



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO VEHICULAR EN LA AV. 28 DE JULIO
TRAMO AV. VASCO NÚÑEZ DE BALBOA – AV. PASEO DE LA REPÚBLICA,
DISTRITO DE MIRAFLORES – LIMA

Línea de investigación:
Seguridad vial e infraestructura de transporte

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Transportes

Autor

Flores Solórzano, Henry Dennys

Asesor

Burga Vásquez, Oscar Alfonso

ORCID: 0000-0002-6962-321X

Jurado

Paredes Paredes, Pervis

Enciso López, Jossy Carlot

Vidal Retamozo, Eduardo Silvano

Lima - Perú

2025



ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO VEHICULAR EN LA AV. 28 DE JULIO TRAMO AV. VASCO NÚÑEZ DE BALBOA – AV. PASEO DE LA REPÚBLICA, DISTRITO DE MIRAFLORES - LIMA

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

13%

2

www.miraflores.gob.pe

Fuente de Internet

5%

3

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.starwoodhotels.com

Fuente de Internet

1%

6

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.ucp.edu.pe:8080

Fuente de Internet

<1%

11

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

12

www.protransporte.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

repositorio.unc.edu.pe



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO VEHICULAR EN LA AV. 28 DE JULIO TRAMO AV.
VASCO NÚÑEZ DE BALBOA – AV. PASEO DE LA REPÚBLICA, DISTRITO DE
MIRAFLORES – LIMA

Línea de Investigación:

Seguridad Vial e Infraestructura de Transporte

Experiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autor

Flores Solórzano, Henry Dennys

Asesor

Burga Vásquez, Oscar Alfonso

ORCID: 0000-0002-6962-321X

Jurado

Paredes Paredes, Pervis,

Enciso López, Jossy Carlot

Vidal Retamozo, Eduardo Silvano

Lima – Perú

2025

ÍNDICE

Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Trayectoria del autor	2
1.1.1. Municipalidad distrital de Miraflores	2
1.2. Descripción de la Empresa.....	3
1.3. Organigrama de la Empresa.....	4
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	5
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	6
2.1. Área de análisis	6
2.2. Planteamiento del problema.....	6
2.3. Problema principal	7
2.4. Problema secundario	8
2.5. Objetivos	8
2.5.1. Objetivo general.....	8
2.5.2. Objetivo específico	9
2.6. Justificación	9
2.7. Marco Teórico.....	9
2.7.1. Definiciones generales	9
2.7.2. Modelación del tráfico	10
2.7.2.1. Modelos microscópicos.....	11
2.7.2.2. Modelación a escala macroscópica.	11

2.7.2.3. Modelación a escala mesoscópico.....	11
2.7.3. Fundamentos de la microsimulación	12
2.7.3.1. Aleatoriedad de la microsimulación.....	12
2.7.3.2. Numero de semillas.....	12
2.7.3.3. Número de corridas.	12
2.7.3.4. Warm-up.....	13
2.7.3.5. PTV Vissim 8.0.	14
2.7.3.6. Antecedentes de Vissim 8.0.	14
2.7.3.7. Aplicación.	14
2.7.4. Antecedentes	16
2.8. Propuesta de solución.....	16
2.8.1. Análisis propuesto.....	16
2.8.1.1. Características de la geometría vial.....	17
2.8.1.2. Datos de demanda.	17
2.8.1.3. Ciclos y fases semafóricas.	17
2.8.1.4. Flujos vehiculares.....	21
2.8.1.5. Tiempos de viajes vehiculares.	26
2.8.1.6. Longitudes de colas.....	27
2.8.1.7. Calibración del modelo.	29
2.8.1.8. Calibración de parámetros de eficiencia.....	29
2.8.1.9. Calibración tiempos de viajes.	30
2.8.1.10. Calibración de longitudes de colas.	31
2.8.1.11. Validación del modelo.....	32

2.8.1.12. Validación de los parámetros de eficiencia.....	32
2.8.1.13. Validación de los tiempos de viaje.....	33
2.8.1.14. Validación de las longitudes de colas.....	33
2.9. Propuestas de mejora.....	34
2.9.1. Anulación de fase semafórica en el cruce Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto.....	34
2.9.2. Anulación del giro a la izquierda en el cruce Avda. 28 de Julio cruce con Avda. Paseo de la República.....	36
2.9.3. Semaforizar Avda. 28 de Julio cruce con Calle Francisco del Castillo.....	37
2.9.4. Construcción de puente vehicular en la intersección Av. Paseo de la República / Ca. José Gabriel Chariarse.....	38
2.9.5. Análisis de las propuestas planteadas.....	39
2.9.6. Longitudes de colas.....	40
2.9.7. Tiempos de viaje.....	45
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....	50
3.1. Aporte 1 “Gestión de la implementación de semáforos”.....	50
3.2. Aporte 2 “implementación de estacionamientos rotativos”.....	51
3.3. Aporte 3 “Implementación de zona 30 en la Zona vecinal 9”.....	52
3.4. Aporte 4 “Realización de diseños viales novedosos de tráfico calmado”.....	54
IV. CONCLUSIONES.....	56
V. RECOMENDACIONES.....	58
VI. REFERENCIAS.....	59
VII. ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama.....	4
Figura 2 Área de análisis.....	6
Figura 3 Zonas de congestión vehicular en el área de análisis	8
Figura 4 La espera en función a la cantidad de observaciones.	14
Figura 5 Tiempo de ciclo en Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto	17
Figura 6 Fases de la intersección Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto	18
Figura 7 Tiempo de ciclo en Av. 28 de Julio cruce con Av. Paseo de la República	19
Figura 8 Fases semafóricas en el cruce de Avda. 28 de Julio con Avda. Paseo de la República .	20
Figura 9 Flujograma del cruce de Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Avda. Reducto para la calibración del modelo.....	21
Figura 10 Flujograma del cruce Avda. 28 de Julio / Av. Paseo de la República para la calibración del modelo	22
Figura 11 Flujograma para validación del modelo en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto.	23
Figura 12 Flujograma para validación del modelo en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Paseo de la República	24
Figura 13 Tramos de medición de tiempos.....	26
Figura 14 Tramos de medición de colas	28
Figura 15 Randomization test para la calibración del tiempo de viaje para el tramo 1	31
Figura 16 Randomization test de comparación de medias de longitudes de colas tramo 1	32
Figura 17 Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje en el tramo 1	33

Figura 18 Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas en el tramo 1	34
Figura 19 Secuencia de fases semafóricas propuestas en los cruces Av. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto	35
Figura 20 Ruta esperada tras la anulación del giro a la izquierda en el cruce Avda. 28 de Julio / Avda. Paseo de la República	36
Figura 21 Ubicación del cruce vial Av. 28 de Julio / Ca. Francisco del Castillo	37
Figura 22 Ruta de vehículos por la construcción del puente en la intersección Av. Paseo de la República – Ca. José Gabriel Chariarse	38
Figura 23 Medias de las longitudes de colas en la situación actual para los tramos evaluados ...	40
Figura 24 Longitudes de colas actuales y longitudes de colas en la situación propuesta.....	41
Figura 25 Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 1	42
Figura 26 Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 2.	43
Figura 27 Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 3	44
Figura 28 Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 4	45
Figura 29 Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 1.....	46
Figura 30 Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 2.....	47

Figura 31 Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 3.....	48
Figura 32 Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 4.....	49
Figura 33 Personal bajo cargo realizando trabajos de implementación de semáforos	50
Figura 34 Plano diseño de implementación de zonas de estacionamientos rotativos.....	52
Figura 35 Plano elaborado de diseño de vía compartida	53
Figura 36 Plano propuesta de rediseño de la geometría vial	54
Figura 37 Plano propuesta de chicana virtual	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen del volumen vehicular para la calibración y validación en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto.....	25
Tabla 2 Resumen del volumen vehicular para la calibración y validación en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Paseo de la República	25
Tabla 3 Valores de las medias para la calibración y validación	27
Tabla 4 Medias de las longitudes de colas para la calibración y validación.....	29
Tabla 5 Parámetros de eficiencia que permitieron calibrar el modelo.....	30
Tabla 6 Calibración de los tiempos de viaje en el tramo 1	30
Tabla 7 Calibración de las longitudes de colas en el tramo 1	31
Tabla 8 Parámetros de eficiencia que validaron el modelo	32
Tabla 9 Validación de los tiempos de viaje en el tramo 1	33
Tabla 10 Validación de las longitudes de colas en el tramo 1	34
Tabla 11 Número de estacionamientos rotativos implementados en el Distrito de Miraflores	51

Resumen

Objetivo: El presente trabajo tiene como objetivo mejorar los tiempos de viaje y reducir las colas de vehículos para los cruces viales: Avenida 28 de Julio con Av. Vasco Núñez de Balboa y Avenida Reducto, y en Avenida 28 de Julio cruce con Av. Paseo de la República mediante alternativas de solución, dado que en la actualidad dichas intersecciones no funcionan adecuadamente. Esto por la congestión vehicular que se percibe en horas de mayor demanda del tráfico. La propuesta que se considera viable dado que fue analizado mediante el software Vissim 8.00; es la semaforización del cruce vial de la Avenida 28 de Julio con Calle Francisco del Castillo. **Método:** se ha dividido en: recolección y procesamiento de la información; Puesta en marcha del modelo; evaluación; calibración y validación de dicho modelo; análisis; propuesta de mejora y documentación del proyecto. **Resultados:** El análisis realizado evidenció una reducción en las colas y los tiempos de viaje en los tramos evaluados. Por tal motivo, se concluye que la solución propuesta genera mejoras considerables en el funcionamiento del eje vial en análisis con respecto a sus indicadores de rendimiento vehicular como: longitudes de colas y tiempos de viajes. **Conclusiones:** La semaforización Av. 28 de Julio con Jr. Francisco del Castillo es la alternativa más viable, por lo que se recomienda a la Municipalidad de Miraflores gestionar su implementación. Ello optimizará los tiempos de viaje y mejorará la accesibilidad en la zona.

Palabras clave: modelación del tránsito, coordinación de semáforos, gestión del tránsito.

Abstract

Objective: This study aims to improve travel times and reduce traffic queues at the following intersections: Avenida 28 de Julio with Av. Vasco Núñez de Balboa and Avenida Reducto, and at Avenida 28 de Julio and Av. Paseo de la República, through alternative solutions, given that these intersections are currently not functioning properly. This is due to the perceived traffic congestion during peak hours. The proposal, considered viable, based on analysis using Vissim 8.00 software, is the installation of traffic lights at the intersection of Avenida 28 de Julio with Calle Francisco del Castillo. **Method:** This work has been divided into: data collection and processing; model implementation; evaluation; calibration and validation of the model; analysis; improvement proposals; and project documentation. **Results:** The analysis showed a reduction in queues and travel times at the evaluated sections. Therefore, it is concluded that the proposed solution generates considerable improvements in the functioning of the roadway under analysis with respect to its vehicle performance indicators, such as queue lengths and travel times. **Conclusions:** The installation of traffic lights at the intersection of Av. 28 de Julio and Jr. Francisco del Castillo is the most viable alternative, and the Municipality of Miraflores is therefore recommended to manage its implementation. This measure will optimize travel times and improve accessibility in the area.

Keywords: traffic modeling, traffic light coordination, traffic management.

I. INTRODUCCIÓN

Son muchos los problemas que aquejan a la gran metrópoli de Lima y pocas, por no decir, nulas, las propuestas debidamente planificadas que se formulan para solucionarlos. Entre los grandes dilemas pendientes de resolver, indudablemente encontramos: la congestión vehicular a causa del incremento anual del parque automotor y las deficiencias que tienen los sistemas semafóricos, asimismo, la poca o nula planificación del tránsito y transporte. Y precisamente estas complicaciones de la movilidad son las que vienen afectando a los distritos de la ciudad, en la que Miraflores no es la excepción.

Asimismo, dentro de su jurisdicción se generan cerca de 76 mil viajes diarios y se reciben más de 290 mil viajes al día que proviene de otras jurisdicciones. Esto origina congestión en nuestras principales vías, además de contaminación sonora y ambiental y, por consiguiente, perjuicio de la calidad de vida de nuestros vecinos y quienes nos visitan.

Lo antes mencionado es sin duda un tema altamente preocupante porque de seguir incrementándose los volúmenes de tránsito debido a la incorporación anual de más de 100 mil vehículos nuevos al parque automotor, persistiendo con un transporte público fragmentado (en cuando a lo administrativo), ineficiente (por las ausencias de políticas nacionales de transporte urbano e informal y las condiciones deficientes de los sistemas semafóricos, todas las vías del distrito podrían colapsar a corto o mediano plazo.

Entender la magnitud del problema y los impactos que se genera es considerar y proponer alternativas de solución en las que se considere los beneficios para el ciudadano, el ambiente y el parque automotor.

1.1. Trayectoria del autor

Yo, Henry Dennys Flores Solórzano, egresado de la carrera de Ingeniería de Transportes en el 2018, código de ingresante 2013001196, me dirijo a ustedes para presentar un resumen de mi trayectoria profesional, destacando mi participación y contribución en la institución pública y donde vengo desempeñado mi labor profesional.

1.1.1. Municipalidad distrital de Miraflores

Ingresé en noviembre de 2020 a esta dependencia municipal, desempeñándome como Técnico en Tránsito y SemafORIZACIÓN en la Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial, cargo que vengo ocupando hasta la actualidad, específicamente dentro del Área Técnica de. Entre mis funciones principales se encuentran: la elaboración de informes técnicos de seguridad vial, la realización de inspecciones en campo, la identificación de puntos críticos de siniestralidad (puntos negros), la formulación de propuestas basadas en análisis de geometría vial, la simulación de escenarios mediante el software Vissim, el cálculo de capacidades viales y la evaluación de estudios de tránsito, optimización de los tiempos semafóricos y la coordinación con personal de campo para que se realice el mantenimiento correctivo y preventivo de los elementos semafóricos administrados por el distrito de Miraflores.

1.2. Descripción de la Empresa

La Municipalidad de Miraflores es una empresa de índole estatal la cual ofrece una 12 serie de servicios a través de sus Gerencias y Subgerencias, así como de sus diferentes unidades orgánicas.

Misión Institucional: Brindar servicios de calidad promoviendo un progreso completo de Miraflores mediante una dirección colaborativa y visionaria.

Visión Institucional: Los vecinos de Miraflores anhelamos, al 2030, constituir una comunidad modelo en la que se goce de una alta calidad de vida. Ser una ciudad concertadora, sostenible, segura, acogedora, y con comercio y servicios de calidad.

Código de Ética: Responsabilidad: Nos comprometemos a seguir los estándares y normas vigentes, asumiendo plena responsabilidad por nuestras acciones y decisiones.

Honestidad: Desarrollar nuestras funciones con rectitud, eficiencia y responsabilidad.

Compromiso: Un equipo unido de autoridades y colaboradores dedicados a servir con distinción y superarse constantemente.

Ética: La ética será el fundamento de todas nuestras decisiones, guiando nuestra conducta moral en cada paso.

Respeto: Nos destacamos por ofrecer un trato respetuoso y valorar a todos nuestros grupos de interés, como empleados, ciudadanos, proveedores, gobierno y comunidad, además de mantener un firme compromiso con el cuidado del medio ambiente.

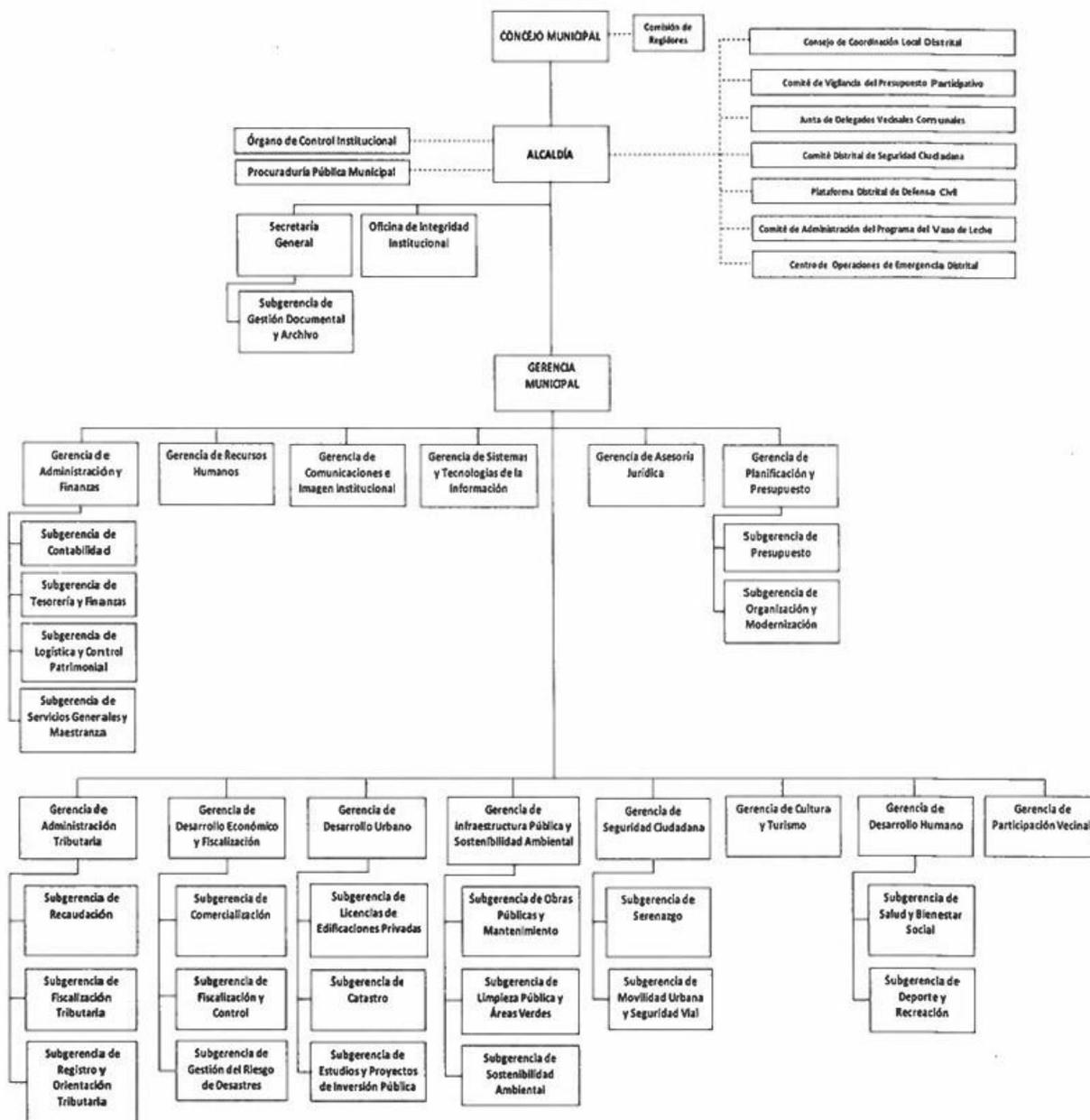
Transparencia: Proceder con integridad, brindando información clara, completa y oportuna.

1.3. Organigrama de la Empresa

El municipio de Miraflores se encuentra organizado:

Figura 1

Organigrama



1.4. Áreas y funciones desempeñadas

El quien suscribe viene desarrollando actividades de Técnico en Tránsito y Semaforización en la Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de la Municipalidad de Miraflores, específicamente del área técnica y entre las funciones principales se puede destacar las siguientes:

- Propuestas de optimización de tiempos de ciclos semafóricos.
- Realización de informes técnicos que sustenten la colocación de dispositivos reguladores de la circulación vehicular y peatonal en las vías del distrito de Miraflores.
- Coordinación, asignación, ejecución y supervisión de la debida ejecución de los programas de mantenimiento correctivo y preventivo que se realizan en los equipos semafóricos.
- Elaboración de microsimulación de las programaciones y sincronizaciones de los controles de tráfico para mejorar el funcionamiento en las intersecciones semaforizadas.
- Realización de reportes de manera diaria y mensual de los avances de los trabajos realizados en evaluaciones, mantenimiento preventivo y correctivo de los semáforos.
- Elaboración de Oficios, Memorándum y otros documentos administrativos y otras funciones que el jefe inmediato me asigne.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

“Análisis del desplazamiento vehicular en la Av. 28 de Julio tramo Av. Vasco Núñez de Balboa – Av. Paseo de la República, distrito de Miraflores - Lima”

2.1. Área de análisis

Se encuentra ubicado dentro del distrito Miraflores, específicamente en la Avda. 28 de Julio tramo Av. Vasco Núñez de Balboa – Av. Paseo de la República:

Figura 2

Área de análisis



2.2. Planteamiento del problema

Mirando a las ciudades densamente pobladas, es usual que las intersecciones se encuentren muy próximas entre sí. Y cuando estas están semaforizadas, su efecto mutuo es significativo, haciendo que la gestión del tráfico requiera en gran medida de la sincronización entre ellas, que de las fases y tiempos de cada intersección en particular. Es por ello que, en el eje vial avenida 28 de Julio ubicado en el distrito de Miraflores, en un considerable número de intersecciones semaforizadas adyacentes. Se ha establecido la coordinación de los semáforos, así como la sincronización con la finalidad de generar las conocidas “olas verdes”, es decir, el

movimiento continuo del tránsito vehicular hacia un mismo sentido, por ejemplo, en la zona de estudio, contamos a los cruces: Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Avda. Reducto y Avda. 28 de Julio / Avenida Paseo de la República, la distancia entre estas dos intersecciones es de aproximadamente de 60 metros. Por ello, la coordinación de las luces de los semáforos entre estos cruces es indispensable para garantizar la fluidez del tránsito vehicular y reducir los tiempos de viaje. Sin embargo, ya es muy conocido por los conductores que habitualmente circulan por dichas vías; tener que esperar un tiempo considerablemente duradero para poder sobrepasar dichas intersecciones, esta situación ocurre con mayor frecuencia en las horas donde el flujo vehicular es mayor.

2.3. Problema principal

Como se ha mencionado líneas atrás, en el eje vial avenida 28 de Julio, en los cruces viales de Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Avda. Reducto y Avenida 28 de Julio con Avda. Paseo de la República; cruces semaforizados: sus respectivas fases semafóricas vienen funcionando coordinadamente a fin de dinamizar el tránsito vehicular hacia una misma dirección y así reducir los tiempos de viaje, no obstante, a pesar de ello, en horas de mayor demanda prevalece la congestión vehicular y obstrucción a la libre circulación de los vehículos por dichas intersecciones. Evidenciando así que las programaciones y coordinación de las fases que se encuentran establecidas no logran gestionar adecuadamente el tránsito vehicular en la zona de estudio.

2.5.2. *Objetivo específico*

Evaluar la factibilidad de la alternativa de solución que pueda mitigar o aliviar la saturación del tráfico que se presenta en momentos de mayor demanda del tránsito vehicular en los cruces Avenida 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa y Av. 28 de Julio – Avda. Paseo de la República fundado en la búsqueda de ventajas, esto mediante el apoyo del Software Vissim 8.0.

2.6. Justificación

El eje vial en análisis: es una vía muy importante porque permite gestionar el tránsito vehicular que ingresa y sale del distrito de Miraflores durante todo el día por la parte sureste y noroeste de dicha ciudad, por ello es importante que las intersecciones semaforizadas existentes funcionen de la mejor manera posible o se encuentren adecuadamente interconectados y sincronizados.

