min	15.60 min	
San Jerónimo - Delta	Confinado	19.83	487	9.74	10.31	0.94 (min/km)	0.96 (min/km)	1.90 (min/km)	29.49
						9.12 min	10.06 min	19.18 min	
Delta – San Jerónimo	Confinado	20.05	574	12.65	17.79	1.02 (min/km)	2.11 (min/km)	3.13 (min/km)	37.83
						8.95 min	11.09 min	20.04 min	
San Jerónimo - Delta	Confinado	21.56	595	13.09	16.64	1.03 (min/km)	1.11 (min/km)	2.15 (min/km)	36.42
						9.44 min	10.33 min	19.78 min	

1.23Fuente: Elaboración propia



BUAP

Tabla 37. Comparativo de principales indicadores en la línea 2

Dirección	Tipo	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo movimiento (min)	Demora Ascenso-descenso	Demora (Semáforo rojo, Agente de tránsito)	Demora Total	Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	Comparado	16.20	537	12.88	21.70	0.84 (min/km)	1.18 (min/km)	2.02 (min/km)	47.70
						10.76 min	15.24 min	26.00 min	
San Jerónimo - Delta	Comparado	18.24	616	11.71	20.08	0.62 (min/km)	0.95 (min/km)	1.57 (min/km)	38.51
						7.31 min	11.12 min	18.42 min	
Delta – San Jerónimo	Confinado	19.40	486	2.92	4.28	0.99 (min/km)	0.64 (min/km)	1.62 (min/km)	9.02
						2.88 min	1.86 min	4.74 min	
San Jerónimo - Delta	Contraflujo	19.12	499	2.99	3.83	0.68 (min/km)	1.18 (min/km)	1.86 (min/km)	9.38
						2.04 min	3.52 min	5.56 min	
Delta – San Jerónimo	Contraflujo	13.94	362	1.45	1.96	0.98 (min/km)	1.97 (min/km)	2.95 (min/km)	6.24
						1.42 min	2.85 min	4.28 min	
Delta – San Jerónimo	Contraflujo	16.70	526	15.80	25.98	1.82 (min/km)	1.82 (min/km)	3.64 (min/km)	56.72
						13.64min	17.10 min	30.74 min	
San Jerónimo - Delta	Contraflujo	17.90	557	16.15	25.87	0.66 (min/km)	1.08 (min/km)	1.63 (min/km)	54.13
						10.77 min	17.49 min	28.26 min	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Comparativo entre corredores BRT con carril confinado

Corredor	Distancia entre paradas (metros)	Tiempo de parada (segundos)	Velocidad (km/h)	Demora (min/km)
Pumabus	378	17	12.85	2.00



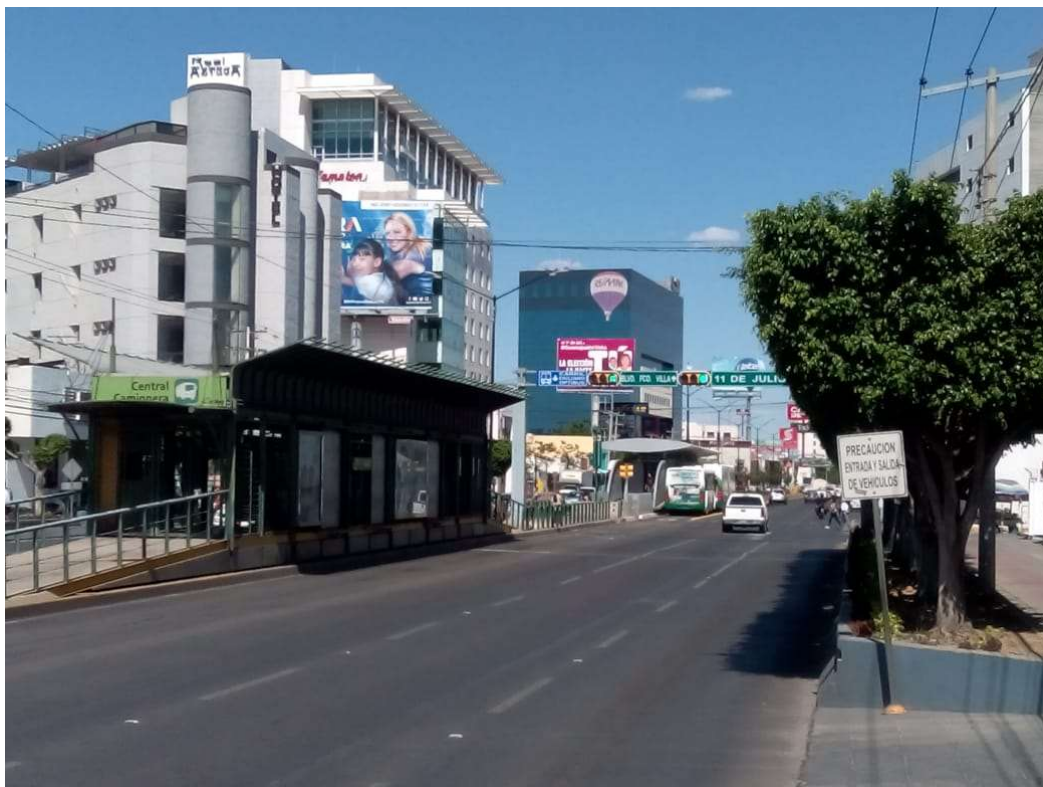
BUAP

Transmilenio rutas corrientes con semáforos	677	20	19.25	1.40
Metrobús ruta A1 con semáforos	543	18	20,83	0.75
Macrobus corriente o paradora	615	25	21.50	0.80
Transmilenio rutas expresas con semáforos (doble carril exclusivo)	1,785	20	29.90	1.00
Macrobus exprés	1,134	16	26.70	0.60

Fuente: Gustavo Fermín Sánchez, ¿Es el BRT la mejor opción?

3.3.2 SITUACIÓN MEJORADA

Fotografía 1. Sustitución de paraderos



Fuente: Propia



BUAP

Fotografía 2. Ejemplo de paradero o estación del expreso Tiradentes vista aérea



Fuente: Recuperado de <http://www.fotoseimagenes.net/expreso-tiradentes>

Fotografía 3. Ejemplo de paradero o estación del expreso Tiradentes vista desde carril confinado



Fuente: Recuperado de <http://www.comerciarior.org.br/index.php/post/14937-Apos-concreto-afundar-20-cm-Expreso-Tiradentes-tem-trecho-interditado>



BUAP

Fotografía 4. Ejemplo de paradero o estación del expreso Tiradentes vista exterior



Fuente: Recuperado de <https://kikipedia.wordpress.com/2009/01/11/expreso-tiradentes/>



BUAP



Fotografía 5. Ejemplo de carril confinado del expreso Tiradentes vista exterior vista superior

Fuente: Recuperado de <https://diariodotransporte.com.br/2015/08/29/linhas-de-onibus-voltam-a-operar-em-pista-do-expresso-tiradentes/>

3.3.2.1 MEJORAS A LÍNEA 1

3.3.2.1.1 CAMBIAR EL 18% DEL CARRIL COMPARTIDO A CARRIL CONFINADO

Tabla 39. Mejora por cambiar el 18% del carril compartido a confinado

Dirección	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo en movimiento (min)	Demora Total	Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	21.14	574	12.65	17.28	1.43	35.38
					(min/km)	
					18.10 min	
San Jerónimo - Delta	21.56	595	13.09	16.65	1.49	36.13
					(min/km)	



BUAP

					19.48 min	
--	--	--	--	--	-----------	--

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.1.2 ESPACIAR EL DISTANCIAMIENTO ENTRE PARADEROS A VALORES MAYORES A 600 METROS

Tabla 40. Mejora por cambiar el distanciamiento entre paradas a valores mayores a 600 metros

Dirección	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo en movimiento (min)	Demora Total	Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	21.55	665	12.65	17.09	1.43 (min/km)	35.19
					18.10 min	
San Jerónimo - Delta	22.01	689	13.09	16.20	1.49 (min/km)	35.68
					19.48 min	

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.1.3 UTILIZACIÓN DE CARRILES EXCLUSIVOS A FLUJO LIBRE

Tabla 41. Mejora por utilizar carriles exclusivos a flujo libre

Dirección	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo en movimiento (min)	Tiempo de parada	Tiempo total (min)	
Delta – San Jerónimo	27.30	665	12.65	18.85	28 segundos	0.71 min/km	27.80
						8.95 min	
San Jerónimo - Delta	27.57	689	13.09	19.05	29 segundos	0.72 min/km	28.49
						9.44 min	

Fuente: Elaboración propia



BUAP

3.3.2.2 MEJORAS A LÍNEA 2

3.3.2.2.1 CAMBIAR EL 81% DEL CARRIL COMPARTIDO A CARRIL

CONFINADO

Tabla 42. Mejora por cambiar el 81% del carril compartido a confinado

Dirección	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo en movimiento (min)	Demora Total	Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	20.11	526	15.80	22.81	1.54 (min/km)	47.15
					24.34 min	
San Jerónimo - Delta	19.53	557	16.15	21.98	1.71 (min/km)	49.61
					27.63 min	

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2.2 ESPACIAR EL DISTANCIAMIENTO ENTRE PARADEROS A VALORES MAYORES A 600 METROS

Tabla 43. Mejora por cambiar el 81% del carril compartido a confinado

Dirección	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo en movimiento (min)	Demora Total	Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	20.30	564	15.80	22.35	1.54 (min/km)	46.69
					24.34 min	
San Jerónimo - Delta	19.76	621	16.15	21.41	1.71 (min/km)	49.04
					27.63 min	

Fuente: Elaboración propia



BUAP

3.3.2.2.3 UTILIZACIÓN DE CARRILES EXCLUSIVOS A FLUJO LIBRE

Tabla 44. Mejora por utilizar carriles exclusivos a flujo libre

Dirección	Velocidad (Km/h)	Distancia entre paraderos (metros)	Distancia (km)	Tiempo en movimiento (min)	Tiempo de parada		Tiempo total (min)
Delta – San Jerónimo	25.11	564	15.80	24.11	29 segundos	0.86 min/km	37.75
						13.64 min	
San Jerónimo - Delta	27.44	621	16.15	24.55	23 segundos	0.67 min/km	35.31
						10.76 min	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Comparativos de tiempo de recorrido de la situación actual vs situaciones con mejoras

Mejora	Línea 1		Línea 2	
	San Jerónimo-Delta	Delta-San Jerónimo	San Jerónimo-Delta	Delta-San Jerónimo
Situación Actual	36.42	37.83	54.13	56.72
Cambiar el carril compartido a carril confinado	36.13	35.38	49.61	47.15
Espaciar el distanciamiento entre paraderos a valores mayores a 600 metros	35.68	35.19	49.04	46.69
Utilización de carriles exclusivos a flujo libre	28.49	27.80	35.31	37.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Porcentajes comparados de tiempo de recorrido de la situación actual vs situaciones con mejoras



BUAP

Mejora	Línea 1		Línea 2	
	San Jerónimo-Delta	Delta-San Jerónimo	San Jerónimo-Delta	Delta-San Jerónimo
Situación Actual	-	-	-	-
Cambiar el carril compartido a carril confinado	0.8%	6.5%	8.4%	16.9%
Espaciar el distanciamiento entre paraderos a valores mayores a 600 metros	2.0%	7.0%	9.4%	17.7%
Utilización de carriles exclusivos a flujo libre	21.8%	26.5%	34.8%	33.4%

Fuente: Elaboración propia

3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS 1 Y 2

El dimensionamiento de la flota es una actividad muy importante para el servicio de transporte, ya que con los estudios adecuados permiten equilibrar la oferta y la demanda, esto hace que se pueda ofrecer con los controles (regularidad y puntualidad), y al definir la ocupación de los autobuses esta sea rentable.

