

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial



**Propuesta de Modelo de Simulación en tráfico
vehicular, para reducir tiempos de viaje.
Caso: Avenida Vitacura (200-2900)**

Por

**Sebastián Gonzalo Rodríguez Paillalef
Jonathan Sebastián Ronda Garate**

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de
Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Mauricio Valle Barra

Octubre, 2014

Índice

ÍNDICE	2
GLOSARIO	5
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE GRÁFICOS	8
RESUMEN	9
AGRADECIMIENTOS	10
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	14
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	14
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. DEFINICIÓN Y TIPOS DE MODELOS	15
2.1.1. <i>Modelos Macroscópicos</i>	16
2.2. HERRAMIENTAS DEL SIMULADOR TRANSYT, TEORÍA DE LA SEMAFORIZACIÓN	20
2.2.1. <i>Semaforización</i>	20
2.2.2. <i>Dispersión del tráfico</i>	23
2.2.3. <i>Demora</i>	26
2.2.4. <i>Determinación del flujo de saturación</i>	28
2.2.5. <i>Factores para determinar flujo de saturación</i>	29
2.2.6. <i>Determinación de los entre verde</i>	31
2.2.7. <i>Verde mínimo</i>	32
2.2.8. <i>Verde efectivo</i>	32
2.2.9. <i>Viaje total</i>	33
2.2.10. <i>Tiempo de viaje total y promedio</i>	33
2.2.11. <i>Velocidad promedio del sistema</i>	34
2.2.12. <i>Máxima extensión de cola y capacidad de la cola</i>	35
2.2.13. <i>Consumo de combustible</i>	35
2.2.14. <i>Calibración y validación del modelo</i>	36
3. DESARROLLO	38
3.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO	38
3.3. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO	38
3.3.1. <i>Nodos e intersecciones</i>	38
3.3.2. <i>Tiempos de Viaje</i>	40
3.3.3. <i>Periodos de Estudio</i>	41
3.3.4. <i>Semaforización</i>	41
3.3.5. <i>Medición Vial</i>	44
3.3.6. <i>Mediciones de flujos vehiculares</i>	45
3.4. SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	46

3.4.1	<i>Grado de saturación</i>	46
3.4.2	<i>Velocidad media, demora, detención y tiempo de recorrido</i>	48
3.4.3	<i>Índice de rendimiento y Consumo de combustible</i>	49
3.4.4	<i>Factor de emisión según Velocidad media</i>	50
3.5	VALIDACIÓN DEL MODELO, EN BASE A SITUACIÓN ACTUAL.....	51
3.6	ESCENARIOS PROPUESTOS DE MEJORA A LA SITUACIÓN ACTUAL.....	55
3.6.1	<i>Descripción de los supuestos</i>	55
3.6.1.1	<i>Supuesto 1: Mejorar la semaforización del tramo con los recursos disponibles actualmente. (Semáforo Óptimo)</i>	55
3.6.1.2	<i>Supuesto 2: No virar a la derecha en la intersección Av. Vitacura / Isidora Goyenechea</i>	56
3.6.1.3	<i>Supuesto 3: Ciclo Óptimo</i>	57
3.6.1.4	<i>Supuesto 4: Vías Reversibles y cruces Scoot</i>	57
3.6.2	<i>Resultados y análisis comparativo con la situación actual</i>	59
3.6.2.1	<i>Horario Punta Mañana</i>	59
3.6.2.1.1	<i>Grado de saturación</i>	59
3.6.2.1.2	<i>Demoras</i>	60
3.6.2.1.3	<i>Índice de rendimiento (IR)</i>	60
3.6.2.1.4	<i>Consumo de Combustible</i>	61
3.6.2.1.5	<i>Velocidad media</i>	61
3.6.2.1.6	<i>Tiempo de recorrido</i>	62
3.6.2.2	<i>Horario Punta Medio Día</i>	62
3.6.2.2.1	<i>Tiempo de recorrido</i>	62
3.6.2.3	<i>Horario Punta Tarde</i>	63
3.6.2.3.1	<i>Tiempo de recorrido</i>	63
CONCLUSIÓN		64
BIBLIOGRAFÍA		68
ANEXOS		71
ANEXO 1 – MODELO MESOSCÓPICOS Y MODELOS MICROSCÓPICOS.....		71
<i>Modelos Mesoscópicos</i>		71
<i>Modelos Microscópicos</i>		71
ANEXO 2 – SEMAFORIZACIÓN HORARIOS PUNTA MEDIO DÍA Y PUNTA TARDE		79
ANEXO 3 – MEDICIONES FLUJO VEHICULAR PERIODOS PMD Y PT.		81
ANEXO 4 - EJEMPLO DE TABLAS DE SEMAFORIZACIÓN SCOOT		83
ANEXO 5 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, SITUACIÓN ACTUAL PM		89
ANEXO 6 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, SITUACIÓN ACTUAL PMD.....		90
ANEXO 7 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, SITUACIÓN ACTUAL PT		91
ANEXO 8 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PM-C100		92
ANEXO 9 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PM-C140		93
ANEXO 10 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PM-C160		94
ANEXO 11 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PM-C180		95
ANEXO 12 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PMD-C40.....		96
ANEXO 13 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PMD-C60.....		97
ANEXO 14 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PMD-C80.....		98
ANEXO 15 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PMD-C100.....		99
ANEXO 16 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PT-C40.....		100
ANEXO 17 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PT-C60.....		101
ANEXO 18 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PT-C80.....		102
ANEXO 19 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, CICLO OPTIMO PT-C100.....		103
ANEXO 20 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, NO VIRAR DERECHA PM		104
ANEXO 21 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, NO VIRAR DERECHA PMD		105

ANEXO 22 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, NO VIRAR DERECHA PT.....	106
ANEXO 23 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, SEMÁFORO OPTIMO PM	107
ANEXO 24 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, SEMÁFORO OPTIMO PMD.....	108
ANEXO 25 – SALIDA O RESULTADOS DE TRANSYT, SEMÁFORO OPTIMO PT.....	109
ANEXO 26 – ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS HORARIO PMD, EN COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN ACTUAL.	110
ANEXO 27 – ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS HORARIO PT, EN COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN ACTUAL.	114
ANEXO 28 - GRÁFICOS DE FACTOR DE EMISIÓN SEGÚN VELOCIDAD MEDIA.....	118

Glosario

- **Arco vial:** un arco vial es cualquier curva continua que une dos puntos. También, se denomina arco a un segmento a todos los giros y movimientos generados en un nodo.
- **Congestión vehicular:** se refiere tanto urbana como interurbanamente, a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atochamientos. Este fenómeno se produce comúnmente en los horarios u horas pico o punta, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.
- **Eje vial:** son un sistema de vialidades o nodos utilizadas en tránsito de vehículos motorizados de todo tipo y tamaño aunque con una semaforización y equipamiento vial optimizados para una circulación más fluida, que abarca la zona urbana de una en los sentidos norte-sur y oriente-poniente.
- **Nodos viales:** los nodos viales son los puntos de unión de varias vialidades que generalmente se resuelven a desnivel, priorizando el tránsito principal y los giros de arcos hacia la izquierda o derecha en flujo continuo.
- **Pelotón:** en tránsito, un pelotón se denomina a un gran grupo de vehículos que ingresan a un eje vial en un periodo muy corto de tiempo, el cual conlleva saturación y congestión vehicular.
- **Tráfico vehicular:** también denominado Tránsito vehicular, y es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.
- **TRANSYT:** es un simulador de tráfico y sincronizador de programa de optimización de semáforos. La principal aplicación de TRANSYT-7F es el diseño, optimización y temporización de la señal de semáforos, este simulador se aplica con un modelo de simulación macroscópica detallada (incluida la dispersión de pelotón, spillback cola, y la simulación de control accionado). [MANUALTRANSYT].

Lista de Abreviaturas y Siglas

- UOCT: Unidad operativa de control de tránsito.
- SECTRA: Subsecretaria de Transito.
- MOP: Ministerio de Obras Públicas.
- Mov: Movimiento.
- S: Segundos.
- Min: Minutos.
- Hrs: Horas.
- PM: Periodo Punta Mañana.
- PMD: Periodo Punta Medio Día.
- PT: Periodo Punta Tarde.
- UF: Unidad de fomento
- UTM: Unidad Tributaria Mensual.
- SB: Saturación básica.
- PCU: Siglas en ingles de unidad de automóviles de pasajeros
- ADE: Autos directos equivalentes.
- VL: Vehículos livianos.
- TXC: Taxis colectivos.
- TXB: Taxi buses.
- BUS: Buses Transantiago.
- BUSART: Buses articulados Transantiago.
- C2E: Camión de dos ejes.
- C+2E: Camión de más de dos ejes.
- TOTAL VEH: Total de vehículos.
- TOTAL VEQ: Total de vehículos equivalente

Lista de Figuras

Figura 2-1: principales enfoques de la simulación de tráfico.....	16
Figura 2-2: Relación lineal entre velocidad y densidad.....	17
Figura 2-3: Relación Parabólica ente el flujo y la densidad.....	18
Figura 2-4: Relación Parabólica entre velocidad y flujo.....	19
Figura 2-5: Estructura del proceso de TRANSYT.....	21
Figura 2-6: Perfil de llegada.....	22
Figura 2-7: Perfil de salida teórico.....	22
Figura 2-8: Perfil de salida.....	23
Figura 2-9: Distribución de pelotón.....	24
Figura 2-10: Diagrama tiempo/distancia de pelotón y buses.....	25
Figura 2-11: Grafico de demoras según tipo.....	26
Figura 2-12: Movimiento con oposición.....	30
Figura 3-1: Diagrama de eje de estudio.....	40
Figura 3-2: ejemplo de fases de una intersección.....	42
Figura 3-3: Ejemplo de una semaforización en un nodo de 2 fases.....	42
Figura 3-4: diagrama espacio tiempo punta mañana.....	43
Figura 3-5: Diagrama de caja de tiempos de cruce, punta mañana.....	51
Figura 3-6: Diagrama de caja de tiempos de cruce, punta medio día.....	52
Figura 3-7: diagrama de caja de tiempos de cruce, punta tarde.....	54
Figura 3-8: Diagrama de carga y descarga de flujos en el caso Supuesto 2.....	56

Lista de Tablas

Tabla 1-1: Tabla Cruces críticos, Santiago de Chile.	13
Tabla 2-1: Flujo de saturación básica	28
Tabla 3-1: Nodos e intersecciones de análisis	38
Tabla 3-2: Tiempo de recorrido del eje de análisis	41
Tabla 3-3: Horarios punta	41
Tabla 3-4: Fases de semáforos por nodo, Punta mañana.....	43
Tabla 3-5 - Anchos de pista, radio de giro y vía de ingreso de cada intersección estudiada.....	44
Tabla 3-6: Factor de equivalencia de vehículos	45
Tabla 3-7 - Mediciones de flujo vehicular, punta mañana laboral.	45
Tabla 3-8: Velocidad media, demoras y tiempo de recorrido. Mov 21 y Mov 41 en los 3 periodos de estudio.	49
Tabla 3-9: Consumo de combustible de los 3 periodos de estudio.....	50
Tabla 3-10: Valores medidos y simulados de tiempos de cruce, punta mañana.	52
Tabla 3-11: Valores medidos y simulados del tiempo total, punta mañana.	52
Tabla 3-12: Valores medidos y simulados de tiempos de cruce, punta medio día.	53
Tabla 3-13: valores medidos y simulados del tiempo total, punta medio día.	53
Tabla 3-14: valores medidos y simulados de tiempos de cruce, punta tarde.	54
Tabla 3-15: valores medidos y simulados del tiempo total, punta tarde.	54
Tabla 3-16: Ciclos de análisis.	57
Tabla 3-17: Ejemplo del ciclo en una Intersección de Semaforización Scoot, tiempos de duración (segundos).	58
Tabla 3-18: Grados de saturación de los escenarios propuestos, horario punta mañana.	59
Tabla 3-19: Tiempo de las demoras horario punta mañana, de los movimientos 21 y 41 de cada supuesto.	60
Tabla 3-20: Índice de Rendimiento de cada supuesto analizado, horario punta mañana.	60
Tabla 3-21: Consumo de combustible de cada supuesto analizado, horario punta mañana.	61
Tabla 3-22: Velocidad media del recorrido, horario punta mañana.....	61
Tabla 3-23: Tiempo de cruce del recorrido, horario punta mañana.	62
Tabla 3-24: Tiempo de cruce del recorrido, horario punta medio día	62
Tabla 3-25: Tiempo de cruce del recorrido, horario punta tarde.....	63
Tabla C 0-1: Resumen de Tiempos de recorrido por escenario, Horario PM.	65
Tabla C 0-2: Resumen de Tiempos de recorrido por escenario, Horario PMD.	65
Tabla C 0-3: Resumen de Tiempos de recorrido por escenario, Horario PT.....	66
Tabla C 0-4: Tiempos medios de recorrido del eje en cada escenario propuesto, Horario PT.....	66
Tabla C 0-5: Tiempos diarios de recorrido en eje y porcentaje de mejora.....	67

Lista de Gráficos

Grafico 3-1: Grados de saturación por arco, horario PM.	47
Grafico 3-2: Grados de saturación por arco, horario PMD.	47
Grafico 3-3: Grados de saturación por arco, horario PT.	48
Grafico 3-4: Emisiones de gases por cada periodo.	50

Resumen

El objetivo general de este informe es proponer un modelo de simulación el cual permita disminuir los tiempos de viaje dentro de un tramo o eje vial en los tres horarios punta del día (punta mañana, punta medio día y punta tarde), este es atractivo para el desarrollo de este estudio al ser muy utilizado diariamente en el gran Santiago; también organismos gubernamentales como la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT) y la Subsecretaría de Tránsito (SECTRA) lo definen como un eje crítico de congestión en la ciudad, este es la Avenida Vitacura; tramo que comprende desde Avenida Presidente Riesco hasta Avenida Nueva Providencia. Donde los tiempos de viaje no debiesen superar los dos minutos y en la actualidad bordean los cinco minutos, valores excesivos para la distancia del tramo. Esta presenta gran variabilidad de tiempos de ejecución de sus flujos vehiculares, provocando grandes atochamientos de usuarios dentro del eje, causando un aumento en los tiempos de viaje antes descrito. Este aumento en los tiempos de viaje tiene distintas consecuencias; entre ellas sociales, financieras, ambientales y de salud mental.

Para este estudio, que se realiza como proyecto de memoria, se trabajara con el simulador TRANSYT 8 el cual es utilizado en UOCT y SECTRA, este programa analiza con un enfoque macroscópico lo que es el tráfico vehicular, analizando los arcos mediante pelotones que se distribuyen con perfiles predefinidos y suavizados mediante factores.

Dentro de lo que es este estudio es posible desglosarlo en tres etapas; la primera, que consta de lo que es el marco teórico el cual da una pincelada a las herramientas y funciones que utiliza el simulador para analizar los datos de entrada del eje de análisis. Además de teorías de semaforización que complementan la teoría necesaria para modelar el comportamiento del tráfico vehicular.

La segunda etapa consiste en realizar un análisis y simulación de la situación actual, partiendo con los datos de entrada de la situación actual, tomando muestras de lo que es el entorno físico (anchos de pista, radios de giro, distancias entre nodos, entre otros) y tabulando los flujos de los diferentes nodos. Los cuales se ingresan al simulador para modelar la situación actual y posteriormente validarla con muestreos en terreno.

La tercera etapa será un análisis de los resultados de la situación actual, los cuales una vez validados servirán de soporte para el establecimiento de escenarios de simulación propuestos para la mejora del caso estudiado.

En la última etapa, ya analizados y establecidos los escenarios propuestos para la mejora de la situación actual, se realizaran los modelamientos y simulaciones de los diferentes escenarios propuestos en cada uno de los periodos de interés. Una vez obtenidos dichos resultados, serán contrastados con los resultados de la situación actual para finalmente concluir y tomar decisión de cuál de los escenarios propuestos servirá como mejora a disminuir los tiempos de viaje de los usuarios que transitan por el eje estudiado.

Agradecimientos

I.

Agradezco en primera instancia a mi familia por todo el esfuerzo conjunto que hemos realizado por este afán de convertirme en un profesional; a mis padres por incentivarme a estudiar una carrera, la paciencia, apoyo y los valores que me entregaron desde pequeño; a mis hermanos por aguantarme las mañas, el mal genio y por sobre todo el amor que me brindan día a día, ya que sin la familia esto no hubiese sido posible y probablemente hubiese tirado la toalla a mitad de camino. A mi prima Claudia Ramírez que se tomó el tiempo de ayudarme en la realización de esta Memoria; A mis tías, tíos, primas y primos que siempre mostraron apoyo y una palabra de aliento; Mis abuelos que muy a su modo también valoraron mi esfuerzo y brindaron apoyo en todo momento. Y no menos importante señalar una preciosura que llego hace casi un año a nuestra familia, la Josefita, mi sobrina que llego a llenar un espacio y aunque ella no lo note, fue la persona que dio ese último impulso emocional para llegar a la meta.

En segunda instancia a mi compañero Jonathan Ronda, que hemos recorrido este camino desde un comienzo con altas y bajas, y aunque se alargó un poco más de lo previsto inicialmente su ayuda, consejos y su amistad fueron un aliciente importante para salir a flote.

No quiero dejar de mencionar a mis amistades y amigos de la Universidad, ellos más que nadie saben lo mucho que me costó el finalizar este sueño. Como no mencionar y destacar a mis amigos “Los Bizarros” que fuimos un “ejemplo a seguir “por las nuevas generaciones del cómo llevar una vida universitaria, en especial a mi gran amigo Javier Cerda el cual su amistad espero perdure en el tiempo. A los muchachos que estuvieron conmigo en los 2 años que fui Presidente del Centro de Estudiantes donde conocí mucha gente y realidades de alumnos muy parecidos a la mía que ayudaron a mi crecimiento personal. Donde conocí a mis manos derecha e izquierda como las llamaba, la Nicole y la Ivannia o como también las llamaba “Pajarito y Pollito” dos mujeres increíbles que hasta el día de hoy y espero para siempre contar con su amistad incondicional a pesar de los tropezones que me ha dado la vida.

Como no señalar al personal académico y docente de la Universidad de Valparaíso, mis profesores, las mujeres de la DAE Santiago, la Sra. Cristina Díaz que jamás olvidare sus palabras cuando realice el fatídico tramite llamado FUSA; todos ellos me brindaron una palabra de apoyo quizá sin darse cuenta.

En última instancia y sumamente importante agradezco a Dios por todo lo que brinda a mi familia. Agradezco a la vida por poner delante de este camino a gente tan hermosa que llevaré en el recuerdo siempre hasta la eternidad.

Sebastián Gonzalo Rodríguez Paillalef

II.