2.7. Marco Teórico

2.7.1. *Definiciones generales*

Flujo vehicular: Es el movimiento de vehículos a través de una red de transporte, como carreteras, calles, autopistas, intersecciones, etc. Incluye la cantidad de vehículos que pasan por un punto específico en un período determinado, así como su velocidad, dirección y distribución.

Intersección semaforizada: Es un cruce de calles o carreteras donde se utiliza un semáforo para controlar el flujo de tráfico y garantizar la seguridad de los vehículos y peatones.

Ciclo semafórico: Es la secuencia de fases de un semáforo que se repite en un intervalo de tiempo determinado para controlar el flujo de tráfico en una intersección o cruce. Cada ciclo consiste en una serie de fases que indican cuando los vehículos pueden avanzar o detenerse.

Fases semafóricas: Las fases semafóricas son las diferentes etapas que se suceden en un ciclo

semafórico para controlar el flujo de tráfico en una intersección. Estas fases indican cuando los vehículos pueden avanzar, detenerse o girar.

Sincronización de semáforos: Es la coordinación de los ciclos semafóricos en una red de intersecciones para optimizar el flujo de tráfico y minimizar congestiones.

Congestión vehicular: Es un problema común en áreas urbanas y suburbanas, caracterizado por la acumulación de vehículos en las vías públicas, lo que provoca retrasos, frustración y efectos negativos en la economía y el medio ambiente.

Parámetros de eficiencia del tránsito: Un parámetro de eficiencia del tránsito es una medida que evalúa la efectividad y eficiencia del flujo de tráfico en una red de transporte, como carreteras, autopistas, intersecciones, etc. Estos parámetros ayudan a identificar áreas de mejora para optimizar el movimiento de vehículos y reducir congestiones. Algunos parámetros de eficiencia del tránsito comunes son: Velocidad promedio, Tiempo de viaje, Capacidad de la vía, Tiempo de espera, Longitud de Cola en un tramo de la intersección, etc.

Velocidad promedio vehicular: La velocidad promedio vehicular es un parámetro importante para evaluar la eficiencia y fluidez del tráfico en una vía o red. Se calcula dividiendo la distancia total recorrida por los vehículos por el tiempo total empleado.

Tiempo de viaje vehicular en red vial: Es el tiempo total que tarda un vehículo en recorrer una distancia determinada dentro de la red.

Longitud de cola en una intersección: Es la distancia que ocupan los vehículos detenidos en una intersección, medida desde el punto de detención hasta el final de la cola.

2.7.2. Modelación del tráfico

Son representaciones para un determinado sistema. En el caso de la ingeniería de tráfico, la modelación es una herramienta que busca describir la situación de una vía vehicular o

peatonal. “Hay muchas aproximaciones matemáticas que intentan modelar el flujo del tráfico vehicular en términos de alguna de sus características. Todas ellas responden con cierto grado de aproximación a la realidad” (Jiménez, 2011, p.29). Al desarrollar una clasificación de los modelos según su nivel de detalle, se pueden determinar tres categorías: modelos microscópicos, mesoscópicos y macroscópicos.

2.7.2.1. Modelos microscópicos. Los modelos microscópicos consideran los movimientos individuales de cada vehículo y cómo interactúa con otros. En estos modelos, también se considera la geometría de la zona estudiada y se introduce el concepto de agresividad de los conductores. Debido a la gran magnitud de datos que deben manejar para poder realizar este tipo de modelación de tráfico, su uso es relativamente nuevo; en la antigüedad, 1950, algunos especialistas plantearon la posibilidad de estos modelos, pero la poca tecnología con la que se contaba impidió su realización.

2.7.2.2. Modelación a escala macroscópica. La modelación macroscópica estudia el tránsito de forma global. En otras palabras, en estos modelos se realiza una representación genérica de las características del tráfico, tales como rapidez media vehicular, el nivel de congestión del tránsito, entre otras.

2.7.2.3. Modelación a escala mesoscópico. Se encuentran entre los microscópicos y los macroscópicos. Por esta razón, los modelos mesoscópicos presentan características de ambos extremos. “Consideran principalmente el comportamiento de los conductores a lo largo del tiempo y espacio, sin prestar atención especial a los demás autos, y están basados en distribuciones de probabilidad” (Jiménez, 2011, p.34).

2.7.3. Fundamentos de la microsimulación

2.7.3.1. Aleatoriedad de la microsimulación. Para realizar la microsimulación de alguna intersección se pueden utilizar modelos determinísticos o modelos estocásticos. En los primeros, no se considera la variación en las características y comportamiento que los conductores o vehículos pueden presentar. En contraste, los modelos estocásticos si consideran están variaciones mediante el uso de probabilidades.

2.7.3.2. Numero de semillas. Resulta ser el valor inicial utilizados para la generación de una secuencia de valores aleatorios, los cual determinan el comportamiento y las características de los conductores que serán utilizadas para comenzar el inicio del modelo. En otras palabras, la influencia de este parámetro se ve reflejada en las decisiones tomadas en el modelo frente a situaciones específicas. Existen varios métodos para la generación de los números semillas; sin embargo, en los programas actuales de computación esta generación se produce a partir de un numero introducido por el usuario.

2.7.3.3. Número de corridas. Las corridas son las evaluaciones que se realizan para determinado modelo. Cada evaluación, como ya fue mencionado líneas atrás, dependerá del número semilla escogido. Al variar el numero semilla, los resultados obtenidos variarían, estos normalmente oscilan alrededor de la media total de corridas. Sin embargo, al presentarse variaciones, los resultados obtenidos deberán ser procesados mediante un estudio estadístico.

Como en cualquier estudio probabilístico, es necesario determinar el número de evaluaciones necesarias para obtener resultados fiables, esta cantidad es llamada muestra.

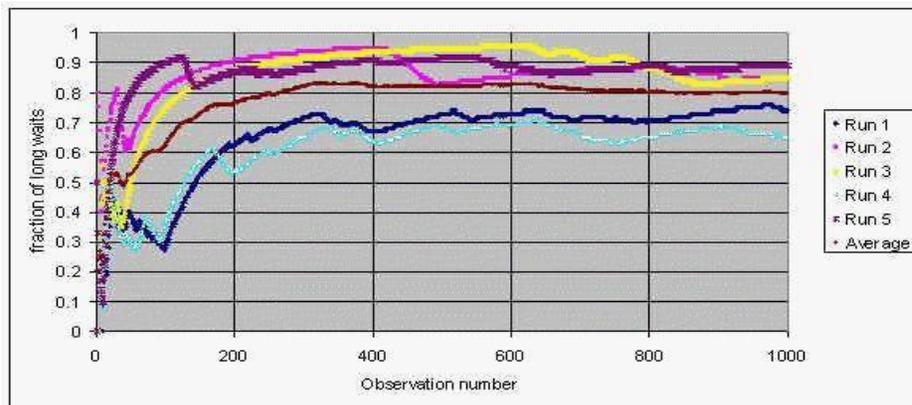
2.7.3.4. Warm-up. El “warm-up” resulta ser aquel tiempo requerido que permite lograr la estabilidad del comportamiento del tráfico. Este periodo es debido a que al inicio de la simulación no hay vehículos en el sistema, lo cuales irán apareciendo con el transcurso de tiempo hasta llegar a una cantidad prácticamente constante.

Una vez transcurrido el tiempo de “warm-up”, los datos recolectados podrán ser considerados para el análisis y procesamiento de los mismos. El FHWA, gracias a estudios realizados, determinó que este tiempo debe ser como mínimo de 10 minutos de simulación. Por otro lado, PTV indica que el warm-up podría ser de 15 minutos.

En los modelos de microsimulación, los datos de interés, que deben ser obtenidos luego de la ejecución de la simulación, son volúmenes vehiculares, longitudes de colas y tiempo de viaje. En este caso, en la figura que sigue después de estas líneas, representamos el incremento del ingreso del flujo vehicular en relación al tiempo a medida que la curva se vuelve constante (horizontal). Así se puede ver la variación que se presenta en los primeros momentos de la simulación, hasta llegar al número de observación 250, aproximadamente, donde ya se aprecia una estabilidad en los datos obtenidos:

Figura 4

La espera en función a la cantidad de observaciones.



2.7.3.5. PTV Vissim 8.0. Es un software de computación permite simular la situación del tráfico con bastante realismo. Por ejemplo, para el análisis de distintos tipos de intersecciones, el análisis de implementación de medidas en el transporte público el impacto de un distinto plan de semaforización (PTV Group, 2016).

Es una herramienta avanzada para la simulación y análisis de tráfico, que se utiliza en todo el mundo por profesionales y organismos gubernamentales para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del transporte.

2.7.3.6. Antecedentes de Vissim 8.0. Este programa tuvo su primera aparición en el año 1992, con la versión 2.03. No obstante, se sabe que los comienzos de este programa computacional son desde los ochenta, Alemania, durante el cual se realizan trabajos de planificación de redes de autobús y transporte en la carretera de Mannheim. A finales del 2016, PTV Group lanzó al mercado la versión más reciente de este programa, la cual fue desarrollada en la actualidad el software se encuentra en su versión 8.0.

2.7.3.7. Aplicación. Vissim es una herramienta de simulación orientada al modelamiento de tráfico urbano y rural, así como flujos peatonales. A pesar de la creencia

común, este programa puede ser utilizado no solo para el estudio de transporte privado sino también para el transporte público. Debido a las herramientas que brinda Vissim 8.0 es posible realizar comparaciones entre los cambios geométricos que se pueden realizar en una intersección. De esta manera, permite analizar numerosas variantes de diseño manteniendo los niveles de servicio, tardanzas o longitud de colas.

El planeamiento del tráfico es otra de las aplicaciones de este programa, ya que permite modelar y analizar el impacto de los proyectos en el tráfico urbano. La capacidad de simular peatones, la búsqueda de parqueo y el impacto de los lotes y lugares de estacionamiento es otro factor ayuda a la planeación de tráfico en los proyectos de construcción o ampliación.

Por otro lado, esta herramienta permite realizar un control de los sistemas de tráfico ya existentes en la zona. Esto se logra mediante la investigación y visualización de la zona de interés a un nivel microscópico. También permite examinar el impacto de las señales y medidas de control con el tráfico de la zona.

Finalmente, permite la modelación de los detalles de buses, subterráneo, trenes y otros medios de transporte masivos. De esta forma, se pueden plantear mejoras operacionales específicas, simular y comparar los distintos caminos que puede tomar el transporte público y la ubicación de las paradas, otras aplicaciones del Vissim 8.0 son: simulación de tráfico conectado y autónomo, integración con datos de tráfico en tiempo real, análisis de seguridad vial avanzado, optimización de intersecciones y semáforos inteligentes, simulación de peatones y transporte público en tiempo real, análisis de emisiones contaminantes y ruido, y, finalmente la Visualizaciones 3D y 2D mejoradas.

2.7.4. Antecedentes

Avilés (2017), presentó un estudio a fin de titularse como Ingeniero Civil mediante el estudio de micro análisis de los desplazamientos peatonales y vehiculares en las afueras del Hospital del Niño mediante el Software de Microsimulación Vissim 8.0, en la intersección avenida 28 de Julio / Av. Brasil / Calle Los Mogaburros, mediante el software obtuvo los parámetros de eficiencia peatonales y vehiculares de su área de estudio, los cuales le indicaron que la situación actual de la intersección era crítica, dado que la longitud de cola promedio de la Av. 28 de Julio fue de 46.21 m. Y para verificar que la propuesta de mejora de la situación de la intersección de análisis, tuvo que obtener los parámetros de eficiencia de la situación con mejoras para ser comparadas mediante procedimientos matemáticos respecto a valores conseguidos en la realidad sin propuesta.

Así, mediante el software Vissim 8.0 se puede evaluar la realidad de una red vial actual o propuesta conociendo los parámetros de eficiencia para así poder tomar decisiones sobre la factibilidad de un proyecto de ingeniería vial.

2.8. Propuesta de solución

2.8.1. Análisis propuesto

El presente proyecto contempla el análisis del tiempo de viaje de los vehículos en el eje vial Av. 28 de Julio tramo Avda. Vasco Núñez de Balboa – Av. Paseo de la República y las longitudes de colas de los accesos a dichas intersecciones en donde se da con mayor frecuencia la presencia de largas filas de vehículos detenidos en hora de mayor demanda del flujo vehicular, este análisis se realizará mediante el apoyo del programa computacional de microsimulación, Vissim 8.0. Después de ello se procederá a comparar los valores actuales obtenidos con Vissim con los valores obtenidos en la situación propuesta o de mejora.

En tal sentido, en el siguiente acápite presentaré aquellos valores recogidos durante el trabajo en campo y una breve explicación de cómo fueron obtenidos.

2.8.1.1. Características de la geometría vial. Con miras de conseguir un correcto funcionamiento para el modelo de microsimulación, se recolectaron los valores medibles de la geometría en el área de análisis en fechas: 14 y 16 de noviembre del 2023. Las mediciones fueron realizadas con una cinta métrica de 50 metros y un odómetro para distancias más largas.

2.8.1.2. Datos de demanda. Para la obtención de los datos de demanda se realizaron conteos del flujo vehicular en donde se obtuvo la hora punta u hora de mayor demanda del flujo vehicular con la finalidad de introducir dicho volumen al modelo.

2.8.1.3. Ciclos y fases semafóricas. Los tiempos de ciclos y las fases en la Av. 28 de Julio cruce con Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto y Av. 28 de Julio / Avda. Paseo la República están establecidos de la siguiente manera:

Intersección Avenida 28 de Julio cruce con Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto: Esta intersección viene funcionando con cinco fases semafóricas con un tiempo de ciclo de 130 segundos, en donde los segundos se encuentran repartidos para cada fase según lo mostrado en la figura 5.

Figura 5

Tiempo de ciclo en Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto

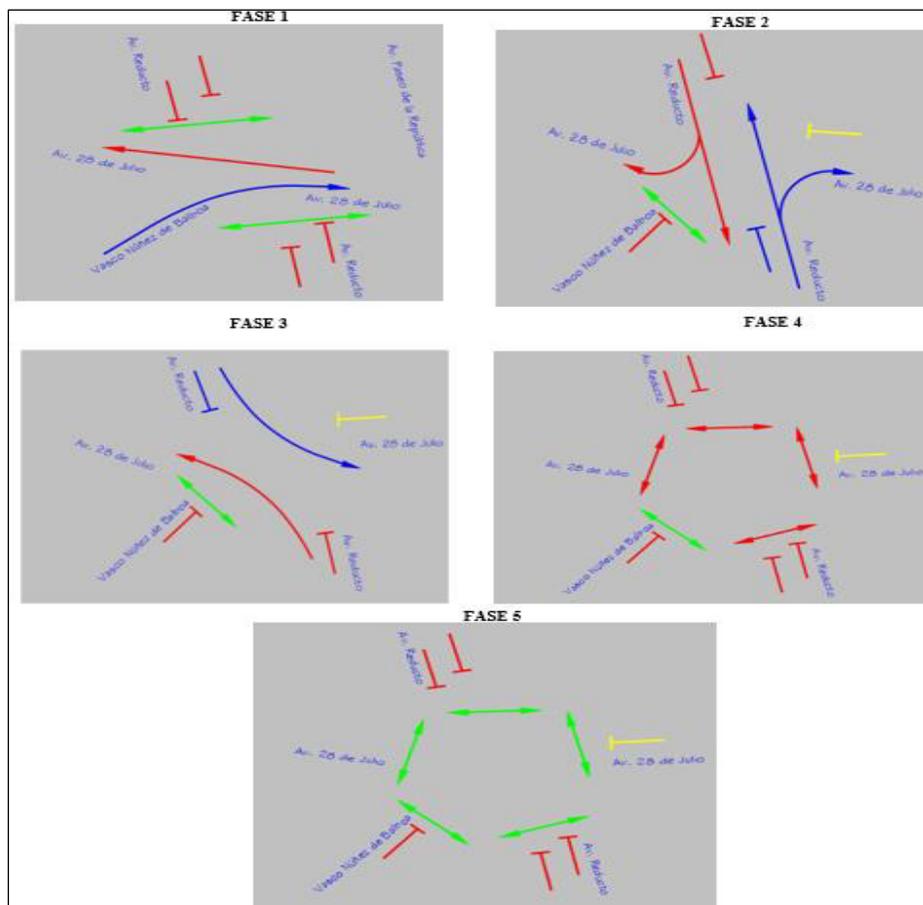
FASE	TIEMPO DE CICLO 130"				
F1	42	3	85		
F2	45	37	3	45	
F3	85		18	3	24
F4	106			21	3
F5	130				

Con respecto a las fases semafóricas, en la figura 6 se muestra la secuencia que tienen

durante el tiempo de ciclo establecido, en tal sentido, en la fase 1; los movimientos de del flujo vehicular que ingresan desde el acceso Av. Vasco Núñez de Balboa y de Av. 28 de Julio coinciden durante dicha fase, en la fase 2; los movimientos del flujo vehicular que ingresan desde los accesos Av. Reducto desde sus sentidos norte a sur y sur a norte respectivamente coinciden, en la fase 3; los movimientos del flujo vehicular que ingresan desde el acceso Av. Reducto realizando el giro a la izquierda son los que coinciden, en la fase 4; no ingresa ningún vehículo a la intersección, por último, en la fase 5, también no ingresa ningún vehículo a la intersección, no obstante, todos los semáforos peatonales sus luces se encuentran en color verde, permitiendo el cruce de los transeúntes.

Figura 6

Fases de la intersección Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto



Intersección Avenida 28 de Julio con Avda. Paseo de la República: Esta intersección tiene un tiempo de ciclo de 130 segundos y cinco fases según lo mostrado en figura 7.

Figura 7

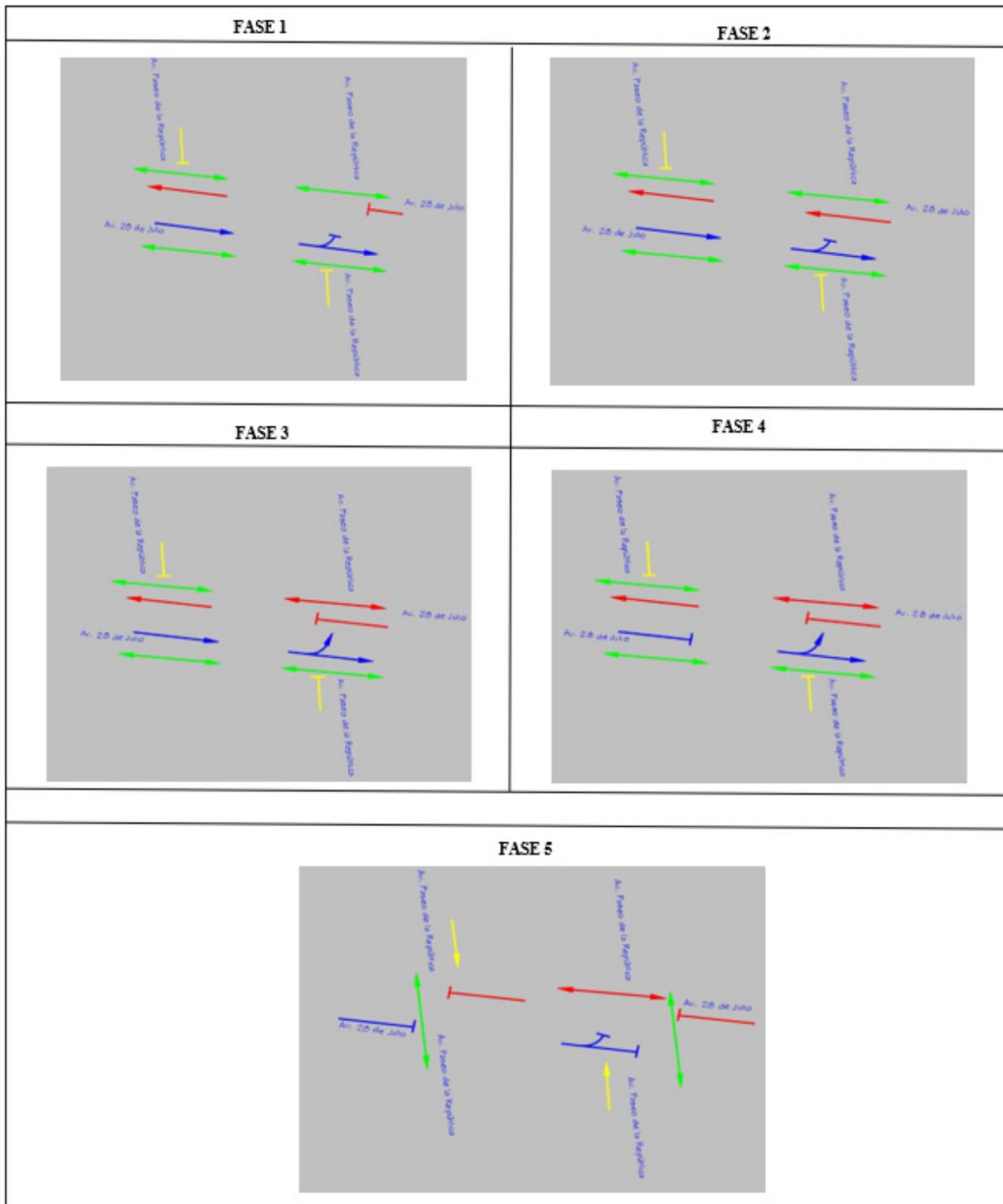
Tiempo de ciclo en Av. 28 de Julio cruce con Av. Paseo de la República

FASE	TIEMPO DE CICLO: 130"						
F1	30	3	97				
F2	33		25	3	69		
F3	61			32	3	34	
F4	96				5	3	26
F5	104					23	3

Con lo que respecta a la secuencia de las fases semafóricas, ello se puede ver en la figura 8, en tal sentido, en la fase 1; los movimientos del flujo vehicular del acceso Av. 28 de Julio para el sentido de oeste a este (los que ingresan a la intersección desde el oeste) y de este a oeste (los que salen de la intersección por el oeste) coinciden, en la fase 2; los movimientos del acceso Av. 28 de Julio para el sentido de oeste a este (los que ingresan a la intersección desde el oeste) y de este a oeste coinciden, en la fase 3; los movimientos del flujo vehicular del acceso Av. 28 de Julio sentido oeste a este y de oeste a este (los que salen de la intersección por el oeste) coinciden, en la fase 4; se da el movimiento del flujo vehicular del acceso Av. 28 de Julio (los que se encuentran en la misma intersección y van de oeste a este incluyendo el giro a la izquierda), por último, en la fase 5; los movimientos del flujo vehicular del acceso Av. Paseo de la República en sus ambos sentidos de sur a norte son lo que coinciden o se abren a la misma vez.