El dimensionamiento se realiza mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$I = \frac{(O * 60)}{Cmhp}$$

Donde:

I = Intervalo (minutos)

O = Ocupación (ya considera el factor de ocupación)



BUAP

$60 =$ Factor de conversión

$Cmhp =$ Carga máxima hora pico por sentido

$$F = \frac{Tc}{I}$$

Donde:

$F =$ Flota

$Tc =$ Tiempo de ciclo (minutos) = tiempo de recorrido + tiempo de base

Tabla 47. Dimensionamiento de la flota de línea 1

Mejora	Línea 1				
	Carga máxima pasajeros hora pico por sentido	Ocupación del autobús	Intervalo (minutos)	Tiempo de ciclo (minutos)	Flota (autobuses)
Situación Actual	2,700	135	3.00	77	26
Cambiar el carril compartido a carril confinado	2,700	135	3.00	75	25
Espaciar el distanciamiento entre paraderos a valores mayores a 600 metros	2,700	135	3.00	74	25
Utilización de carriles exclusivos a flujo libre	2,700	135	3.00	59	20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Dimensionamiento de la flota de línea 2

Mejora	Línea 2				
	Carga máxima	Ocupación	Intervalo	Tiempo de	Flota



BUAP

	pasajeros hora pico por sentido	del autobús	(minutos)	ciclo (minutos)	(autobuses)
Situación Actual	1,480	135	5.50	114	21
Cambiar el carril compartido a carril confinado	1,480	135	5.50	100	19
Espaciar el distanciamiento entre paraderos a valores mayores a 600 metros	1,480	135	5.50	99	18
Utilización de carriles exclusivos a flujo libre	1,480	135	5.50	76	14

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- El 68% de los paraderos se encuentra entre sí, en distancias menores a los 600 metros, para la línea 1, mientras que el 79% de los paraderos de la línea 2 se encuentran en distancias menores a dicho valor. La distancia mínima para línea 1 es de 309 metros, mientras que la máxima es de 2,580 metros, con una distancia promedio de 585 metros, mientras que para la línea 2 se tiene una distancia mínima 259 metros y una máxima de 2,640 metros, con una distancia promedio de 541 metros.
- La velocidad comercial depende de la distancia entre paradas, tiempo de parada y demoras que se dan entre paraderos como lo son detenciones por semáforos, congestionamiento, intervención del tráfico por agentes de tránsito.
- El porcentaje de tiempos de recorrido y demoras para la línea 1 en los tramos de uso confinado, son cercanas al 28% en tiempo de ascenso y descenso y 27% en semáforo en rojo y 45% en movimiento. Mientras que la línea 2 en los tramos de



BUAP

uso de las vías compartidas, son cercanas al 23% en tiempo de ascenso y descenso, 29% por semáforos en rojo, 43% en movimiento y 5% en congestionamientos.

- La velocidad comercial que se estimó para línea 2 que tiene un 81% de la extensión de la ruta con carril compartido y un 19% de carril confinado es de 17.36 km/h, mientras que la velocidad de la línea 1 que tiene una extensión de la ruta del 18% de carril compartido y 82% de carril confinado de 20.92 km/h. El tramo a contraflujo que existe en la línea 2 tiene una velocidad muy baja de 13.94 km/h, lo cual se puede deber a que los paraderos se encuentran entre sí en promedio a 362 metros y que el porcentaje de tiempo detenido por semáforos en rojo representan del total de viaje el 46%.
- La línea 1 del Optibus al ser comparado con otros corredores BRT, esta se encuentra dentro de los parámetros aceptables ya que el único corredor que lo supera bajo similares condiciones es Macrobus en un 3% más en su velocidad comercial, a pesar de que la línea 1, cuenta con un 18% de su carril no confinado. Mientras que la línea 2 al ser su mayor parte compartida sólo supera en velocidad a la línea que transita en el corredor de Pumabús.
- Se encontraron 2 tipos de modelos que permiten estimar la velocidad, el primero mediante la variable tiempo de parada y distancia entre paradas y el segundo, mediante la estimación de las demoras de manera acumulada (min/km) provocadas por tiempo de parada, detenciones en semáforos, intervención del tráfico por agentes de tránsito, congestionamiento, parada de otro autobús, principalmente. Loscuales al ser calibrados arrojaron valores en los coeficientes de correlación de más de $R^2=99\%$ y de GEHStatiste menores a 10, valores que indican que se pueden utilizar estos modelos para estimar situaciones hipotéticas o escenarios.
- El cambiar el 18% del carril compartido a confinado para la línea 1 trae como beneficio un ahorro de tiempo de recorrido cercano al 4%, mientras que incrementar el promedio de distancia entre paradas de 585 metros a 677 metros tiene un ahorro



BUAP

aproximado del 5%, y cambiar a infraestructura de carril exclusivo a flujo libre se tendría un ahorro de aproximadamente un 24%, estos ahorros son al ser comparados con la situación actual.

- El cambiar el 81% del carril compartido a confinado para la línea 2 trae como beneficio un ahorro de tiempo de recorrido cercano al 12%, mientras que incrementar el promedio de distancia entre paradas de 541 metros a 592 metros tiene un ahorro aproximado del 13%, y cambiar a infraestructura de carril exclusivo a flujo libre se tendría un ahorro de aproximadamente un 44%, todos estos ahorros al compararlos con la situación actual.
- El cambio de carril compartido a carril confinado tendría un ahorro de 1 autobús lo que representa un 4% de la flota, mientras que el distanciamiento entre paraderos no hay ahorro y la utilización de carriles exclusivos a flujo libre sería de 6 autobuses lo que representa un 20%.
- El cambio de carril compartido a carril confinado tendría un ahorro de 2 autobuses lo que representa un 10% de la flota, mientras que el distanciamiento entre paraderos tendría una disminución de 3 autobuses con un 5% ahorro y la utilización de carriles exclusivos a flujo libre sería de 7 autobuses lo que representa un 22%.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de tránsito para realizar simulaciones con herramientas de Vissim y Sincro, de cambiar de carril compartido a confinado, para evaluar lo siguiente:
 - Mejoras a los ciclos de semáforos para que favorezcan el paso de los autobuses del BRT (incluir soluciones de preferencia de paso)
 - Afectación o mejoras a los niveles de servicio de las intersecciones y al resto de los carriles.
 - Afectación o mejoras a las velocidades del resto de los vehículos.



BUAP

- Si se eliminan paraderos habrá primero que revisar la cantidad de usuarios que llegan a él y si estos pueden albergarse en el paradero nuevo, revisar sus lugares de destino, y su distancia de camina. De ser factible se podrá dejar el paradero existente y cancelar su funcionamiento hasta que el nuevo pueda estar en funciones, para con ello no afectar al usuario.
- Realizar un análisis costo beneficio de considerar implementar el carril exclusivo con segundo piso.

BIBLIOGRAFÍA

- CAY Y MAYOR, R., 2007. *Ingeniería de tránsito y transporte. Fundamentos y aplicaciones*, México: Alfaomega.
- MOLINERO, A., 2006. *Ingeniería De Transporte Público, planeación, diseño, infraestructura y administración*. México: UAEM.
- <https://es.wikipedia.org>
- VÖV/VDA. *Bus-Verkehrsystem: Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb*. Düsseldorf: Alba Buchverlag, 1979.
- Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials, TCRP Report 26, Transportation Research Board National Research Council, KEVIN ST. JACQUES Wilbur Smith Associates Houston, TX and HERBERT S. LEVINSON New Haven, CT, NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C. 1997
- Guía de Planificación de Sistemas BRT, Autobuses de Tránsito Rápido, Enero de 2010, Institute for Transportation & Development Policy 127 W. 26th Street, Suite 1002 New York, NY 10001 USA, Lloyd Wright Investigador Bartlett School of Planning University College London
- Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/GEH_statistic
- (1) Congestión de tránsito, El problema y cómo enfrentarlo, Alberto Bull Compilador, Naciones Unidas, Cepal, Santiago de Chile, 2003.



BUAP

- Diseño de un sistema de autobús de alto nivel, Santander 2013, Iñaki Gaspar Erburu, E.T.S. de ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Expreso_Tiradentes

ANEXOS



BUAP

Anexo 1. Recorridos Línea 1 San Jerónimo - Delta, tramo confinado o carril exclusivo