Al llegar al final de este camino, se me hace un tanto nostálgico mirar atrás para poder dedicar unas simples palabras de agradecimiento a las principales personas que fueron partícipes de este trayecto.

Los primeros recuerdos, de un inicio un tanto difícil por el lugar donde partimos esta etapa me hacen mencionar a las primeras personas en agradecerles, mis abuelos, que pese a su edad se las arreglaban para acercarme al lugar de donde yo tomaba el bus, acompañándome con unos ricos desayunos que hacían más grata esas levantadas tan tediosas que en ocasiones desanimaban el inicio del día.

Se me vienen a la mente muchas personas a quien agradecer, pero sin lugar a dudas mi tía, quien me cuido y crio de pequeño mientras mi madre trabajaba es una de las personas que debe ser mencionada y agradecida en estas palabras, ya que es una mujer que en cierta forma formo el carácter, templanza y demás que hoy me hacen ser lo que soy.

Hay dos familias también a las cuales quiero agradecer por su enorme preocupación constantemente durante todo este camino y por el hecho de hacerme parte de estas, haciéndome sentir uno más y sin hacer diferenciaciones. De las familias a las cuales me refiero son la familia Sarniguet y La familia Delgado.

Agradezco de forma especial a mi compañero de tesis Sebastián Rodríguez Paillalef por ser un ente con características especiales que hacen de su ser una persona confiable, de gran afecto, entre otros que hicieron que nuestra amistad fuese de las que se puede decir sin titubear una amistad real.

Agradezco además a la Ingeniera en Transito de la UOCT Claudia Ramírez R. por su enorme cooperación en este proyecto de titulación.

Por ultimo agradezco a mi familia, mis padres Carmen Gloria Garate y Arturo Vargas Delgado y mi hermano Matías por ser los precursores de estos, que sin ellos es muy probable que no estaría dirigiendo estas palabras, por estar siempre, no solo en los buenos momentos, sino también en los malos, por darme los valores y demás que me hacen salir adelante y por sobre todo les agradezco por aguantarme por mi carácter tan especial, los quiero.

Jonathan Sebastián Ronda Garate

1. Introducción

La UOCT constantemente requiere de modelos de simulación que puedan representar la realidad del tráfico vehicular. Con el fin de tomar medidas que puedan descongestionar calles y avenidas.

Según datos de la UOCT sobre el parque vehicular en el Gran Santiago indican que llegara a los 2 millones de vehículos para el 2015, 500 mil más de los que ya circulan por las calles. Por lo que la necesidad de modelos de simulación es cada vez más requerida.

Actualmente el flujo vehicular en el tramo que se analizará es un crítico, durante el horario de 17.00 a 20.30 horas, haciendo que los tiempos de tránsito sean relativos en esas horas. Por esto se hace muy necesario realizar un proceso cuantitativo de medición de flujo vehicular, los cuales nos permitan desarrollar estándares y/o parámetros de congestión que ayuden a la búsqueda de alguna solución a la problemática de la congestión planteada.

Complementando lo antes mencionado, el MOP en los próximos meses iniciará obras para la eliminación de la rotonda Pérez Zujovic, que en el futuro y al término de dicha obra provocará un aumento en el flujo de alimentación al eje que analizaremos (según fuentes de la UOCT y Municipalidades de Providencia y Vitacura). Otros detalles o aspectos importantes a mencionar es el término de las edificaciones en el sector, la construcción de salidas en la Costanera Norte y el rediseño de los estacionamientos del Mall Costanera Center.

Todos estos aspectos anteriormente señalados podrían generar una congestión aún mayor para este tramo, donde deseamos que nuestro trabajo sea una herramienta más para la ayuda vial y confort del parque vehicular. Además se generarán beneficios ambientales al reducir las emisiones producidas por los vehículos en las congestiones. Asimismo habrá beneficios económicos siendo el más importante el aumento de la productividad de las personas que transitan por el sector, el aumento de la plusvalía de las edificaciones en el sector debido a la mayor comodidad de vivir o trabajar en el sector.

1.1. Planteamiento del Problema

Durante años, sobre todo en este último tiempo ha existido un problema de congestión importante dentro del eje de Av. Vitacura, entre la Rotonda Pérez Zujovic y Av. Providencia. Donde alguna de las causas del aumento en la congestión son: el aumento en el parque vehicular, el aumento en el parque flotante y construcción de edificaciones en el sector. Todo esto ha provocado una tasa importante de congestión y demoras considerables en el tramo estudiado, según datos e índices de la UOCT los tiempos de recorridos son bastante altos en un tramo relativamente corto (700 m), el tiempo normal de viaje no debiese llevar más allá de minutos con un tráfico expedito y libre de anomalías viales que pudieses existir hoy en día. Los horarios críticos y que serán analizados son los siguientes:

- Punta mañana (8:30 a 9:30).
- Punta media laboral (13:00 a 14:00).
- Punta tarde (18:45 a 19:45).

En la siguiente tabla, observaremos las esquinas con alta congestión, traducida en tiempo o demora en los usuarios.

Tabla 1-1: Tabla Cruces críticos, Santiago de Chile.

PARAMETROS DE ANALISIS	AV. VITACURA ENTRE P. RIESCO Y N. PROVIDENCIA	GRAN AVENIDA ENTRE SANTA ANSELMA Y AV AMERICO VESPUCIO	AV AMERICO VESPUCIO ENTRE LAS HUALTATAS Y AV APOQUINDO	FUENTE
DIAS DE CONGESTION	DE LUNES A VIERNES	JUEVES Y VERNES	DE LUNES A VIERNES	UOCT
HORA DE MAYOR CONGESTION	DE 17:30 A 20:00	DE 17:30 A 21:30	DE 17:30 A 20:30	UOCT
DISTANCIA DEL TRAMO	0.7 KM	0,66 KM	1,44 KM	GOOGLE MAPS
TIEMPO DE VIAJE	2 MINUTOS	2 MINUTOS	5 MINUTOS	UOCT
TIEMPO DE VIAJE EN CONGESTION	ENTRE 10 Y 15 MINUTOS	ENTRE 10 Y 15 MINUTOS	ENTRE 25 Y 30 MINUTOS	UOCT
TRANSANTIAGO	4	8	9	TRANSANTIAGO.CL
FLUJO DE ENTRADA AL TRAMO C/15 MIN	1.000 VEHICULOS APROX	380 VEHICULOS APROX	1050 VEHICULOS APROX	CONSULTORA CIPRES
FLUJO DE SALIDA AL TRAMO C/15 MIN	1.150 VEHICULOS APROX	300 VEHICULOS APROX	1000 VEHICULOS APROX	CONSULTORA CIPRES
DE LA CONGESTION HIPOTESIS DE CAUSA	FLUJO CTE DE VEHICULOS Y ALTERNATIVA GRATIS A LA AUTOPISTA COSTANERA	MALA SEMAFORIZACION EN EL CRUCE CON AV AMERICO VESPUCIO	PARADERO DE BUSES EN LA SALIDA DEL METRO ESCUELA MILITAR	UOCT Y GOB.SUBTRANS.CL

(Fuente elaboración propia, en base a información entregada por la UOCT, 2013)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Proponer un modelo de simulación con enfoque macroscópico para reducir tiempos de viaje con respecto a los niveles de congestión.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar y estudiar cada nodo semaforizado del eje, revisando primordialmente flujos vehiculares input y output de cada nodo establecido.
- Definir la situación actual del caso, estableciendo los parámetros adecuados para una óptima calibración.
- Construir un modelo de simulación del sistema enfocado en el caso propuesto.
- Validar la situación actual.
- Definir supuestos de solución para el caso en cuestión.
- Experimentar con el modelo de simulación los supuestos establecidos.
- Interpretar y comparar los resultados de cada supuesto estudiado en la simulación.

2. Marco Teórico

2.1. Definición y tipos de modelos

Para estudios de fenómenos complejos como lo es el tráfico vehicular se ha demostrado que un enfoque sistémico ha resultado exitoso para su estudio, pues este considera al sistema como un conjunto de componentes complejos y funcionales que se interrelacionan con un objetivo en común. Lo que hace posible estudiarlo científicamente, mediante el uso de representaciones formales (lógicas o matemáticas) o modelos de sistema, que en su definición más simple (Mitchell, 1993), un modelo es una representación de algo. Ahora una definición un poco más elaborada y que representa más lo que se va realizar en tema, es la de Minsky, que de acuerdo a él, "Un objeto M es un modelo de un sistema S si puede ofrecer respuestas validas a preguntas de un observador O en el sistema S.". Tomado desde este punto de vista es posible obtener diferentes modelos del mismo sistema de tráfico, construidos en función del enfoque que adopte el observador. Por lo tanto, se debe entender o aceptar que un modelo solo será una representación parcial de la realidad del sistema.

Los modelos formales, es decir, modelos que expresan en términos formales (matemática y/o lógica) como se relacionan los componentes del sistema, de acuerdo a las hipótesis de modelado. Son los modelos a utilizar para este estudio y en especial los modelos matemáticos siendo estos últimos los que formulan las relaciones del sistema en términos cuantitativos. Una forma común de calcular estos términos, es mediante la relación entre los atributos que caracterizan los componentes del sistema y las variables matemáticas que representan formalmente. Dichas variables pueden ser clasificadas como variables de decisión, que son aquellas que simbolizan los aspectos controlables del problema, y las variables no controladas, que vienen siendo los conjuntos de parámetros, coeficientes y constantes que son insumos del sistema de determinación de las alternativas viables para el problema. Aquellos aspectos que miden que tan bien se logran los objetivos de la toma de decisiones se conocen como medidas de rendimiento, medidas de eficiencia o funciones de utilidad. Cuando se puede expresar formalmente en términos de la variable de decisión suele llamarse función objetivo.

Un modelo matemático es entonces una representación formal del sistema en términos matemáticos. Según Ackoff (1962), la forma general del modelo matemático es:

$$U=f(X,Y)$$

$$\text{Sometido a } X \in W(Y)$$

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$$

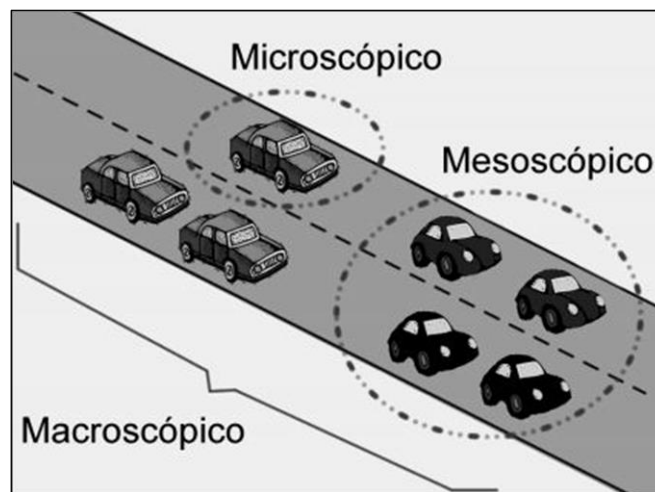
- Donde U es la función utilidad, que depende de la variable de control X y la de la no controlable Y, donde las variables de control puede tomar valores en el dominio definido por W (Y), que depende de la variable no controlable.

- Se puede expresar en términos de expresión matemática que limitan los rangos de valores de que una variable de decisión puede asumir. Tales expresiones matemáticas, llamadas restricciones, tienen la forma general:

$$W(Y) \equiv \{X: R_k (X, Y) \leq 0, k = 1, 2, \dots, K\}$$

Para este caso los modelos de simulación son variados. La ingeniería en tránsito, al igual que cualquier otra ciencia, intenta construir modelos que logren un máximo de realidad. En el caso de los modelos de tráfico puede dividirse en tres tipos, que a grandes rasgos se representa en la Figura 2-1.

Figura 2-1: principales enfoques de la simulación de tráfico.



(Fuente: Modelado y simulación del tráfico en vías urbanas y periurbanas en base a la estimación del tiempo de recorrido, Francisco J. Vico y otros)

2.1.1. Modelos Macroscópicos

Este tipo de modelo considera al tráfico como un conjunto de vehículos, que se interpreta como un flujo de materia, logrando así obtener valores como, la velocidad de los vehículos, densidad de tráfico y flujo vehicular.

Dentro de estos modelos es posible encontrar algunos puramente empíricos, denominados modelos de capacidad y nivel de servicio, que arroja relaciones empíricas entre las principales variables bajo el control del diseñador. Sin tener que acudir a planteamiento de ecuaciones diferenciales como lo hacen los demás modelos macroscópicos.

Dentro de estos modelos los más sencillos, se encuentran los que se centran solamente en la relación entre dos variables con el fin de alcanzar una mayor simplificación.

Dentro de los modelos que relacionan dos variables es posible mencionar los siguientes:

Modelos de Greenshiel: fue el primer modelo de tráfico en estudiar los flujos vehiculares, en este se muestra la relación entre la velocidad y la densidad del flujo. De esta forma postula la hipótesis de que existe una relación lineal entre la velocidad y la densidad. Suposición que da pie a un modelo parabólico de volumen-densidad y velocidad- volumen. La relación lineal está dada por:

$$\bar{V}_e = V_l - \left(\frac{V_l}{K_c}\right) K \quad (2-1)$$

Dónde:

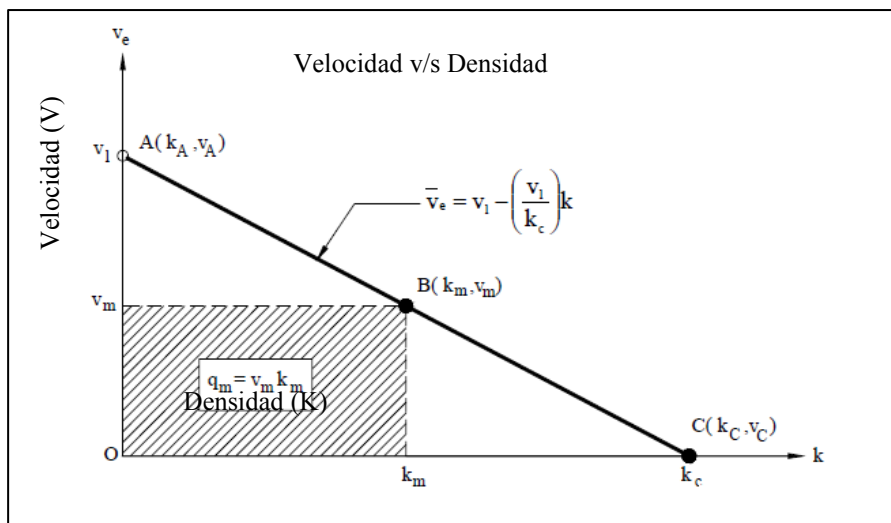
$$V_e = \text{velocidad media espacial} \left(\frac{km}{hora}\right)$$

$$V_l = \text{velocidad media espacial a flujo libre} \left(\frac{Km}{hora}\right)$$

$$K = \text{densidad} \left(\frac{veh}{Km \text{ carril}}\right)$$

$$K_c = \text{densidad de congestionamiento} \left(\frac{veh}{Km \text{ carril}}\right)$$

Figura 2-2: Relación lineal entre velocidad y densidad.



(Fuente: Ingeniería de Transito, fundamentos y aplicaciones, Reyes Espindola y otros 2007)

En la Figura 2-2, se aprecia el comportamiento de este modelo con respecto a la velocidad y densidad, donde la relación lineal de este modelo aplica que a mayor velocidad media igual densidad de tráfico. Donde otra parte, para obtener el rectángulo de mayor área (q_m), los valores de V_m y K_m deben ser los que se muestran en la ecuación (2-2)..

$$V_m = \frac{V_l}{2} \wedge K_m = \frac{K_c}{2} \quad (2-2)$$

Por lo tanto haciendo los cambios pertinentes en las variables se obtendrá que el máximo (q_m) sea el valor que se observa en la ecuación (2-3).

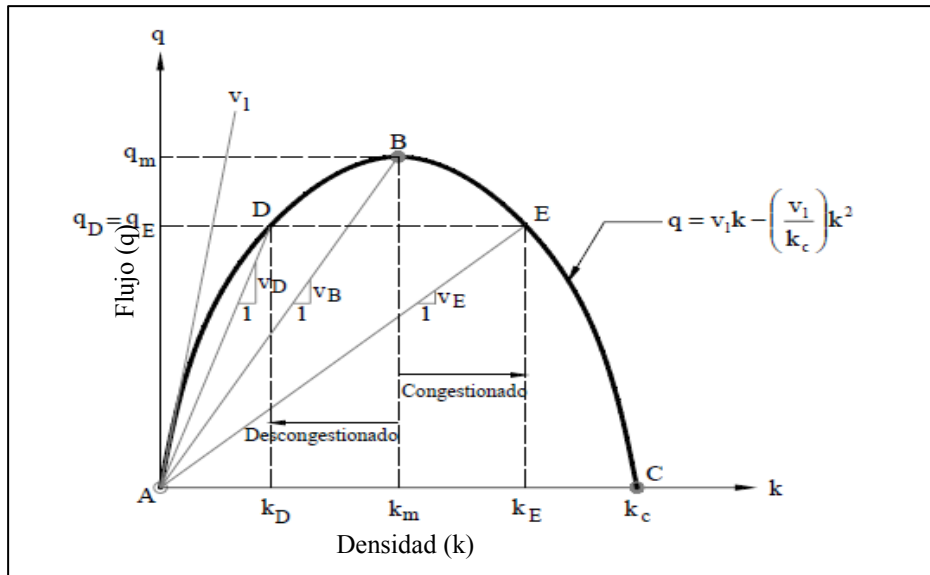
$$q_m = \frac{V_l K_c}{4} \quad (2-3)$$

Para poder llegar a los modelos parabólicos, mencionados anteriormente, es necesario remplazar la ecuación lineal de la velocidad en la ecuación fundamental del flujo vehicular, como se muestran en las ecuaciones (2-4) y (2-5); las cuales se puede observar su relación en la figura 2-3, donde el flujo y densidad son importantes para la congestión y descongestión de las vías, puesto que se muestra claramente que el flujo máximo llega al punto B, donde ya es imposible el avance en la vía, por ende aumenta la densidad de flujo generando la congestión.

$$q = VK = \left[V_l - \left(\frac{V_l}{K_c} \right) K \right] K \quad (2-4)$$

$$q = V_l K - \left(\frac{V_l}{K_c} \right) K^2 \quad (2-5)$$

Figura 2-3: Relación Parabólica ente el flujo y la densidad.