Figura 8

Fases semafóricas en el cruce de Avda. 28 de Julio con Avda. Paseo de la República

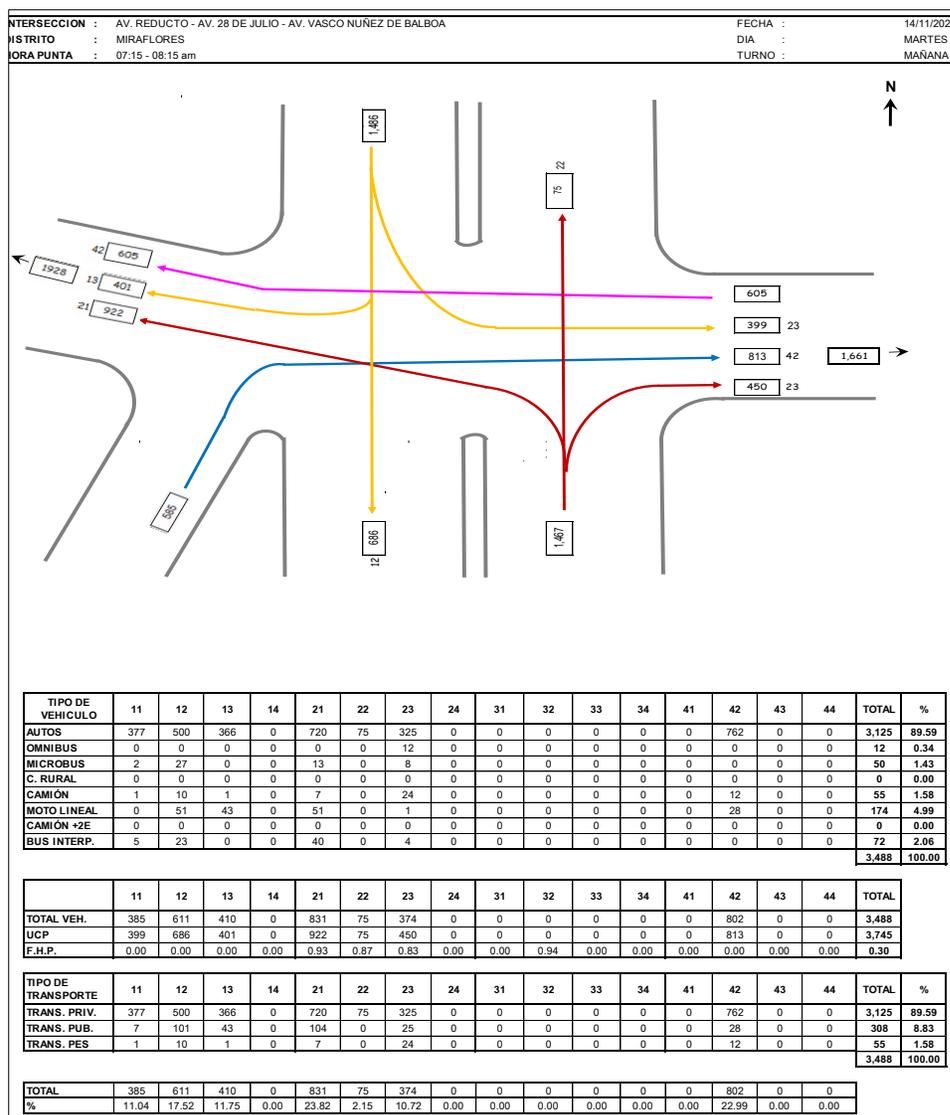


2.8.1.4. Flujos vehiculares. Se realizó conteos en días diferentes:

Datos de calibración: Para introducir la demanda del flujo vehicular en el modelo, se realizó conteos en las intersecciones de estudio, dichos conteos se realizaron un día martes 11 de noviembre del 2023, arrojando como hora de mayor demanda el intervalo de hora 7:15 – 8:15 am, para lo cual se ha elaborado el flujograma o representación geométrica del conteo realizado:

Figura 9

Flujograma del cruce de Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Avda. Reducto para la calibración del modelo



Datos de validación: Del mismo modo que se realizó el conteo para la calibración del modelo, se realizó también el conteo otro día de la semana para obtener los datos de validación del modelo, en este caso, el conteo se realizó el día viernes 14 de noviembre del 2023.

Figura 11

Flujograma para validación del modelo en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av.

Reducto.

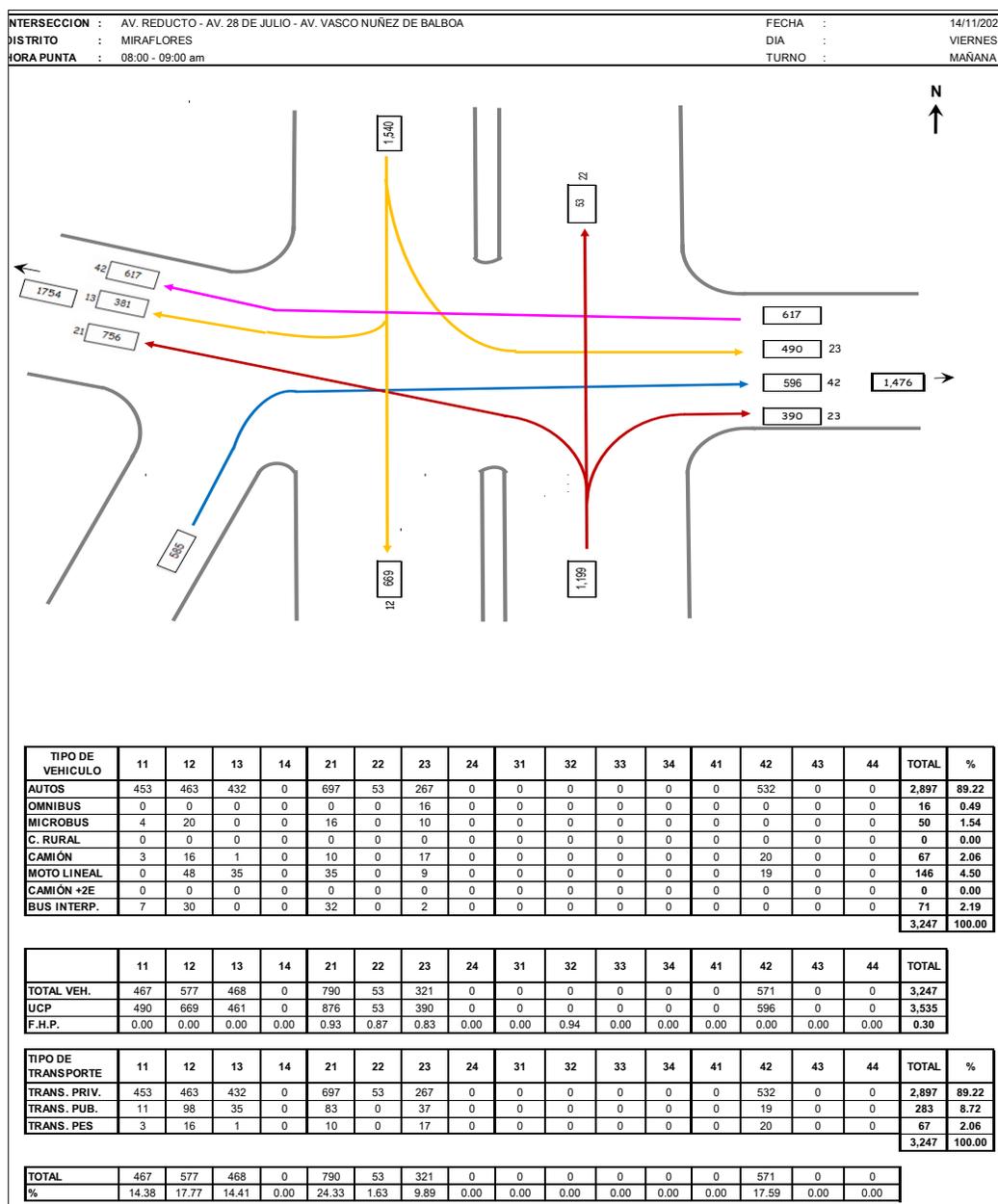
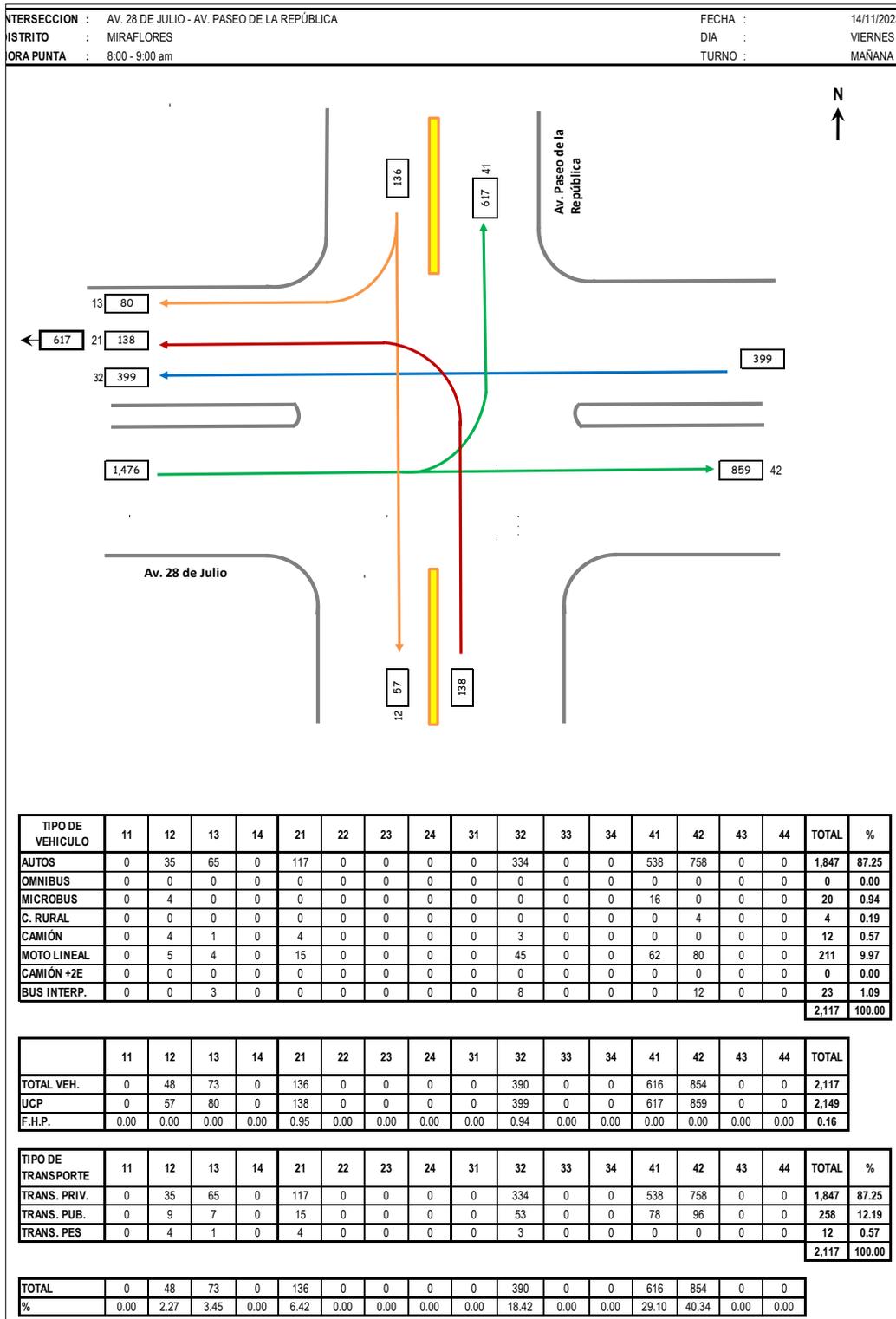


Figura 12

Flujograma para validación del modelo en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Paseo de la República



Resumen de los flujos vehiculares: En las siguientes tablas se tiene el resumen de los conteos para la calibración y validación del modelo:

Tabla 1

Resumen del volumen vehicular para la calibración y validación en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto

Proceso	Flujo vehicular	Veh/h
CALIBRACIÓN	Acceso Balboa	813
	Acceso Reducto	1100
	Acceso Av. 28 de Julio Este a Oeste	605
VALIDACIÓN	Acceso Balboa	596
	Acceso Reducto	1199
	Acceso Av. 28 de Julio Este a Oeste	617

Tabla 2

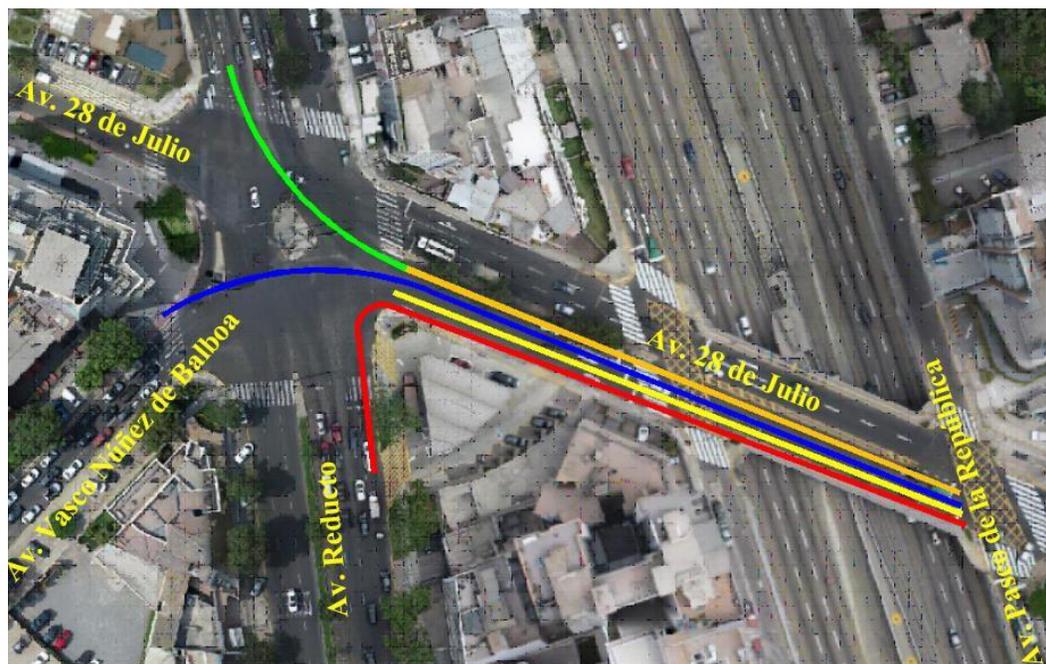
Resumen del volumen vehicular para la calibración y validación en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Paseo de la República

Proceso	Flujo vehicular	Veh/h
CALIBRACIÓN	Acceso Paseo de la República N-S	113
	Acceso Paseo de la República S-N	184
	Acceso 28 de Julio E-O	367
	Acceso 28 de Julio O-E	1661
VALIDACIÓN	Acceso Paseo de la República N-S	136
	Acceso Paseo de la República S-N	138
	Acceso 28 de Julio E-O	399
	Acceso 28 de Julio O-E	1476

2.8.1.5. Tiempos de viajes vehiculares. Como en las intersecciones Avda. 28 de Julio con Avda. Vasco y Avda. Reducto, y Av. 28 de Julio con Av. Paseo de la República, en horas puntas prevalece la congestión reflejado en fila de vehículos detenidos, para este estudio, se ha considerado necesario conocer los tiempos de viaje de los tramos mostrados en la figura 13, donde el tramo de color azul son los vehículos que hacen el giro a la derecha desde el acceso Vasco Núñez de Balboa, mientras que la línea de color amarillo son los vehículos que salen de la primera intersección y continúan su recorrido por la Av. 28 de Julio para el sentido de Oeste a Este, el tramo anaranjado son los vehículos que van de norte a oeste saliendo de Avda. Reducto, por último, el tramo de color rojo son los vehículos que viajan desde la Avda. Reducto de Sur a Norte y hacen el giro a la derecha hacia Avda. Paseo de la República.

Figura 13

Tramos de medición de tiempos



Leyenda:

- **T1:** Giro a la derecha desde Av. Vasco Núñez de Balboa
- **T2:** Av. Reducto SN – Av. Paseo de la República
- **T3:** Av. 28 de Julio Oeste a Este
- **T4:** Giro a la izquierda desde Av. Reducto NS

La medición de los tiempos de viaje se realizó mediante el uso del cronómetro haciendo seguimiento a una muestra de 15 vehículos en cada uno de los tramos analizados.

Datos de calibración y validación de los tiempos de viaje: A continuación, se observa las medias de tiempos de viaje en segundos registrados en campo de los cuatro tramos antes descritos en la etapa de calibración y validación:

Tabla 3

Valores de las medias para la calibración y validación

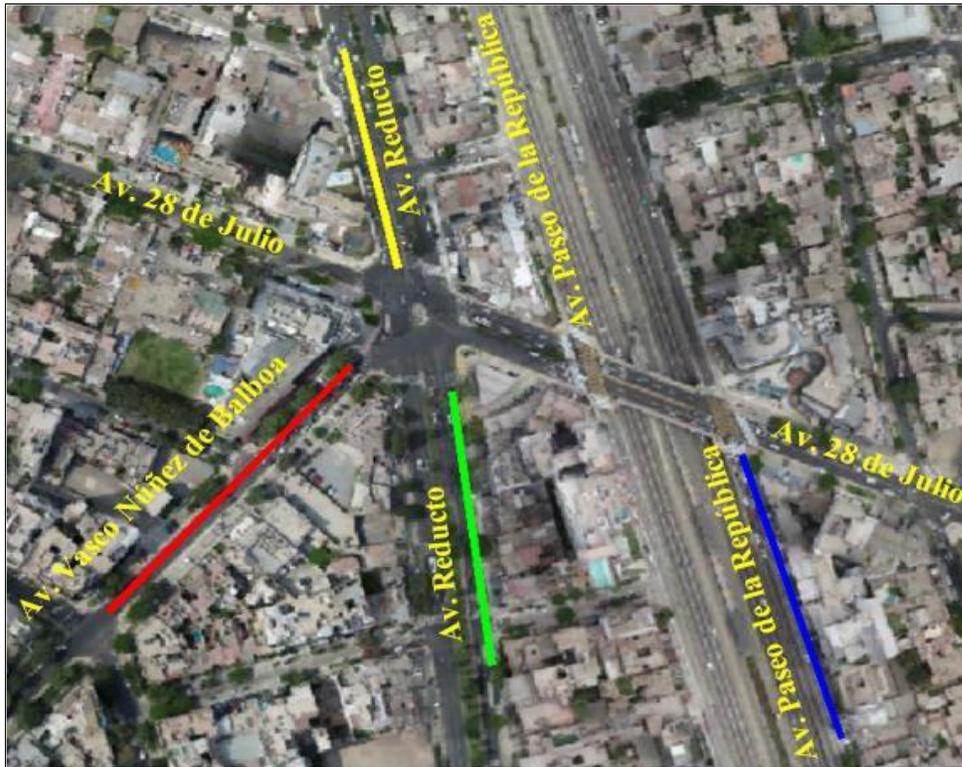
		T1	T2	T3	T4
CALIBRACIÓN	Media	73.42	53.69	76.45	78.08
	Des. Estándar	1.95	7.44	3.35	3.15
	Error	0.68	0.59	0.53	0.74
VALIDACIÓN	Media	69.47	47.89	65.86	68.06
	Des. Estándar	3.75	9.15	3.91	4.25
	Error	0.47	0.55	0.69	0.58

2.8.1.6. Longitudes de colas. Del mismo modo que el cálculo de los tiempos de viaje, se hizo la medición de 15 muestras de longitudes de colas para los accesos del área en estudio en donde se puede ver con más frecuencia; vehículos detenidos creando una cola vehicular. La medición de las longitudes de colas se realizó con la ayuda de un odómetro dado que se observó que en algunos accesos las colas sobrepasaban los 50 metros. Así, en la figura 14 se observa los accesos elegidos como vías en donde se considera importante analizar las colas que se genera en horas puntas. Siendo estos Av. Vasco Núñez de Balboa cdra. 7 (franja roja); Av. Reducto cdra. 10 (franja amarilla); Av. Reducto cdra. 11 (franja anaranjada) y Av. Paseo de

la República cdra. 62 (franja azul).

Figura 14

Tramos de medición de colas



Leyenda:

- █ T1: Av. Vasco Núñez de Balboa cuadra 7
- █ T2: Av. Reducto cuadra 10
- █ T3: Av. Reducto cuadra 11
- █ T4: Av. Paseo de la República cuadra 62

Datos de calibración y validación: En la tabla 4 se puede apreciar las medias de las longitudes de colas obtenidos en campo, valores para calibración y validación.

Tabla 4

Medias de las longitudes de colas para la calibración y validación

		T1	T2	T3	T4
MODELACIÓN	Media	105.01	68.90	91.93	86.16
	Des. Estándar	5.81	11.96	4.90	7.93
	Error	1.25	1.05	0.85	0.78
VALIDACIÓN	Media	97.32	71.94	95.26	84.02
	Des. Estándar	6.97	13.02	6.84	8.63
	Error	0.48	0.68	1.14	0.69

2.8.1.7. Calibración del modelo. Como Vissim utiliza estándares de comportamiento fundamentados en modelos aplicados en contextos diferentes o condiciones de tránsito de otros países, por ello, se debe realizar un proceso de calibración donde se realiza una comparación entre cierto valor de la red modelada y los valores conseguidos de la modelación. (longitudes de colas o tiempos de viaje) para ajustar dichos valores a las condiciones de la red evaluada. Para la verificar si el modelo se encontraba calibrado se realizaron 15 corridas con número de semilla inicial igual a 90 e incrementos de 7.

2.8.1.8. Calibración de parámetros de eficiencia. En el caso de los vehículos se determinaron cuatro tramos en el modelo. Se realizaron 15 juegos de corridas variando los parámetros más influyentes en el sistema (ax, bxadd y bxmult). El primer parámetro indica la distancia vehicular, las cual en Lima es mucho menor a la que se observa en otros países. Por esta razón se optó por disminuir el valor. Finalmente, los parámetros que lograron la calibración del modelo son los siguientes:

Tabla 5

Parámetros de eficiencia que permitieron calibrar el modelo

Ax	bxadd	bxmult
1.00	3.00	4.50

2.8.1.9. Calibración tiempos de viajes. Al realizar las comparaciones de las medias de los valores obtenidos en campo con los valores obtenidos en Vissim mediante la aplicación Stat-Key, se puede ver si los tiempos de viaje se encuentran calibrados, en ese sentido, se tiene en la tabla 6, la comparación de las medias de los tiempos de viaje el cual permite comprobar que dicho parámetro de eficiencia se encuentra calibrado en el tramo 1, en los demás tramos también se ha conseguido la calibración, pudiéndose comprobar en el anexo “C”.