ID	De:	Hasta:	Tramo Línea abierta km	Recorrido 1						Recorrido 2						Recorrido 3						
				T (seg)	V (km/h)	AD (seg)	SR (seg)	AT (seg)	VI (seg)	T (seg)	V (km/h)	AD (seg)	SR (seg)	AT (seg)	BE (seg)	T (seg)	V (km/h)	AD (seg)	SR (seg)	AT (seg)	CO (seg)	BE (seg)
1	Terminal San Jeronimo	Los Gómez																				
2	Los Gómez	Peñitas	0.62	95	23.61	12	12			56	40.05	38				94	23.86	20	37			
3	Peñitas	Lluvia	0.34	97	23.12	18	46			50	44.86	34	9			88	25.49	32	40			
4	Lluvia	Insurgentes	0.31	87	25.78	20	36			82	27.35	31	38			82	27.35	30	38			
5	Insurgentes	IMSS T1	0.39	94	23.86	46	28			103	21.77	76	55			104	21.57	42	52			
6	IMSS T1	Calvario	0.33	92	24.38	24	42			40	56.07	31				66	33.98	27	24			
7	Calvario	Parque Hidalgo	0.50	60	37.38	59	0			58	38.67	44				53	42.32	52				
8	Parque Hidalgo	Apolo	0.35	45	49.84	18	0			48	46.73	25				49	45.77	28	10			
9	Apolo	Centro Historico	0.60	99	22.65	44	63			94	23.86	32	67			104	21.57	39	78			
10	Centro Historico	Hermanos Aldama	0.38	67	33.47	23	12	6		87	25.78	25	30	10		78	28.75	23	44			
11	Hermanos Aldama	Expiatorio	0.59	192	11.68	12	173			172	13.04	22	101			70	32.04	62	65			
12	Expiatorio	Trigo	0.59	81	27.69	18	17			98	22.89	22	33			46	48.76	25				
13	Trigo	Zona Piel	0.45	56	40.05	15				103	21.77	23	48			67	33.47	24	22			
14	Zona Piel	Central Camionera	0.38	42	53.40	26				56	40.05	35				38	59.02	26				
15	Central Camionera	Poliforum	0.70	92	24.38	38	14			113	19.85	28	24			121	18.54	31	54			
16	Poliforum	Bugambillas	0.73	156	14.38	22	67			148	15.15	30	67			96	23.36	18			24	
17	Bugambillas	Manzanares	0.61	115	19.50	15	44			118	19.01	22	40			96	23.36	16			16	
18	Manzanares	San Pedro	0.47	54	41.53	15				54	41.53	20				52	43.13	16			7	
19	San Pedro	Deportiva	0.46	103	21.77	18	42			120	18.69	20	40	12		114	19.67	22	34		19	
20	Deportiva	Julián de Obregón	0.51	120	18.69	20	8	35		208	10.78	18	14			206	10.89	23	14			
21	Julián de Obregón	Cerrito de Jerez	0.44	45	49.84	15				44	50.97	14				40	56.07	17				
22	Cerrito de Jerez	Terminal Delta																				
Sumas			9.74	1792		478	604	6	35	1852		590	566	10	12	1664	639	573	512	0	0	66
Promedios			0.487		19.58						18.94					21.08						
Minutos				29.9		8.0	10.1	0.1	0.6	30.9		9.8	9.4	0.2	0.2	27.7		9.6	8.5	0.0	0.0	1.1
Porcentajes				100%		27%	34%	0%	2%	100%		32%	31%	1%	1%	100%		34%	31%	0%	0%	4%
Total por viaje (min)						29.9						30.9					27.7					

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 1. Recorridos Línea 1 Delta – San Jerónimo, tramo compartido o carril mixto

ID	De:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3						
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez	2.155	306	25.35	36	133		308	25.19	18		75	187	302	25.69	20			164
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obegrón																		
3	Julián de Obegrón	Deportiva																		
4	Deportiva	San Pedro																		
5	San Pedro	Manzanares																		
6	Manzanares	Bugambillas																		
7	Bugambillas	Poliforum																		
8	Poliforum	Central Camionera																		
9	Central Camionera	Zona Piel																		
10	Zona Piel	Trigo																		
11	Trigo	Expiatorio																		
12	Expiatorio	Hermanos Aldama																		
13	Hermanos Aldama	Centro Historico																		
14	Centro Historico	Apolo																		
15	Apolo	Parque Hidalgo																		
16	Parque Hidalgo	Calvario																		
17	Calvario	IMSS T1																		
18	IMSS T1	Insurgentes																		
19	Insurgentes	Lluvia																		
20	Lluvia	Peñitas																		
21	Peñitas	Los Gómez																		
22	Los Gómez	Terminal San Jeronimo	0.748	150	51.72		109		156	49.73		158		162	47.89		72			14
Sumas			2.90	456	77	36	242		464		18	158		464		20	72			
Promedios			1.452		22.92							22.52				22.52				
Minutos				7.6		0.6	4.0		7.7		0.3	2.6		7.7		0.3	1.2			
Porcentajes				100%		8%	53%		100%		4%	34%		100%		4%	16%			
Total por viaje (min)						7.6					7.7					7.7				

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 1. Recorridos Línea 1 San Jerónimo - Delta, tramo compartido o carril mixto



BUAP

ID	De:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3							
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	
1	Terminal San Jeronimo	Los Gómez	0.76	146	18.79	15				145	18.92	26				144	19.05	18	27		
2	Los Gómez	Peñitas																			
3	Peñitas	Lluva																			
4	Lluva	Insurgentes																			
5	Insurgentes	IMSS T1																			
6	IMSS T1	Calvario																			
7	Calvario	Parque Hidalgo																			
8	Parque Hidalgo	Apolo																			
9	Apolo	Centro Historico																			
10	Centro Historico	Hermanos Aldama																			
11	Hermanos Aldama	Expiatorio																			
12	Expiatorio	Trigo																			
13	Trigo	Zona Piel																			
14	Zona Piel	Central Camionera																			
15	Central Camionera	Poliforum																			
16	Poliforum	Bugambilias																			
17	Bugambilias	Manzanares																			
18	Manzanares	San Pedro																			
19	San Pedro	Deportiva																			
20	Deportiva	Julián de Obregón																			
21	Julián de Obregón	Cerrito de Jerez																			
22	Cerrito de Jerez	Terminal Delta	2.58	272	10.09				270	10.16		22			270	10.16					
Sumas			3.35	418	29	15	0	0	415		26	22			414		18	27			
Promedios			1.673		28.81					29.02						29.09					
Minutos				7.0		0.3	0.0	0.0	6.9		0.4	0.4	0.0	0.0	6.9		0.3	0.5			
Porcentajes				100%		4%	0%	0%	100%		6%	5%	0%	0%	100%		4%	7%			
Total por viaje (min)				7.0					6.9					6.9							

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 1. Recorridos Línea 1 Delta - San Jerónimo (promedios), tramo compartido o carril mixto y confinado o carril exclusivo

ID	De:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3						
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez	2.155	306	25.35	36	133		308	25.19	18		75	187	302	25.69	20			164
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obegrón																		
3	Julián de Obegrón	Deportiva																		
4	Deportiva	San Pedro																		
5	San Pedro	Manzanares																		
6	Manzanares	Bugambilias																		
7	Bugambilias	Poliforum																		
8	Poliforum	Central Camionera																		
9	Central Camionera	Zona Piel																		
10	Zona Piel	Trigo																		
11	Trigo	Expiatorio																		
12	Expiatorio	Hermanos Aldama																		
13	Hermanos Aldama	Centro Historico																		
14	Centro Historico	Apolo																		
15	Apolo	Parque Hidalgo																		
16	Parque Hidalgo	Calvario																		
17	Calvario	IMSS T1																		
18	IMSS T1	Insurgentes																		
19	Insurgentes	Lluva																		
20	Lluva	Peñitas																		
21	Peñitas	Los Gómez																		
22	Los Gómez	Terminal San Jeronimo	0.748	150	51.72		109		156	49.73		158		162	47.89		72			14
Sumas			2.90	456	77	36	242		464		18	158		464		20	72			
Promedios			1.452		22.92					22.52					22.52					
Minutos				7.6		0.6	4.0		7.7		0.3	2.6		7.7		0.3	1.2			
Porcentajes				100%		8%	53%		100%		4%	34%		100%		4%	16%			
Total por viaje (min)						7.6					7.7						7.7			

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 1. Recorridos Línea 1 San Jerónimo – Delta (promedios), tramo compartido o carril mixto y confinado o carril exclusivo



BUAP

ID	De:	Hasta:	Tramo línea abierta							Tramo línea								
			T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	BE	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	BE	VI	
1	Terminal San Jeronimo	Los Gómez	145	18.9	20	9	0	0										
2	Los Gómez	Peñitas								82	27.5	23	16	0	0	0	0	
3	Peñitas	Lluvia								78	15.4	28	32	0	0	0	0	
4	Lluvia	Insurgentes								84	13.3	27	37	0	0	0	0	
5	Insurgentes	IMSS T1								100	14.0	55	45	0	0	0	0	
6	IMSS T1	Calvario								66	18.0	27	22	0	0	0	0	
7	Calvario	Parque Hidalgo								57	31.6	52	0	0	0	0	0	
8	Parque Hidalgo	Apolo								47	26.8	24	3	0	0	0	0	
9	Apolo	Centro Historico								99	21.8	38	69	0	0	0	0	
10	Centro Historico	Hermanos Aldama								77	17.8	24	29	5	0	0	0	
11	Hermanos Aldama	Expiatorio								145	14.7	32	113	0	0	0	0	
12	Expiatorio	Trigo								75	28.2	22	17	0	0	0	0	
13	Trigo	Zona Piel								75	21.4	21	23	0	0	0	0	
14	Zona Piel	Central Camionera								45	30.5	29	0	0	0	0	0	
15	Central Camionera	Poliforum								109	23.1	32	31	0	0	0	0	
16	Poliforum	Bugambilias								133	19.8	23	45	0	0	8	0	
17	Bugambilias	Manzanares								110	20.0	18	28	0	0	5	0	
18	Manzanares	San Pedro								53	32.0	17	0	0	0	2	0	
19	San Pedro	Deportiva								112	14.7	20	39	0	0	10	0	
20	Deportiva	Julián de Obregón								178	10.2	20	12	0	0	0	12	
21	Julián de Obregón	Cerrito de Jerez								43	36.4	15	0	0	0	0	0	
22	Cerrito de Jerez	Terminal Delta	271	34.4	0	7	0	0										
Sumas			416		20	16	0	0		1769		547	561	5	0	26	12	
Promedios				28.97							19.83							
Minutos			6.9		0.33	0.27	0.00	0.00		29.49		9.12	9.34	0.09	0.00	0.43	0.19	
Porcentajes					5%	0%	0%	132%				31%	32%	0%	0%	1%	1%	
Tiempo total de viaje (min)					6.9						29.5							

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 1. Recorridos Línea 1 Delta - San Jerónimo (promedios), tramo compartido o carril mixto y confinado o carril exclusivo

ID	De:	Hasta:	Tramo línea confinada							Tramo línea abierta						
			T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	BE	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez									305	25.4	25	44	25	55
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obegrón	65	23.97	25	0	0	0	0							
3	Julián de Obegrón	Deportiva	85	21.43	22	11	0	0	0							
4	Deportiva	San Pedro	87	19.11	21	13	0	0	0							
5	San Pedro	Manzanares	92	18.48	20	18	0	0	0							
6	Manzanares	Bugambilias	84	26.16	20	0	0	0	0							
7	Bugambilias	Poliforum	128	20.64	31	24	0	0	0							
8	Poliforum	Central Camionera	121	20.68	29	27	0	0	0							
9	Central Camionera	Zona Piel	71	19.47	22	37	0	0	0							
10	Zona Piel	Trigo	103	15.62	25	30	0	0	0							
11	Trigo	Expiatorio	68	31.23	21	17	0	0	0							
12	Expiatorio	Hermanos Aldama	101	21.10	26	39	0	0	0							
13	Hermanos Aldama	Centro Historico	77	17.86	33	38	0	0	0							
14	Centro Historico	Apolo	219	9.86	31	99	9	0	0							
15	Apolo	Parque Hidalgo	70	18.02	33	0	0	0	0							
16	Parque Hidalgo	Calvario	71	25.40	22	17	0	0	0							
17	Calvario	IMSS T1	109	10.93	54	0	0	0	0							
18	IMSS T1	Insurgentes	69	20.35	21	22	0	0	0							
19	Insurgentes	Lluvia	53	20.99	22	0	0	0	0							
20	Lluvia	Peñitas	61	19.77	18	9	0	0	0							
21	Peñitas	Los Gómez	75	30.04	17	13	0	0	0							
22	Los Gómez	Terminal San Jeronimo									156	17.3	0	113	0	5
Sumas			1808		512	415	9	0			461		25	157	25	59
Promedios				19.40								22.65				
Minutos			30.1		8.54	6.91	0.15	0.00			7.69		0.41	2.62	0.42	0.99
Porcentajes					28%	0%	0%	1%					5%	34%		
Total por viaje (min)					30.1							7.7				



BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Recorridos Línea 2 Delta – San Jerónimo, tramo compartido



BUAP

ID	De:	Hasta:	Tramo Línea abierta km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3					BE		
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR		AT	CO
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez	2.200	346	22.9	23		157	341	23.2	19		214		348	22.8	72	83	88	60	
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obegrón																			
3	Julián de Obegrón	Deportiva																			
4	Deportiva	Bocanegra	0.738	194	13.7	30	65		195	13.6	22	51		194	13.7	19	71				
5	Bocanegra	Paseo de Jerez	0.490	103	17.1	15	28		107	16.5	22	22		102	17.3	15	40				
6	Paseo de Jerez	San Isidro	0.307	36	30.7	21			39	28.3	24			35	31.6	15					
7	San Isidro	ISSSTE	0.414	127	11.7	29	69		122	12.2	31	68		122	12.2	18	26				
8	ISSSTE	Azteca	0.541	188	10.4	17			175	11.1	18			170	11.5	18	52				
9	Azteca	Centro Ciudadano	0.428	46	33.5	14			44	35.0	15			38	40.5	13	25				
10	Centro Ciudadano	Francisco Villa Sur	0.319	65	17.7	16	83		78	14.7	17	32		36	31.9	14					
11	Francisco Villa Sur	Sapal	0.625	146	15.4	32	43		63	35.7	50			78	28.8	25	35				
12	Sapal	Buenos Aires	0.526	199	9.5	23	151		160	11.8	27			173	10.9	22	35				
13	Buenos Aires	Preparatoria	0.610	69	31.8	74			75	29.3	21			80	27.5	41					
14	Preparatoria	Tierra Blanca	0.326	56	21.0	73			55	21.3	47			73	16.1	29		40			
15	Tierra Blanca	San Miguel	0.425	101	15.1	84	42		108	14.2	39	10		105	14.6	19					
16	San Miguel	Los Fresnos	0.358	96	13.4	18	53		61	21.1	19			91	14.2	17	38				
17	Los Fresnos	IMSS T21	0.509	52	35.2	60			63	29.1	42			58	31.6	20					
18	IMSS T21	Monumento a La Madre	0.309	37	30.1	23			84	13.2	23	36		40	27.8	35					
19	Monumento a La Madre	Justo Sierra	0.519	90	20.8	30			144	13.0	22	50		106	17.6	40	17				
20	Justo Sierra	Centro de Salud	0.259	170	5.5	15	77		171	5.5	24	66		175	5.3	20	59				
21	Centro de Salud	Reforma	0.325	27	43.3	12			55	21.3	53			121	9.7	20	24				
22	Reforma	Soledad	0.345	91	13.6	34	45		72	17.3	32			64	19.4	24					
23	Soledad	Aquiles Serdán	0.481	128	13.5	21	60		138	12.5	36	34		135	12.8	40	21				
24	Aquiles Serdán	Centro Histórico																			
25	Centro Histórico	Moctezuma	0.933	186	18.1	32	136		180	18.7	14	48		190	17.7	19					73
26	Moctezuma	Malecón	0.335	137	8.8	20	154		132	9.1	25	32		145	8.3	24	34				
27	Malecón	Los Reyes																			
28	Los Reyes	Guanajuato																			
29	Guanajuato	Insurgentes																			
30	Insurgentes	Terminal San Jeronimo	0.556	183	10.9				187	10.7		84		185	10.8		85				
Sumas			12.88	2873		716	1006	157	2849		642	533	214		2864	455	579	645	128	60	73
Promedios			0.537		16.14					16.27						16.19					
Minutos				47.9		11.9	16.8	2.6	47.5		10.7	8.9	3.6	0.0	47.7		9.7	10.8	2.1	1.0	1.2
Porcentajes				100%		25%	35%	5%	100%		23%	19%	8%	0%	100%		20%	23%	4%	2%	3%
Total por viaje (min)						47.9				47.5						47.7					

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 2. Recorridos Línea 2 Delta – San Jerónimo, tramo exclusivo

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3							
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	
1	Terminal Delta	Cerrito de Jerez																			
2	Cerrito de Jerez	Julián de Obegrón	0.43	43	36.0	50			48	32.3	37				48	32.3	12				
3	Julián de Obegrón	Deportiva	0.51	114	16.1	24			117	15.7	46				121	15.2	60	79			
4	Deportiva	Bocanegra																			
5	Bocanegra	Paseo de Jerez																			
6	Paseo de Jerez	San Isidro																			
7	San Isidro	ISSSTE																			
8	ISSSTE	Azteca																			
9	Azteca	Centro Ciudadano																			
10	Centro Ciudadano	Francisco Villa Sur																			
11	Francisco Villa Sur	Sapal																			
12	Sapal	Buenos Aires																			
13	Buenos Aires	Preparatoria																			
14	Preparatoria	Tierra Blanca																			
15	Tierra Blanca	San Miguel																			
16	San Miguel	Los Fresnos																			
17	Los Fresnos	IMSS T21																			
18	IMSS T21	Monumento a La Madre																			
19	Monumento a La Madre	Justo Sierra																			
20	Justo Sierra	Centro de Salud																			
21	Centro de Salud	Reforma																			
22	Reforma	Soledad																			
23	Soledad	Aquiles Serdán																			
24	Aquiles Serdán	Centro Histórico	0.25	44	20.5	55			44	20.5	41				39	23.1	23				
25	Centro Histórico	Moctezuma																			
26	Moctezuma	Malecón																			
27	Malecón	Los Reyes	0.52	139	13.4	17	45		130	14.3	17	26			130	14.3	23	60			
28	Los Reyes	Guanajuato	0.55	84	23.6	27			88	22.5	16				84	23.6	19	44			
29	Guanajuato	Insurgentes	0.66	133	17.9	17	66		84	28.3	20				135	17.6	15	15			
30	Insurgentes	Terminal San Jeronimo																			
Sumas			2.92	557	127	190	111		511		177	26			557		152	198			
Promedios			0.486		18.86					20.56						18.86					
Minutos				9.3		3.2	1.9		8.5		3.0	0.4			9.3		2.5	3.3			
Porcentajes				100%		34%	20%		100%		35%	5%			100%		27%	36%			
Total por viaje (min)						9.3					8.5						9.3				

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 2. Recorridos Línea 2 Delta – San Jerónimo (promedios), tramo exclusivo o confinado y compartido o abierto



BUAP

ID	Del:	Hasta:	Tramo línea abierta						Tramo línea confinada								
			T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	BE	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO		
1	Terminal Delta	Cerito de Jerez	345	23.0	38	28	153	20									
2	Cerito de Jerez	Julián de Obegrón								46	33.4	33					
3	Julián de Obegrón	Deportiva								117	15.6	43	26				
4	Deportiva	Bocanegra	194	13.7	24	62											
5	Bocanegra	Paseo de Jerez	104	17.0	17	30											
6	Paseo de Jerez	San Isidro	37	30.1	20												
7	San Isidro	ISSSTE	124	12.1	26	54											
8	ISSSTE	Azteca	178	11.0	18	17											
9	Azteca	Centro Ciudadano	43	36.1	14	8											
10	Centro Ciudadano	Francisco Villa Sur	60	19.2	16	38											
11	Francisco Villa Sur	Sapal	96	23.5	36	26											
12	Sapal	Buenos Aires	177	10.7	24	62											
13	Buenos Aires	Preparatoria	75	29.4	45												
14	Preparatoria	Tierra Blanca	61	19.1	50		13										
15	Tierra Blanca	San Miguel	105	14.6	47	17											
16	San Miguel	Los Fresnos	83	15.6	18	30											
17	Los Fresnos	IMSS T21	58	31.8	41												
18	IMSS T21	Monumento a La Madre	54	20.7	27	12											
19	Monumento a La Madre	Justo Sierra	113	16.5	31	22											
20	Justo Sierra	Centro de Salud	172	5.4	20	67											
21	Centro de Salud	Reforma	68	17.3	28	8											
22	Reforma	Soledad	76	16.4	30	15											
23	Soledad	Aquiles Serdán	134	13.0	32	38											
24	Aquiles Serdán	Centro Histórico								42	21.3	40					
25	Centro Histórico	Moctezuma	185	18.1	22	61			24								
26	Moctezuma	Malecón	138	8.7	23	73											
27	Malecón	Los Reyes								133	14.0	19	44				
28	Los Reyes	Guanajuato								85	23.2	21	15				
29	Guanajuato	Insurgentes								117	20.3	17	27				
30	Insurgentes	Terminal San Jeronimo	185	10.8		56											
Sumas			2862		646	728	166	20		542		173	112				
Promedios				16.20							19.39						
Minutos			47.7		10.76	12.13	2.77	0.33		9.03		2.88	1.86				
Porcentajes					23%	6%	1%	6%				32%	21%				
Total de viajes (min)					47.7						9.0						



BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Recorridos Línea 2 San Jerónimo - Delta, tramo exclusivo a contraflujo

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3					Tramo línea							
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	
1	Terminal San Jeronimo	Blvd. Hidalgo-Campestre																								
2	Blvd. Hidalgo-Campestre	Guanajuato																								
3	Guanajuato	Los Reyes																								
4	Los Reyes	Malecón																								
5	Malecón	Hospita General																								
6	Hospita General	Plaza del Mariachi																								
7	Plaza del Mariachi	Soledad																								
8	Soledad	Reforma	0.35	53	23.4	25			58	21.4	20				97	12.8	20	14		69	19.2	22	5	-	0	
9	Reforma	Centro de Salud	0.33	53	22.1	24	8		56	20.9	18	10			69	17.0	23	18		59	20.0	22	12	-	0	
10	Centro de Salud	Justo Sierra	0.26	59	15.8	25	33		56	16.7	16	23			122	7.6	19	170		79	13.4	20	75	-	0	
11	Justo Sierra	Monumento a La Madre	0.52	163	11.5	24	82		172	10.9	27	107			164	11.4	15	49		166	11.2	22	79	-	0	
12	Monumento a La Madre	IMSS T21																								
13	IMSS T21	Los Fresnos																								
14	Los Fresnos	San Miguel																								
15	San Miguel	Tierra Blanca																								
16	Tierra Blanca	Preparatoría																								
17	Preparatoría	Buenos Aires																								
18	Buenos Aires	Sapal																								
19	Sapal	Francisco Villa Sur																								
20	Francisco Villa Sur	Centro Ciudadano																								
21	Centro Ciudadano	Azteca																								
22	Azteca	ISSSTE																								
23	ISSSTE	San Isidro																								
24	San Isidro	Paseo de Jerez																								
25	Paseo de Jerez	Bocanegra																								
26	Bocanegra	Deportiva																								
27	Deportiva	Julián de Obegrón																								
28	Julián de Obegrón	Cerrito de Jerez																								
29	Cerrito de Jerez	Terminal Delta																								
Sumas			1.45	328		98	123	0	342		81	140	0	0	452		77	251	0	374		85	171	0	0	
Promedios			0.362		15.89					15.24						11.53						13.94				
Minutos				5.5		1.6	2.1	0.0	5.7		1.4	2.3	0.0	0.0	7.5		1.3	4.2	0.0	6.2		1.42	2.86	0.0	0.0	
Porcentajes				100%		30%	38%	0%	100%		24%	41%	0%	0%	100%		17%	56%	0%			23%	0%	0%	100%	
Total por viaje (min)						5.5					5.7					7.5						6.2				