(Fuente: Ingeniería de Transito, fundamentos y aplicaciones, Reyes Espindola y otros 2007)

Otra relación que se obtiene en este modelo es la de Velocidad y Flujo la cual se obtiene a partir del modelo lineal propuesto, como se observa en las ecuaciones 2-6 y 2-7, solo despejando la cte. k de la ecuación lineal y reemplazándola en la ecuación fundamental del flujo vehicular una vez antes descrita en las ecuaciones 2-4 y 2-5. En la figura 2-4 se puede observar la relación parabólica que se puede observar entre las variables velocidad y flujo, allí que la velocidad aumenta hasta un punto medio que a la vez es el flujo máximo de vehículos, este al ir disminuyendo aumenta la velocidad paulatinamente de los vehículos.

$$q = \bar{V}_e k = V_e \left[k_c - \left(\frac{k_c}{V_l} \right) \bar{V}_e \right] = \bar{V}_e k_c - \left(\frac{k_c}{V_l} \right) (\bar{V}_e)^2 \quad (2-6)$$

$$\bar{V}_e = \frac{V_l}{2} \pm \frac{\sqrt{V_l^2 - 4 \left(\frac{V_l}{k_c} \right) q}}{2} \quad (2-7)$$

Dónde:

V_e = Velocidad de flujo

k = Densidad

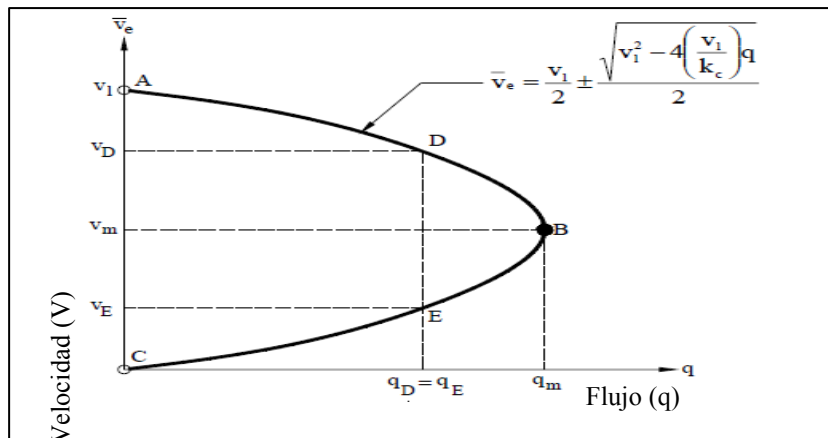
q = flujo vehicular

K = Costo promedio de 100 detenciones

k_i = Ponderación de densidad del arco i

V_l = Velocidad inicial de flujo

Figura 2-4: Relación Parabólica entre velocidad y flujo.



(Fuente: Ingeniería de Transito, fundamentos y aplicaciones, Reyes Espindola y otros 2007)

Modelo de Greenberg: este es un modelo que toma como supuesto que la variación sigue una ley logarítmica. Lo que ha resultado ser especialmente útil para medir tráfico pesado.

Modelo de Underwood: al igual que el anterior este es un modelo exponencial logarítmico pero que se ajusta más al tráfico ligero.

Modelo de Eddie: este modelo consiste en un híbrido de los modelos de Greenberg y Underwood. En donde se utiliza principalmente para zonas de baja densidad de tráfico.

Cabe destacar que existen otros tipos de modelos como son: los modelos Microscópicos y los modelos Mesoscópicos (ver Anexo 1 para análisis en detalle).

2.2. Herramientas del Simulador Transyt, Teoría de la semaforización.

2.2.1. Semaforización

Dentro de los escenarios a analizar se encuentra la mejora de la semaforización utilizando los sistemas de control actual que presenta el eje de estudio. Para poder determinar los óptimos en cada una de las fases de los diferentes nodos se utilizara TRANSYT. El cual simula una red bajo los siguientes supuestos:

1. Las intersecciones de la red se encuentran semaforizada, el resto cuenta con una regla de prioridad definida.
2. Todas las señales en la red tienen un ciclo común o un ciclo de un medio, un tercio o un cuarto de este valor, además se conoce en detalle los repartos y las restricciones de verde de cada una.
3. Para cada arco de la red, el flujo que circula se conoce y se considera constante durante un periodo determinado, es decir la demanda es conocida y fija.

Transyt (Traffic Network Study Tool) utiliza una función objetivo llamada IR o Índice de rendimiento, que realiza combinaciones lineales de detenciones y retrasos. Dicha función está representada de la siguiente manera:

$$IR = \sum_{i=1}^n \left(W * w_i * d_i + \frac{K}{100} * k_i * S_i \right) \quad (2-8)$$

Dónde:

W = Costo promedio de Demora

w_i = Ponderador de Demora del arco i

d_i = Demora del arco i

K = Costo promedio de 100 detenciones

k_i = Ponderacion de detenciones del arco i

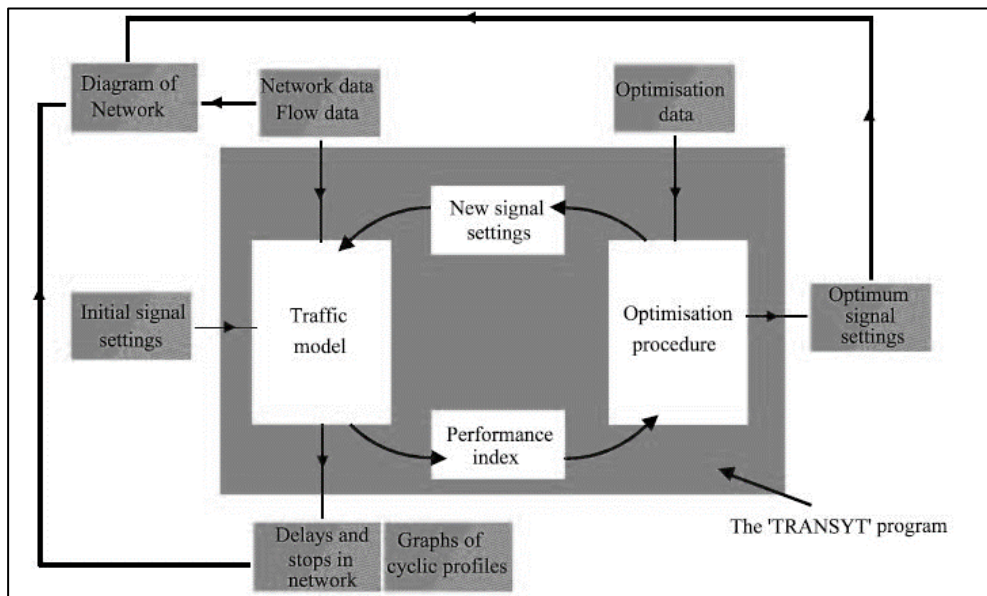
S_i = detencion del arco i

La función estima la suma de los costos de las demoras y las detenciones que ocurren en un periodo de tiempo.

La optimización se realiza bajo iteraciones en las tasas de incremento predefinido en la programación y se compara la variación del IR, en el caso de que se obtenga una mejora se continúa la iteración en la dirección que se obtuvo la mejora. Dicho proceso se aplica para todos los nodos indicados en la programación.

La estructura bajo la cual funciona el modelo TRANSYT está reflejado en la siguiente figura.

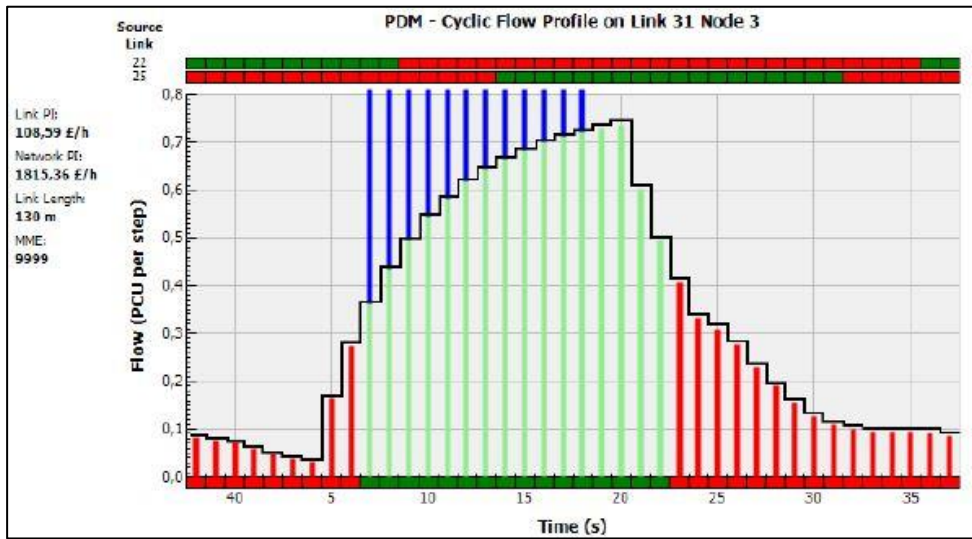
Figura 2-5: Estructura del proceso de TRANSYT.



(Fuente: Guía del usuario TRANSYT 14)

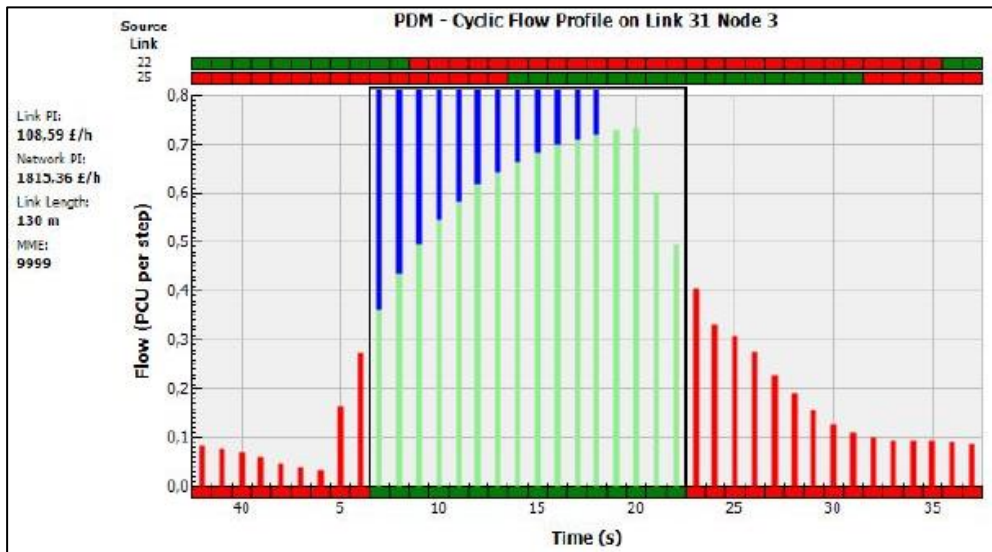
Para la simulación del flujo vehicular que llega a cada nodo semaforizado, se utilizan perfiles de flujo. Dichos perfiles representan tres condiciones, el perfil de llegada (Figura 2-6), el cual refleja la distribución de llegada de los vehículos a la intersección; el perfil de salida teórico (Figura 2-7) el cual representa la situación en que el tráfico podría salir de la intersección cuando esta se encuentre saturada; el perfil de salida (Figura 2-8) muestra como salen los vehículos de la intersección. En las siguientes figuras están representados los tres perfiles, donde se observan los tiempos por parada de saturación o congestión en un eje o vía

Figura 2-6: Perfil de llegada



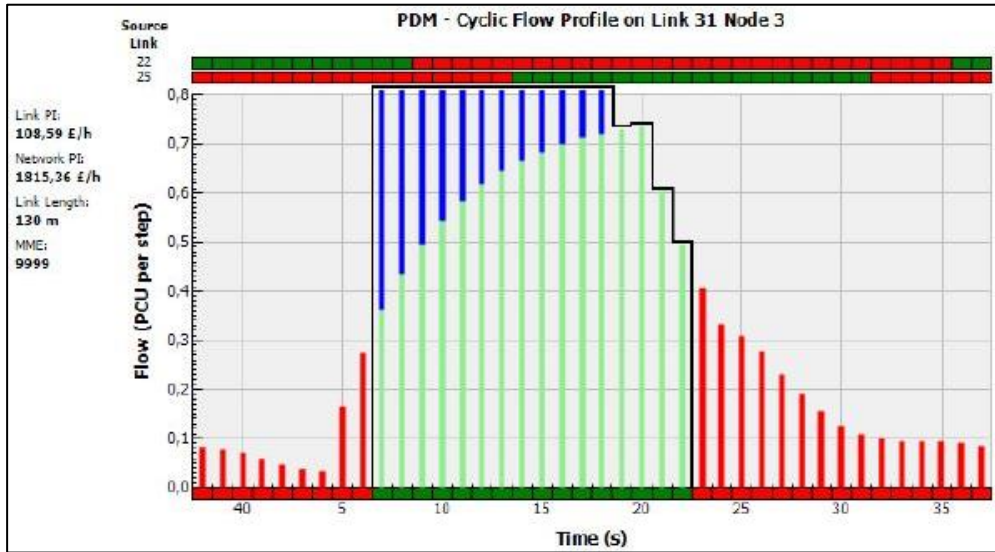
(Fuente: Guía del usuario TRANSYT 14)

Figura 2-7: Perfil de salida teórico.



(Fuente: Guía del usuario TRANSYT 14)

Figura 2-8: Perfil de salida.



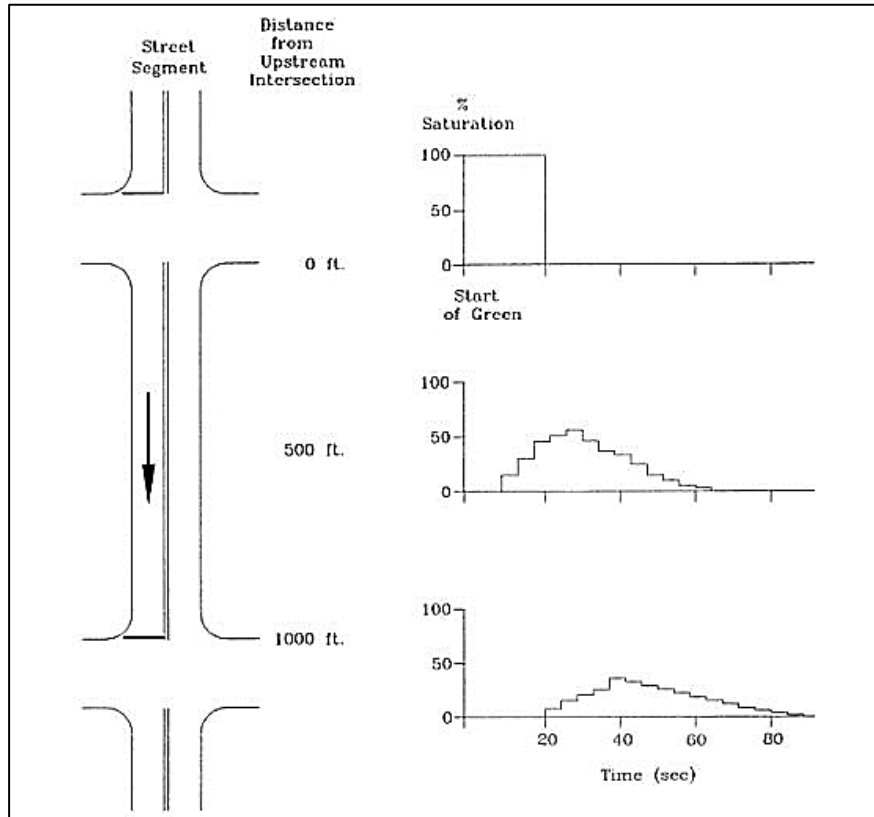
(Fuente: Guía del usuario TRANSYT 14)

2.2.2. Dispersión del tráfico

Para poder simular las características de desplazamiento de los vehículos y ayudar en la vinculación de señales de control, es necesario entender el concepto de pelotón. Un pelotón de vehículos está definido como un grupo de vehículos que viajan juntos. Esta variable incluye el tamaño, velocidad, entre otros.

Como el pelotón se mueve de una intersección a otra se genera una dispersión de los vehículos (dispersión de pelotón). Esta dispersión está dada por el aumento de la velocidad, las interacciones entre ellos (cambio de carril y fusión) y otras interferencias (aparcamiento, peatones, ciclistas, etc.). La dispersión se calcula en función del tiempo de viaje que existe entre señales de control (entre intersecciones semaforizadas). A mayor distancia, mayor es el tiempo que tienen los conductores para dispersarse o diferenciarse del tiempo promedio de viaje. De forma práctica podemos ver este comportamiento en la Figura 2-13, la cual refleja que a medida que transcurre el tiempo la densidad del flujo disminuye.

Figura 2-9: Distribución de pelotón.



(Fuente: Effects of the Quality of Traffic Signal Progression on Delay, Número 339)

Si bien existen numerosos modelos que representan este comportamiento, uno de los más utilizados es el de Robertson, el cual utiliza una ecuación recursiva que permite predecir el histograma de pasadas por sección de una vía. Todo esto a partir de una base empírica que se llevó posteriormente a un análisis teórico, obteniendo como resultado una distribución geométrica de los tiempos de viaje. Tal modelo está representado de la siguiente forma:

$$q_n(i + T) = F * q_e(i) + (1 - F) * q_n(i + T - 1) \quad (2-9)$$

Dónde:

q_n : Flujo de llegada e el tiempo n

i : Intervalo de analisis

q_e : Flujo de entrada

T : Moda de la distribucion

F : Factor de dispersion del pelotón

Por otra parte el factor de dispersión del pelotón funciona como un valor de suavizado del modelo que depende tanto del tiempo de viaje entre líneas de parada como de un parámetro característico de distribución del eje a analizar. El factor está dado por:

$$F = \frac{1}{\left(1 + \frac{K*t}{100}\right)} \quad (2-10)$$

Dónde:

K: Valor del coeficiente de dispersion del modelo

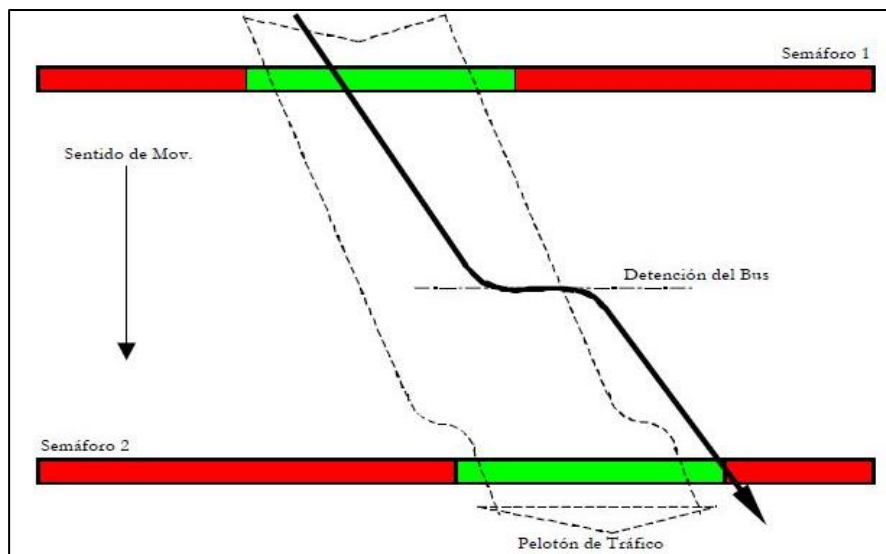
t: Tiempo de viaje entre líneas de parada medido en pasos u 80% del tiempo de viaje entre líneas de parada medido en pasos.