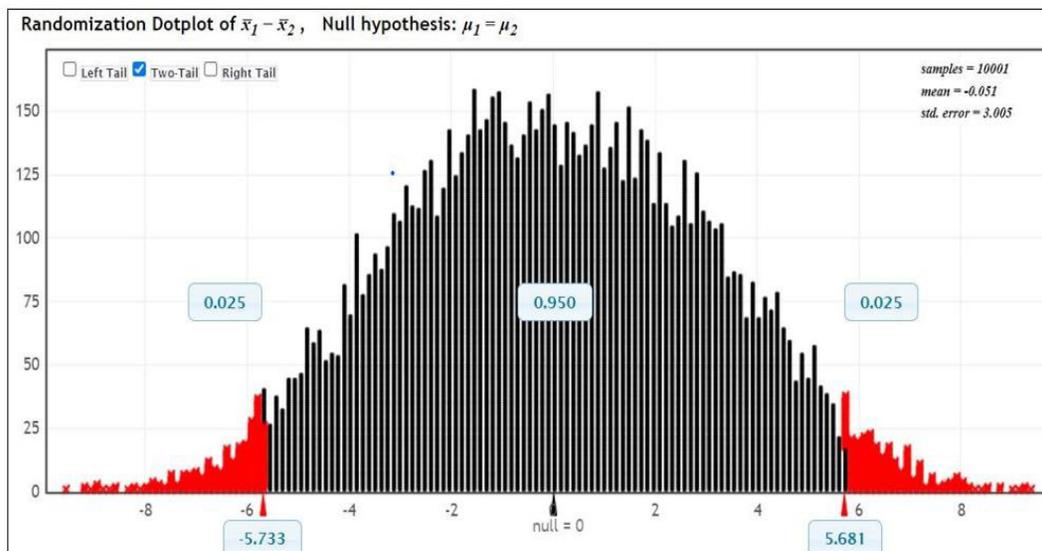
Tabla 6

Calibración de los tiempos de viaje en el tramo 1

	TRAMO 1	
Diferencia de medias	-4.84	
Promedio	73.42	78.26
Desviación Estándar	1.95	3.38
Valor mínimo	62.54	62.51
Valor máximo	80.56	105.39

Figura 15

Randomization test para la calibración del tiempo de viaje para el tramo 1



2.8.1.10. Calibración de longitudes de colas. En tabla 7, se muestra la calibración

de las longitudes de colas del tramo 1, la calibración de los demás tramos se puede ver en el anexo “E”.

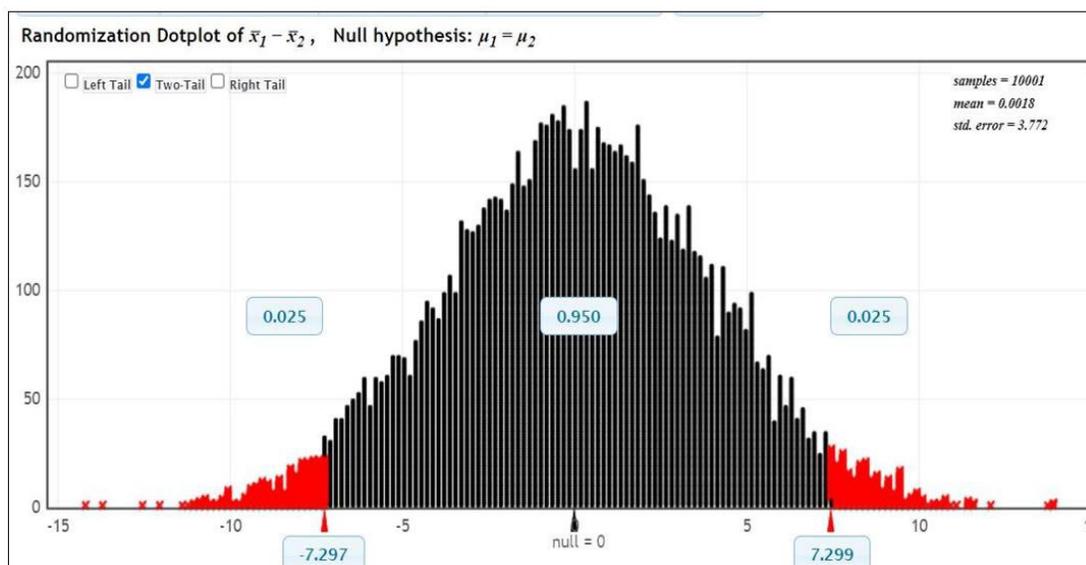
Tabla 7

Calibración de las longitudes de colas en el tramo 1

	TRAMO 1	
Diferencia de medias	1.63	
Promedio	69.47	67.84
Desviación Estándar	5.81	3.74
Valor mínimo	54.21	50.49
Valor máximo	85.36	89.62

Figura 16

Randomization test de comparación de medias de longitudes de colas tramo 1



2.8.1.11. Validación del modelo. Esto se genera en base a la idea; cuando algún modelo con determinados valores se acerca a la realidad en dos horas distintas de estudio para una zona vial, entonces se cumplirá para cualquier momento de análisis en dicha zona. Por ello, en esta etapa se utilizaron valores de días diferentes en la intersección materia de análisis y se realizó un procedimiento similar a la calibración.

2.8.1.12. Validación de los parámetros de eficiencia. A continuación, mostramos los valores de eficiencia que permitieron validar el modelo en Vissim.

Tabla 8

Parámetros de eficiencia que validaron el modelo

Ax	bxadd	bxmult
0.95	3.10	4.00

Al igual que en la calibración vehicular, se consideraron cinco tramos. La diferencia de medias obtenidas entre los datos de campo y los datos del software se encuentran en el rango

admitido para cada caso. A continuación, se presentan las tablas resúmenes y los gráficos obtenidos con ayuda de Stat-key.

2.8.1.13. Validación de los tiempos de viaje. En la tabla 9, se muestra la validación del tramo 1, en el anexo “D”, se puede ver que los demás tramos también se encuentran validados.

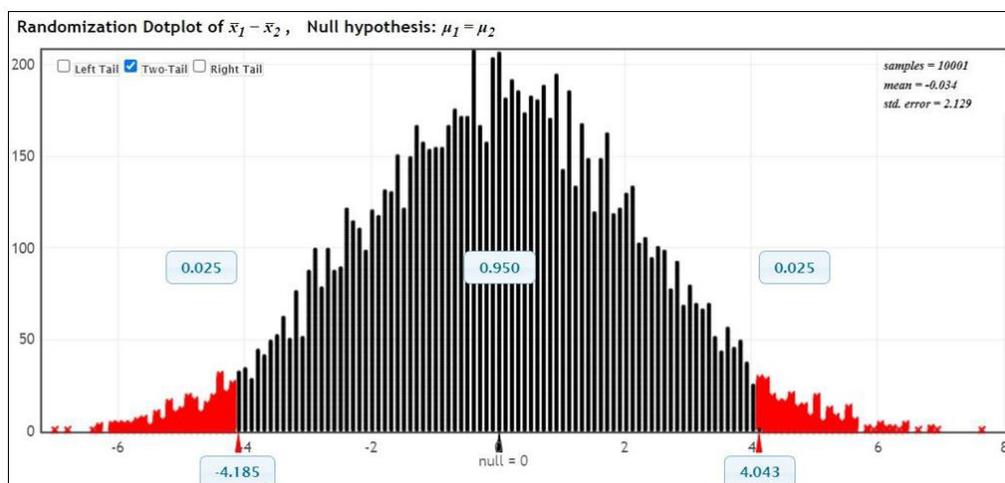
Tabla 9

Validación de los tiempos de viaje en el tramo 1

	TRAMO 1	
Diferencia de medias	-3.73	
Promedio	47.89	51.63
Desviación Estándar	3.75	4.15
Valor mínimo	42.57	44.67
Valor máximo	59.84	60.85

Figura 17

Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje en el tramo 1



2.8.1.14. Validación de las longitudes de colas. Con respecto a las longitudes de colas, observando la tabla 10, podemos ver la validación con respecto a las longitudes de colas para el tramo 1, en el anexo “F” se puede ver para los demás tramos:

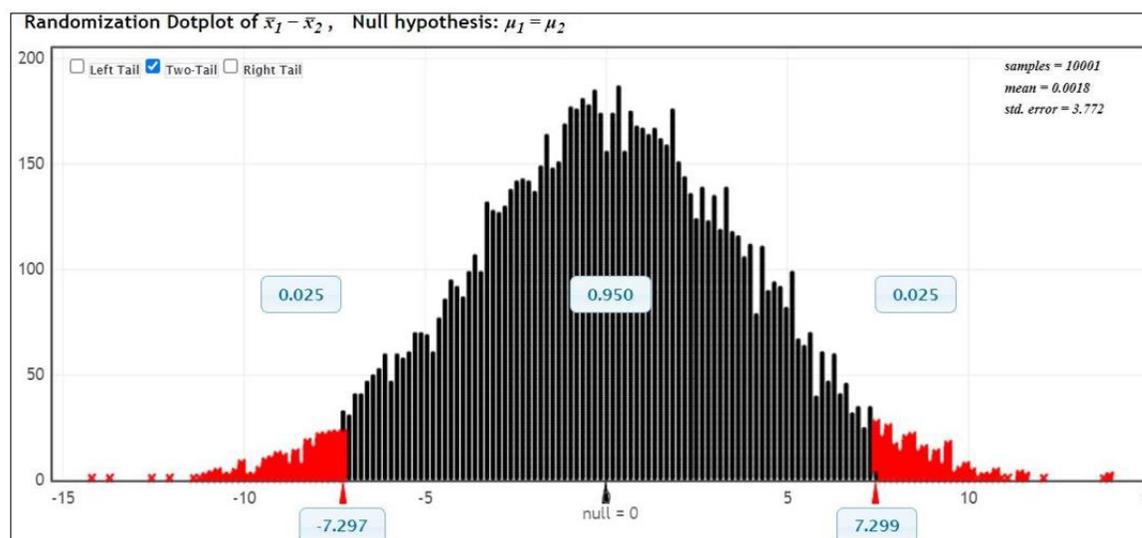
Tabla 10

Validación de las longitudes de colas en el tramo 1

	TRAMO 1	
Diferencia de medias	1.63	
Promedio	69.47	67.84
Desviación Estándar	5.81	3.74
Valor mínimo	54.21	50.49
Valor máximo	85.36	89.62

Figura 18

Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas en el tramo 1



2.9. Propuestas de mejora

En base a los parámetros analizados y los problemas identificados en relación al desplazamiento vehicular en la zona de estudio, se plantea alternativas de solución.

2.9.1. Anulación de fase semafórica en el cruce Avda. 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto

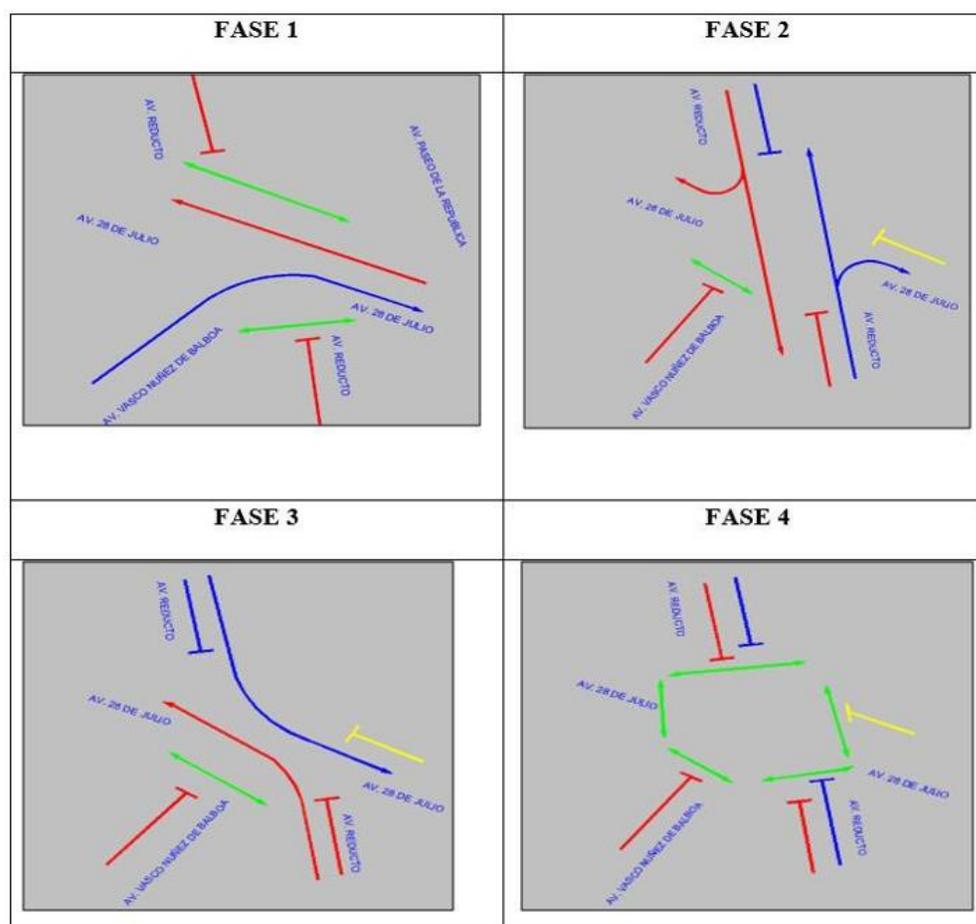
Analizando las fases semafóricas mostradas en la figura 6, el cruce Avda. 28 de Julio con Avda. Vasco Núñez de Balboa y Av. Reducto, tiene cinco fases, de los cuales, dos de ellos son de todo rojo, es decir, fases en donde el ingreso de los vehículos para cada acceso se prohíbe

durante el tiempo que dura dicha fase. Sumando ambos tiempos de todo rojo más los tiempos de transición da un total de 47 segundos, este tiempo influye considerablemente en el promedio del tiempo de viaje vehicular en la zona vial analizada, dado que, de no existir esas fases de todo rojo, durante la duración del tiempo de ciclo se lograría gestionar un mayor volumen vehicular, reduciendo así las colas de vehículos detenidos.

Figura 19

Secuencia de fases semafóricas propuestas en los cruces Av. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av.

Reducto



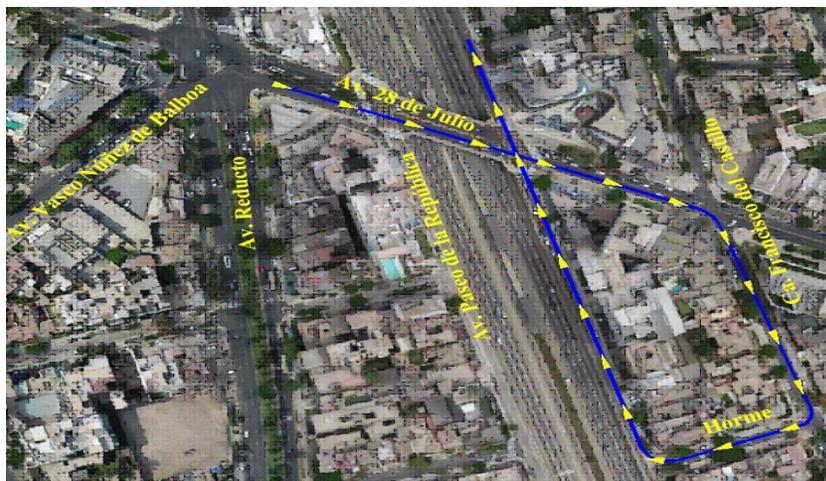
En ese sentido, con las fases mostradas en la figura 19, se espera reducir las longitudes de colas de cada acceso de la intersección.

2.9.2. Anulación del giro a la izquierda en el cruce Avda. 28 de Julio cruce con Avda. Paseo de la República

El volumen del giro en sentido del tránsito vehicular oeste a norte en el cruce Avda. 28 de Julio / Avda. Paseo de la República es alto en horas de mayor demanda del volumen vehicular, este movimiento es el que influye enormemente para la existencia de congestión en la zona de estudio, por lo cual, con la propuesta planteada se espera reducir las filas de vehículos detenidos que desean hacer el giro a la izquierda, pero dirigiendo a dicho flujo vehicular hacia la Ca. Francisco del Castillo para que pueda darse un movimiento en forma de “P” al entrar por la Ca. Enrique del Horme y salir por la Av. Paseo de la República, tal como se puede constatar observando la figura 20.

Figura 20

Ruta esperada tras la anulación del giro a la izquierda en el cruce Avda. 28 de Julio / Avda. Paseo de la República

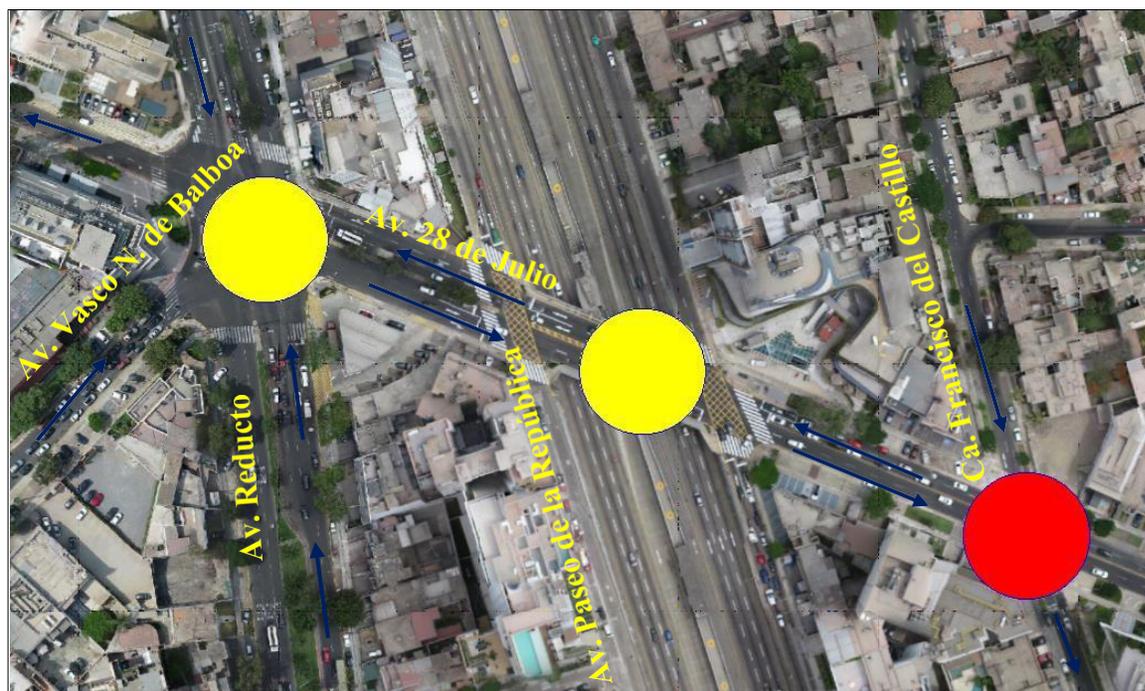


2.9.3. *Semaforizar Avda. 28 de Julio cruce con Calle Francisco del Castillo*

Esta alternativa de solución busca mejorar la fluidez del desplazamiento vehicular en la zona evaluada, toda vez que con semaforización en el cruce Avda. 28 de Julio / Ca. Francisco del Castillo, se optimizará el movimiento por el eje, dado que, en la actualidad, la intersección mencionada al no estar semaforizada, genera que el alto flujo vehicular que sigue la Av. 28 de Julio se obstruye frecuentemente por el ingreso de vehículos por las vías transversales, en este caso los vehículos que ingresan desde la Ca. Francisco del Castillo obstruyen al flujo vehicular de la Avda. 28 de Julio.

Figura 21

Ubicación del cruce vial Av. 28 de Julio / Ca. Francisco del Castillo



Leyenda:

- Intersección semaforizada
- Propuesta de intersección semaforizada

2.9.4. Construcción de puente vehicular en la intersección Av. Paseo de la República / Ca.

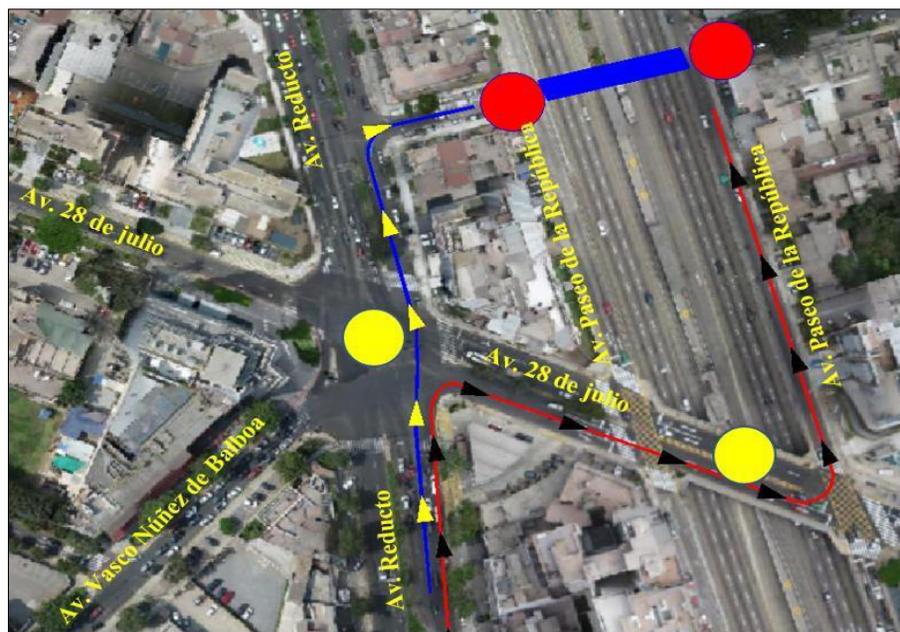
José Gabriel Chariarse

Como se mencionó líneas atrás, el giro a la izquierda del flujo vehicular en la Av. 28 de Julio para el sentido de oeste a este es alto, por tal motivo, otra alternativa que pretende mitigar el impacto que genera dicho giro. Es proponer la construcción de un puente en la intersección Av. Paseo de la República / Ca. José Gabriel Chariarse. Esta propuesta busca que los vehículos que hacen el giro mencionado, ya no tengan que seguir la ruta Av. Reduco – Avda. 28 de Julio para salir a la Av. Paseo de la República haciendo el giro: sino seguir la ruta Avda. Reducto – Ca. José Gabriel Chariarse y luego Avda. Paseo de la República, se sugiere ver la Figura 22.

Figura 22

Ruta de vehículos por la construcción del puente en la intersección Av. Paseo de la República – Ca. José

Gabriel Chariarse



Leyenda:

-  Ruta actual para el giro a la izquierda en Av. 28 de Julio (Oeste a Este)
-  Ruta contemplada con puente vehicular en Av. Paseo de la República / Ca. Chariarse
-  Intersección semaforizada
-  Propuesta de intersección semaforizada

Nota. La figura 22 muestra Ruta de vehículos por la construcción del puente en la intersección Av. Paseo de la República – Ca. José Gabriel Chariarse

2.9.5. Análisis de las propuestas planteadas

Las propuestas planteadas, se considera de ellas que la semaforización en la Av. 28 de Julio / Ca. Francisco del Castillo es la propuesta más viable económicamente, dado que la propuesta de construcción de un puente vehicular en la intersección Av. Paseo de la República / Ca. 15 de Enero, demanda un mayor costo por la construcción de dicha infraestructura, sumado a ello la semaforización de las intersecciones que se generarían.