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 2. Recorridos Línea 2 San Jerónimo - Delta, tramo compartido



BUAP

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea abierta km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3					
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT
1	Terminal San Jeronimo	Bld. Hidalgo-Campestre	0.80	90	31.8		89		89	32.2		38			85	33.7		66	
2	Bld. Hidalgo-Campestre	Guanajuato																	
3	Guanajuato	Los Reyes																	
4	Los Reyes	Malecón																	
5	Malecón	Hospita General	0.56	100	20.0	30	92		96	20.8	18	55		103	19.4	22	60		
6	Hospita General	Plaza del Mariachi	0.79	302	9.5	35	80		309	9.3	40	204		309	9.3	83	119		
7	Plaza del Mariachi	Soledad																	
8	Soledad	Reforma																	
9	Reforma	Centro de Salud																	
10	Centro de Salud	Justo Sierra																	
11	Justo Sierra	Monumento a La Madre																	
12	Monumento a La Madre	IMSS T21	0.31	65	17.1	48	16		70	15.9	20	25		72	15.5	22	7		
13	IMSS T21	Los Fresnos	0.51	47	39.0	62			50	36.6	20			52	35.2	52			
14	Los Fresnos	San Miguel	0.36	135	9.5	18	88		136	9.5	21			134	9.6	32			
15	San Miguel	Tierra Blanca	0.43	90	17.0	17	26		87	17.6	17	9		89	17.2	18	11		
16	Tierra Blanca	Preparatoria	0.33	88	13.3	18		58	89	13.2	10		30	81	14.5	27	31		
17	Preparatoria	Buenos Aires	0.61	126	17.5	30			129	17.1	28			126	17.5	26	30		
18	Buenos Aires	Sapal	0.53	115	16.5	15			114	16.6	19	44		117	16.2	24	39		
19	Sapal	Francisco Villa Sur	0.63	112	20.1	17			116	19.4	18	39		111	20.3	17			
20	Francisco Villa Sur	Centro Ciudadano	0.32	58	19.8	10	21		66	17.4	14			66	17.4	14	30		
21	Centro Ciudadano	Azteca	0.43	60	25.7	16			63	24.5	25			62	24.9	25			
22	Azteca	ISSSTE	0.54	93	20.9	13			98	19.9	12	35		95	20.5	37			
23	ISSSTE	San Isidro	0.41	95	15.7	44	36		93	16.0	33		67	98	15.2	62			
24	San Isidro	Paseo de Jerez	0.31	61	18.1	11			60	18.4	16			61	18.1	31			
25	Paseo de Jerez	Bocanegra	0.49	137	12.8	13	35		130	13.5	24	40		136	12.9	18	74		
26	Bocanegra	Deportiva	0.74	195	13.6	11	58		199	13.4	40	106		192	13.8	22	25		
27	Deportiva	Julián de Obegrón																	
28	Julián de Obegrón	Cerrito de Jerez																	
29	Cerrito de Jerez	Terminal Delta	2.64	328	29.0				325	29.2		158		218	29.2				
Sumas			11.71	2297		408	541	58	2319		375	753	30	285	2315		532	492	0
Promedios			0.616		18.35					18.18					18.21				
Minutos				38.3		6.8	9.0	1.0	38.7		6.3	12.6	0.5	4.8	38.6		8.9	8.2	0.0
Porcentajes				100%		18%	24%	3%	100%		16%	32%	1%	12%	100%		23%	21%	0%
Total por viaje (min)						38.3					38.7					38.6			

Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 2. Recorridos Línea 2 San Jerónimo - Delta, tramo exclusivo

ID	Del:	Hasta:	Tramo Línea confinada km	Recorrido 1					Recorrido 2					Recorrido 3					
				T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT
1	Terminal San Jeronimo	Bldv. Hidalgo-Campestre																	
2	Bldv. Hidalgo-Campestre	Guanajuato	0.50	94	19.2	14	41		99	18.3	20					102	17.7	27	
3	Guanajuato	Los Reyes	0.55	101	19.6	11	43		104	19.1	17	32				103	19.3	15	97
4	Los Reyes	Malecón	0.52	85	21.9	14			94	19.8	16	23				85	21.9	10	66
5	Malecón	Hospita General																	
6	Hospita General	Plaza del Mariachi																	
7	Plaza del Mariachi	Soledad	0.48	165	10.5	30	40		161	10.8	37	27				69	25.1	36	83
8	Soledad	Reforma																	
9	Reforma	Centro de Salud																	
10	Centro de Salud	Justo Sierra																	
11	Justo Sierra	Monumento a La Madre																	
12	Monumento a La Madre	IMSS T21																	
13	IMSS T21	Los Fresnos																	
14	Los Fresnos	San Miguel																	
15	San Miguel	Tierra Blanca																	
16	Tierra Blanca	Preparatoria																	
17	Preparatoria	Buenos Aires																	
18	Buenos Aires	Sapal																	
19	Sapal	Francisco Villa Sur																	
20	Francisco Villa Sur	Centro Ciudadano																	
21	Centro Ciudadano	Azteca																	
22	Azteca	ISSSTE																	
23	ISSSTE	San Isidro																	
24	San Isidro	Paseo de Jerez																	
25	Paseo de Jerez	Bocanegra																	
26	Bocanegra	Deportiva																	
27	Deportiva	Julián de Obegrón	0.51	96	19.1	11	109		96	19.1	37	23				111	16.5	25	49
28	Julián de Obegrón	Cerrito de Jerez	0.43	40	38.7	17			41	37.8	11					43	36.0	19	
29	Cerrito de Jerez	Terminal Delta																	
Sumas			2.99	581		97	233	0	595		138	105	0	0	513		132	295	0
Promedios			0.499		18.53					18.10						20.99			
Minutos				9.7		1.6	3.9	0.0	9.9		2.3	1.8	0.0	0.0	8.6		2.2	4.9	0.0
Porcentajes				100%		17%	40%	0%	100%		23%	18%	0%	0%	100%		26%	58%	0%
Total por viaje (min)						9.7					9.9						8.6		



BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Recorridos Línea 2 San Jerónimo - Delta, tramo exclusivo (promedios)



BUAP

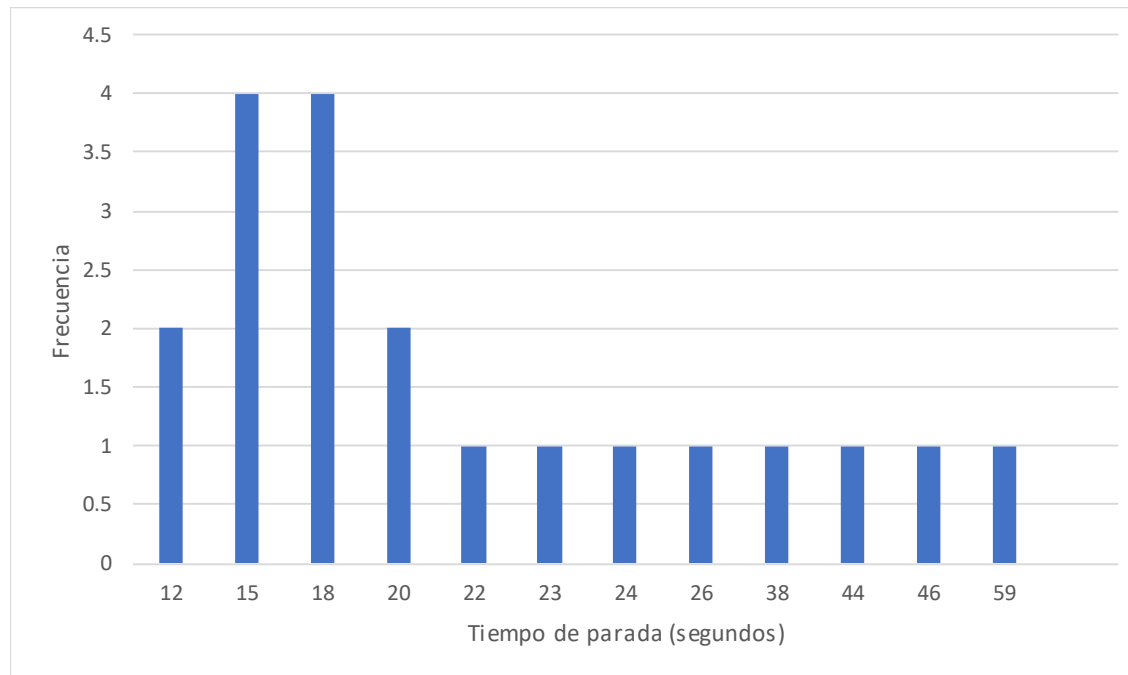
ID	Del:	Hasta:	Tramo línea abierta						Tramo línea						
			T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	T (seg)	V (km/h)	AD	SR	AT	CO	
1	Terminal San Jeronim	Blvd. Hidalgo-Campes	88	32.5		64									
2	Blvd. Hidalgo-Campes	Guanajuato							98	18.4	20	14	-	0	
3	Guanajuato	Los Reyes							103	19.3	14	57	-	0	
4	Los Reyes	Malecón							88	21.2	13	30	-	0	
5	Malecón	Hospita General	100	20.1	23	69									
6	Hospita General	Plaza del Mariachi	307	9.3	53	134									
7	Plaza del Mariachi	Soledad							132	15.4	34	50	-	0	
8	Soledad	Reforma													
9	Reforma	Centro de Salud													
10	Centro de Salud	Justo Sierra													
11	Justo Sierra	Monumento a La Madre													
12	Monumento a La Mad	IMSS T21	69	16.2	30	16									
13	IMSS T21	Los Fresnos	50	37.0	45										
14	Los Fresnos	San Miguel	135	9.5	24	29									
15	San Miguel	Tierra Blanca	89	17.3	17	15									
16	Tierra Blanca	Preparatoría	86	13.7	18	10	29								
17	Preparatoría	Buenos Aires	127	17.4	28	10									
18	Buenos Aires	Sapal	115	16.4	19	28									
19	Sapal	Francisco Villa Sur	113	19.9	17	13									
20	Francisco Villa Sur	Centro Ciudadano	63	18.2	13	17									
21	Centro Ciudadano	Azteca	62	25.0	22										
22	Azteca	ISSSTE	95	20.4	21	12									
23	ISSSTE	San Isidro	95	15.6	46	12		22							
24	San Isidro	Paseo de Jerez	61	18.2	19										
25	Paseo de Jerez	Bocanegra	134	13.1	18	50									
26	Bocanegra	Deportiva	195	13.6	24	63									
27	Deportiva	Julián de Obegrón							101	18.3	24	60	-	0	
28	Julián de Obegrón	Cerrito de Jerez							41	37.5	16	0	-	0	
29	Cerrito de Jerez	Terminal Delta	326.3	29.1					73						
Sumas			2310		438	543	29	95	563		122	211	0	0	
Promedios				18.25						19.13					
Minutos			38.5		7.31	9.04	0.49	1.6	9.4		2.04	3.52	0.0	0.0	
Porcentajes					19%	1%	4%	5%			22%	0%	0%	100%	
Total por viaje (min)			38.5						9.4						



BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Tiempos de parada – San Jerónimo – Delta – Línea 1 recorrido 1.