El valor de K se designa según el siguiente criterio:

- K= 50, si el tráfico es pesado
- K= 35, si el tráfico es moderado
- K= 25, si el tráfico es ligero

Para cualquier caso de estudio, el transporte de personas es de suma importancia a la hora de optimizar redes de tráfico. Desde este enfoque es que se asigna un factor especial a los arcos de transporte público o buses por sobre los otros vehículos en la configuración de redes. Tal efecto o asignación es representado en la Figura 2-10 donde es posible distinguir con línea punteada un pelotón de vehículos y con línea continua la del transporte público con su respectiva parada. Donde el bus llega al semáforo 2 después del pelotón ya que su tiempo entre líneas de parada es menor a causa de la detención de este.

Figura 2-10: Diagrama tiempo/distancia de pelotón y buses.



(Fuente: Guía para el usuario de Transyt v 8- 11, Eduardo Valenzuela y Federico Casanello)

El factor de dispersión especial, que considera este tipo de detenciones en el arco está dado por la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{1+0.7b+0.3t} \quad (2-11)$$

Dónde:

b: Tiempo de detencion

t: Tiempo de Viaje

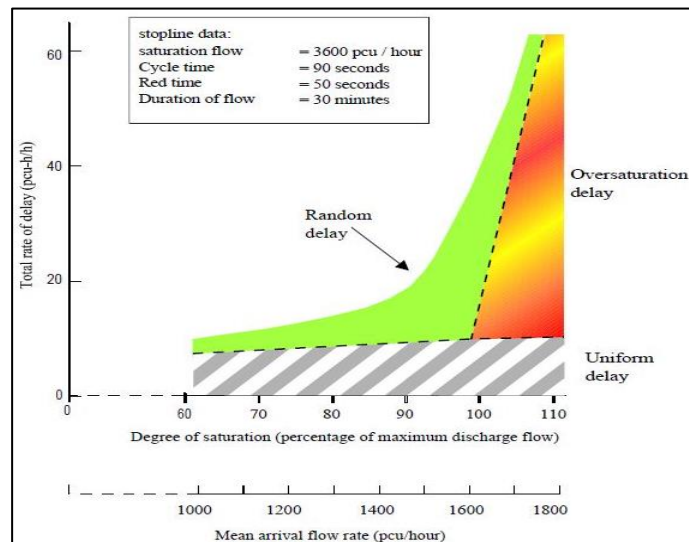
2.2.3. Demora

Al igual que las detenciones otro punto importante dentro de la función IR son las demoras, las cuales en combinación con las detenciones afectan directamente en el tiempo total de desplazamiento del vehículo en el arco. Estas demoras se simulan bajo los siguientes supuestos:

- La circulación de vehículos modelados se realizará a velocidad constante a lo largo de un arco hasta llegar a la línea de parada al final de dicho arco.
- Todo vehículo modelado que afronte una luz roja o una cola, se asume que realiza una detención en forma instantánea.
- Todo vehículo que realiza una detención será modelado como si acelerara hasta una velocidad crucero del arco siguiente en forma instantánea.

Existen diferentes tipos de demora las que varían según el nivel de saturación del arco y a las fluctuaciones del tráfico de un ciclo a otro. Como muestra la Figura 2-11, la saturación de un arco llega nivel sobresaturado al ser mayor al 100 % y ya superando un 85% comienza se considera un arco y eje saturado.

Figura 2-11: Grafico de demoras según tipo



(Fuente: Guía para el usuario de Transyt v 8- 11, Eduardo Valenzuela y Federico Casanello)

Cuando la demora experimentada por los vehículos que llegan a la línea de parada, durante un ciclo cualquiera, y no se está en presencia de un exceso en la capacidad del arco se habla de una demora uniforme (Uniform delay) representada por un achurado gris en la figura anterior.

En el caso de existir una saturación del arco, generará que la llegada de vehículos a la línea de parada será mayor que la descarga de la misma, en un periodo de verde de cada ciclo, dicha situación (demora sobresaturada u oversaturation) provoca que la demora aumente tras cada ciclo de la intersección.

Al generarse fluctuaciones del tráfico de un ciclo a otro, provoca que la llegada de vehículos a la línea de parada sea levemente mayor que la de descarga del ciclo, lo que va aumentando a medida que estos pasan, este tipo de demora se denomina demora aleatoria o Random delay.

- Calculo de la demora y longitud de cola

Para el cálculo de la demora uniforme es preciso conocer la longitud de cola promedio del arco en un intervalo de tiempo t . la ecuación siguiente suministra una estimación de esta longitud para un determinado arco.

$$m_t = \max[(m_{t-1} + q_t - s_t), (0)] \quad (2-12)$$

Dónde:

m_t : Número de vehiculos en cola en el intervalo de tiempo t para cada arco.

m_{t-1} : Número de vehiculos en cola en el intervalo de tiempo $t - 1$ para un arco dado.

q_t : Número de vehiculos que llegan en el intervall t , dado por el perfil de llegada.

s_t : Número de vehiculos al que le es permitido partir en el intervalo t dado por el patron de flujo de saturacion.

Ahora para estimar el valor de la demora uniforme basta con sumar las longitudes de cola de cada intersección i y dividirla por el número de pasos que integra el ciclo.

$$D_u = \sum_{i=1}^m \frac{m_t}{N} \quad (2-13)$$

Dónde:

D_u : Demora uniforme expresada en pcu – hora/hr

m_t : Longitud de cola expresada en veh/paso

N : Número de pasos en el ciclo.

Ahora como se sabe existe también una llegada aleatoria de vehículos. Por lo que también es necesario calcular el efecto combinado de la demora aleatoria y de la demora saturada usando el algoritmo de la ecuación 2-13.

$$D_{as} = \frac{T}{4} \left\{ \left[(f - F)^2 + \frac{4f}{T} \right]^{1/2} + (f - F) \right\} \quad (2-14)$$

Dónde:

f : Tasa promedio de llegada al arco expresada en $\frac{pcu}{hora}$

F : Flujo máximo que se puede descargar desde el arco expresado en $\frac{pcu}{hora}$

T : Duración de la condición de flujo para el que se están considerando los tiempos de señal expresados en horas

2.2.4. Determinación del flujo de saturación

El flujo de saturación “S” antes de determinarlo es necesario conocer un flujo de saturación elemental o básica. El cual se corrige para encontrar el flujo de saturación real de cada pista de una calzada. Este valor teórico (S_b) varía según las características de cada pista, dentro de las variaciones que tiene este parámetro están los que aparecen en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Flujo de saturación básica

Nivel de actividad de la pista	Sb
Pistas sólo autos	2000
Pistas con autos y buses	1800
Pistas con paraderos actividad baja	1700
Pistas con paraderos de actividad media	1600
Pistas con paraderos de actividad alta	1500

(Fuente: Elaboración propia con datos de UOCT)

Como se mencionó el flujo de saturación real se obtiene al corregir el S_b mediante un factor tal como aparece en la ecuación 2-15.

$$S = F_k * S_b \quad (2-15)$$

Dónde:

S : Flujo de saturación expresado en $\frac{veh}{h}$

f_k : Factor de corrección expresado en veh/ADE

S_b : Flujo de saturación básico expresado en ADE/h

Este factor de corrección (f_k) representa la diferencia entre el flujo real y el básico, en relación a pista, tipo de vehículo, entre otros. La diferencia está asociada a:

- Ancho de pista
- Vehículo: tipo (composición de flujo); movimiento (viraje, ensanche).

2.2.5. Factores para determinar flujo de saturación

2.2.5.1 Factor por ancho de pista

Este factor, muestra cual es el viraje que se puede obtener por pista y detención al siguiente vehículo que antecede al que realiza el viraje, a mayor número de pistas menor saturación teórica.

$$f_a = 1 + 0,058(A - 3)D_{pe} \quad (2-16)$$

Dónde:

A : Ancho de pista expresada en metros.

D_{pe} : Variable asociada a la ubicación de la pista, vale 1 para pista izquierda o derecha.

2.2.5.2 Factor por tipo de movimiento

- Viraje sin oposición; consiste en un viraje amplio sin detención del vehículo, solo con una leve disminución de velocidad.

Para los virajes sin oposición se ha demostrado empíricamente que el factor de equivalencia está determinado por el radio de giro (r) del movimiento. Este factor se calcula según la ecuación 2-17.

$$f_{vs} = \begin{cases} 1 + 1,5/r & r < 10 \\ 1 + 150/r^3 & r \geq 10 \end{cases} \quad (2-17)$$

Dónde:

f_{vs} : Factor de viraje sin oposición expresado en $\frac{ADE}{veq}$.

r : Radio de giro expresado en metros.

Para los vehículos que sigan directo, el factor tiene valor igual a 1, el cual se obtiene al remplazar r en la ecuación con $r \rightarrow \infty$. Ahora para obtener un factor de equivalencia f_i . El cual transforma de veh a veq , esta transformación la denominaremos f_{Ti} , y para transformar

f_{vs} de *veq* en *ADE*, lo llamaremos F_{Mi} . Lo que nos da como factor de equivalencia lo siguiente:

$$f_i = f_{Ti} * F_{Mi}$$

Este factor convierte el tipo de vehículo-movimiento *i* a auto directo equivalente *ADE*. Posteriormente, el factor de composición se transforma en $f_c = \sum_i p_i * f_i$.

En resumen:

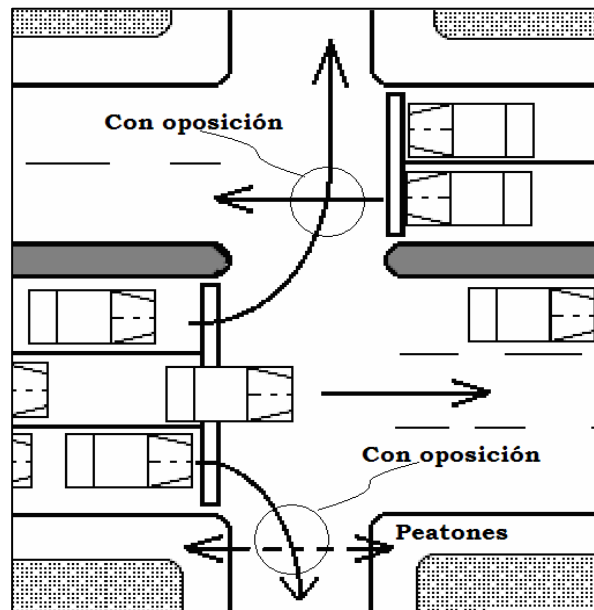
$$S = f_k * S_b$$

$$f_k = \frac{f_a}{f_c}$$

- Viraje con oposición; consiste en un viraje amplio con detención del vehículo, o con una amplia disminución de velocidad.

Cuando el viraje presenta una oposición, ya sea vehicular o peatonal como se observa en la figura 2-12, ocurre un proceso regido por la prioridad al interior de la intersección semaforizada. Donde los vehículos que intentan virar deben esperar una brecha en el flujo que los interfiere. Para encontrar el factor de equivalencia se debe calcular el flujo de saturación del movimiento que corresponde a la capacidad de un movimiento secundario. Esta capacidad puede obtenerse con un modelo de aceptación de brecha o un modelo lineal.

Figura 2-12: Movimiento con oposición.



(Fuente: Guía del usuario TRANSYT 14)

Al iniciar el verde no es posible virar, ya que hay un movimiento opositor proveniente de la descarga del arco al cual se pretende ingresar. Esta descarga se efectúa a intervalo mínimo, por lo que no se puede encontrar una brecha adecuada para efectuar el movimiento. Terminada esta etapa es posible recién empezar a descargar la pista de viraje. Esto ocurre al final del verde efectivo a tasa equivalente a Q_s . Sin embargo es posible apreciar que tal descarga corresponde a un número pequeño de vehículos (n_f).

Es posible construir un modelo binario, descomponiendo la suma del verde efectivo con la pérdida del inicio ($V_e + \lambda 1$) en un periodo de bloqueo (V_b) y un periodo de descarga por brecha (\widetilde{V}_e), es necesario extender este último valor para que considere el número de vehículos que se descargan en la pista de viraje por ciclo (n_f). Tenemos de esta manera un tiempo de verde efectivo corregido (V_o) que se determina según la siguiente ecuación.

$$V_o = \widetilde{V}_e + \frac{n_f}{Q_s} = V_e + \lambda 1 - V_b + \frac{n_f}{Q_s} \quad (2-18)$$

Dónde:

\widetilde{V}_e : Tiempo de descarga por brecha expresado en segundos

n_f : Número de vehículos que se descargan de la pista de viraje por ciclo

Q_s : Capacidad de la pista expresado en veh/h

V_e : Tiempo de verde efectivo expresado en seg.

$\lambda 1$: Pérdida inicial expresada en seg.

V_b : Tiempo de bloqueo de viraje por ciclo expresado en seg.

La capacidad de la pista (Q_s) está dado por:

$$Q_s = \frac{N}{T} \quad (2-19)$$

Dónde:

T : Tiempo en que se demora descargar los N vehículos de la cola.

N : Número de vehículos de la cola.

En definitiva, se obtiene la capacidad de viraje con oposición según la ecuación 2-20:

$$Q_{vo} = Q_s * \frac{V_o}{C} \quad (2-20)$$

2.2.6 Determinación de los entre verde

El tiempo que suma el amarillo y el rojo-rojo de una fase se le denomina entre verde. Se supondrá un amarillo igual a 3, mientras que el rojo-rojo (RR) se calcula según la ecuación 2-21:

$$RR = T_g - T_p \quad (2-21)$$

Dónde:

T_g : Tiempo de despeje del cruce del movimiento más crítico que gana derecho a fase

T_p : Tiempo de despeje del cruce del movimiento más crítico que pierde derecho de fase

Ambos tiempos mencionados anteriormente se calculan según la siguiente razón:

$$T_g = \frac{W_g}{V_g} \quad (2-22)$$

$$T_p = \frac{W_p + L}{V_p} \quad (2-23)$$

Dónde:

W_g : Distancia entre línea de detención y el punto de conflicto para el vehículo que gana derecho a paso.

W_p : Distancia entre la línea de detención y el punto de conflicto para el vehículo que pierde derecho a paso.

V_g : Velocidad del vehículo que gana derecho a paso $\left(30 \frac{km}{h}\right)$.

V_p : Velocidad del vehículo que pierde derecho a paso $\left(40 \frac{km}{h}\right)$.

L : Longitud del vehículo (4m).

2.2.7 Verde mínimo

El cálculo del verde mínimo de la fase i está basado en el tiempo que se demora un peatón en cruzar el ancho de la pista y este se determina según la ecuación 2-24:

$$V_{min} = \max \left\{ 8,5 + \frac{W_i}{V_c}; 1,1W_i \right\} \quad (2-24)$$

Dónde:

W_j : Ancho a cruzar por los peatones en la fase i

V_c : $1,4 \frac{m}{s}$, velocidad de caminata

2.2.8 Verde efectivo

El tiempo expresado en segundos en la que el tráfico puede moverse en cada intersección se denomina tiempo de verde efectivo, se calcula según la ecuación: 2-25

$$V_e = \text{verde desplegado} - \lambda_1 + \lambda_2 \quad (2-25)$$

Dónde:

V_e : Tiempo de verde efectivo expresado en seg.

λ_1 : Pérdida inicial

λ_2 : Ganancia final

La pérdida inicial es el tiempo perdido en el arranque, mientras que la ganancia final es el tiempo del amarillo, el rojo-rojo y la extensión del verde efectivo.

2.2.9 Viaje total

El viaje total (TT) es una medida de efectividad constante para una red con un volumen de tráfico dado y se obtiene como el producto del volumen del arco por la longitud del mismo. [QuinteroPetit05],

$$TT_i = (l_i v_i) \quad (2-26)$$

Dónde:

TT_i : total en el arco (i) expresado en (veh - Km) por hora.

l_i : longitud del arco (i) expresado en (Km).

v_i : volumen de tráfico en el arco (i) expresado en (vph).

Esta medida de efectividad no cambia en un proceso de optimización, siempre que los valores básicos de volumen y longitud del arco no cambien.

2.2.10 Tiempo de viaje total y promedio

El tiempo total de viaje es una medida de efectividad importante en la evaluación de estrategias alternativas de control, particularmente si las velocidades codificadas cambian de "antes" a "después". El tiempo total de viaje incluye tanto al tiempo en movimiento como el tiempo en demora para todos los vehículos en un arco

El tiempo total de viaje es el producto del volumen de un arco y el tiempo total pasado por los vehículos en él, incluyendo demoras. [QuinteroPetit05],

$$TTT_i = v_i \left(\frac{L_i}{v_i} \right) + d_i \quad (2-27)$$

Dónde:

TTT_i : tiempo total de viaje expresado en (veh - hr) por hr en un arco (i).

v_i : volumen de tráfico en el arco (i) expresado en (vph).

L_i : longitud del arco (i) expresado en (Km).

V_i : Velocidad promedio de crucero en el arco (i), expresado en km/hr.
 d_i : Demora total en el arco (i) expresado en veh - hr por hr.

Esta medida debe de crecer cuando los tiempos de semáforo del sistema, son mejorados para reducir la demora. Como la estimación de la demora, no toma en cuenta los cambios en la velocidad en los arcos, es importante usar el tiempo total de viaje para evaluar mejoras derivadas de incrementos en la velocidad.

El tiempo de viaje promedio es una medida derivada del tiempo total de viaje y se obtiene como:

$$ATT_i = TTT_i \left(\frac{3600}{v_i} \right) \quad (2-28)$$

Dónde:

ATT_i : Tiempo de viaje promedio expresado en seg/veh.
 TTT_i : Tiempo total de viaje expresado en veh - hr por hr en un arco (i).
 v_i : Volumen de tráfico en el arco (i) expresado en (vph).

El tiempo de viaje promedio representa el tiempo total que permanece el vehículo promedio en el enlace y puede ser obtenido también como:

$$ATT_i = \left(\frac{L_i}{V_i} \right) \left(\frac{3600}{1000} \right) + D_{i \text{ Promedio}} \quad (2-29)$$

Dónde:

L_i : Longitud del arco (i) expresado en (Km).
 V_i : Velocidad promedio de crucero en el enlace (i) expresado en $\frac{km}{hr}$.
 $D_{i \text{ prom}}$: Demora promedio del arco (i) expresado en seg/veh.
3600 : Factor que permite convertir horas a segundos.
1000 : Factor que permite convertir metros a kilometros.