Con lo que respecta a la propuesta de prohibición del giro de oeste a norte en Av. 28 de Julio cruce con Av. Paseo de la República; esta opción no garantiza que los conductores no realicen dicho giro y la ruta que se espera que sigan los conductores, por lo que si bien se reduciría la congestión, siempre en cuando se respete la ruta mencionada o ruta en “P”; situación que es poco probable, dado que, como se sabe, la cultura del respeto a las reglas del tránsito en el Perú es practicado por pocos usuarios. En ese sentido, la propuesta que se considera viable económicamente y que reduciría las longitudes de colas y mejoraría los tiempos de viaje en el área de análisis: es la semaforizar la intersección Av. 28 de Julio / Ca. Francisco del Castillo, por

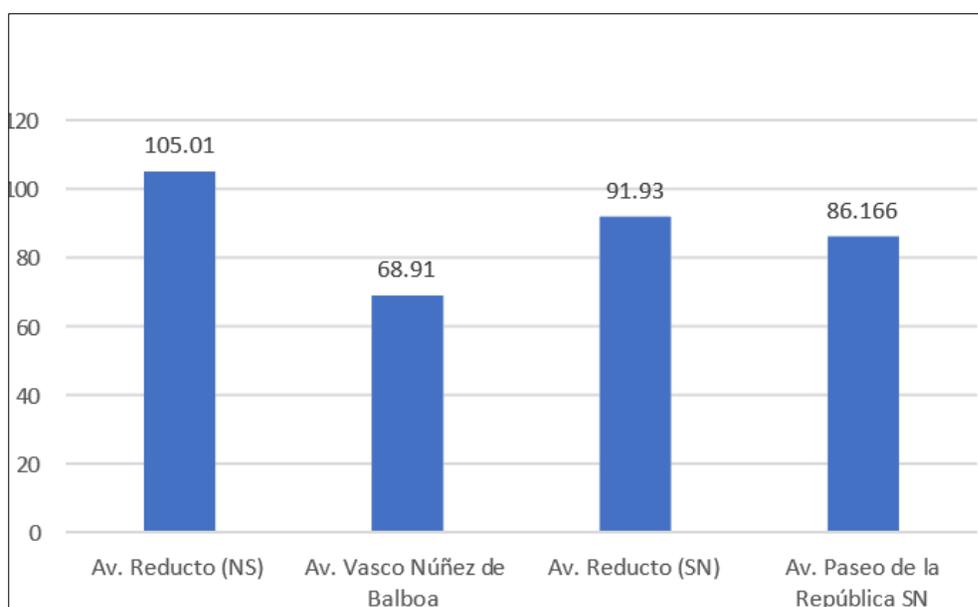
tal motivo, en las siguientes líneas se tiene el análisis de las longitudes de colas y tiempos de viajes realizados en Vissim 8.00 con la finalidad de conocer los beneficios de dicha propuesta.

2.9.6. Longitudes de colas

Durante el análisis de la situación actual con este parámetro, se detectó que el tramo crítico era el correspondiente a la avenida Reducto para el sentido de norte a sur, como se aprecia en La Figura 23.

Figura 23

Medias de las longitudes de colas en la situación actual para los tramos evaluados



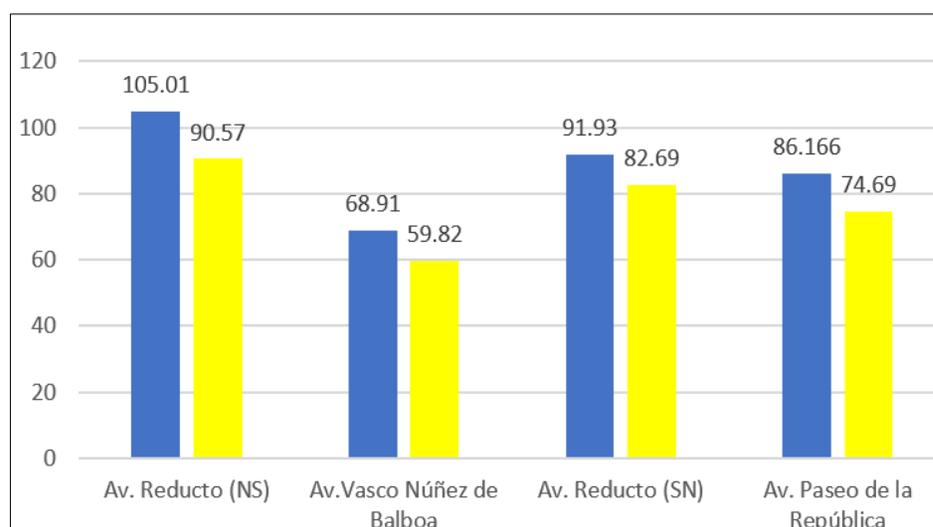
Se puede ver que cada uno de los tramos tienen longitudes de colas promedio que se pueden considerar alta, por ejemplo, en el primer tramo Av. Vasco Núñez de Balboa se tiene una longitud de cola promedio de 68.91m equivalente a un aproximado de 12 vehículos de cola, el tramo Av. Paseo de la República SN tiene un promedio de 86.17m de cola equivalente a 15 vehículos, mientras que el tramo Av. Reducto SN tiene un promedio de 91.93m de longitud de cola el cual equivale a 16 vehículos, por último, el tramo Av. Reducto (NS) tiene la mayor longitud de cola promedio de 105.1 el cual equivale a 19 vehículos detenidos. Esta situación se

debe a que los cruces Avenida 28 de Julio / Avda. Vasco Núñez de Balboa / Avda. Reducto y Avda. 28 de Julio / Av. Paseo de la República se congestionan considerablemente en horas de mayor demanda del tránsito vehicular. Además, por la Avda. Reducto ingresan un total de 6 líneas de transporte público. Contribuyendo enormemente a que ocurra mayor congestión en la zona en estudio.

Con lo que respecta a la situación con propuesta, en la Figura 24 se puede ver la variación de las longitudes de colas, pudiendo notar una disminución de dicho parámetro de eficiencia en cada uno de los accesos evaluados.

Figura 24

Longitudes de colas actuales y longitudes de colas en la situación propuesta



Leyenda:

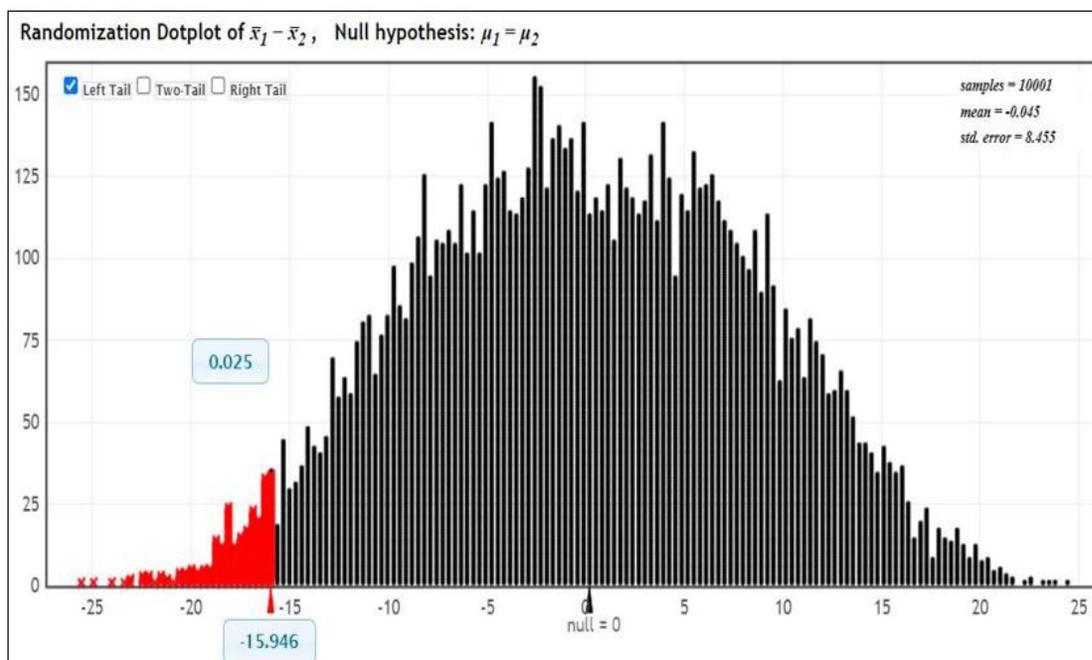
- Promedio de cola situación actual
- Promedio de cola situación propuesta

Así, según lo observado en la Figura 25, en Avda. V. Núñez de Balboa o tramo 1 tenemos una disminución de 9.09 metros, o el 13.75% de la situación actual de los promedios de las longitudes de colas. Al realizar un análisis estadístico con Stat-key se comprueba que

representa una disminución en las longitudes de colas en dicho acceso.

Figura 25

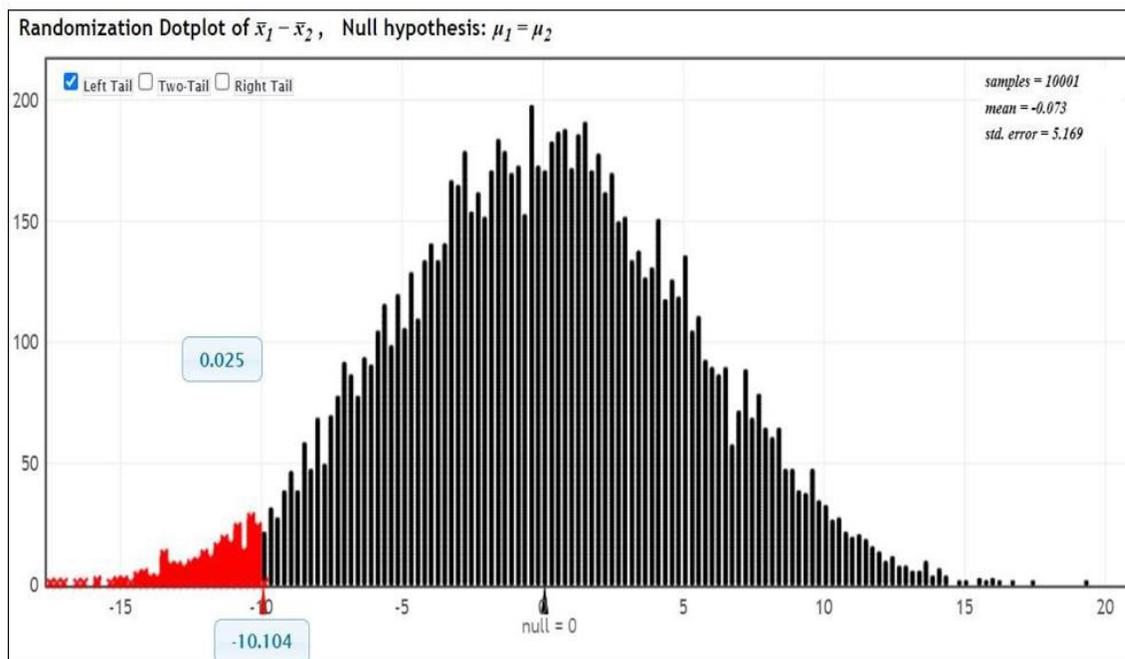
Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 1



Con lo que respecta a la Avda. Reducto cuadra 10 tramo 2 se observa una disminución de 14.44 metros o el 14.57% de la situación actual. Valor que representa una disminución considerable de las longitudes de colas en el acceso mencionado, según el análisis realizado en el Stat-Key.

Figura 26

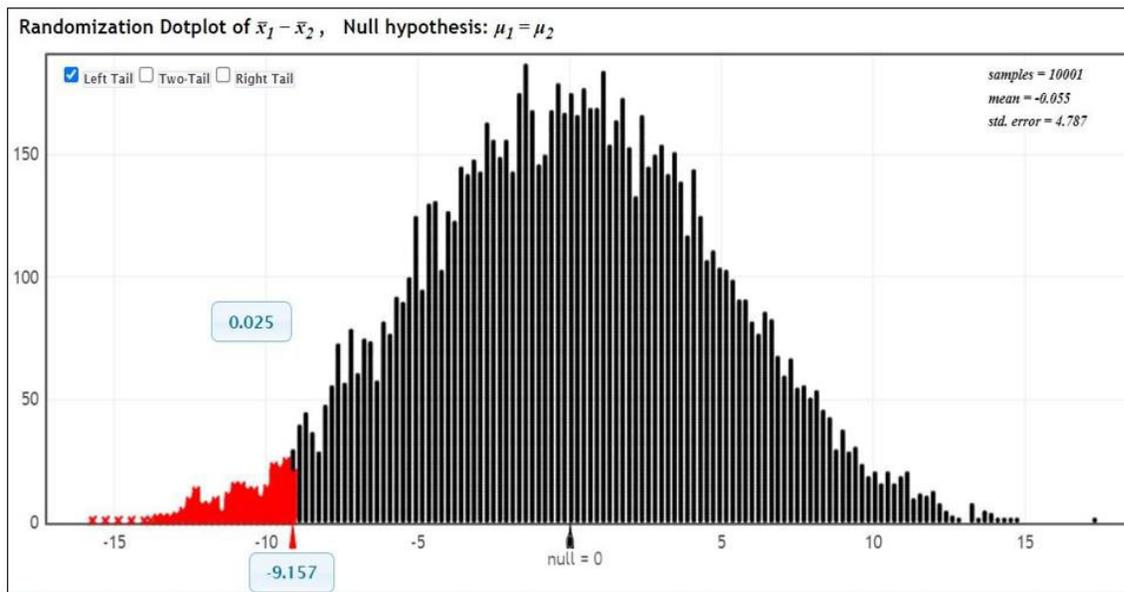
Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 2.



En la Av. Reducto cuadra 11 o tramo 3 se da una disminución de 9.24 metros equivalente al 10.05% de la situación actual. Valor que representa una disminución considerable de las longitudes de colas en el acceso mencionado, según el análisis realizado en el Stat-Key.

Figura 27

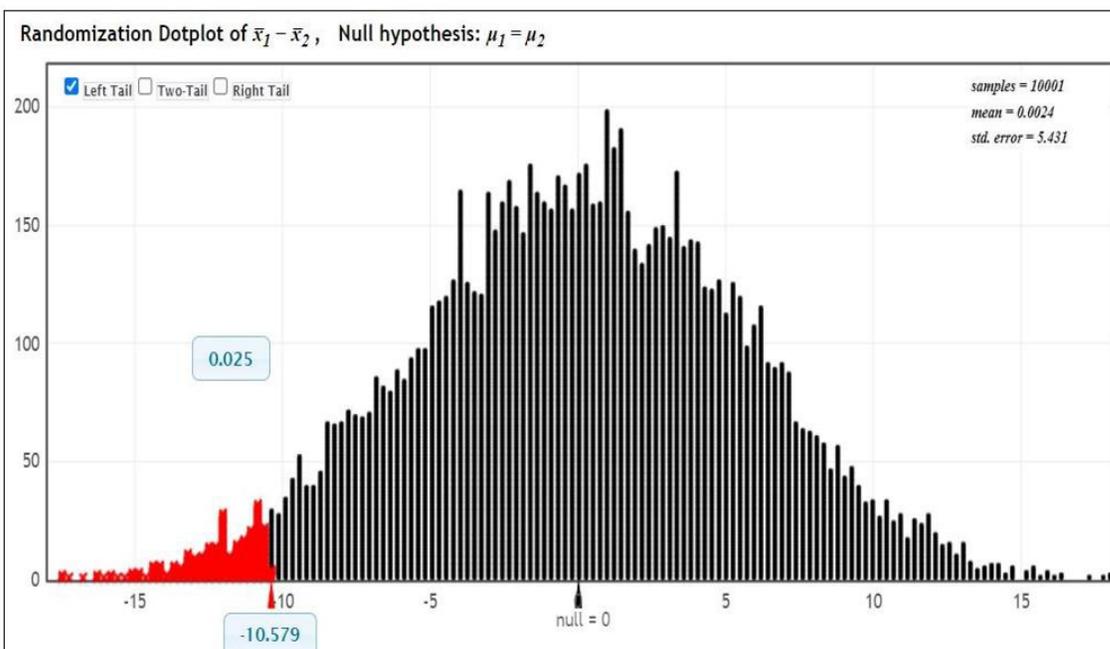
Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 3



Finalmente, en la Avda. Paseo de la República tramo 4, se observa una disminución de 11.47 metros, o el 6.23% de la situación actual. Valor que representa una disminución considerable de las longitudes de colas en el acceso mencionado, según el análisis realizado en el Stat-Key.

Figura 28

Randomization test de comparación de medias de las longitudes de colas de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 4

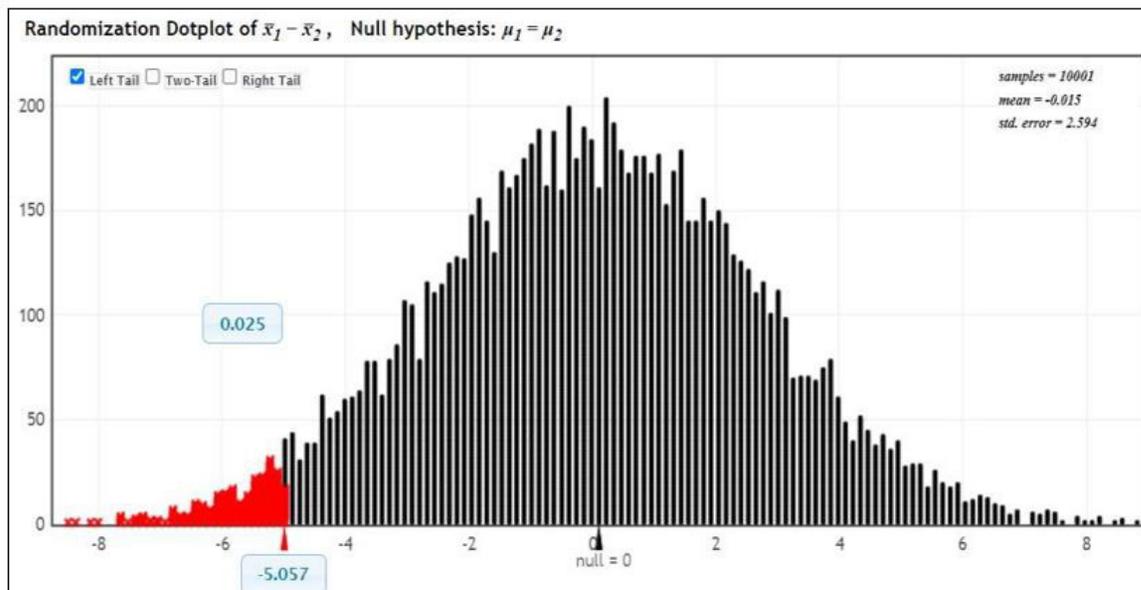


2.9.7. *Tiempos de viaje*

Con lo que respecta a este valor, similar al caso visto sobre longitudes de colas, para cada uno de los tramos evaluados, se pudo ver la disminución de los tiempos de viaje. Por ejemplo, en el tramo 1 (Giro a la derecha del acceso Av. Vasco Núñez de Balboa) se tiene una disminución de 8.56 segundos, o 11.56% de la situación actual. Este valor al realizar el análisis estadístico en Stat-Key, representa una disminución en los tiempos de viaje.

Figura 29

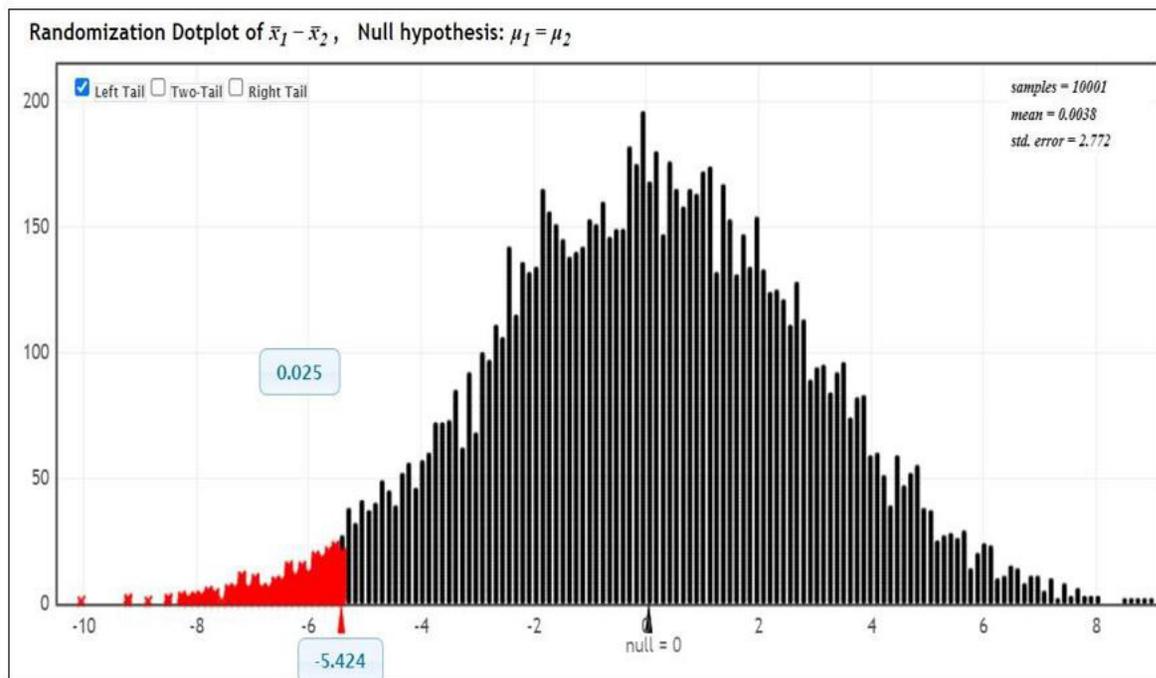
Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 1



En el caso del tramo 2 (acceso Av. 28 de Julio para el sentido de oeste a este), se tiene una disminución 6.43 segundos, o el 11.97% de la situación actual. Este valor al realizar el análisis estadístico en Stat-Key, representa una disminución considerable en los tiempos de viaje.

Figura 30

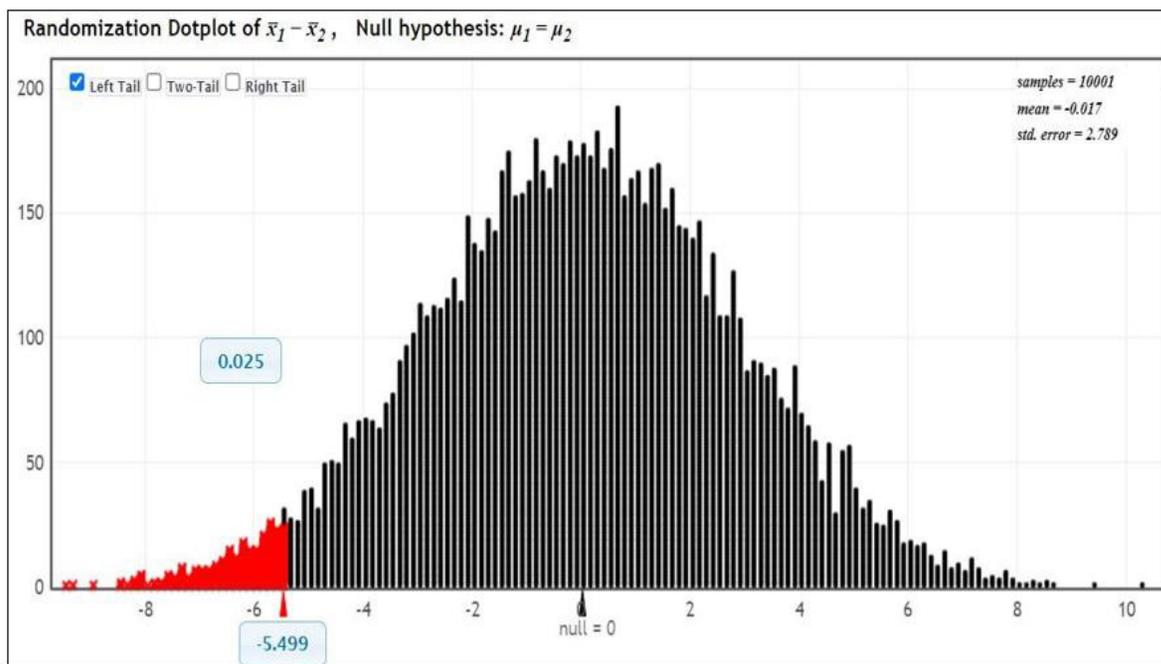
Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 2



Así también en el tramo 3 (acceso Av. Reducto para el sentido de sur a norte con giro a la derecha), se tiene una disminución 6.66 segundos, o el 6.23% de la situación actual. Este valor al realizar el análisis estadístico en Stat-Key, representa una disminución considerable en los tiempos de viaje.