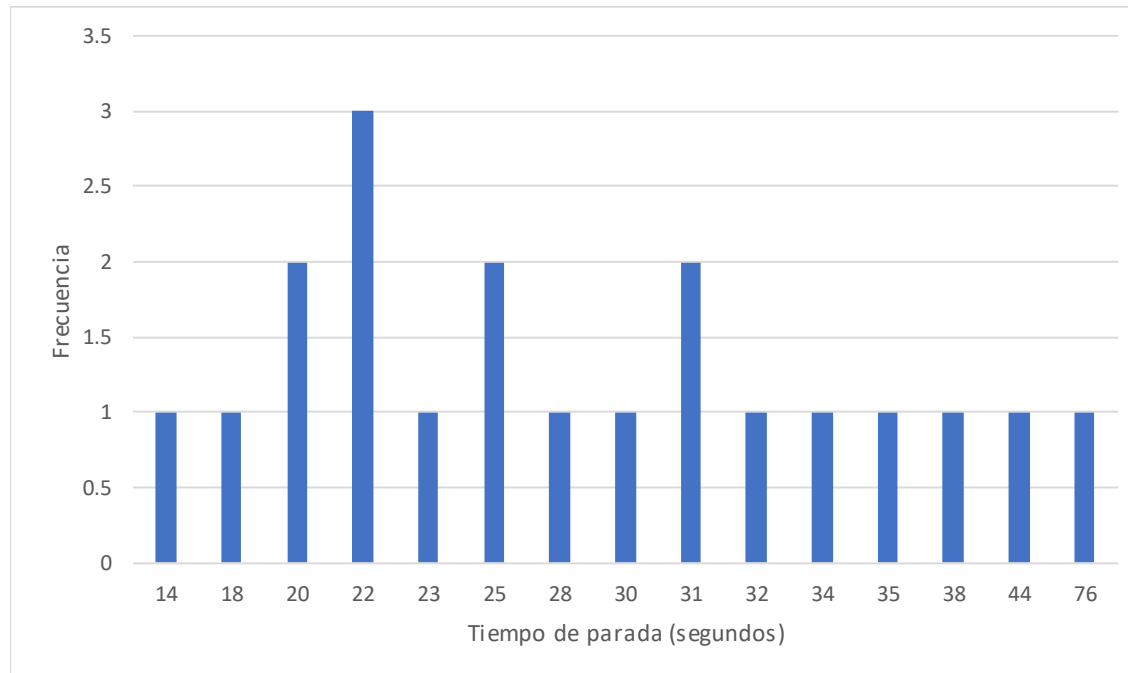


Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 3. Tiempos de parada – San Jerónimo – Delta – Línea 1 recorrido 2.



Fuente: Elaboración propia

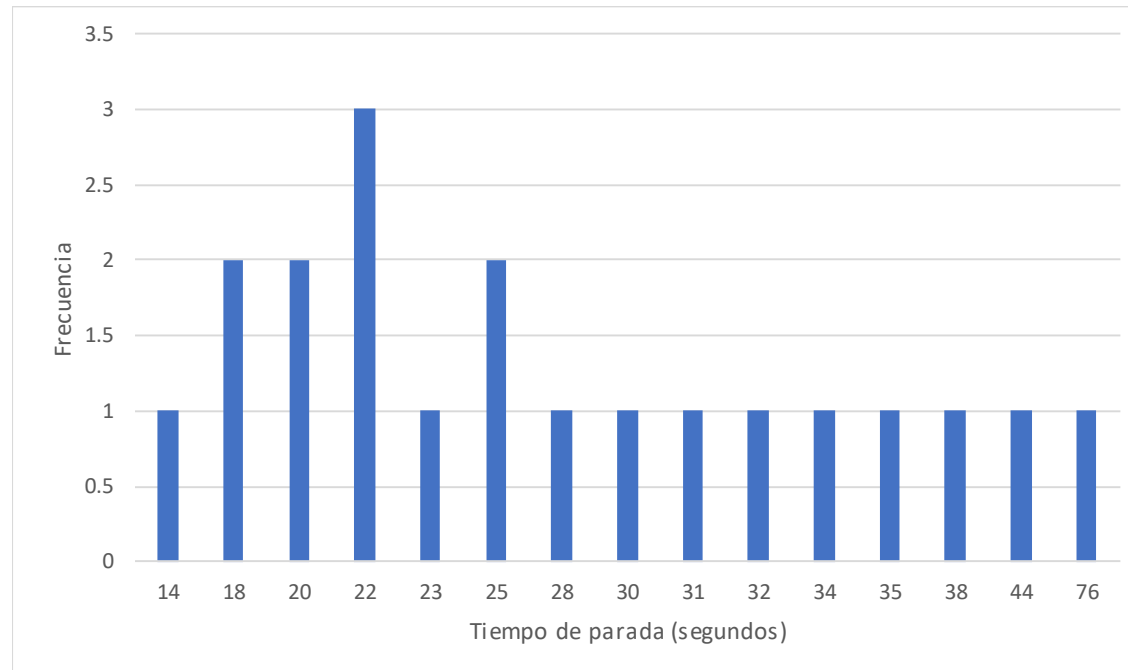


BUAP

Anexo 3. Tiempos de parada – San Jerónimo – Delta – Línea 1 recorrido 3.



BUAP

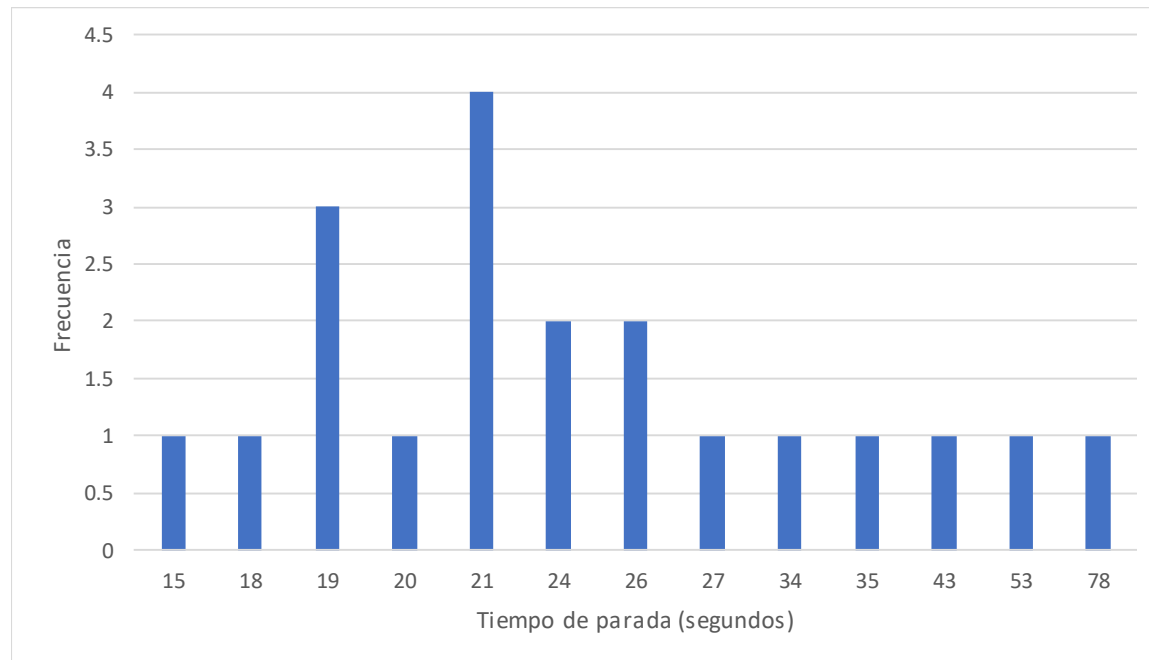


Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 3. Tiempos de parada – Delta - San Jerónimo – Línea 1 recorrido 1.

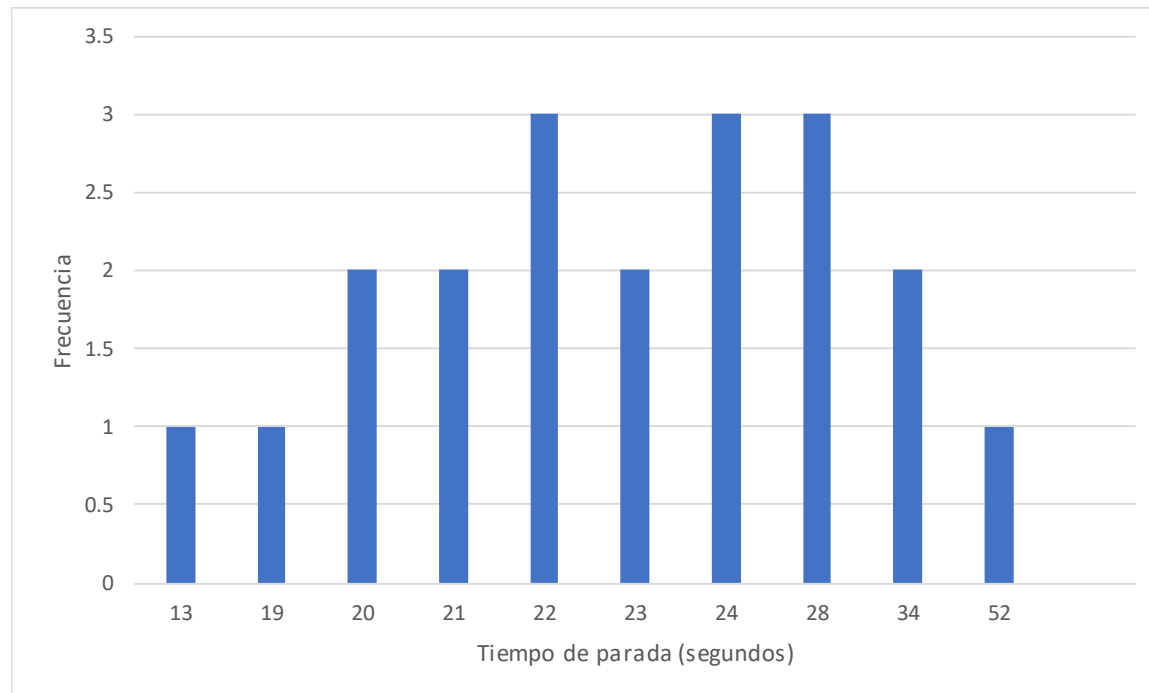


Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 3. Tiempos de parada – Delta - San Jerónimo – Línea 1 recorrido 2.