2.2.11 Velocidad promedio del sistema

El tiempo total de viaje (TTT) y el viaje total (TT), pueden ser usados para derivar la velocidad promedio del sistema, la cual es reportada tabla resumen de la red. [QuinteroPettit05],

$$\bar{s} = \left(\frac{TT}{TTT} \right) \quad (2-30)$$

Dónde:

\bar{s} : Velocidad promedio del sistema en la red expresada en km/hr.

TTT : Tiempo total de viaje expresado en veh / hr.

TT : Viaje total expresado en (veh - Km).

El cálculo de la velocidad promedio de la red, incluye cualquier arco que sea codificado con una longitud igual a cero, como arcos externos o con una ponderación por paradas y demoras igual a cero

2.2.12 Máxima extensión de cola y capacidad de la cola

El valor de la máxima extensión de la cola es el promedio de la máxima extensión de la cola corriente arriba del enlace durante el ciclo. Esta medida de efectividad no solo contempla los vehículos en la cola al inicio del verde, si no que incluye los vehículos que llegan durante el verde y se unen al extremo de la cola, mientras al frente de la misma está descargando durante los segundos iniciales del verde efectivo. Se debe revisar este valor para determinar la existencia de riesgo de desbordamiento en la intersección ubicada corriente arriba, esto puede realizarse comparando el valor de la máxima extensión de la cola con la capacidad de la misma estimada por el programa mediante la ecuación. Si un valor específico no ha sido provisto la capacidad de la cola debe ser siempre codificada para los radios de giro y para los arcos, que es crítico cuando la cola se extienda más allá de un punto específico. [QuinteroPetit05],

$$QC_i = (P_{qi} L_i N_i) / (H) \quad (2-31)$$

Dónde:

QC_i : Capacidad de la cola para el arco (i).

P_{qi} : Proporción de la longitud del arco (i) con la capacidad de almacenamiento razonable, el valor por defecto es 80%.

L_i : Longitud del arco (i) expresado.

N_i : Número de canales en el arco (i), derivado del flujo de saturación codificado.

H : Espaciamiento promedio entre los vehículos en la cola, el valor por defecto es 7,6 m.

Cuando hay arcos de canal compartido, el número del arco primario será impreso en las columnas de máxima extensión de la cola y capacidad de la cola para todos los arcos secundarios y una "S" será impresa siguiendo el número del arco. Los valores impresos para el arco primario se aplican para el número entero de arcos de canal compartido.

2.2.13 Consumo de combustible

La estimación de consumo de combustible está basada en una combinación lineal del viaje total, demoras y detenciones. El valor impreso para consumo de combustible se expresa en galones o litros por segundo o periodo e incluye el consumo en el proceso de aceleración y desaceleración. [QuinteroPetit05],

El modelo de consumo de combustible está representado por la siguiente ecuación.

$$F = (K_{ij} TT) + (K_{ij} D) + (K_{ij} S) \quad (2-32)$$

Dónde:

F : Combustible consumido en litros por hora.

TT : Viaje total expresado en veh – km por hora.

D : Demora total expresada en veh – hora por hora.

S : Paradas totales expresadas en paradas por hora.

K_{ij}: Coeficientes del modelo que son funcion de la velocidad de cruceo (*V_i*) en cada enlace.

Entre las limitaciones del modelo es importante mencionar que los parámetros del modelo fueron determinados a partir de estudios llevados a cabo con vehículos de prueba [QuinteroPetit05], aunque los coeficientes del modelo fueron ajustados para hacerlo representado por un vehículo promedio. Además en la determinación de los coeficientes del modelo no se realizaron consideraciones específicas relacionadas con la congestión del gráfico, mezcla de vehículos que operan en la corriente de grafico utilizando distintos tipos de combustibles y factores como curvatura, pendiente y calidad de la vía.

Estas limitaciones requieren que las conclusiones a las que se llegan a partir de los valores absolutos de consumo de combustible estimados por el programa sean utilizados con precaución. Por otra parte se espera que el comportamiento relativo de esta variable en esta condición existente y una relación optimizada, refleje de forma aproximada a las tendencias reales. Siempre que no se esté bajo condiciones saturadas

2.2.14 Calibración y validación del modelo

La Calibración es la etapa en donde se ajustan los datos de entrada y de los parámetros del modelo para asegurar que los resultados se asemejen al comportamiento real del tráfico. Este es un paso relevante, ya que el desarrollo de planes de tiempo depende de las condiciones existentes en el modelo, esta debe tener conocimiento de las características existentes en la red y la correcta interpretación de los output del modelo. En general la calibración sirve para dos propósitos fundamentales.

- I. Corroborar la calidad general de los datos de entrada.
- II. Ajuste de parámetros de tráfico para asegurar la representación del modelo con la realidad.

El grado de calibración en gran medida depende del tipo de modelo en uso, existen modelos simples que relativamente requieren poco nivel de calibración, pero también existen modelos más complejos como en este caso que naturalmente requieren de una calibración más específica. [QuinteroPetit05],

2.2.14.1 Metodología de calibración

La comprobación del modelo según la UOCT y SECTRA en su “Manual de Programación y modelación de semáforos”. Consiste en comparar los Valores observados de cier-

tas variables con las estimadas por el modelo, y luego, eventualmente, modificar el modelo para que entregue valores más consistentes con lo observado.

A continuación se describen las variables de calibración y el procedimiento a seguir. [MANUALDECALIBRACION10].

2.2.14.2 Variables de calibración

Para calibrar el modelo de tránsito desarrollado, es posible utilizar la longitud de cola vehicular promedio o excedente, según se trate de intersecciones de prioridad o semaforizadas, respectivamente. Pero como en este caso el objetivo de estudio es la reducción del tiempo de viaje, las variables de calibración serán el tiempo de viaje total y el tiempo de cruce por arco, pero teniendo precaución de medir el tiempo de viaje que el modelo estime. Cabe mencionar además que estas variables son determinantes en el proceso de dispersión de los pelotones, los cuales explican el componente uniforme de las colas, demoras y detenciones. Por lo que al validar el tiempo se estaría también validando estos valores.

Como los datos de flujo se toman en horario completo (horario punta laboral mañana, horario punta media laboral y horario punta tarde), estos datos de Tiempo deben agruparse con igual resolución temporal y luego promediarse.

En el proceso de calibración el programa TRANSYT se utilizó en modo simulación, activando la opción OPTIMIZE NONE e ingresando en la tarjeta 31 las programaciones vigentes al momento en que se realizaron las mediciones de tránsito. [MANUALDECALIBRACION10]

Para realizar el muestreo de las variables de calibración se utilizaron dos métodos diferentes:

- Método de vehículo flotante: consiste en realizar recorridos en el tramo de análisis con un vehículo y tomar los tiempos de desplazamiento.
- Método de persecución vehicular: en este método se selecciona un vehículo al azar en un tramo determinado y se mide el tiempo que emplea en cruzar el tramo.

3 Desarrollo

3.2 Calibración del modelo

El simulador Transyt 8, es una versión modificada en conjunto por el departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, UOCT y SECTRA. Este representa de mejor forma las características del tráfico en nuestro país. Sumándole a esto los valores críticos para la calibración se ajustan de acuerdo a los datos de entrada mediante una planilla Excel, procesándose y resumiéndose en un archivo único de programación del modelo. Lo anterior refleja que este modelo no necesita mayor calibración. Además existen variables que se ingresan que al ser fijas por Norma del Ministerio de Transporte no se podrían modificar. Las variables de calibración descritas en el punto 2.2.13.2 tampoco precisan algún tipo de calibración mayor en este caso, donde al ser un modelo macroscópico varía el flujo y distribución de las vías del eje.

3.3 Datos de entrada del modelo

Como fue descrito en la subsección 1.2.1, la finalidad es disminuir los tiempos de viaje. Para ello, definiremos los tiempos de viajes actuales, nodos e intersecciones a estudiar. Cabe mencionar que los nodos e intersecciones de interés, son todas aquellas que estén controladas por sistema de semaforización.

3.3.1 Nodos e intersecciones

Las intersecciones que se analizarán son en base a los 5 enlaces de pista en Avenida Vitacura poniente. En la Tabla 3-1 se muestran las intersecciones para analizar.

Tabla 3-1: Nodos e intersecciones de análisis

NODO	INTERSECCION
1	Avenida Vitacura - Avenida Presidente Riesco
2	Avenida Vitacura - Isidora Goyenechea
3	Avenida Vitacura – Encomenderos
4	Avenida Vitacura - Nueva Tajamar – Nueva Tobalaba
5	Avenida Vitacura - Nueva Providencia – Holanda

(Fuente: Elaboración Propia con información de www.uoct.cl)

Cada nodo presenta diferentes movimientos los cuales se conectan con los nodos aledaños, Generando así el eje de interés. Cada movimiento es rotulado con una codificación específica la cual se muestra en la Figura 3-1.

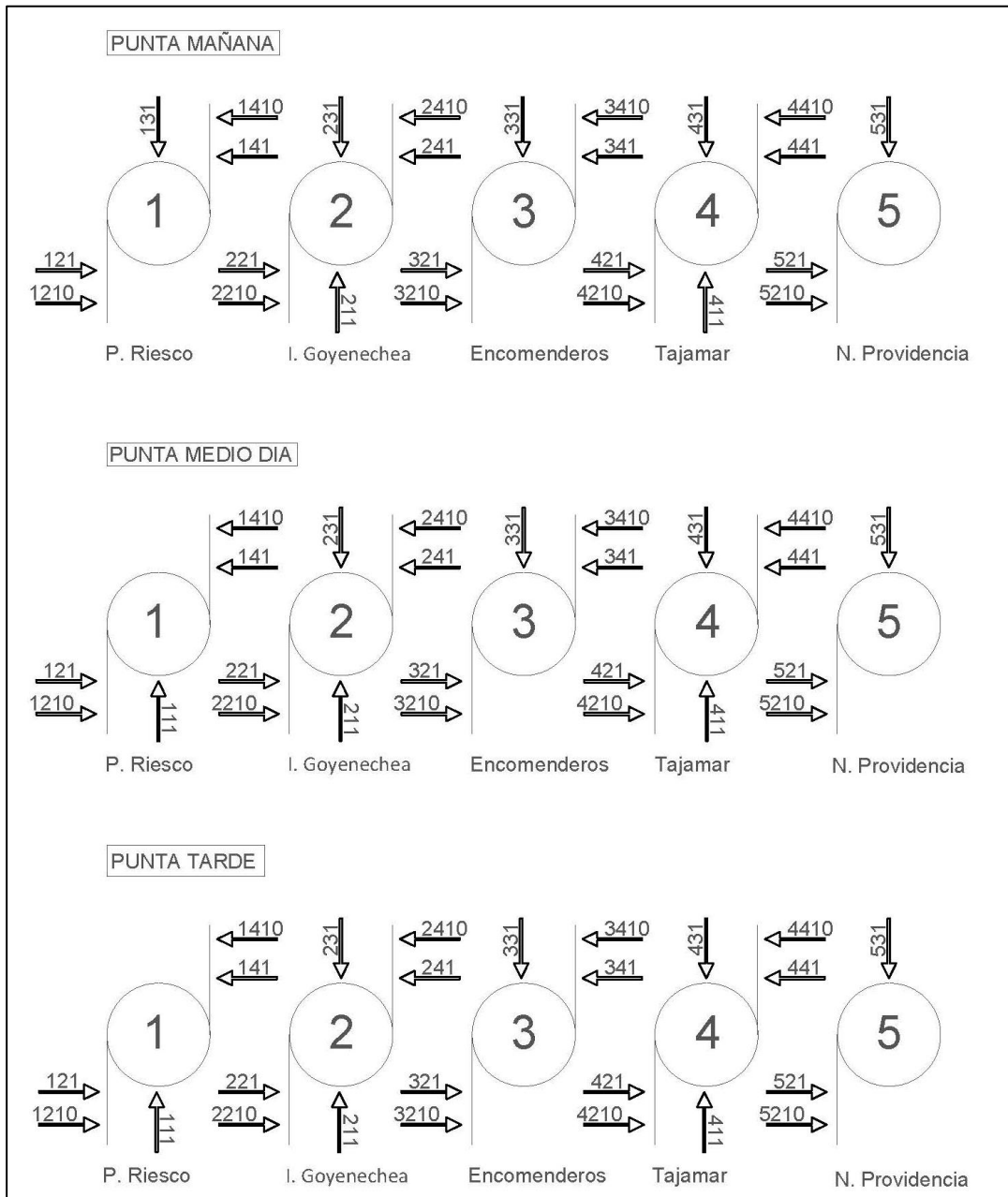
Ejemplo:

Como se muestra en la Tabla 3-1 el cruce Avenida Vitacura con Avenida Presidente Riesco denominado cruce número 1; existen movimientos con sub número 1-31, 1-21, 1-210, 1-41, 1-410, 1-11. Estos números representan el movimiento que se da en el cruce, por norma establecida por la Dirección de Transito e ingresan la orientación en el simulador Transyt de este caso, se denomina que para el nodo número 1 (Avenida Vitacura – Avenida Presidente Riesco), tenemos que:

- 131: movimiento sur a norte.
- 111: movimiento norte a sur.
- 121: movimiento oriente a poniente.
- 1210: mismo movimiento anterior pero solo buses.
- 141: movimiento poniente a oriente.
- 1410: mismo movimiento pero solo buses.

En la figura 3-1, se observa todos los movimientos que existen en cada cruce y en cada periodo de estudio con la numeración antes ejemplificada, los cuales son movimientos ingresados en la planilla Transyt.

Figura 3-1: Diagrama de eje de estudio



(Fuente: Elaboración propia en base especificaciones de codificación y características de la red)

3.3.2 Tiempos de Viaje

El tramo comprende una longitud de 680 metros aproximadamente, con 5 intersecciones semaforizadas que normalmente en día domingo (donde generalmente comprende el tramo sin congestión) el tiempo de recorrido es 2 minutos. Mediante la siguiente tabla se muestran los tiempos de recorrido en 3 fases de congestión, siendo congestión alta el ato-

chamamiento donde existe demora anormal en más de 4 intersecciones y congestión baja cuando existe en menos de 4 intersecciones.

Tabla 3-2: Tiempo de recorrido del eje de análisis

Niveles de Transito	Transito Normal	Congestión Media	Congestion Alta
Tiempo Recorrido	2 minutos App	4 minutos App	10+ minutos App

(Fuente: Elaboración Propia con información de www.uoct.cl)

Como se muestra en la Tabla 3-2 los tiempos y colores diseñados para cada nivel de tránsito en todas las arterias viales de Santiago.

3.3.3 Periodos de Estudio

La realización del estudio será en horarios específicos, denominados punta como muestra la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Horarios punta

	Horario de medición
Punta Mañana Laboral	08:30 - 09:30 hrs.
Punta Mediodía Laboral	13:00 - 14:00 hrs.
Punta Tarde Laboral	18:45 - 19:45 hrs.

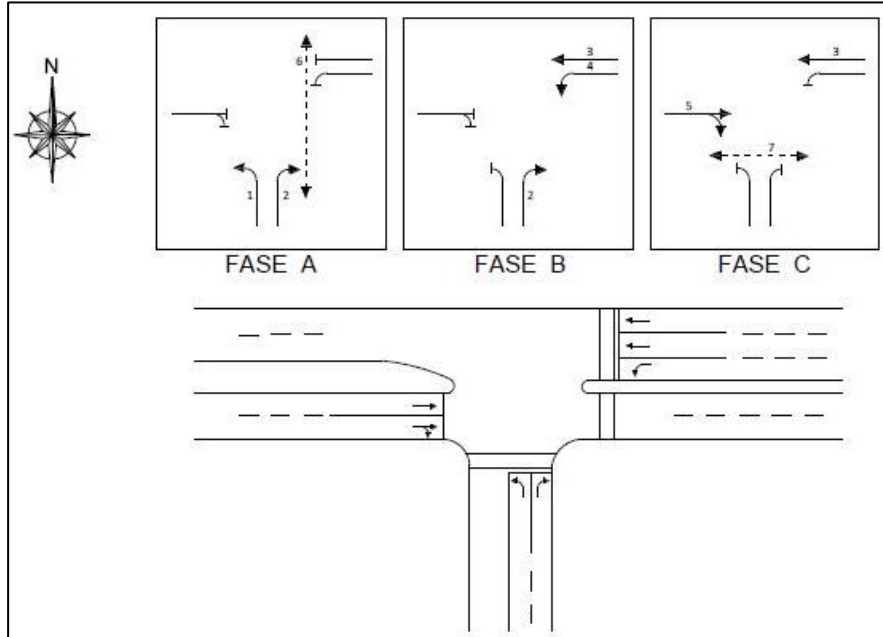
(Fuente: UOCT)

3.3.4 Semaforización

La semaforización o tiempos de semáforo de cada intersección en los horarios de estudio está dado por planes de control de la UOCT. Dichos planes están expresados en la Tabla 3-4.

Cada fase representa una combinación de indicaciones que permite uno o varios movimientos simultáneos a través de un nodo. Esto lo podemos apreciar de mejor forma con la Figura 3-2 la cual representa una intersección con semáforo de tres tiempos. Cabe mencionar que en las tablas correspondientes a los horarios punta medio día y punta tarde se encuentran detalladamente en Anexo 2, donde es posible apreciar una cuarta fase (D) la cual es debido a la condición del nodo 1, el cual cuenta con vía reversible en Avenida Presidente Riesco.

Figura 3-2: ejemplo de fases de una intersección.

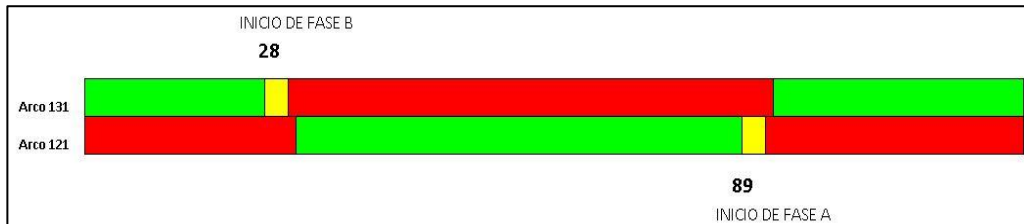


(Fuente: Manual de señalización de tránsito, Departamento de Seguridad Vial - Dirección de Vialidad)

Ejemplo:

Como muestra la Tabla 3-4 cada nodo tienen un plan asociado de tiempo en cada fase semaforizada, como por ejemplo para el nodo 1 (Avenida Vitacura – Avenida Presidente Riesco) los valores de la fase A y C son 89 y 28 respectivamente como se indica en la Tabla 3-4, lo que da como resultado el siguiente diagrama.

Figura 3-3: Ejemplo de una semaforización en un nodo de 2 fases.