Figura 31

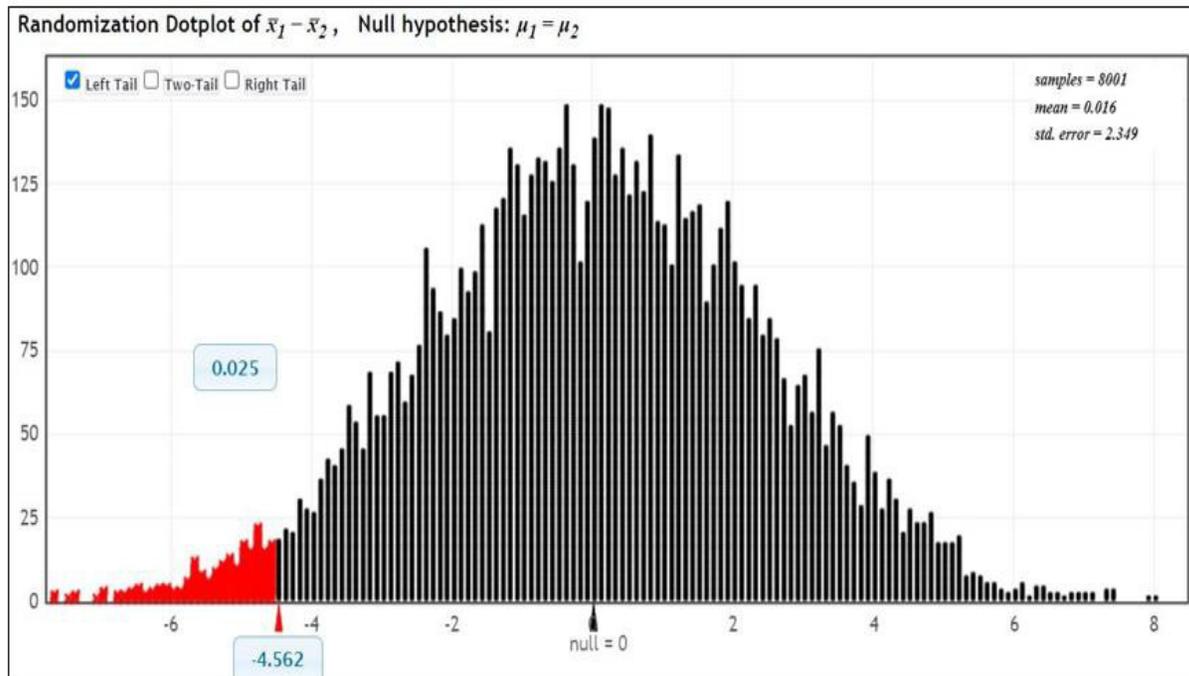
Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 3



Por último, en el tramo 4 (acceso Av. Reducto para el sentido de norte a sur con giro a la izquierda), se tiene una disminución 4.87 segundos, o el 6.23% de la situación actual. Este valor al realizar el análisis estadístico en Stat-Key, representa una disminución considerable en los tiempos de viaje.

Figura 32

Randomization test de comparación de promedios de tiempos de viaje de la situación actual y la alternativa de solución en el tramo 4



III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

3.1. Aporte 1 “Gestión de la implementación de semáforos”

Según lo indicado en la Ordenanza N° 341-2001-MML, estableciendo en su artículo Séptimo que "la Municipalidad Metropolitana de Lima tiene a su cargo la ejecución, mantenimiento, rehabilitación, remodelación, señalización horizontal y vertical, semaforización, ornato..." de Vías metropolitanas, no obstante, para la implementación de semáforos en vías locales, se debe antes tener una aprobación de la municipalidad mencionada líneas atrás. Aprobada ya la implementación de semáforos en una vía local, la municipalidad, en este caso Miraflores, puede ejecutar la implementación de los semáforos y dicha implementación lo realiza la Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial en coordinación con la Subgerencia de Obras Públicas y Mantenimiento. Pero para la coordinación del proceso completo de implementación de los postes, cableado, programación de las fases semafóricas el que suscribe es quien tiene esa responsabilidad.

Figura 33

Personal bajo cargo realizando trabajos de implementación de semáforos



3.2. Aporte 2 “implementación de estacionamientos rotativos”

En Miraflores a inicios del año 2019 la gestión en curso vino con la idea de desarrollar un plan para estacionamiento rotativo en el distrito esto con el fin dar una mejor rotación de los estacionamientos y poder cubrir el déficit de estacionamiento público que existe en Miraflores. El plan lo desarrolle en la cual se pudo obtener una total de 1551 estacionamientos público con una frecuencia de rotación de por lo menos 2 horas y se podría atender un total de más de 8000 vehículos diarios.

Tabla 11

Número de estacionamientos rotativos implementados en el Distrito de Miraflores

N°	ZONAS	N° DE ESTACIONAMIENTOS	%
1	1A, 2B, 2C	397	26%
2	3A	257	17%
3	7B	250	16%
4	5B	158	10%
5	4B	149	10%
6	8C	132	9%
7	7A	61	4%
8	10A	42	3%
9	9B	38	2%
10	5A	36	2%
11	6C	31	2%
TOTALES		1551	100%

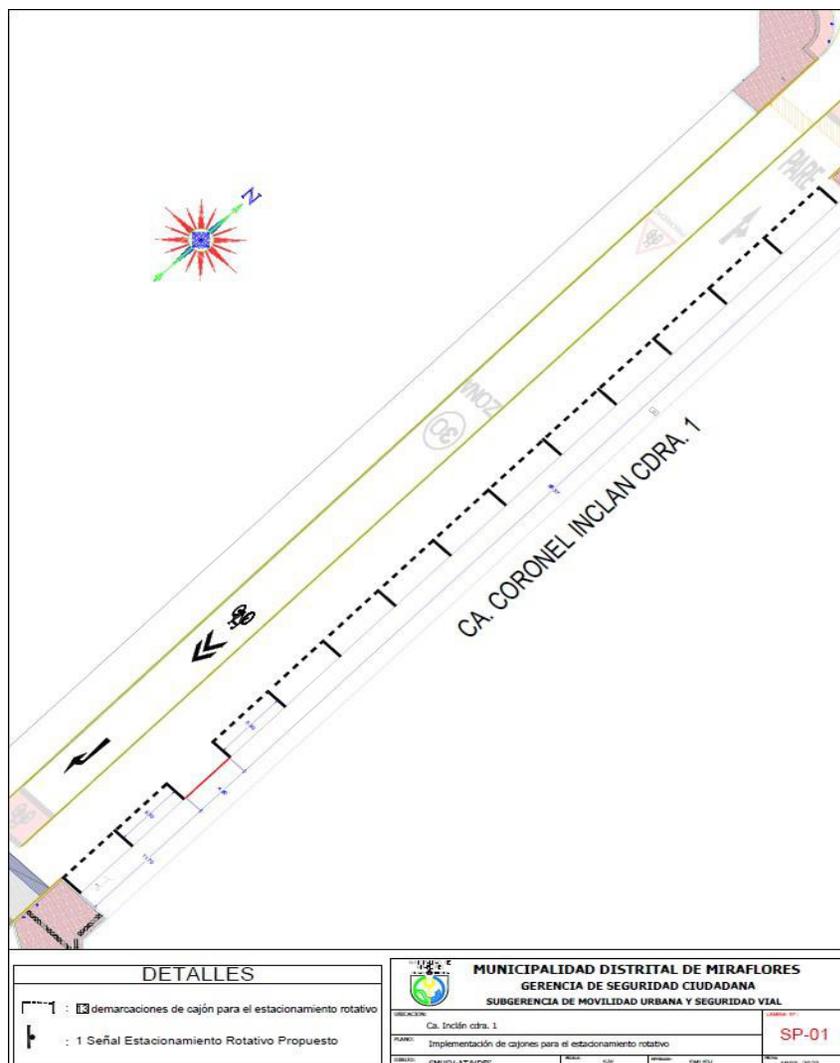
La medida fue adoptada y aceptada por el concejo municipal aprobándolo con Ordenanza 514 / MM actualmente se viene fiscalizando e implementando gradualmente las medidas en todas las zonas propuestas, se creó un área especial que considere la fiscalización, control y recaudación de las zonas que están como parqueo Municipal.

Beneficios: Mayor control en el uso del estacionamiento, Mejorar la rotación de los estacionamientos, Tiempo de atención más rápida a través de la impresión de comprobante de pago, mayor control del tiempo de uso de los estacionamientos, evitar conflictos por cobros no reconocidos por parte de los inspectores, sistema de operación accesible y amigable para el

usuario, mitigar la problemática de lavanderías informales sobre la calzada, mitigar la problemática de vehículos abandonados.

Figura 34

Plano diseño de implementación de zonas de estacionamientos rotativos



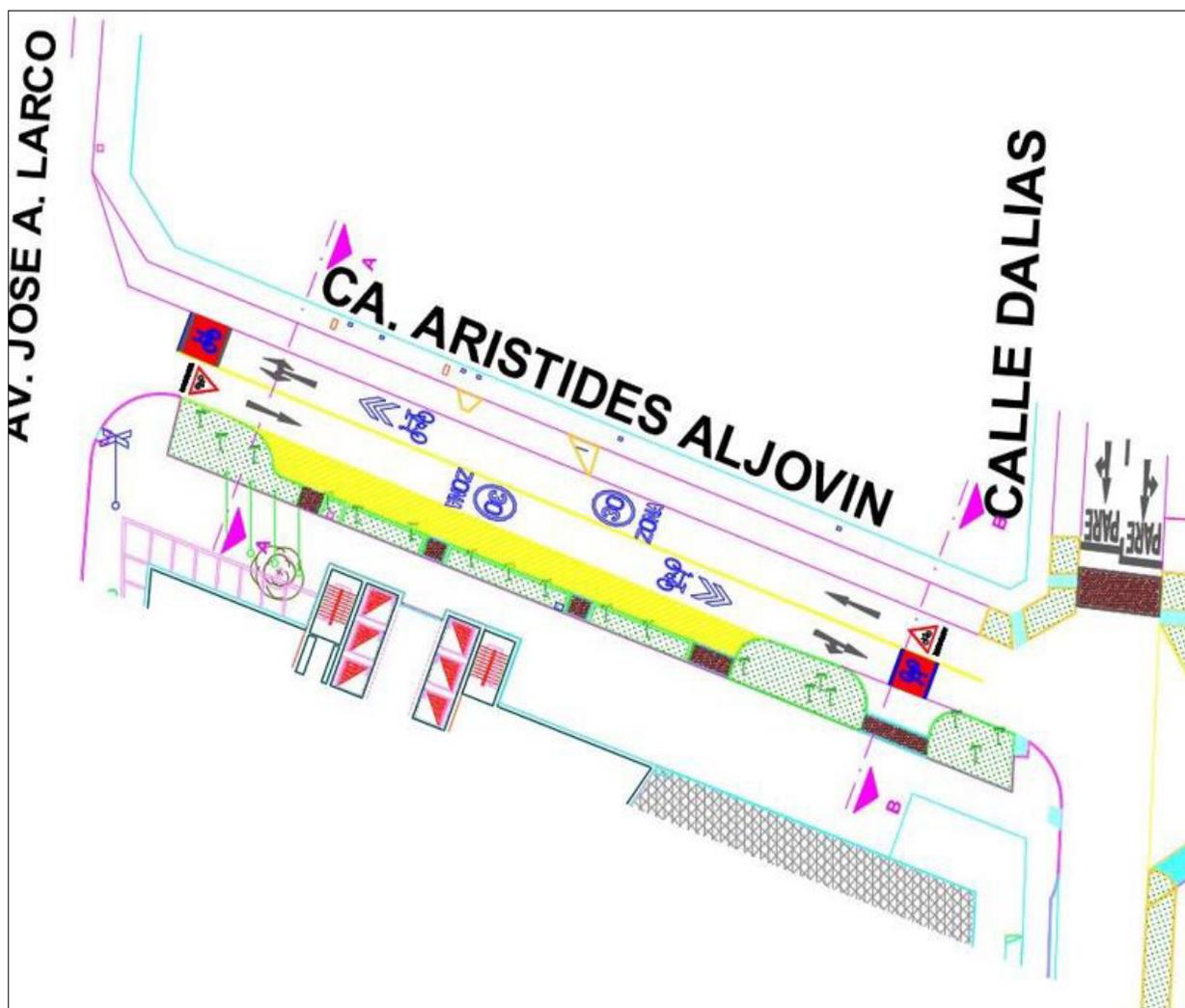
3.3. Aporte 3 “Implementación de zona 30 en la Zona vecinal 9”

La subgerencia de Obras Públicas y Mantenimiento se encargó de realizar el mejoramiento de la carpeta asfáltica en las vías de la Zona 9 de Miraflores: las vías dentro del proyecto comprendieron a la Ca. San Martín Ca. José Gonzales, Ca. Juan Fanning, Ca. Diego

Ferré, Ca. Arístides Aljovín y Ca. Las Dalias, en este caso, en representación de la Subgerencia de Movilidad Urbana, yo fui el encargado de realizar el diseño de la señalización horizontal para las vías una vez hayan sido mejoradas, en el diseño de la señalización como iniciativa incluí se realice la implementación de vías compartidas acompañada de señalización de zona 30. Una vía compartida es donde la prioridad lo tiene el ciclista cuando transita por la calzada. Esta iniciativa fue implementada con la finalidad de dar facilidad a los ciclistas de dichas vías que desean llegar a la ciclovía existente en la Av. José Larco.

Figura 35

Plano elaborado de diseño de vía compartida



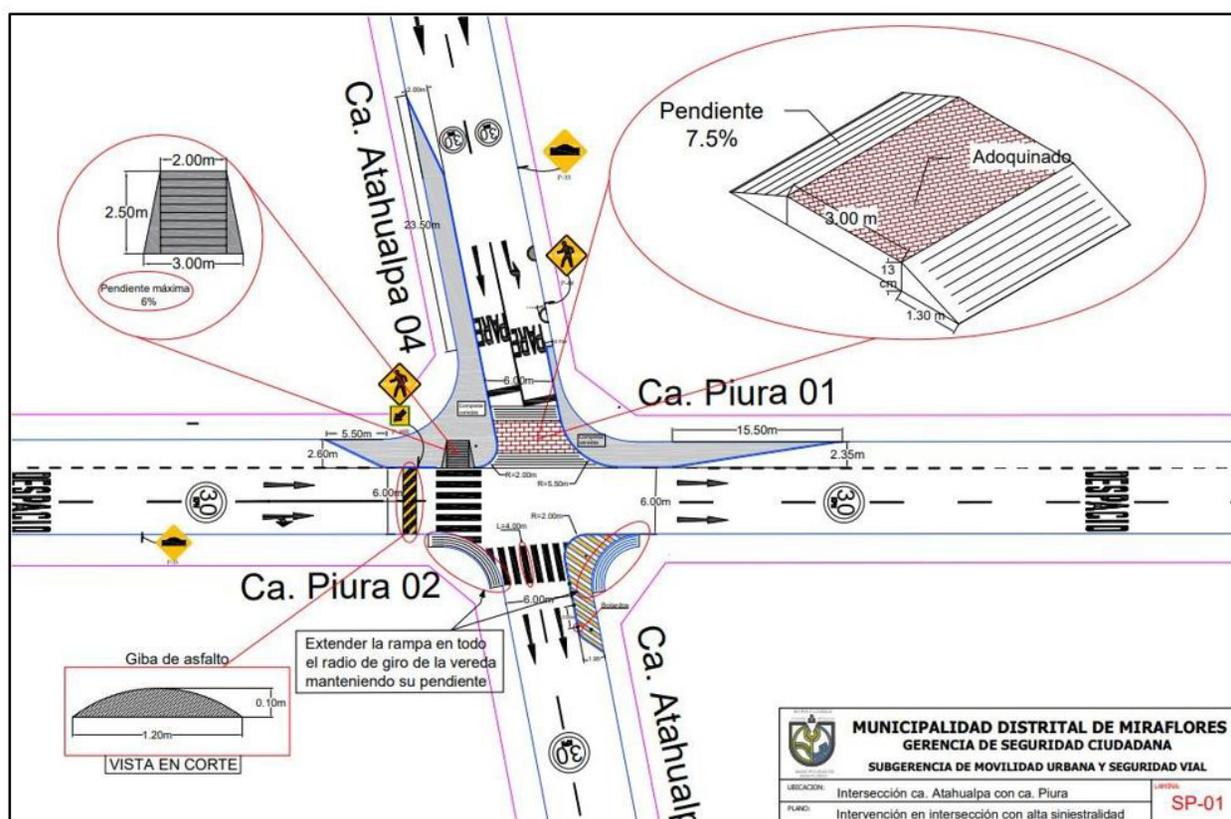
3.4. Aporte 4 “Realización de diseños viales novedosos de tráfico calmado”

La Municipalidad Distrital de Miraflores únicamente tiene competencia de intervenir en vías de carácter local. Entre las intervenciones que se realizan, son, por ejemplo; cambios en la geometría vial mediante la implementación de señalización horizontal, modificación de la sección vial, implementación de ciclovías, modificación de martillos o esquina, etc.

Los diseños mencionados son elaborados mediante el software Autocad y una vez revisados por el jefe del área técnica, son emitidos a la Subgerencia de Obras Públicas para su implementación.

Figura 36

Plano propuesta de rediseño de la geometría vial

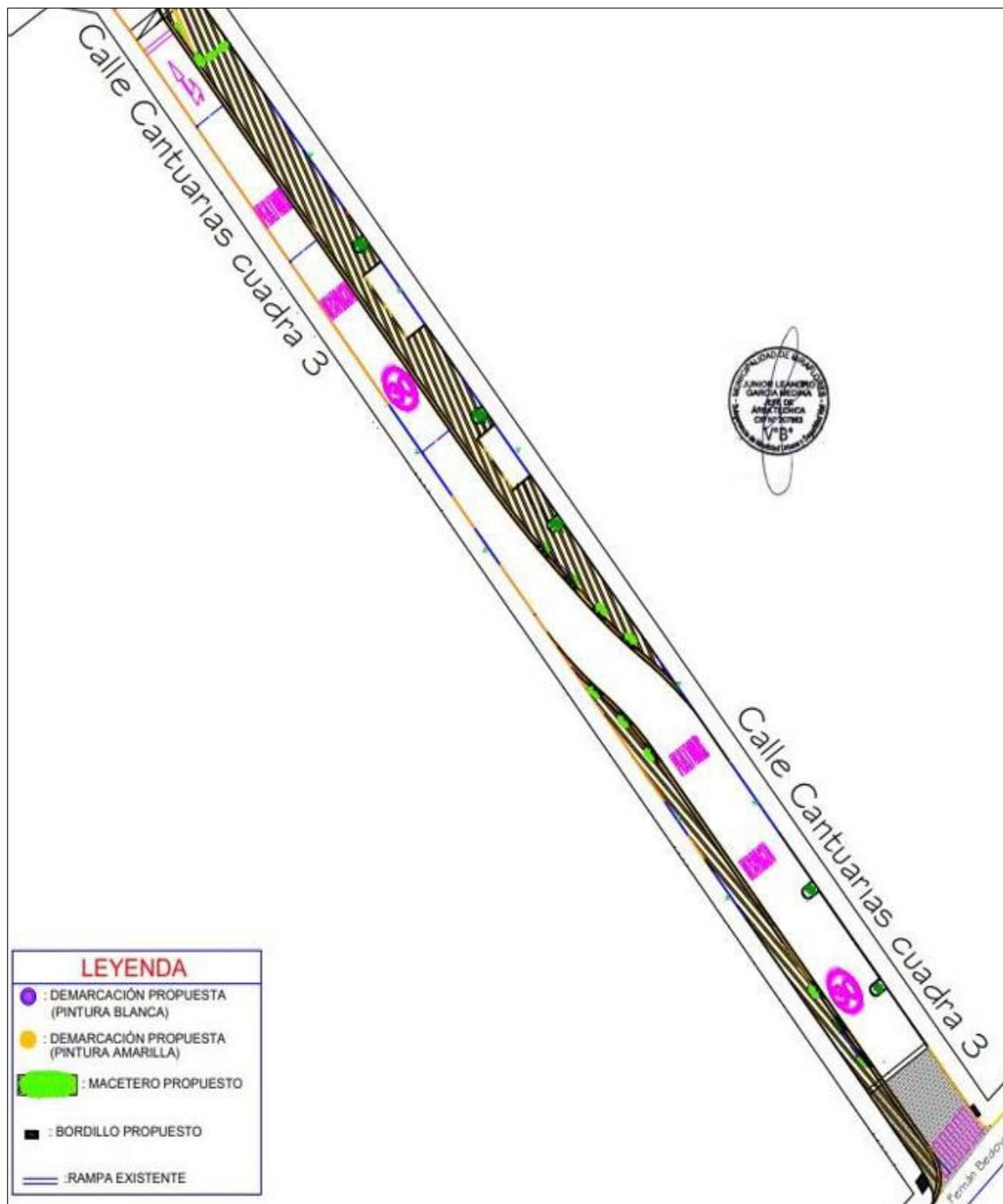


La finalidad de estos diseños viales es mejorar la seguridad del tránsito peatonal, mediante la ampliación de la visibilidad en los cruces o intersecciones, reducción de la velocidad

de circulación de vehículos mediante la implementación de “zonas 30” o la implementación de chicanas virtuales o de concreto.

Figura 37

Plano propuesta de chicana virtual



IV. CONCLUSIONES

- El análisis del eje vial Avenida 28 de Julio sobre la zona observada, se realizó en base a dos parámetros de eficiencia vehicular. En dicho análisis se pudo ver que la vía más crítica es el acceso Av. Reducto para el sentido de norte a sur, dado que se obtuvo una longitud de cola promedio de 105.01. De mismo modo dicho acceso presenta los mayores tiempos de viajes promedios registrados, siendo de 78.08 segundos. Estos valores indican que la situación de las intersecciones evaluadas es crítica y por ello se considera necesario realizar propuestas de mejora que solucionen los problemas identificados.
- Es importante indicar que la metodología utilizada para obtener los datos recolectados es válida para la realización de cualquier trabajo de la misma naturaleza. El uso del software Vissim 8.00 permite un mejor análisis de las redes viales y sus elementos. No obstante, los datos proporcionados por dicho software deben de ser utilizados con mucha cautela bajo supervisión de un especialista en el tema. Asimismo, la etapa de recolección de los datos es determinante en los resultados obtenidos por lo que se debe seguir una metodología adecuada.
- El software utilizado permite también el análisis de las propuestas de mejora que se tienen para la zona y poder determinar la más adecuada. Así pues, en este proyecto esta herramienta ha permitido determinar si la semaforización del cruce vial Avda. 28 de Julio / Calle Francisco del Castillo generaría mejoras en las intersecciones evaluadas o se mantendría la situación actual o la deterioraría.
- Durante el análisis de la propuesta se pudo notar la disminución de las colas y tiempos de viaje en cada uno de los tramos evaluados. Por tal motivo, se concluye que la solución propuesta genera mejoras considerables en el funcionamiento del área analizada con respecto a los valores del desempeño del tránsito vehicular: longitudes de colas y tiempos de viajes.