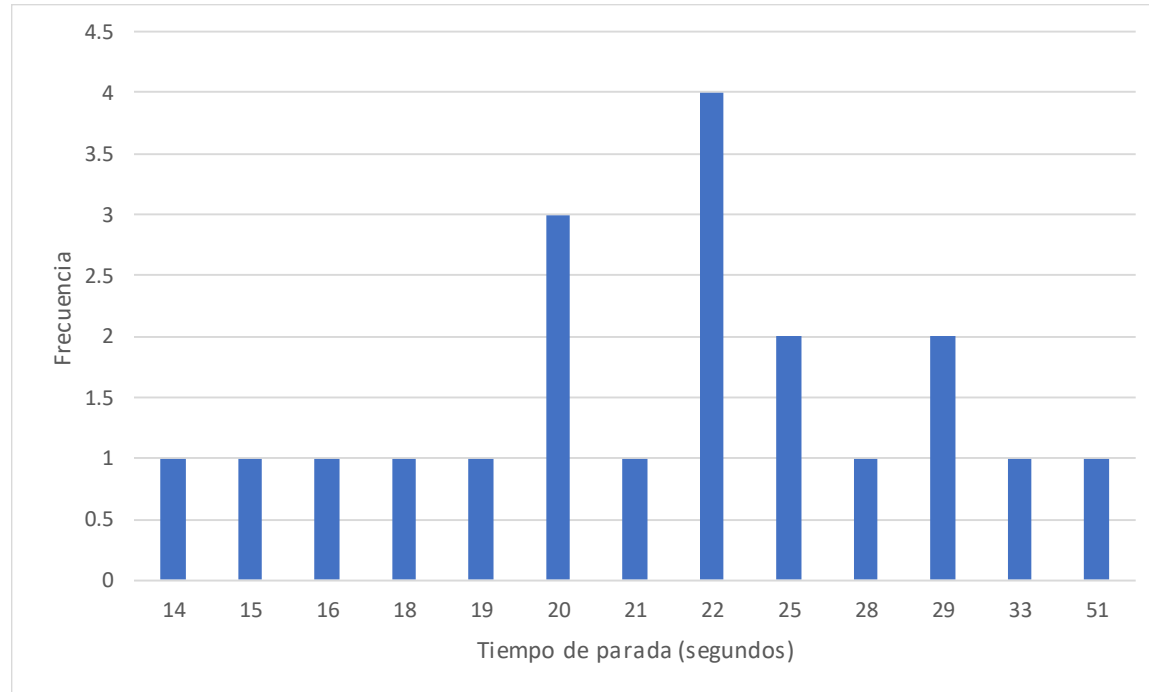
BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Tiempos de parada – Delta - San Jerónimo – Línea 1 recorrido 3.



BUAP

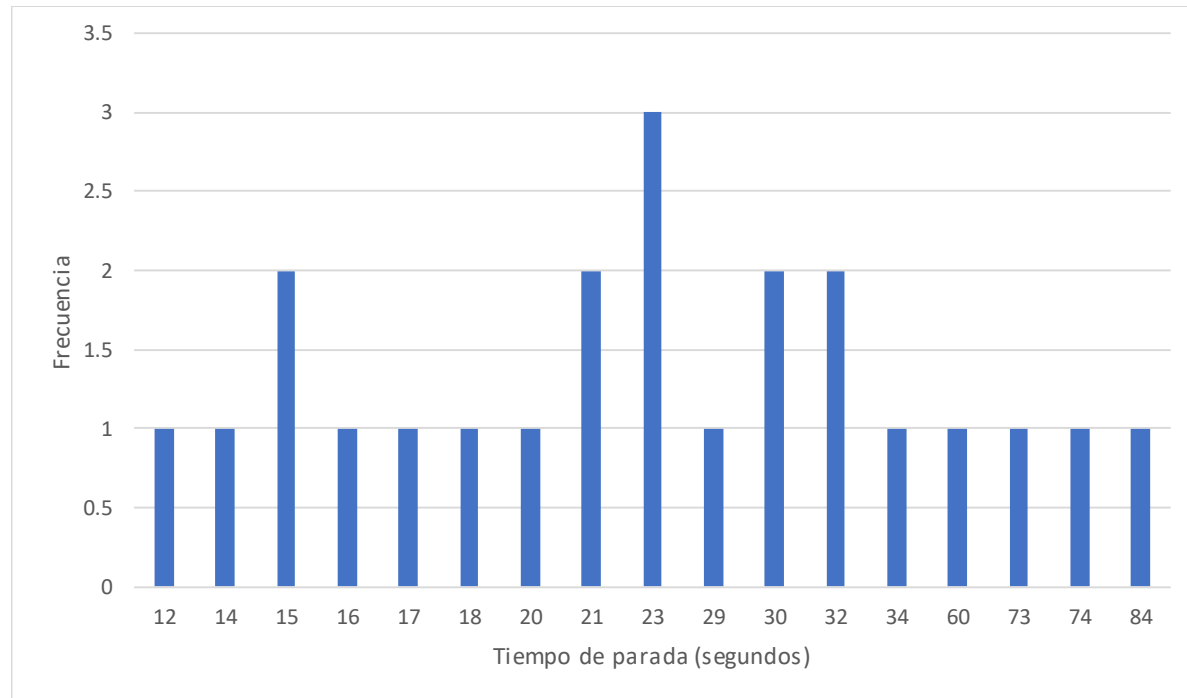


Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 4. Tiempos de parada – Delta - San Jerónimo – Línea 2 recorrido 1.



Fuente: Elaboración propia

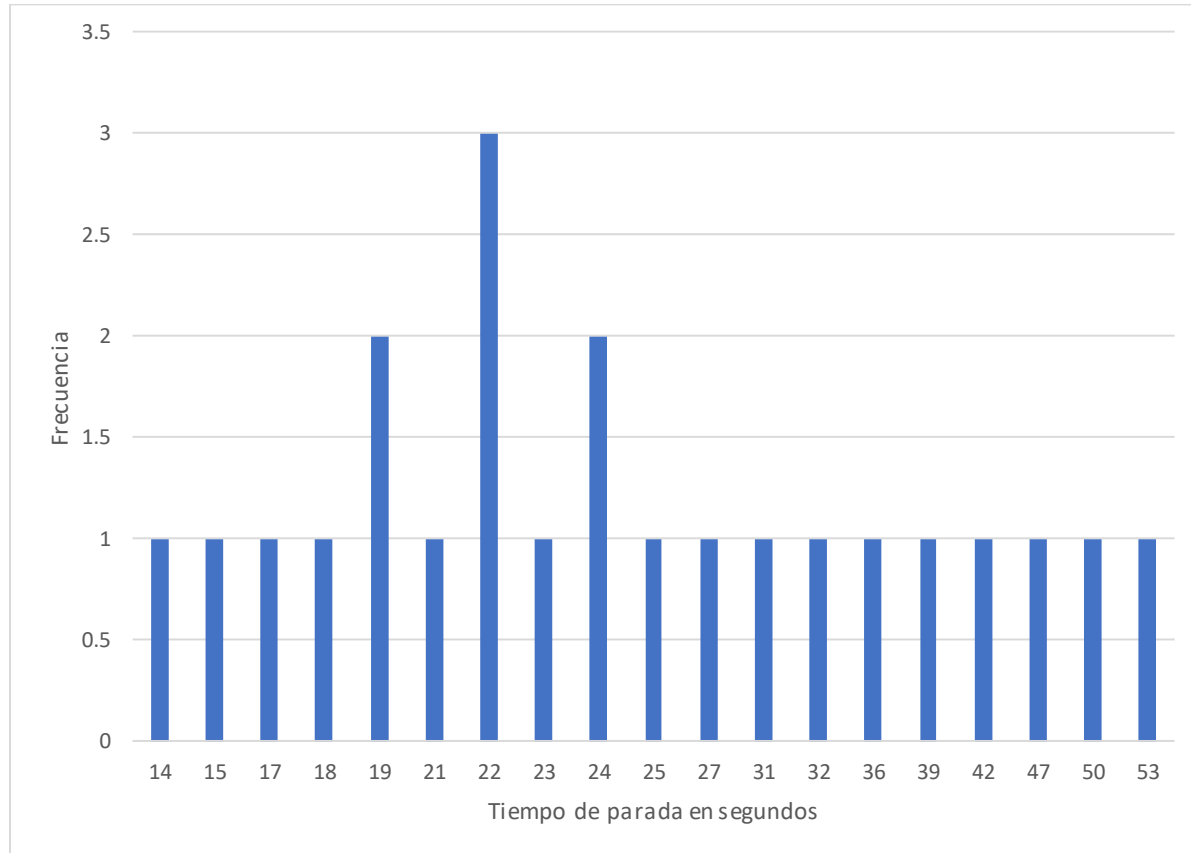


BUAP

Anexo 4. Tiempos de parada – Delta - San Jerónimo – Línea 2 recorrido 2.