(Fuente: Manual de señalización de tránsito, Departamento de Seguridad Vial - Dirección de Vialidad)

Semaforización Punta Mañana

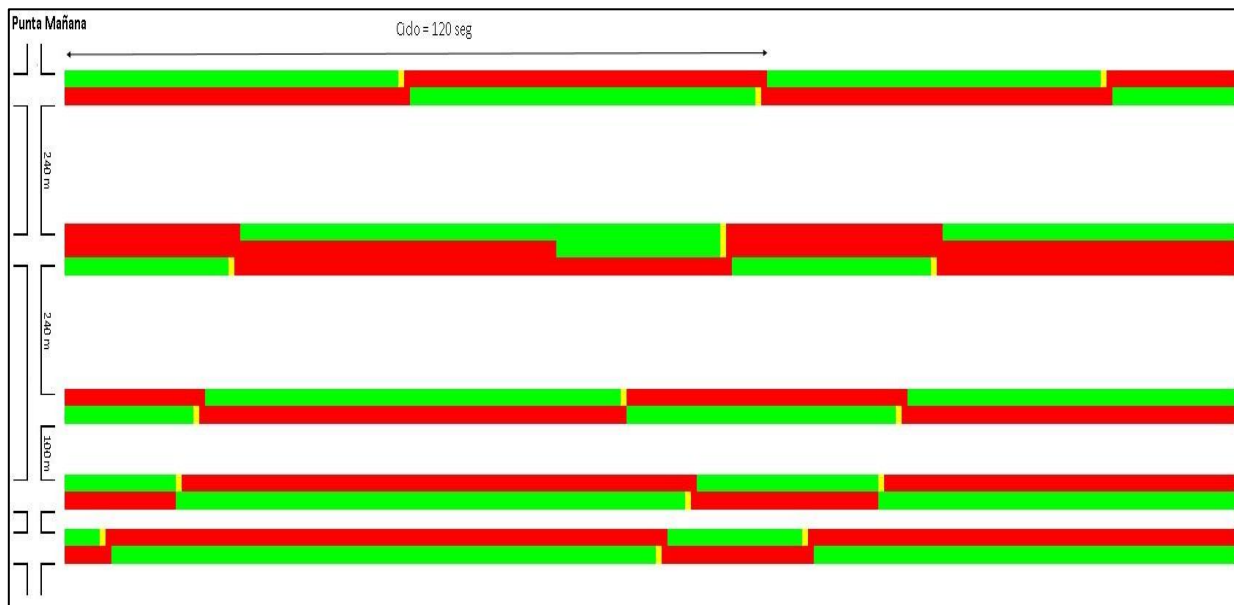
Tabla 3-4: Fases de semáforos por nodo, Punta mañana

Nodo	Plan de control de UOCT	Fase (s)				Ciclo (s)
		A	B	C	AB	
1	Plan 1	89		28		120
2	Plan 1	119	53	83		120
3	Plan 2	113	65		66	120
4	Plan 2	77	108			120
5	Plan 2	72	97			120

(Fuente: Elaboración Propia con información de UOCT)

Como los valores en la Tabla 3-4 muestran los planes de semáforos que representan a la vez los inicios de verde de cada fase, de esta forma es posible construir un diagrama de la semaforización del eje de estudio (ver Figura 3-3), donde ahí se presentan en cada fase el tiempo de distribución, color de semáforo en cada nodo y su plan de semáforo correspondiente en el ciclo de 120 segundos.

Figura 3-4: diagrama espacio tiempo punta mañana.



(Fuente: elaboración propia en base a datos de plan de semaforización de UOCT)

El detalle para la semaforización en los periodos Punta Medio Día y Punta Tarde, se pueden apreciar en detalle en Anexo 2.

3.3.5 Medición Vial

Este tópico se trata de los anchos de pista y radios de giro de cada Intersección semaforizadas y no semaforizadas, tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 3-5 - Anchos de pista, radio de giro y vía de ingreso de cada intersección estudiada.

Arco	Ancho Pista (m)			Factor x Ancho (m)		Radio de Acera (m)	
	Izquierda	Central	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
121	2,70	2,80	3,10	0,98	1,01		4,85
1210	2,70	2,80	3,10				5,40
131	3,35	3,35	3,50	1,02	1,03	6,00	4,85
141	3,15	3,04	3,05	1,01	1,00	6,00	5,40
1410	3,15	3,04	3,05				5,40
211	4,65	3,60	4,80	1,10	1,10		5,00
221	2,80	3,10	3,00	0,99	1,00	6,00	4,93
2210	2,80	3,10	3,00				4,93
231	2,70	2,80	6,90	0,98	1,23		4,12
241	3,12	3,00	3,10	1,01	1,01		5,90
2410	3,12	3,00	3,10				5,90
321	4,33	4,30	4,39	1,08	1,08		
3210	4,33	4,30	4,39				
331	3,50		3,50	1,03	1,03	6,00	4,80
3310	3,50		3,50				4,80
341		3,22	3,20	0,83	1,01		
3410		3,22	3,20				
421	2,90	2,82	2,84	0,99	0,99		4,70
4210	2,90	2,82	2,84				4,70
431	3,30	3,23	3,18	1,02	1,01	6,00	6,00
4310	3,30	3,23	3,18				6,00
441		3,10	3,10	0,83	1,01		
4410	3,10		3,10	1,01	1,01		
411	3,00	3,65	3,42	1,00	1,02		5,00
4110	3,00	3,65	3,42	1,00	1,02		5,00
531	5,33	6,20	6,00	1,14	1,17	5,00	4,30
5310	5,33	6,20	6,00	1,14	1,17	5,00	4,30
521	2,90	3,03	3,05	0,99	1,00		
5210	2,90	3,03	3,05	0,99	1,00		

(Fuente: Elaboración propia con medición en terreno)

3.3.6 Mediciones de flujos vehiculares

Para los flujos vehiculares, que son el núcleo de este estudio, se utilizó el factor de equivalencia vehicular para llevar los distintos vehículos a un valor en común. Es importante señalar que dicha información fue proporcionada por la Secretaria de Transporte y UOCT. Dichos flujos vehiculares fueron tomados en Marzo del 2013.

Tabla 3-6: Factor de equivalencia de vehículos

Tipo Vehículo	Factor de Equivalencia (VEQ)
Vehículo Liviano	1.00
Taxi Colectivo	1.35
Taxi buses	1.65
Buses	2.00
Buses Articulados	3.00
Camiones 2 ejes	2.00
Camiones + 2 ejes	2.50

(Fuente: Elaboración Propia con información de UOCT)

La Tabla 3-9 se desglosa todos los vehículos que transitan en el eje que se estudia, los cuales se ven representados cada nodo y cada uno de sus movimientos. Dónde:

- VL: vehículos livianos.
- TXC: taxis colectivos.
- TXB: taxi buses.
- BUS: buses Transantiago.
- BUSART: buses articulados Transantiago.
- C2E: camión de dos ejes.
- C+2E: camión de más de dos ejes.
- TOTAL VEH: total de vehículos.
- TOTAL VEQ: total de vehículos equivalente, (se calculan con los valores de la tabla 3-8).

Tabla 3-7 - Mediciones de flujo vehicular, punta mañana laboral.

N	INTERSECCIÓN	MOV	PUNTA MAÑANA LABORAL							TOTAL VEH	TOTAL VEQ
			VL	TXC	TXB	BUS	BUSART	C2E	C+2E		
1	VITACURA - PRESIDENTE RIESCO	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		20	3	0	0	0	0	0	0	3	3
		21	1742	0	12	0	12	3	4	1773	1808
		30	863	0	0	0	0	3	1	867	872

		31	980	0	1	0	0	3	0	984	988
		32	502	0	0	0	0	2	0	504	506
		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		41	1182	1	6	5	8	15	0	1217	1253
		42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	ISIDORA GOYENECHEA – VITACURA	10	229	0	0	0	0	10	0	239	249
		11	755	0	0	0	0	17	1	773	792
		20	105	0	0	0	0	2	0	107	109
		21	998	0	3	9	5	3	4	1022	1049
		22	1286	0	0	0	0	5	0	1291	1296
		30	922	0	0	0	0	8	0	930	938
		31	835	0	0	0	1	7	0	843	852
		40	273	0	0	0	0	1	1	275	278
3	ENCOMENDEROS – VITACURA	20	85	24	22	43	1	21	1	15	33
		22	295	4	15	4	5	5	0	272	259
4	NUEVA TAJAMAR / VITACURA / NUEVA TOBALABA	10	231	0	0	2	0	3	0	236	241
		11	366	0	3	6	5	1	0	381	397
		12	396	0	0	1	2	4	1	404	414
		20	27	4	0	2	0	1	0	34	38
		21	668	24	22	41	1	3	2	761	832
		22	18	3	0	0	0	1	0	22	24
		40	46	0	0	0	0	8	2	56	67
		41	497	0	16	10	0	9	2	534	566
		42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AV. VITACURA / HOLANDA / 11 DE SEPTIEMBRE	20	402	210	25	0	10	3	0	650	758
		21	1117	0	42	6	54	6	0	1225	1345
		22	238	47	22	0	0	3	0	310	344

(Fuente: Ingeniero Mauricio Carrasco Donoso, Secretaria de Transporte)

Las mediciones de los periodos Punta Medio Día y Punta Tarde, se encuentran disponibles en el Anexo 3.

3.4 Simulación de la situación actual

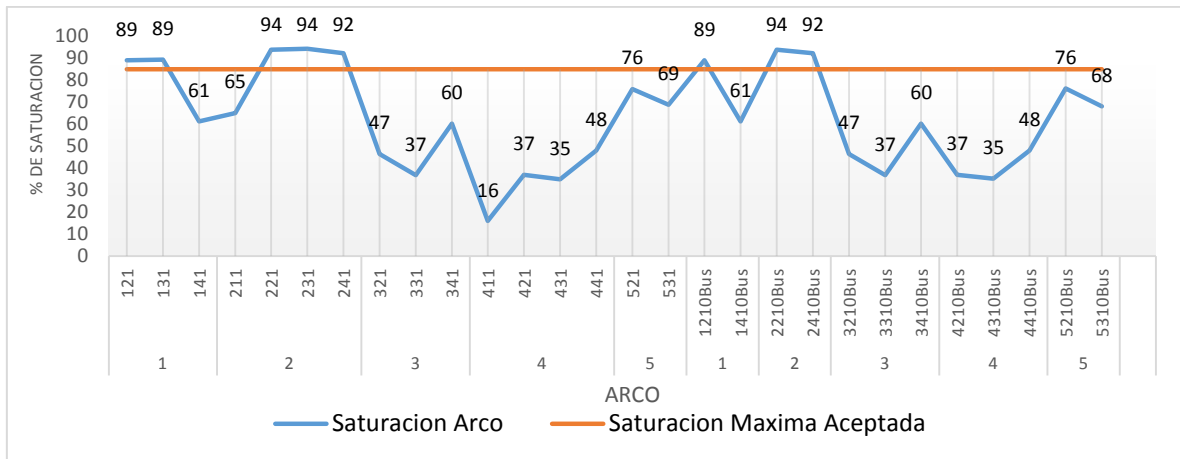
Las siguientes tablas y demás, se muestran a modo resumen según la información arrojada del modelo entregado por Transyt 8.en su archivo de salida. Cada archivo disponible en Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7; cada uno de ellos separados según horarios al igual que el análisis que se presenta a continuación.

3.4.1 Grado de saturación

Como primer análisis, se muestra en el grafico 3-1 el grado de saturación por arco del eje a analizar el cual fluctúa según nodo y horario. A modo de aclaración, todo punto que este sobre la línea del 85% se les considerara como arcos saturados.

Se puede observar en el horario PM (ver gráfico 3-1) que los arcos 121, 131, 221, 231,241, 1210, 2210 y 2410 se encuentran en la condición de saturación. Esto genera una mayor congestión en los nodos 1 y 2. Los cuales para este caso serían los arcos en conflictos, que debiesen ser modificados para reducir el grado de saturación que se presenta. Todo esto con el fin de ayudar a reducir los tiempos de desplazamientos en el eje en este horario.

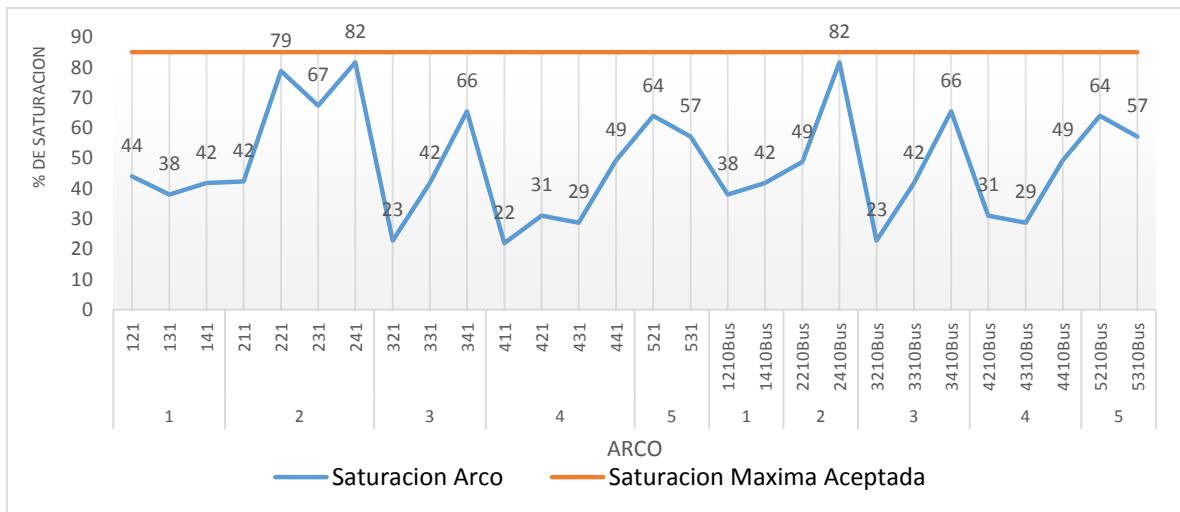
Gráfico 3-1: Grados de saturación por arco, horario PM.



(Fuente: elaboración Propia en base a datos de salida del modelo)

Para el horario PMD, los valores cercanos al límite permitido de saturación se encuentran en el nodo 2, esto puede provocar una saturación inminente ante cualquier eventualidad ya que los arcos bajo esta condición limite son sensibles a la variación de flujos (aumento), maniobras imprudentes por parte de los conductores (quedar cruzado en intersecciones), accidentes, entre otros, por lo que una mejora en la saturación de este nodo se podría considerar en una mejora necesaria al sistema.

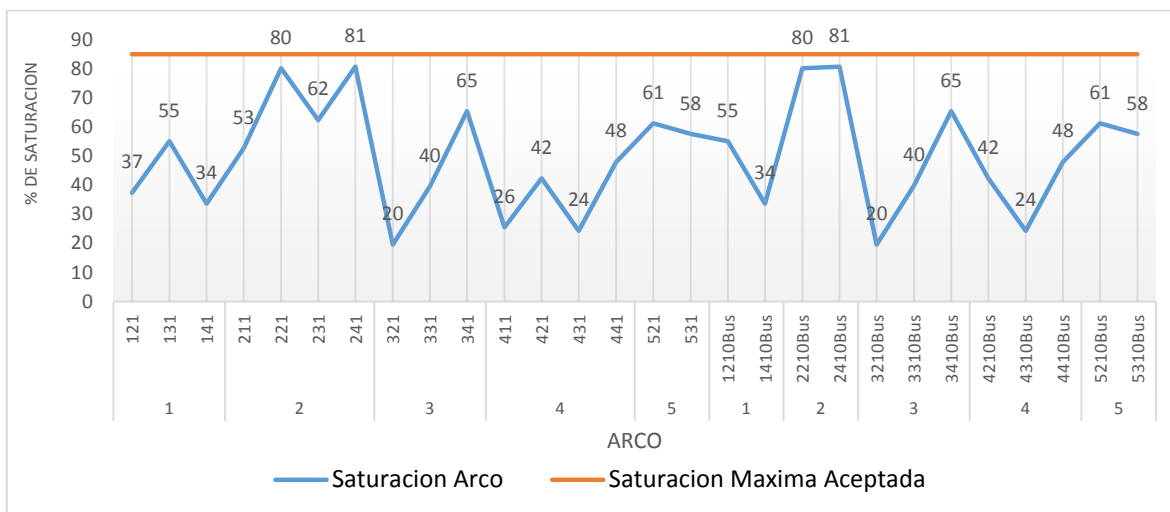
Gráfico 3-2: Grados de saturación por arco, horario PMD.



(Fuente: elaboración Propia en base a datos de salida del modelo)

Se puede observar al igual que en el horario PMD, el horario PT se encuentran con todos los arcos analizados bajo el rango de saturación permitido, siendo los arcos 241, 221, 2210 y 2410 los que más se acercan al porcentaje de saturación. Si bien no se considera congestión en aquellos arcos, se podría realizar igualmente una mejora para bajar estos índices que están cerca del porcentaje de rechazo y por consecuencia de esto reducir los tiempos en este nodo y horario.

Gráfico 3-3: Grados de saturación por arco, horario PT.



(Fuente: elaboración Propia en base a datos de salida del modelo)

3.4.2 Velocidad media, demora, detención y tiempo de recorrido

A la hora de analizar el tiempo de recorrido por el eje, es posible tener dos consideraciones para entender el porqué de este. Uno es la velocidad media del sistema y el otro es la demora. El primero en el horario PM es de tan solo 17.1 Km/h (ver tabla 3-7) esto refleja a su vez los valores obtenidos de saturación para este horario que fueron los más altos en comparación con los demás horarios (PMD y PT).

En el caso de los horarios PMD y PT la velocidad bordea los 20 Km/h. como se observa en la tabla 3-7, lo que refleja también el grado de saturación menor obtenidos en estos horarios, lo que muestra además el comportamiento de la velocidad media con respecto a la saturación el cual es que a medida que el % de saturación es menor la velocidad media aumenta. Además este comportamiento lo presenta también la demora, que al reducir el % de saturación y aumentar lo que es la velocidad media, la demora se reduce y el tiempo de recorrido también disminuye.

Dentro de lo que es la demora, es posible encontrar un patrón de comportamiento con respecto a los movimientos (MOV21 y MOV41), donde el MOV 41 tiene demora en un 46% menor que el MOV 21 en el horario PM. Porcentaje que no se transmite al tiempo de recorrido, ya que la variación de tiempo según movimiento para el PM es de solo 25%. Para los demás horarios ocurre lo mismo pero con valores diferentes obteniendo una diferencia en la demora de 35% y en el caso del tiempo de recorrido de solo 18%.

Como observación final es posible destacar que en el horario PM existen variaciones en el tiempo de recorrido con respecto a los demás horarios el cual es de 28% mayor que los demás horarios en el MOV21 y 17% en el MOV41.

Tabla 3-8: Velocidad media, demoras y tiempo de recorrido. Mov 21 y Mov 41 en los 3 periodos de estudio.