- Finalmente, la propuesta de mejora es una medida de bajo costo a comparación de la construcción de un puente vehicular como se ha mencionado con anterioridad.

V. RECOMENDACIONES

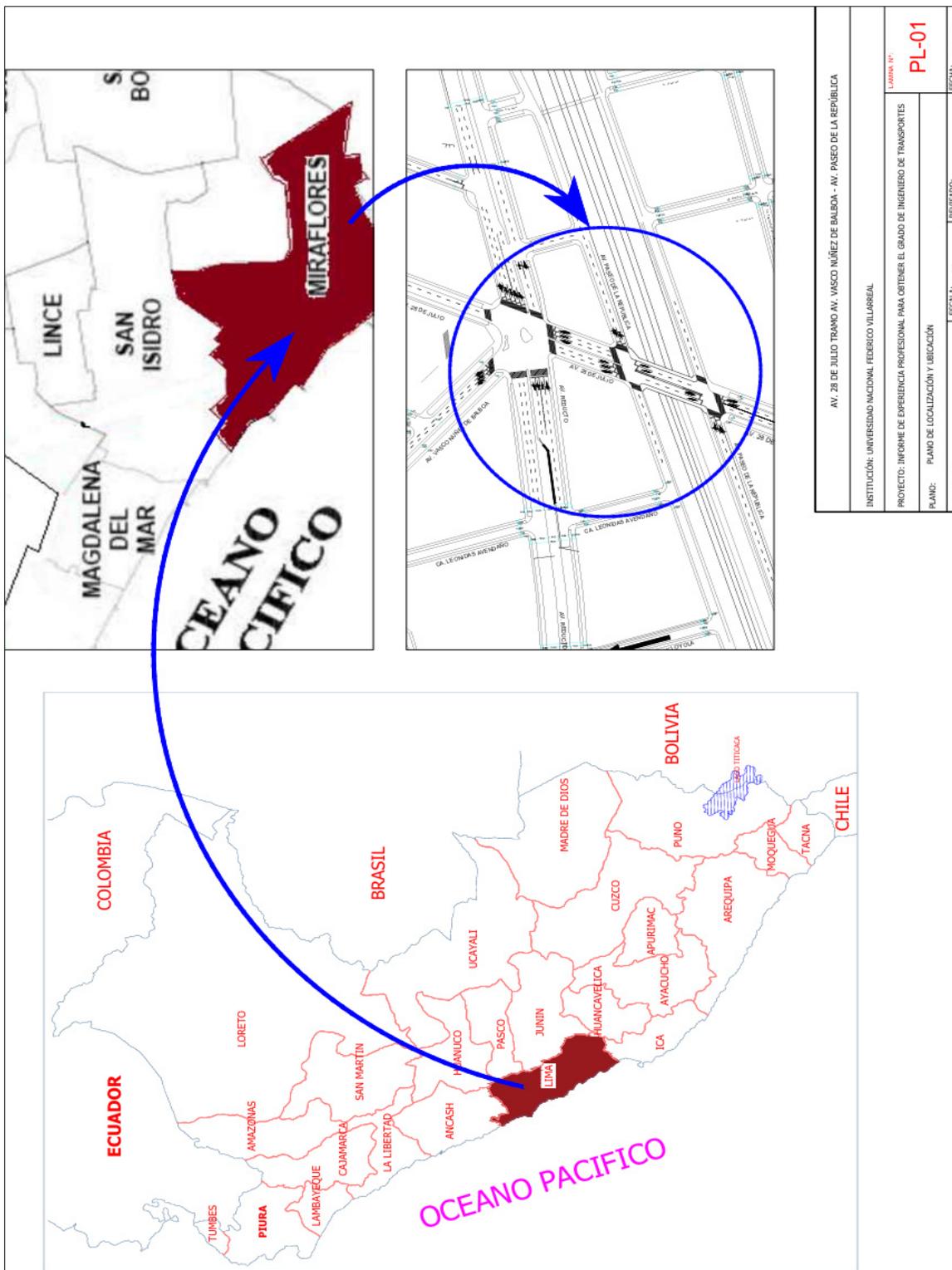
- Con la finalidad de mejorar las condiciones del tránsito vehicular en la zona de estudio es recomendable que la Municipalidad distrital de Miraflores, realice la implementación de dispositivos semafóricos sobre el cruce vial Avda. 28 de Julio con Calle Francisco del Castillo, toda vez que se podrá mejorar la coordinación de las intersecciones semaforizadas adyacentes en este importante eje vial (Av. 28 de Julio), mejorando así la continuidad del flujo vehicular y de los tiempos de viaje.
- Se recomienda la implementación de más zonas 30 en las cercanías de centros de alto riesgo como centros educativos, hospitales con miras de proteger a las personas más vulnerables.
- Eliminar o racionalizar la cantidad de líneas de transporte público en la Av. Reducto dado que contribuyen enormemente en la congestión del tránsito en las intersecciones de estudio.
- Mejorar las condiciones geométricas de la intersección materia de análisis, en donde pueda existir fases semafóricas que aprovechen de mejor manera la coincidencia de movimientos de los flujos vehiculares, especialmente en el cruce Avda. 28 de Julio / Av. Vasco Núñez de Balboa / Av. Reducto.
- La Adquisición de grúa para el Área de semáforos toda vez que sin dicha maquinaria es imposible lavar o revisar los semáforos aéreos.

VI. REFERENCIAS

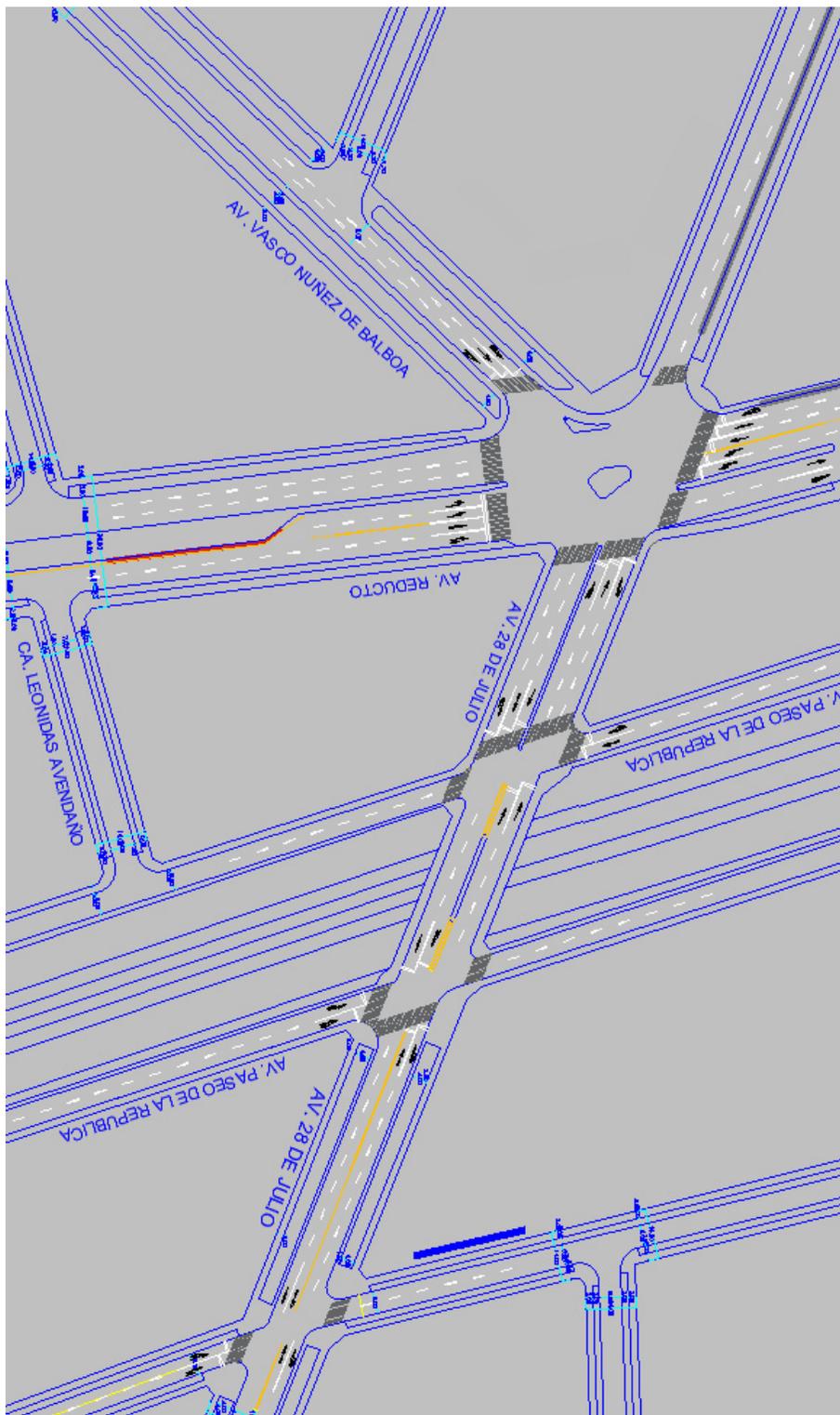
- Avilés, C. (2017). *Microanálisis de los desplazamientos peatonales y vehiculares en las afueras del hospital del niño*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8640>
- Cal, R. (2019). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones* (9° ed.). Alfa Omega.
- Jiménez, M. (2011). *Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico de un corredor vial semaforizado. Aplicación ciudad Medellín*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10854>
- Ministerio de transportes y comunicaciones (31 de mayo de 2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3730.pdf
- PTV Group. (2016). *PTV Vissim*. Obtenido de PTV Group. The mind of movement: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/products/ptv-vissim/>

VII. ANEXOS

Anexo A: Plano de Ubicación



Anexo B: Plano de situación actual



Anexo C: Tiempos de viaje – calibración

TIEMPOS DE VIAJE MEDIDOS EN CAMPO							
T1: GIRO BALBOA		T2: 28 DE JULIO OE		T3: GIRO REDUCTO SN		T4: GIRO REDUCTO NS	
N°	Tiempos de viaje en campo	N°	Tiempos de viaje en campo	N°	Tiempos de viaje en campo	N°	Tiempos de viaje en campo
1	80.56	1	50.42	1	77.9	1	78.2
2	76.98	2	48.25	2	65.74	2	74.19
3	75.45	3	60.24	3	55.89	3	80.63
4	62.54	4	55.45	4	77.46	4	79.57
5	62.54	5	59.64	5	63.54	5	79.45
6	78.25	6	43.25	6	70.97	6	84.32
7	74.25	7	55.24	7	85.63	7	85.32
8	70.45	8	38.36	8	71.51	8	70.07
9	80.54	9	52.36	9	82.35	9	69.2
10	75.32	10	55.42	10	85.63	10	84.63
11	77.45	11	42.78	11	86.14	11	58.63
12	69.85	12	60.25	12	80.07	12	80.77
13	75.48	13	59.84	13	85.64	13	89.11
14	73.45	14	54.36	14	79.85	14	77.8
15	68.12	15	69.48	15	78.41	15	79.33
Promedio	73.415	Promedio	53.689	Promedio	76.449	Promedio	78.081
Des. Estándar	1.95	Des. Estándar	7.44	Des. Están	3.35	Des. Estándar	3.15
Error	0.01	Error	0.07	Error	0.02	Error	0.02

TIEMPOS DE VIAJE OBTENIDOS EN VISSIM							
T1: GIRO BALBOA		T2: 28 DE JULIO OE		T3: GIRO REDUCTO SN		T4: GIRO REDUCTO NS	
N°	Tiempos de viaje Vissim	N°	Tiempos de viaje Vissim	N°	Tiempos de viaje Vissim	N°	Tiempos de viaje Vissim
1	77.06	1	72.45	1	75.36	1	84.45
2	62.51	2	59.45	2	70.62	2	76.49
3	73.89	3	63.45	3	80.61	3	75.27
4	71.74	4	48.52	4	79.35	4	64.14
5	80.77	5	52.36	5	70.89	5	80.45
6	105.39	6	50.63	6	87.75	6	75.95
7	80.87	7	39.98	7	64.32	7	70.99
8	78.63	8	45.63	8	58.92	8	64.33
9	76.49	9	58.62	9	74.45	9	80.75
10	77.04	10	40.63	10	65.14	10	73.41
11	79.29	11	50.64	11	57.21	11	83.45
12	63.64	12	57.63	12	66.48	12	76.13
13	82.21	13	63.45	13	79.25	13	74.45
14	85.60	14	50.96	14	80.58	14	69.47
15	78.74	15	54.32	15	63.47	15	63.25
Promedio	78.259	Promedio	53.915	Promedio	71.627	Promedio	74.199
Des. Estándar	3.38	Des. Estándar	9.74	Des. Están	4.04	Des. Estándar	2.88
Error	0.02	Error	0.1	Error	0.03	Error	0.02

Anexo D: Tiempos de viaje – validación

TIEMPOS DE VIAJE MEDIDOS EN CAMPO							
T1: GIRO BALBOA		T2: 28 DE JULIO OE		T3: GIRO REDUCTO SN		T4: GIRO REDUCTO NS	
N°	Tiempos de viaje en campo	N°	Tiempos de viaje en campo	N°	Tiempos de viaje en campo	N°	Tiempos de viaje en campo
1	70.52	1	46.54	1	65.42	1	71.61
2	61.24	2	48.25	2	70.54	2	79.63
3	55.74	3	50.23	3	54.35	3	80.34
4	54.21	4	42.58	4	82.14	4	55.47
5	63.74	5	43.21	5	62.31	5	66.84
6	79.84	6	44.57	6	55.74	6	56.22
7	69.85	7	56.75	7	68.25	7	58.18
8	80.64	8	44.54	8	77.84	8	79.84
9	72.41	9	47.85	9	68.21	9	67.51
10	78.45	10	43.65	10	61.24	10	77.98
11	59.49	11	42.57	11	60.34	11	53.78
12	56.78	12	55.63	12	57.14	12	86.14
13	78.41	13	46.89	13	78.42	13	70.08
14	75.32	14	59.84	14	58.74	14	66.34
15	85.36	15	45.29	15	67.28	15	50.97
Promedio	69.467	Promedio	47.893	Promedio	65.864	Promedio	68.062
Des. Estándar	3.75	Des. Estándar	9.15	Des. Estándar	3.91	Des. Estándar	4.25
Error	0.03	Error	0.10	Error	0.03	Error	0.04

TIEMPOS DE VIAJE MEDIDOS EN VISSIM							
T1: GIRO BALBOA		T2: 28 DE JULIO OE		T3: GIRO REDUCTO SN		T4: GIRO REDUCTO NS	
N°	Tiempos de viaje Vissim	N°	Tiempos de viaje Vissim	N°	Tiempos de viaje Vissim	N°	Tiempos de viaje Vissim
1	82.36	1	46.25	1	60.32	1	52.45
2	76.45	2	60.85	2	68.45	2	63.28
3	90.45	3	49.87	3	75.45	3	67.48
4	62.45	4	60.54	4	66.58	4	58.77
5	63.45	5	47.65	5	63.74	5	63.25
6	75.64	6	45.68	6	72.54	6	76.45
7	89.45	7	50.25	7	61.96	7	62.13
8	58.45	8	49.87	8	66.72	8	55.18
9	73.54	9	50.65	9	80.45	9	74.89
10	83.45	10	49.61	10	59.65	10	61.09
11	77.45	11	47.85	11	76.4	11	58.85
12	60.24	12	50.35	12	69.54	12	69.72
13	55.65	13	60.45	13	58.54	13	50.74
14	60.24	14	59.85	14	60.77	14	64.41
15	63.45	15	44.665	15	69.78	15	56.78
Promedio	71.515	Promedio	51.626	Promedio	67.393	Promedio	62.365
Des. Estándar	4.15	Des. Estándar	6.28	Des. Estándar	2.33	Des. Estándar	3.34
Error	0.04	Error	0.11	Error	0.04	Error	0.06

Anexo E: Longitud de cola – calibración

MEDICIONES DE LAS LONGITUDES DE COLAS EN CAMPO							
T1: REDUCTO NS		T2: BALBOA		T3: GREDUCTO SN		T4: PASEO SN	
N°	Longitudes de cola en campo	N°	Longitudes de cola en campo	N°	Longitudes de cola en campo	N°	Longitudes de cola en campo
1	145	1	72.5	1	89.64	1	108.36
2	84.62	2	75.62	2	56.42	2	90.65
3	141.57	3	79.85	3	87.21	3	77.24
4	100.12	4	35.68	4	80.46	4	79.85
5	75.68	5	36.54	5	76.51	5	80.41
6	128.65	6	63.45	6	90.68	6	96.22
7	99.65	7	69.45	7	89.01	7	56.84
8	96.84	8	65.21	8	103.74	8	110.52
9	80.46	9	80.34	9	74.65	9	69.74
10	96.85	10	78.45	10	96.45	10	120.59
11	105.35	11	85.35	11	100.23	11	84.34
12	109.41	12	80.65	12	123.45	12	107.18
13	100.7	13	77.91	13	104.67	13	69.75
14	98.74	14	55.62	14	90.35	14	71.33
15	111.56	15	76.95	15	115.47	15	69.45
Promedio	105.013	Promedio	68.905	Promedio	91.929	Promedio	86.165
Des. Estándar	6.97	Des. Estándar	13.02	Des. Estándar	6.84	Des. Estándar	8.63
Error	0.04	Error	0.10	Error	0.04	Error	0.06

LONGITUDES DE COLAS OBTENIDOS EN VISSIM							
T1: REDUCTO NS		T2: BALBOA		T3: GREDUCTO SN		T4: PASEO SN	
N°	Longitudes obtenidas en Vissim	N°	Longitudes obtenidas en Vissim	N°	Longitudes obtenidas en Vissim	N°	Longitudes obtenidas en Vissim
1	115.69	1	59.71	1	90.67	1	75.43
2	107.62	2	66.45	2	102.78	2	68.74
3	114.63	3	70.64	3	108.48	3	100.03
4	94.57	4	87.27	4	121.49	4	70.09
5	78.98	5	90.41	5	90.48	5	119.57
6	90.96	6	80.36	6	75.34	6	72.18
7	60.74	7	70.91	7	90.44	7	103.48
8	82.46	8	71.48	8	77.31	8	60.77
9	125.49	9	69.62	9	80.45	9	78.05
10	70.46	10	45.28	10	60.04	10	80.44
11	107.44	11	58.45	11	83.61	11	96.78
12	132.62	12	46.5	12	93.78	12	69.37
13	70.48	13	77.87	13	80.77	13	114.4
14	96.34	14	70.04	14	55.78	14	75.66
15	120.74	15	76.44	15	63.45	15	60.53
Promedio	97.480	Promedio	69.290	Promedio	84.990	Promedio	83.030
Des. Estándar	7.57	Des. Estándar	11.07	Des. Estándar	7.70	Des. Estándar	8.40
Error	0.04	Error	0.09	Error	0.05	Error	0.06

Anexo F: Longitud de cola – validación

MEDICIONES DE LAS LONGITUDES DE COLAS EN CAMPO							
T1: REDUCTO NS		T2: BALBOA		T3: GREDUCTO SN		T4: PASEO SN	
N°	Longitudes de cola en campo	N°	Longitudes de cola en campo	N°	Longitudes de cola en campo	N°	Longitudes de cola en campo
1	70.52	1	46.54	1	65.42	1	71.61
2	61.24	2	48.25	2	70.54	2	79.63
3	55.74	3	50.23	3	54.35	3	80.34
4	54.21	4	42.58	4	82.14	4	55.47
5	63.74	5	43.21	5	62.31	5	66.84
6	79.84	6	44.57	6	55.74	6	56.22
7	69.85	7	56.75	7	68.25	7	58.18
8	80.64	8	44.54	8	77.84	8	79.84
9	72.41	9	47.85	9	68.21	9	67.51
10	78.45	10	43.65	10	61.24	10	77.98
11	59.49	11	42.57	11	60.34	11	53.78
12	56.78	12	55.63	12	57.14	12	86.14
13	78.41	13	46.89	13	78.42	13	70.08
14	75.32	14	59.84	14	58.74	14	66.34
15	85.36	15	45.29	15	67.28	15	50.97
Promedio	69.467	Promedio	47.893	Promedio	65.864	Promedio	68.062
Des. Estándar	5.81	Des. Estándar	11.96	Des. Estándar	4.90	Des. Estándar	7.93
Error	0.03	Error	0.09	Error	0.03	Error	0.05

LONGITUDES DE COLAS OBTENIDOS EN VISSIM							
T1: REDUCTO NS		T2: BALBOA		T3: GREDUCTO SN		T4: PASEO SN	
N°	Longitudes obtenidas en Vissim	N°	Longitudes obtenidas en Vissim	N°	Longitudes obtenidas en Vissim	N°	Longitudes obtenidas en Vissim
1	89.62	1	46.78	1	60.47	1	53.46
2	70.54	2	60.44	2	68.45	2	62.81
3	76.08	3	49.74	3	52.41	3	76.95
4	64.58	4	59.45	4	63.46	4	58.91
5	64.78	5	40.75	5	70.11	5	70.84
6	50.49	6	49.85	6	63.78	6	77.52
7	77.41	7	50.79	7	52.49	7	59.48
8	70.48	8	60.43	8	86.25	8	63.23
9	79.85	9	40.07	9	62.41	9	59.74
10	62.14	10	45.71	10	50.13	10	74.36
11	60.07	11	47.52	11	83.47	11	66.38
12	59.85	12	52.09	12	60.49	12	74.22
13	50.74	13	76.48	13	63.48	13	52.38
14	72.48	14	63.27	14	77.24	14	50.17
15	68.45	15	58.13	15	63.46	15	60.08
Promedio	67.83	Promedio	53.43	Promedio	65.21	Promedio	64.04
Des. Estándar	3.74	Des. Estándar	5.43	Des. Estándar	3.64	Des. Estándar	3.13
Error	0.03	Error	0.06	Error	0.03	Error	0.03