BUAP

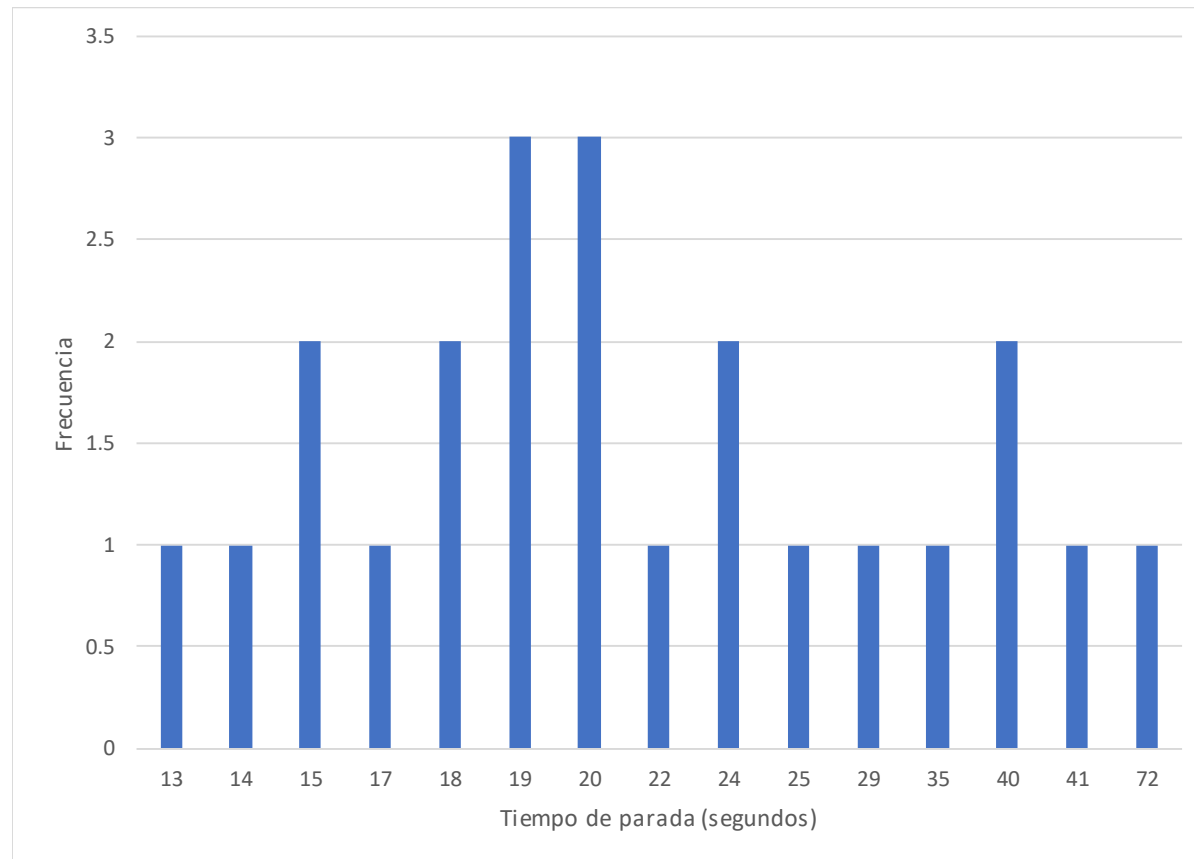


Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 4. Tiempos de parada – Delta - San Jerónimo – Línea 2 recorrido 3.

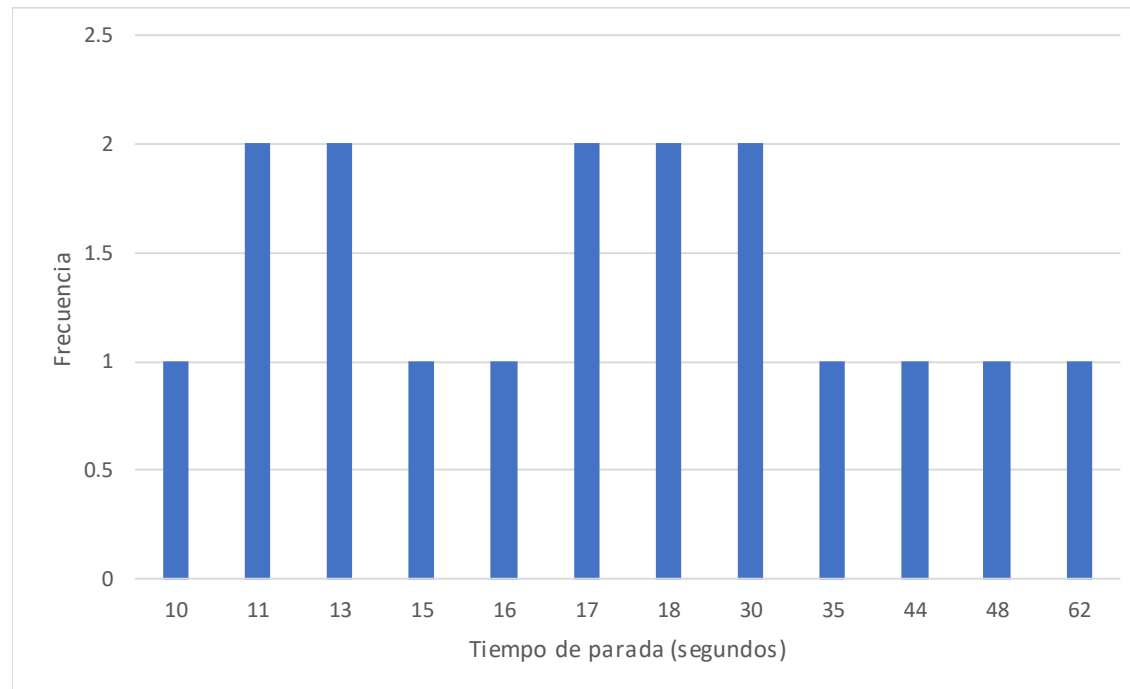




BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Tiempos de parada – San Jerónimo – Delta- Línea 2 recorrido 1.





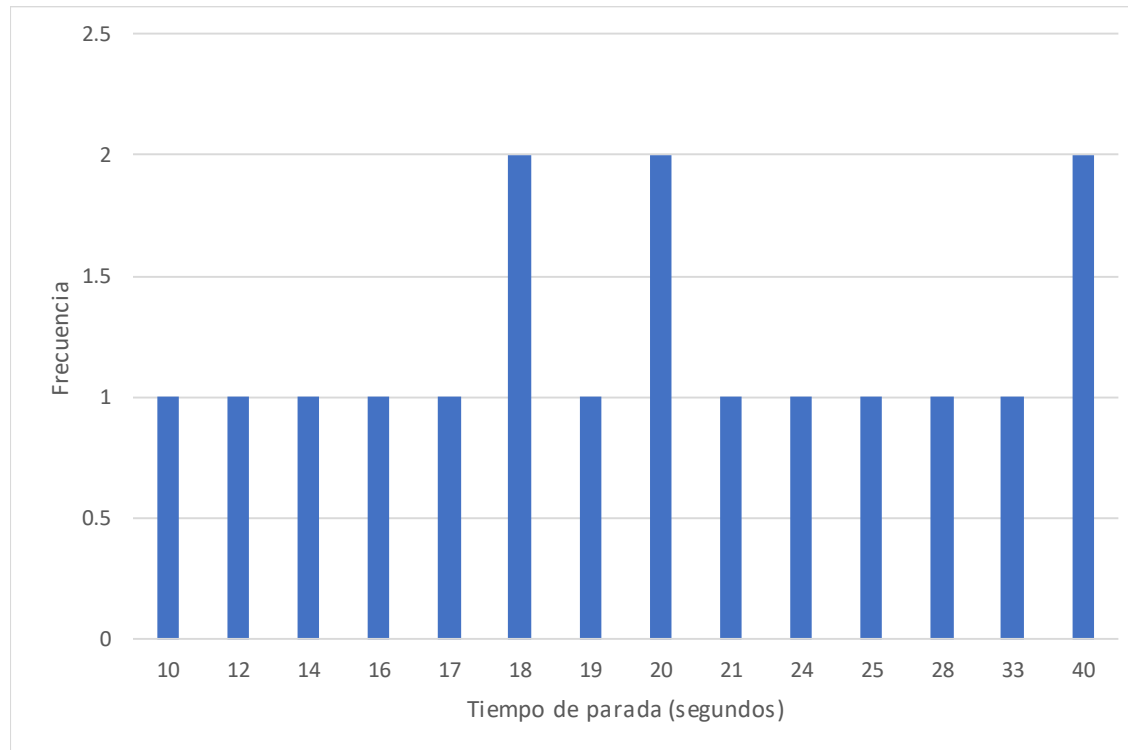
BUAP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Tiempos de parada – San Jerónimo – Delta- Línea 2 recorrido 2.



BUAP

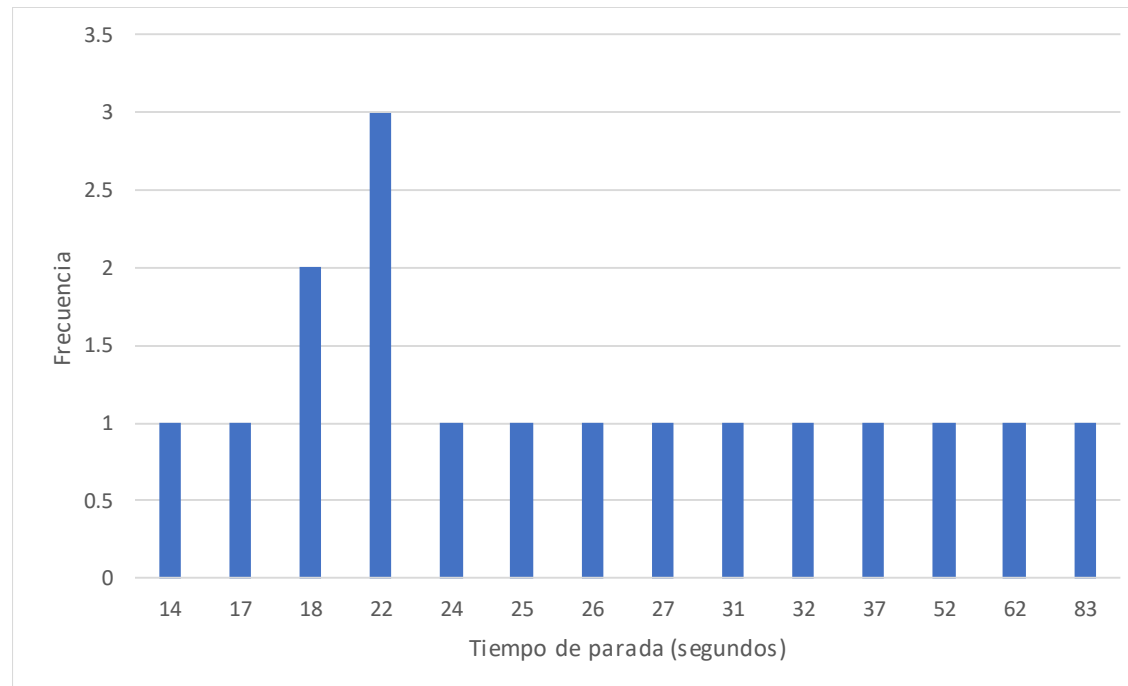


Fuente: Elaboración propia



BUAP

Anexo 4. Tiempos de parada – San Jerónimo – Delta- Línea 2 recorrido 3.



Fuente: Elaboración propia



BUAP