		Velocidad media (km/h)	Demora (s)	Tiempo de recorrido (Min)
PM	MOV 21	17,1	139,6	4,5
	MOV 41	17,1	75,1	3,4
PM D	MOV 21	20,7	104,4	3,5
	MOV 41	20,7	67,6	2,9
PT	MOV 21	20,8	101,2	3,5
	MOV 41	20,8	67,0	2,9

(Fuente: elaboración Propia en base a datos de salida del modelo)

Como análisis adicional es posible hablar de lo que ocurre en las detenciones, en las cuales tenemos los arcos 221, 231, 521 y 2210 en el horario PM con valores sobre el 100% (ver anexo 5, 6, 7) lo que indica que todos los vehículos realizan una detención a lo menos en esos arcos, lo que no ocurre así en los demás horarios aunque si con valores cercanos a estos.

3.4.3 Índice de rendimiento y Consumo de combustible

El índice de rendimiento (IR) es una medida de eficiencia y entre más bajo su valor más eficiente es el sistema, como se muestra en la tabla a continuación el horario PM es un 73% menos eficiente que los demás horarios, esto se puede explicar mediante los valores obtenidos de demora y los % de detenciones (ver anexo 5, 6 y 7) que fueron los más altos en este horario. De forma adicional los valores de demora y detención también reflejan los resultados de consumo de combustible. Los cuales a modo general son un 50% más en el PM en comparación a los otros horarios.

La estimación de Transyt para el consumo de combustible se desglosa en tres categorías, la por movimiento, demora y detenciones. Esta última es posible destacarla en este

estudio debido a que se obtienen valores llamativos ya que en el horario PM el consumo de combustible por concepto de detención supero en un 8,9% el valor de consumo por movimiento, fenómeno que no ocurrió en los demás horarios.

Tabla 3-9: Consumo de combustible de los 3 periodos de estudio

	IR (\$/H)	Consumo de Combustible (Lt/h)			
		En Movimiento	En Demoras	En Paradas	TOTAL
PM	565,56	264,67	217,07	288,49	770,23
PMD	330,76	205,88	124,86	181,6	512,34
PT	325,44	202,95	121,72	185,68	510,35

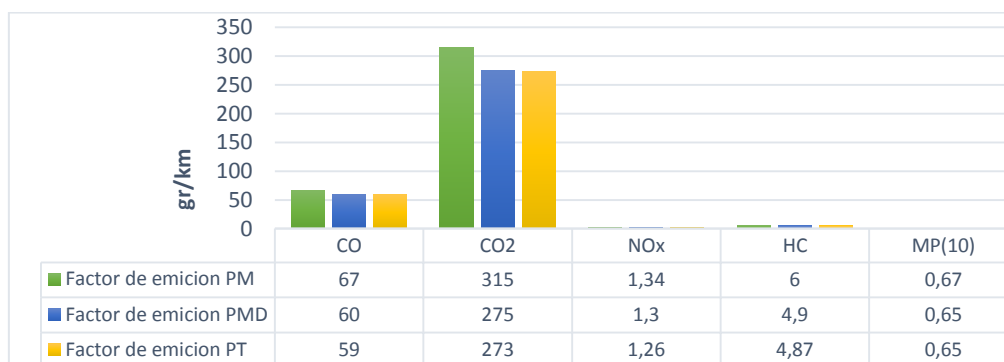
(Fuente: elaboración Propia en base a datos de salida del modelo)

3.4.4 Factor de emisión según Velocidad media

El factor de emisiones es un estimador el cual relaciona la cantidad de contaminantes (monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no combustionados y materia articulado 10) emitidos a la atmosfera al tener un kilómetro de desplazamiento a una velocidad media dada.

Para los horarios de estudio las velocidades medias son 17Km/h, 20,7 Km/h y 20,8 Km/h (ver tabla 3-8). Como es posible apreciar en la gráfica 3-4, los valores más altos estan en el PM, el cual tiene la velocidad media más baja, esto en contraste con los valores de los demás horarios refleja el comportamiento de las emisiones. Ya que, a medida que aumenta la velocidad media se reduce la cantidad de emisiones por unidad de distancia.

Gráfico 3-4: Emisiones de gases por cada periodo.



(Fuente: elaboración Propia en base a datos de salida del modelo)

3.5 Validación del modelo

El criterio de validación del modelo será que al menos el 85% de los Arcos de interés simulados estén dentro del 10% de diferencia relativa con respecto a la medición real.

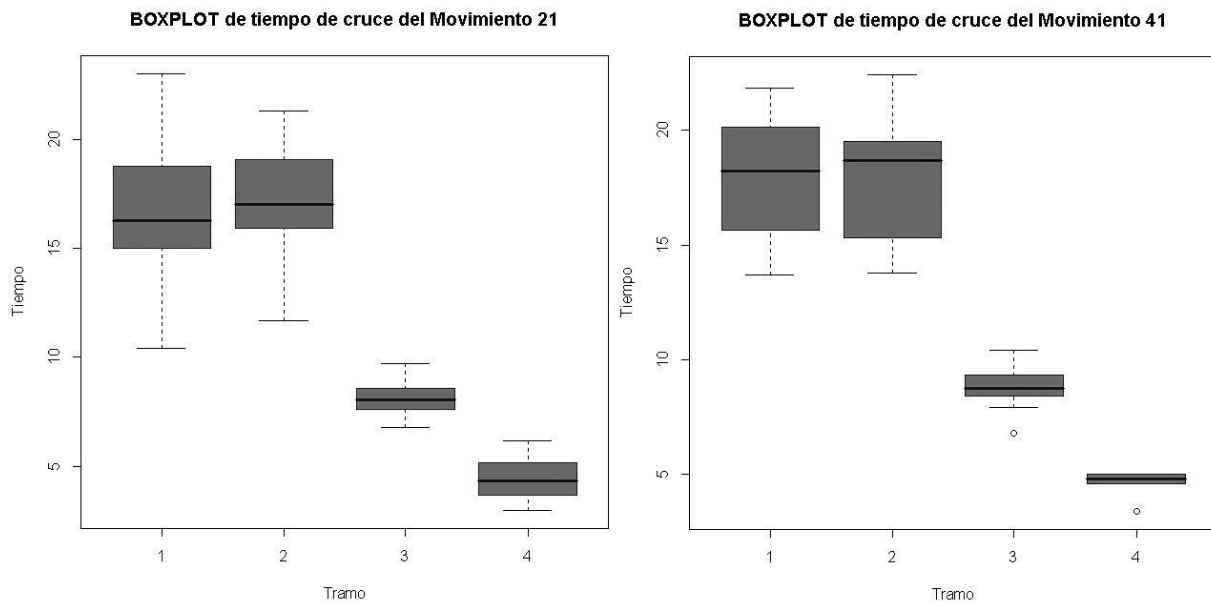
Los arcos tomados (de interés) para realizar la comparación de los valores simulados serán todos los que presenten movimiento 21 y 41 según la Figura 3-1. Esto arcos representan a los tramos de un nodo a otro. Los cuales conforman 4 tramos en el eje.

Mediante el uso de diagramas de caja, se pretenderá ver de manera muy general la calidad de datos recopilados para lo que fueron los tiempos de cruce. Estos diagramas se separaron según movimiento y horario.

Para el tiempo de cruce medio las Tablas 3-10, 3-11 y 3-12 validan los datos. Ya que se encuentran dentro de la tolerancia del 10% en la mayoría de los tramos de análisis.

Para la variable más importante que es el tiempo total de cruce, desde el nodo 1 al 5 se realiza una comparativa mediante tablas al igual que la variable tiempo de cruce medio.

Figura 3-5: Diagrama de caja de tiempos de cruce, punta mañana.



(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno)

Los boxplot reflejan de cierta forma la diferencia relativa entre los valores estimados por TRANSYT y los observados en terreno. Ya que, estos muestran el comportamiento o la dispersión de los datos, según la mediana y la caja del diagrama.

En la Tabla 3-10, en el movimiento 41 es posible apreciar una tendencia creciente hacia el tramo 4, tal comportamiento está dado por el aumento del flujo vehicular hacia el final del horario punta, el cual fue el momento donde se realizó dicho muestreo.

Tabla 3-10: Valores medidos y simulados de tiempos de cruce, punta mañana.

Tramo	MOV 21			MOV 41		
	Media Muestral	Simulada	Diferencia Relativa	Media Muestral	Simulada	Diferencia Relativa
1	16,7	17,9	6,9%	18,0	17,9	0,6%
2	17,1	17,3	0,9%	18,4	17,3	6,1%
3	8,2	8,0	2,3%	8,8	8,0	10,0%
4	4,5	4,3	3,9%	4,6	3,9	17,9%

(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno y datos de salida del modelo)

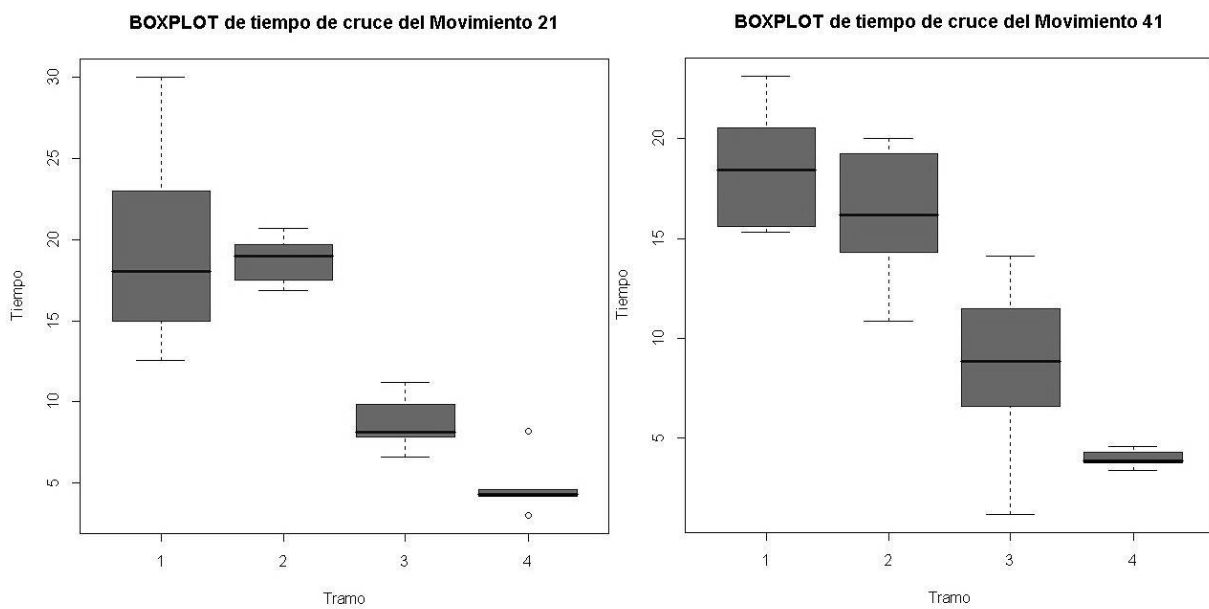
Si bien existe cierta diferencia entre los tiempos según movimiento, ambos están dentro de la tolerancia esperada por lo que refleja la validez del modelo con respecto a la realidad.

Tabla 3-11: Valores medidos y simulados del tiempo total, punta mañana.

	Tiempo medio observado (Min)	Tiempo simulado (Min)	Diferencia relativa
MOV 21	4,43	4,48	1,13%
MOV 41	3,59	3,41	5,41%

(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno y datos de salida del modelo)

Figura 3-6: Diagrama de caja de tiempos de cruce, punta medio día.



(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno)

En el tramo 4 del movimiento 21 existen dos puntos atípicos, lo que refleja de mejor forma la diferencia de más del 10% entre los valores observados y los simulados. De igual forma el tramo 3 del movimiento 41 experimenta una diferencia mayor a la de los demás tramos del movimiento que manifiesta la variabilidad de los datos en dicho tramo.

Tabla 3-12: Valores medidos y simulados de tiempos de cruce, punta medio día.

Tramo	MOV 21			MOV 41		
	Media Muestral	Simulada	Diferencia Relativa	Media Muestral	Simulada	Diferencia Relativa
1	19,2	17,9	7,2%	18,4	17,9	3,0%
2	18,8	17,3	8,4%	16,2	17,3	6,5%
3	8,8	8,0	9,4%	8,7	8,0	8,6%
4	4,9	4,3	13,0%	4,0	3,9	2,6%

(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno y datos de salida del modelo)

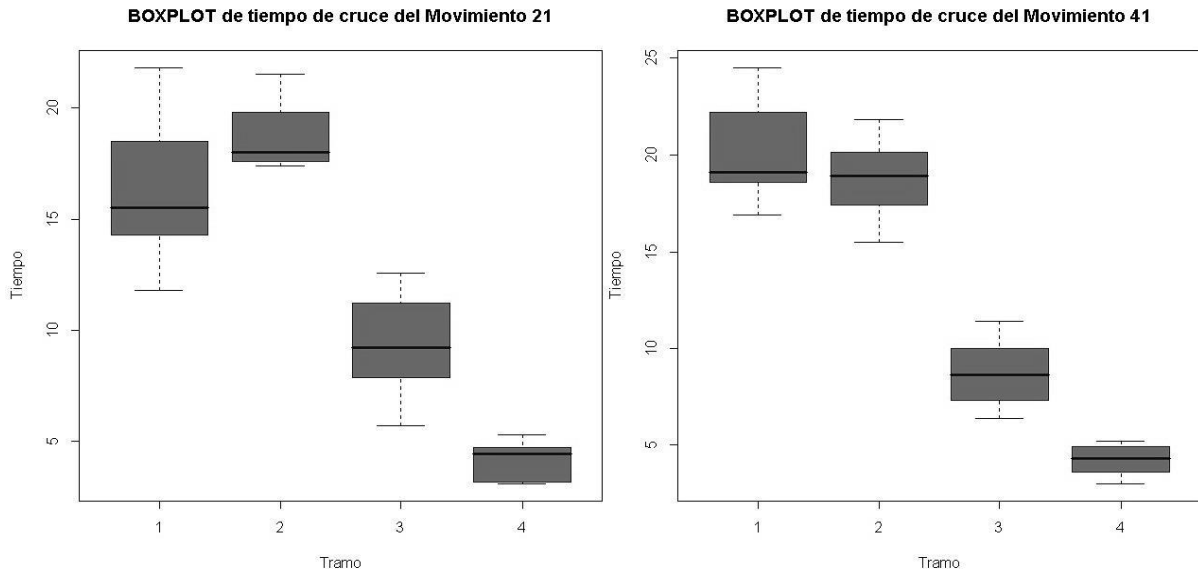
Al igual que en el horario anterior, los valores estimados están bajo la tolerancia esperada y no presentan mayor diferencia.

Tabla 3-13: valores medidos y simulados del tiempo total, punta medio día.

	Tiempo medio observado (Min)	Tiempo simulado (Min)	Diferencia relativa
MOV 21	3,69	3,53	4,60%
MOV 41	3,01	2,91	3,30%

(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno y datos de salida del modelo)

Figura 3-7: diagrama de caja de tiempos de cruce, punta tarde.



(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno)

El tramo 3 del movimiento 21 presenta un diferencia relativa de un 17.3%. Esto refleja las características del flujo del nodo 4 el cual realiza un movimiento con oposición peatonal, lo que explica esa diferencia mayor a la del 10% esperado.

Tabla 3-14: valores medidos y simulados de tiempos de cruce, punta tarde.

Tramo	MOV 21			MOV 41		
	Media Muestral	Simulada	Diferencia Relativa	Media Muestral	Simulada	Diferencia Relativa
1	16,2	17,9	9,7%	19,8	17,9	10,7%
2	18,7	17,3	8,3%	18,8	17,3	8,5%
3	9,4	8,0	17,3%	8,7	8,0	8,9%
4	4,2	4,3	2,4%	4,2	3,9	8,4%

(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno y datos de salida del modelo)

La diferencia relativa se encuentra dentro del criterio y experimenta cierta homogeneidad de la diferencia.

Tabla 3-15: valores medidos y simulados del tiempo total, punta tarde.

	Tiempo medio observado (Min)	Tiempo simulado (Min)	Diferencia relativa
MOV 21	3,73	3,46	7,80%
MOV 41	3,12	2,89	7,96%

(Fuente: elaboración propia en base medición en terreno y datos de salida del modelo)

3.6 Escenarios propuestos de mejora a la situación actual

Los siguientes supuestos, son propuestos de escenarios para una futura simulación de mejora a la situación actual. Se desarrollan mediante la observación de los resultados actuales, los cuales se realizan sin una variación vial describiendo una posible solución lógica para este estudio. En lo posible, estos escenarios serán factibles si existiese una nula o menor alteración vial posible.

Para ellos se describen 4 posibles soluciones propuestas, no obstante una de ellas consiste en un desarrollo y modificación vial importante, el cual requiere recursos en nueva tecnología y/o alteración de calles.

Cada escenario tendrá un análisis con respecto a la situación actual, teniendo en cuenta las variables de saturación, velocidad media, consumo de combustible, factor de rendimiento y tiempo de viaje (parámetro principal de este estudio). Estos análisis se enfocaran en los movimientos 21 y 41, que representan los movimientos lineales de Avenida Vitacura al Poniente (Mov 21) y Avenida Vitacura al Oriente (Mov 41), (ver Figura 3-1).