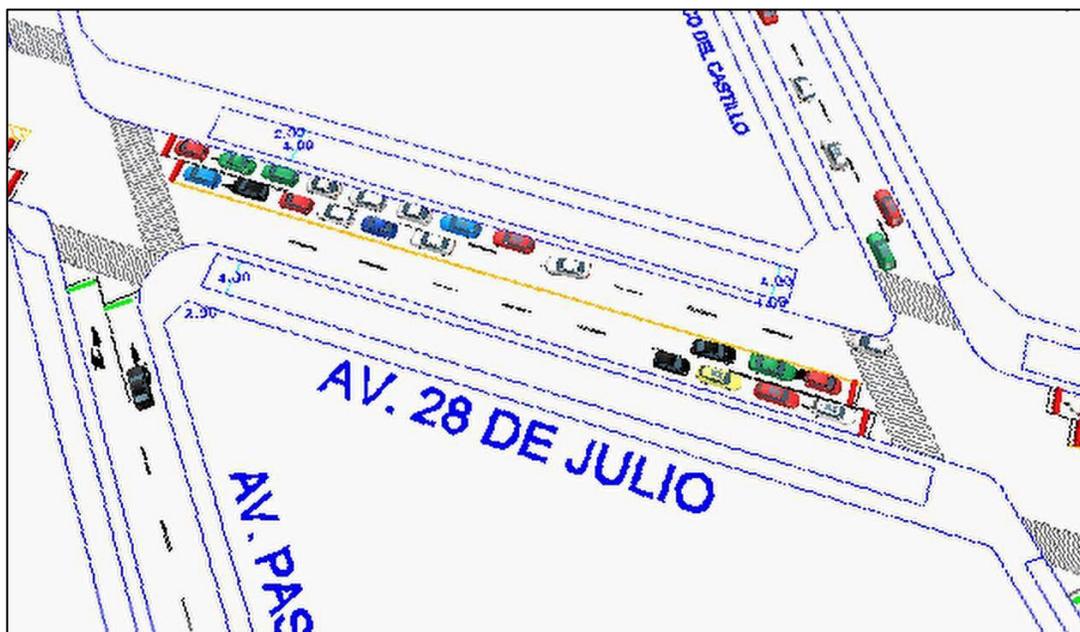
Anexo G: Parámetros de eficiencia – calibración

	PARAMETROS VISSIM			MEDIDAS DE TIEMPO DE VIAJE			
	ax	bxAdd	bxMult	T1	T2	T3	T4
DEFECTO	2.00	2.00	3.00	82.62	53.99	65.17	68.17
1	1.00	2.00	2.10	64.13	49.72	60.44	64.51
2	1.52	2.00	4.25	76.57	45.71	68.14	70.07
3	1.00	2.00	4.30	68.24	53.96	70.12	55.7
4	1.00	3.00	4.30	74.19	52.45	58.49	74.96
5	1.60	4.50	4.30	63.78	50.29	60.08	65.17
6	0.90	4.50	3.10	72.16	66.17	65.04	76.39
7	1.20	4.50	3.60	60.95	67.27	64.49	73.05
8	1.10	3.50	3.60	77.15	52.74	55.72	61.44
9	0.80	3.00	4.55	66.51	59.03	71.06	69.18
10	0.75	3.00	4.55	71.08	58.63	50.94	66.23
11	0.80	2.00	4.19	69.78	63.48	55.84	78.84
12	0.90	4.00	4.21	80.74	55.01	76.11	59.74
13	0.94	4.10	4.27	76.85	51.81	85.14	76.41
14	0.96	4.16	4.40	70.86	50.47	73.65	77.94
15	1.00	3.00	4.50	78.26	53.91	71.63	74.28
CAMPO	0.00	0.00	0.00	77.07	52.41	70.47	74.37
					CALIBRAN		
					NO CALIBRAN		

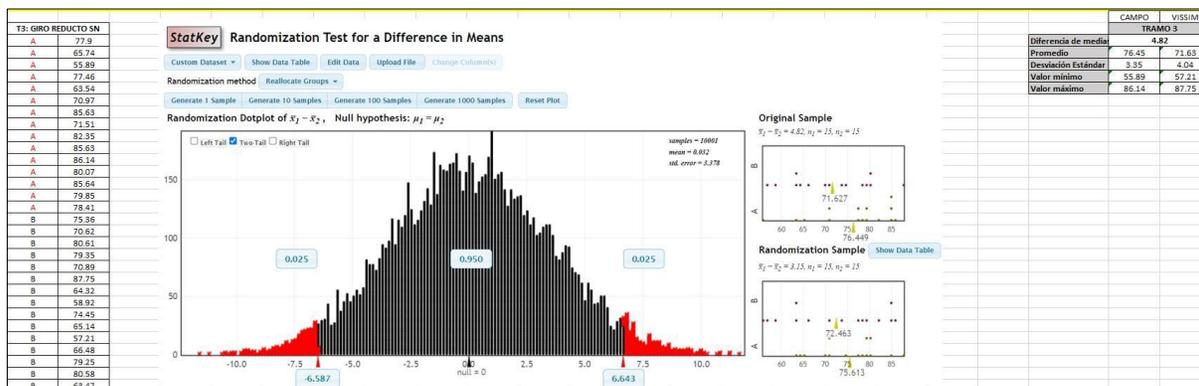
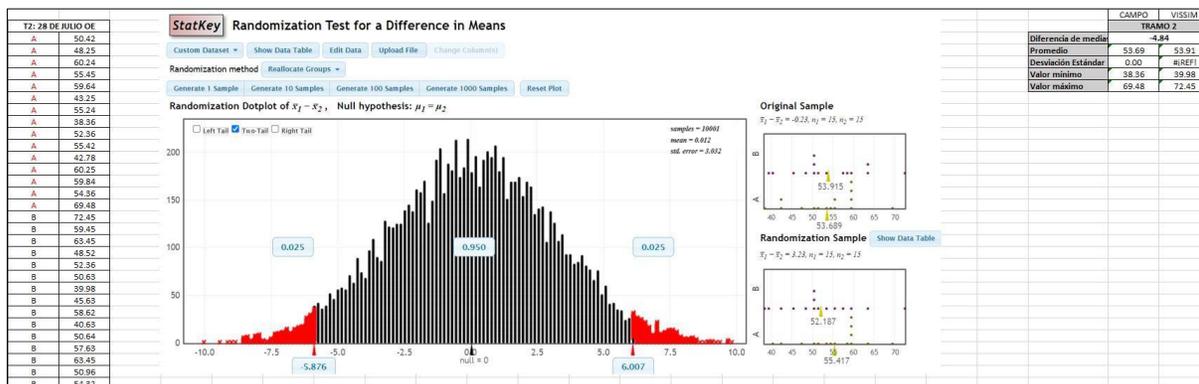
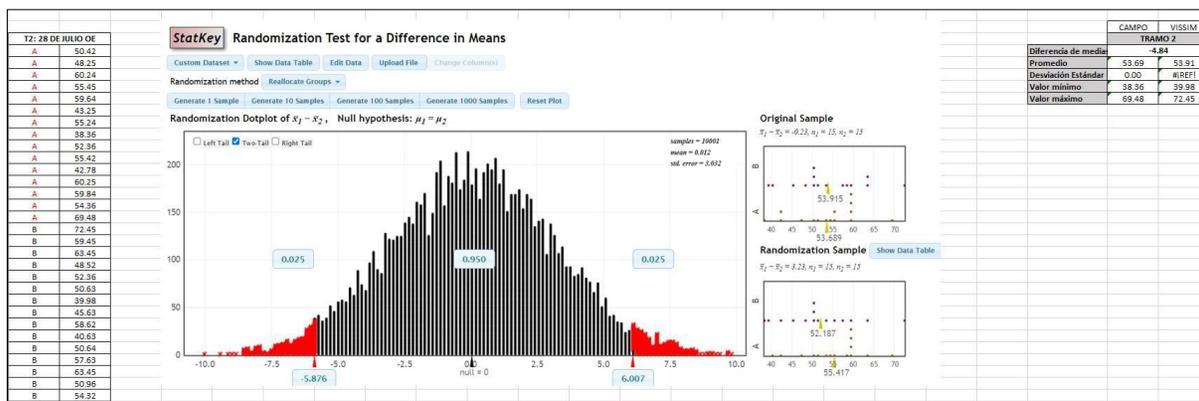
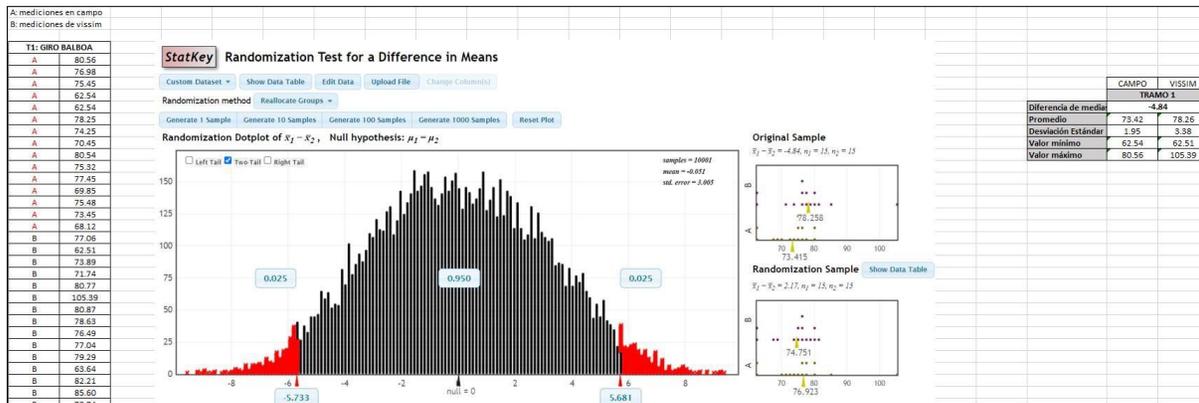
Anexo H: Parámetro de eficiencia – validación

	PARAMETROS VISSIM			MEDIDAS DE TIEMPO DE VIAJE			
	ax	bxAdd	bxMult	T1	T2	T3	T4
DEFECTO	2.00	2.00	3.00	59.61	50.69	61.46	68.41
1	1.10	1.14	3.50	69.11	51.26	59.67	59.63
2	1.10	1.16	3.90	71.05	70.64	76.81	77.22
3	1.10	1.80	3.80	79.04	59.85	50.13	62.11
4	1.35	2.10	4.20	63.41	61.07	76.45	67.03
5	1.30	3.50	3.10	68.33	51.87	54.18	60.34
6	0.80	4.00	3.40	73.54	49.24	67.87	80.46
7	1.50	4.10	3.40	64.59	70.5	77.31	70.8
8	1.20	4.10	3.90	50.49	55.37	76.69	61.84
9	0.84	4.20	3.65	68.54	51.1	84.33	50.14
10	0.90	4.25	4.00	77.63	59.71	50.09	73.91
11	0.85	4.30	4.00	71.91	64.24	88.69	65.84
12	0.75	3.00	4.10	55.62	76.98	67.13	62.21
13	0.95	3.00	4.05	65.31	56.45	65.98	60.47
14	0.96	3.10	4.10	74.85	51.37	53.69	62.96
15	0.95	3.10	4.00	71.69	50.91	67.17	62.55
CAMPO	0.00	0.00	0.00	71.51	51.63	67.39	62.36
					CALIBRAN		
					NO CALIBRAN		

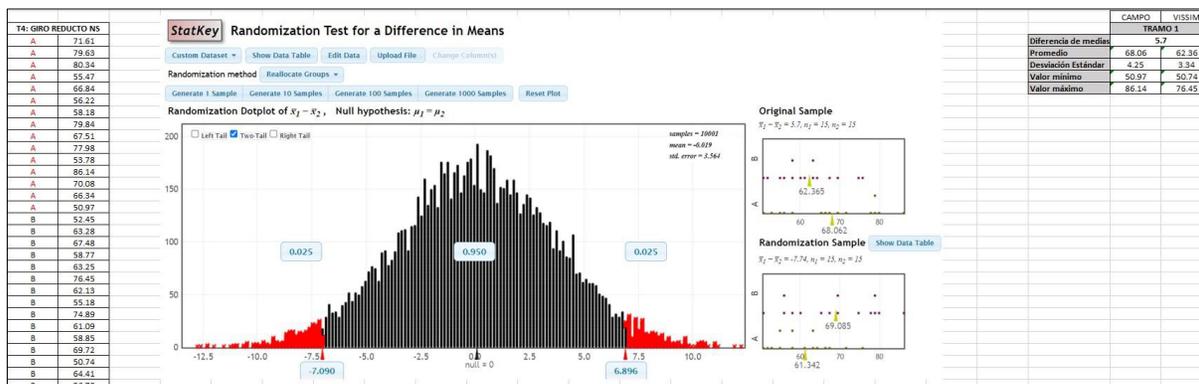
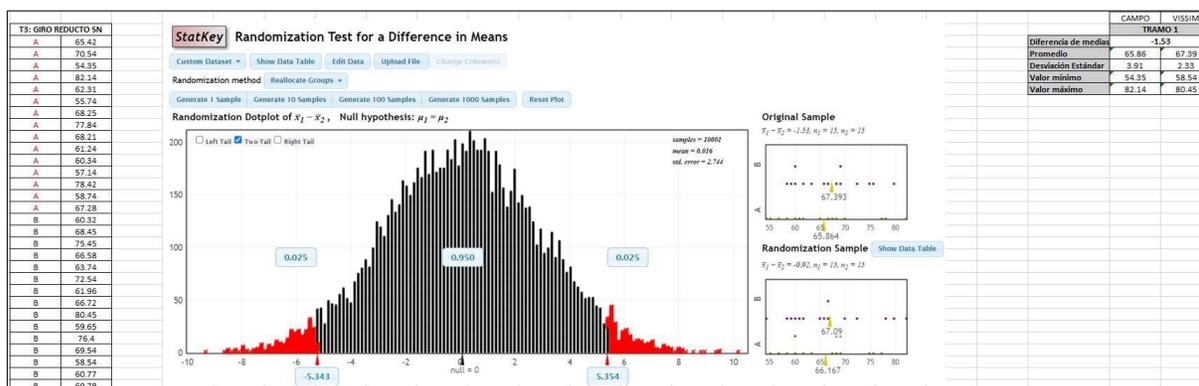
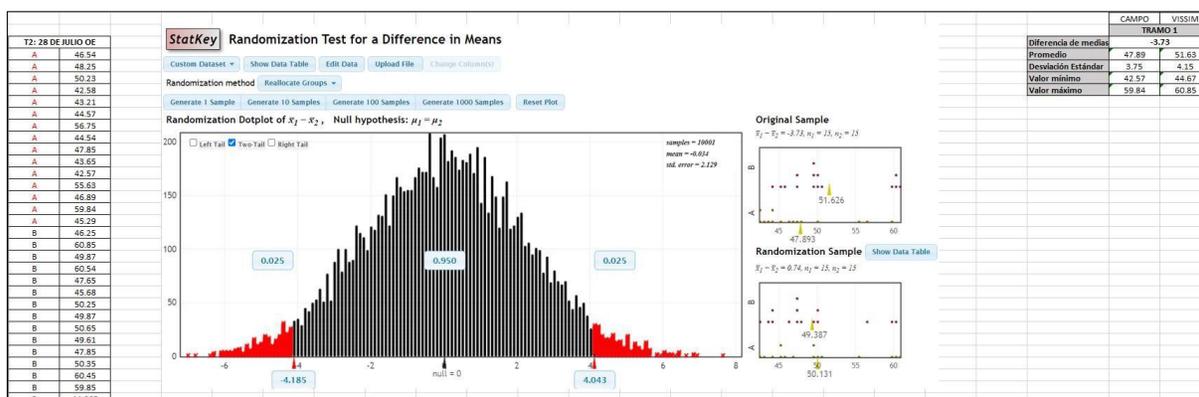
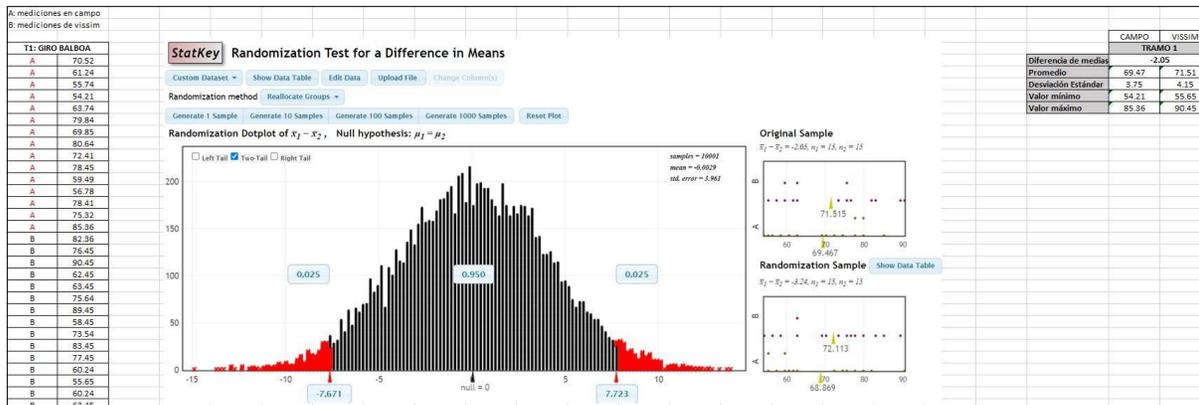
Anexo I: Captura de pantalla del modelo de la situación propuesta realizada en Vissim 8.0



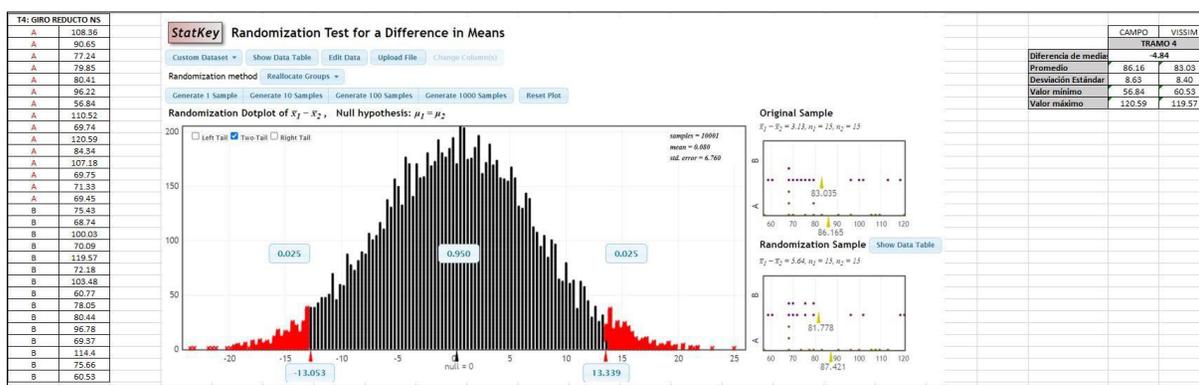
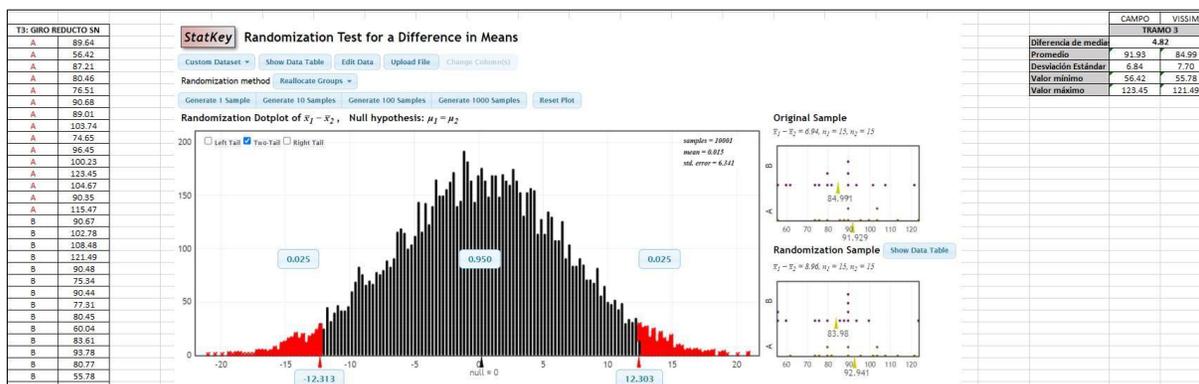
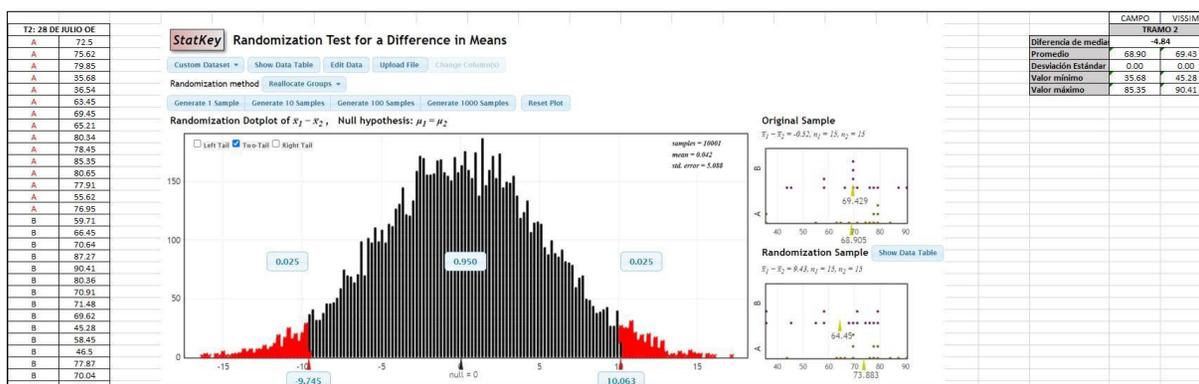
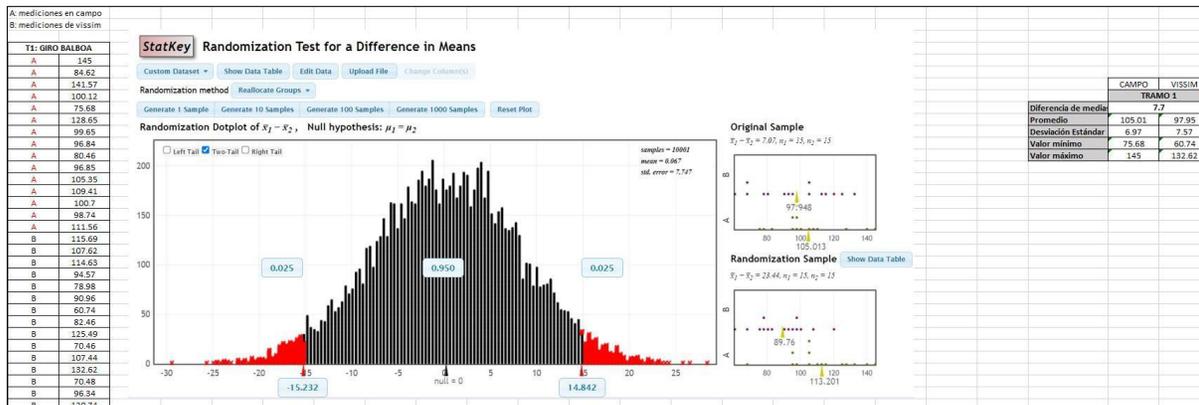
Anexo J: Análisis estadístico para la calibración de tiempos de viaje



Anexo K: Análisis estadístico para la validación de tiempos de viaje



Anexo L: Análisis estadístico para la calibración de longitudes de colas



Anexo M: Análisis estadístico para la validación de longitudes de colas