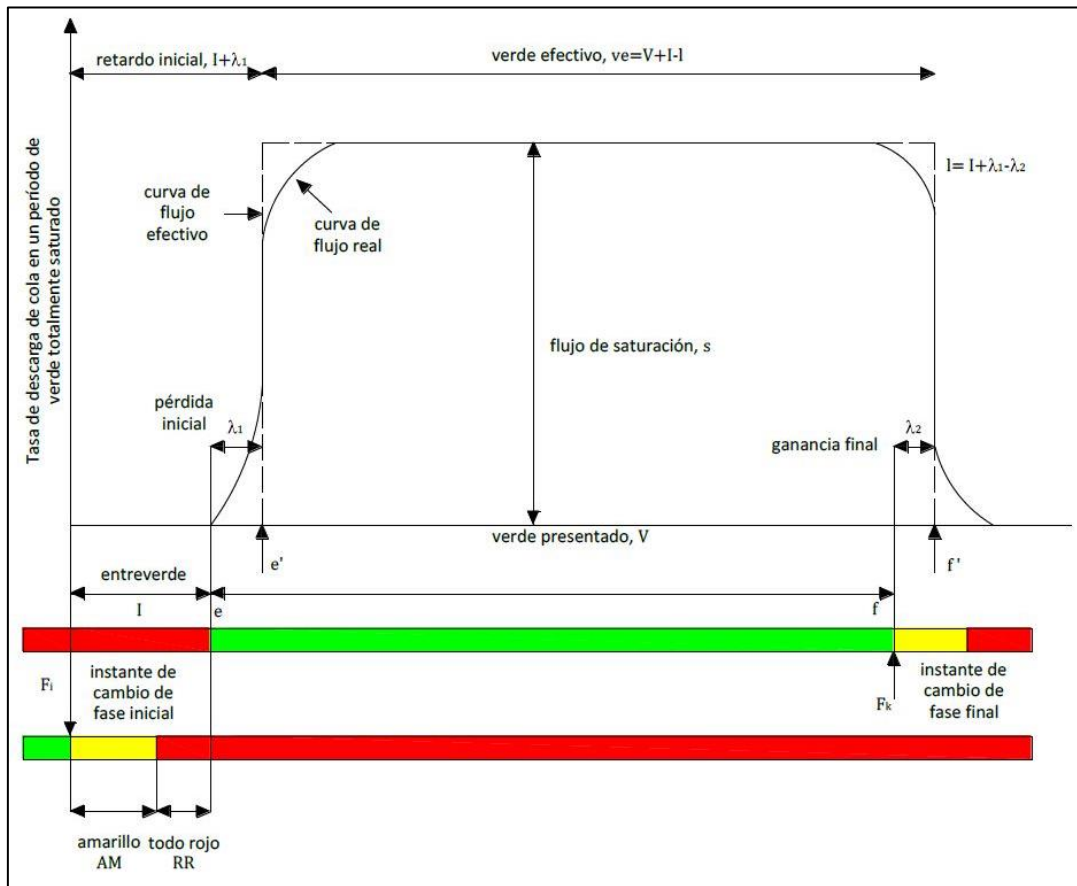
3.6.1 Descripción de los supuestos

3.6.1.1 Supuesto 1: Mejorar la semaforización del tramo con los recursos disponibles actualmente. (Semáforo Óptimo)

Este supuesto se basa en generar una mejor sincronización de semáforos con respecto al sistema actual que tiene el eje que se estudia, intentando lograr una mayor fluidez del tráfico modificando intervalos y frecuencias de fases o ciclos.

Todo esto con la finalidad de tener un mayor tiempo de verde efectivo, además de reducir los tiempos del proceso de puesta en movimiento de cola de los vehículos, una vez que aparezca la luz verde y también la detención gradual que se origina con la aparición de la luz amarilla. Este proceso de carga y descarga es propuesto por la simulación de la situación actual y es denominado como "Ciclo de semáforo Óptimo". En la Figura 3-9 se observa el diagrama de carga y descarga de la semaforización; la distribución de semáforo y los ciclos actuales.

Figura 3-8: Diagrama de carga y descarga de flujos en el caso Supuesto 2.



(Fuente: Manual de señalización de tránsito, Departamento de Seguridad Vial - Dirección de Vialidad)

3.6.1.2 Supuesto 2: No virar a la derecha en la intersección Av. Vitacura / Isidora Goyenechea

En los gráficos de saturación 3-1, 3-4 y 3-7 se observa que la saturación del nodo 2 (ver Figura 3-1) existe una saturación muy alta, es por ello que este supuesto limita la detención por giro de movimiento. Este supuesto impediría a los vehículos que transitan por Av. Vitacura doblar por Isidora Goyenechea, siendo dirigidos hacia Nueva Tajamar donde se permite doblar a la derecha, esta última la cual no se encuentra en los niveles de congestión y saturación que tiene la intersección impedida. Esta medida evitaría entrar este importante flujo al tramo que estamos analizando.

En el caso de virar, estos vehículos arriesgan una multa de 2 UTM por norma de la Subsecretaría de Transporte con respecto a las Vías exclusivas.

3.6.1.3 Supuesto 3: Ciclo Óptimo

Esta posible solución es generada por la disminución o aumento del ciclo de semáforo, estas aumentan proporcionalmente al ciclo actual y están dadas por ciclos que se asocian al grado de saturación entregado por la situación actual.

Es por ello que, tal como se muestran en los resultados de la situación actual en el horario Punta mañana, existe saturación en las intersecciones 1 y 2 (por ende se debiese obtener un mayor ciclo que el existente). En cuanto al horario Punta Tarde y Punta medio día los resultados entregaron un factor de saturación normal fluctuando en una congestión normal y media (por ende se debiese obtener un menor ciclo que el existente).

La siguiente tabla muestra en detalle los ciclos que se estudiarán para cada horario.

Tabla 3-16: Ciclos de análisis.

Punta Mañana	Punta Media Tarde	Punta Tarde
Ciclo 140 segundos	Ciclo 60 segundos	Ciclo 60 segundos
Ciclo 160 segundos	Ciclo 80 segundos	Ciclo 80 segundos
Ciclo 180 segundos	Ciclo 100 segundos	Ciclo 100 segundos

(Fuente: elaboración propia en base a información de UOCT y TRANSYT)

3.6.1.4 Supuesto 4: Vías Reversibles y cruces Scoot

Según la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT), las Vías Reversibles y/o exclusivas son aquellas vías del Área Metropolitana que varían su sentido de tránsito en determinados períodos del día, para favorecer el desplazamiento de los vehículos que por ellas circulan.

En el gran Santiago estas vías fueron diseñadas por la Subsecretaría de Transporte el año 2007 por el impacto vial del Transantiago y los encargados de fiscalizar el estricto cumplimiento de las vías exclusivas son Carabineros de Chile, inspectores municipales e inspectores del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en conformidad a lo dispuesto en la Ley No. 18.290.

Las vías reversibles operan de lunes a viernes exceptuando los días festivos, entre los horarios de 6 a 10 en la mañana y 17 a 21 por la tarde, variable según el tramo.

Para nuestro caso optaríamos como supuesto vía reversible en los sentidos:

- Poniente – Oriente: 7:00 a 10:00 horas
- Oriente – Poniente: 17:00 a 20:00 horas

Esto ayudaría a descongestionar el tramo estudiado, el cual provocaría que el flujo vehicular fuese derivado por la Avenida Costanera Andrés Bello, la cual solo muestra congestión en la salida de la Autopista Costanera Norte.

En tanto los cruces Scoot corresponden a la intersección en la que existe una semaforización, donde el sistema automatiza el ciclo y distribuye los tiempos según el grado de congestión.

En la siguiente tabla se muestran algunos horarios de semáforo con su ciclo completo. También señalar que la tabla con todos los ciclos y horarios se encuentra como Anexo 1.

Tabla 3-17: Ejemplo del ciclo en una Intersección de Semaforización Scoot, tiempos de duración (segundos).

Hora	Flujos	Entre verde Fase (s)	Fase A (s)	Entre verde Fase B (s)	Fase B (s)	Ciclo
7:29:34	1275	9	56	7	41	113
7:31:27	1300	9	56	7	41	113
7:33:20	1250	9	56	7	43	115
7:35:20	1500	9	61	7	33	110
12:00:01	1090	9	52	7	52	120
12:01:57	987	9	48	7	52	116
12:04:00	1208	9	55	7	59	130
12:06:03	955	9	48	7	51	115
17:45:10	1128	9	52	7	52	120
17:47:10	1170	9	52	7	48	116
17:49:10	1288	9	56	7	47	119
17:51:06	1200	9	53	7	55	124

(Fuente: Elaboración propia con base en datos de la UOCT)

Con las variables analizadas y por información UOCT con respecto a las soluciones viales, Esta intervención con semáforos Scoot última generación, ensanchamiento de calles, pasarelas peatonales y cámaras de conteo de flujo; son la solución más óptima para la congestión que existe no solo en esta red sino en cada una de las redes congestionadas que existen en el gran Santiago. La inversión estimada para un cruce es de UF 10.572,7258. El detalle se encuentra adjunto como Anexo 4, como un extracto de “Estudio de Optimización de comunicaciones y canales de congestión”, UOCT 2011.

3.6.2 Resultados y análisis comparativo con la situación actual

3.6.2.1 Horario Punta Mañana

Para observar y analizar las cartas de salida TRANSYT de los resultados de cada supuesto, están dispuestas en Anexos 8, 9, 10, 11, 20 y 23.

3.6.2.1.1 Grado de saturación

Tabla 3-18: Grados de saturación de los escenarios propuestos, horario punta mañana.

Nodo	Arco	Grado de saturación por arco /Escenario (%)						
		Situación actual	CICLO 100 SEGUNDOS	CICLO 140 SEGUNDOS	CICLO 160 SEGUNDOS	CICLO 180 SEGUNDOS	NO VIRAR DERECHA	SEMAFORO OPTIMO
1	121	89,1	89,5	88,9	87,3	87,3	89,1	89,1
	131	89,3	91,2	87,9	87,9	87	89,3	89,3
	141	61,3	61,6	61,2	60,1	60,1	61,4	61,3
2	211	65,1	65,5	63,3	63,3	62,1	63,3	65,1
	221	93,9	95,4	92,8	90,7	90,2	92,7	93,9
	231	94,3	94,9	91,7	91,7	90	91,7	94,3
	241	92,3	98,3	91,8	91,3	91	88,5	92,3
3	321	46,5	46	38,4	37,9	37,9	50,4	48
	331	36,8	38,5	48,9	49	48,3	36,8	35,3
	341	60,2	59,6	49,7	49,1	49	60,2	62,1
4	411	16	16	18,2	17,9	17,9	16	16
	421	37	38,5	30,8	30,8	30,5	43,5	37
	431	35	35,1	39,9	39,3	39,3	35,2	35,2
	441	48	50	40	40	39,5	48	48
5	521	76	74,1	69,1	66,7	66,7	76,5	76,2
	531	68,8	69,8	68,9	68,9	68,4	68,1	68,1
1	1210Bus	89,1	89,5	88,9	87,3	87,3	89,1	89,1
	1410Bus	61,3	61,6	61,2	60,1	60,1	61,4	61,3
2	2210Bus	93,9	95,4	92,8	90,7	90,2	92,7	93,9
	2410Bus	92,3	98,3	91,8	91,3	91	88,5	92,3
3	3210Bus	46,5	46	88,4	37,9	37,9	50,4	48
	3310Bus	36,8	38,5	48,9	49	48,3	36,8	35,3
	3410Bus	60,2	59,6	49,7	49,1	49	60,2	62,1
4	4210Bus	37	38,5	30,8	30,8	30,5	43,5	37
	4310Bus	35,2	35,1	39,9	39,3	39,3	35,2	35,2
	4410Bus	48	50	40	40	39,5	48	48
5	5210Bus	76,2	74,1	69,1	66,7	66,7	76,5	76,2
	5310Bus	68,1	69,8	68,9	68,9	68,4	68,1	68,1

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Como se puede observar en la tabla anterior, están marcados de color rosado los movimientos que tienen un porcentaje de saturación por sobre el 85% y de color amarillo los resultados de saturación media por escenario propuesto. También se muestra que el supuesto “Ciclo Optimo, 180 s” es el de menor porcentaje de saturación media, no obstante no mejora aquellos nodos y movimientos saturados que existen en la actualidad, ya que aún están por sobre el factor mínimo del 85%. Es por ello que mediante este recurso no se puede estimar este supuesto como una solución favorable.

3.6.2.1.2 Demoras

Tabla 3-19: Tiempo de las demoras horario punta mañana, de los movimientos 21 y 41 de cada supuesto.

ESCENARIOS SIMULADOS	MOV 21	MOV 41
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	139,6	75,1
CICLO 140 SEGUNDOS	182,5	157
CICLO 160 SEGUNDOS	203,1	180,2
CICLO 180 SEGUNDOS	229,3	203,4
NO VIRAR DERECHA	139,8	76,3
SEMAFORO OPTIMO	139,2	84,4

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

La Tabla3-24 muestra de forma sombreada los tiempos de demora mínimo de cada movimiento y el escenario que obtiene este menor tiempo es la situación actual. Por ende la situación actual es el escenario óptimo según este parámetro.

3.6.2.1.3 Índice de rendimiento (IR)

Tabla 3-20: Índice de Rendimiento de cada supuesto analizado, horario punta mañana.

ESCENARIOS SIMULADOS	INDICE DE RENDIMIENTO (\$/H)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	565,56
CICLO 140 SEGUNDOS	698,46
CICLO 160 SEGUNDOS	766,85
CICLO 180 SEGUNDOS	835,49
NO VIRAR DERECHA	546,15
SEMAFORO OPTIMO	565,63

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Con la tabla 3-20, se observa de forma sombreada el menor Índice de rendimiento de aquellos autos que transitan por eje estudiado, el supuesto de menor Índice es el “No virar derecha”.

3.6.2.1.4 Consumo de Combustible

Tabla 3-21: Consumo de combustible de cada supuesto analizado, horario punta mañana.

ESCENARIOS SIMULADOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (LT/H)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	770,24
CICLO 140 SEGUNDOS	854,16
CICLO 160 SEGUNDOS	885,43
CICLO 180 SEGUNDOS	917,48
NO VIRAR DERECHA	757,52
SEMAFORO OPTIMO	771,22

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt t8)

En la tabla 3-21, es posible ver de forma sombreada el menor consumo de combustible, el cual es la situación actual. Por ende no existe mejora en los supuestos ofrecidos.

3.6.2.1.5 Velocidad media

Tabla 3-22: Velocidad media del recorrido, horario punta mañana.

ESCENARIOS SIMULADOS	Velocidad media (km/H)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	17,13
CICLO 140 SEGUNDOS	14,59
CICLO 160 SEGUNDOS	13,49
CICLO 180 SEGUNDOS	12,53
NO VIRAR DERECHA	17,6
SEMAFORO OPTIMO	17,14

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt t8)

La tabla 3-22 destaca que el supuesto “No virar derecha”, tiene una mayor velocidad media en el tramo analizado.

3.6.2.1.6 Tiempo de recorrido

Tabla 3-23: Tiempo de cruce del recorrido, horario punta mañana.

ESCENARIOS SIMULADOS	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cruce M21 (min)	Tiempo de Cruce M41 (min)	Tiempo de Cruce Medio (min)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	129,25	4,48	3,41	3,94
CICLO 140 SEGUNDOS	151,75	5,57	5,15	5,36
CICLO 160 SEGUNDOS	164,12	6,12	5,74	5,93
CICLO 180 SEGUNDOS	176,70	6,77	6,33	6,55
NO VIRAR DERECHA	125,80	4,39	3,37	3,88
SEMAFORO OPTIMO	129,17	4,47	3,56	4,02

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Para finalizar el análisis y satisfacer el objetivo general de este estudio, tenemos el tiempo total de viaje, el cual mediante la tabla anterior se puede observar que el supuesto “No virar derecha” realiza una mejora y disminuye el tiempo de viaje en 0,05 minutos.

3.6.2.2 Horario Punta Medio Día

El análisis desglosado como el punto 3.6.2.1, se encuentra disponible completamente como Anexo 26.

Para observar y analizar las cartas de salida TRANSYT de los resultados de cada supuesto, están dispuestas en Anexos 12, 13, 14, 15, 21 y 24.

3.6.2.2.1 Tiempo de recorrido

Tabla 3-24: Tiempo de cruce del recorrido, horario punta medio día

ESCENARIOS SIMULADOS	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cruce M21 (min)	Tiempo de Cruce M41 (min)	Tiempo de Cruce Medio (min)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	107,16	3,53	2,91	3,22
CICLO 60 SEGUNDOS	89,13	2,59	2,14	2,36
CICLO 80 SEGUNDOS	93,65	2,83	2,38	2,60
CICLO 100 SEGUNDOS	100,05	3,17	2,58	2,87
NO VIRAR DERECHA	105,08	3,46	2,80	3,13
SEMAFORO OPTIMO	107,16	3,52	2,91	3,21

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Para finalizar el análisis y satisfacer el objetivo general de este estudio, tenemos el tiempo total de viaje en horario punta medio día, el cual mediante la tabla anterior se puede observar que el supuesto “Ciclo Optimo; 60 s” realiza una mejora y disminuye el tiempo de viaje en 0,86 minutos.

3.6.2.3 Horario Punta Tarde

El análisis desglosado como el punto 3.6.2.1, se encuentra disponible completamente como Anexo 26.

Para observar y analizar las cartas de salida TRANSYT de los resultados de cada supuesto, están dispuestas en Anexos 12, 13, 14, 15, 21 y 24.

3.6.2.3.1 Tiempo de recorrido

Tabla 3-25: Tiempo de cruce del recorrido, horario punta tarde.

ESCENARIOS SIMULADOS	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cruce M21 (min)	Tiempo de Cruce M41 (min)	Tiempo de Cruce Medio (min)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	106,65	3,46	2,89	3,18
CICLO 60 SEGUNDOS	90,70	2,66	2,38	2,52
CICLO 80 SEGUNDOS	95,06	2,73	2,32	2,53
CICLO 100 SEGUNDOS	99,82	3,09	2,54	2,81
NO VIRAR DERECHA	105,08	3,46	2,80	3,13
SEMAFORO OPTIMO	106,70	3,44	2,87	3,16

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Para finalizar el análisis y satisfacer el objetivo general de este estudio, tenemos el tiempo total de viaje en horario punta medio día, el cual mediante la tabla anterior se puede observar que el supuesto “Ciclo Optimo; 60 s” realiza una mejora y disminuye el tiempo de viaje en 0,66 minutos.

Conclusión

El parque vehicular en Chile y sobre todo en las grandes urbes crece año a año. Generando aumento en el grado de saturación de las principales arterias de la ciudad de Santiago. Además estas arterias no están diseñadas con una mirada proactiva ante el aumento del flujo vehicular, la cual conllevará si es posible a una modificación vial para ampliar las características de las calles y avenidas.

La modificación vial es un hecho que no se da en todos los casos, como es posible apreciar en Avenida Vitacura entre Avenida Presidente Riesco y Nueva Providencia (tramo de estudio), la necesidad de un aumento en la capacidad vial es evidente y por motivos de edificación esto se hace inviable, donde es casi obligado mantener las características de este eje, el cual en la actualidad cuenta con variaciones en el número de pistas generando perturbaciones en el flujo vehicular.

Este estudio busca las reducciones en los tiempos de desplazamiento, enfocándose en los sistemas de control vehicular que el eje presenta para conseguir el objetivo. Además estos esfuerzos fueron divididos en tres horarios de interés los cuales son los llamados horarios punta laboral u horas pico.

Se propusieron diversos escenarios de mejora a la situación actual, todo en búsqueda de reducir los tiempos. Estos fueron analizados y contrastados según los horarios mencionados, los cuales reflejan las mejoras en tiempo y porcentaje de reducción del mismo.

Se concluirá bajo dos razonamientos, el primero segmentado por periodo de estudio en los movimientos 21 y 41 (MOV 21 y MOV 41, ver Figura 3-1), y la segunda en tiempo promedio del eje en todos los sentidos.

Para el horario PM, el escenario con modificación en el ciclo de semaforización no muestra mejora en ambos movimientos, la cual pudiera reducir globalmente los tiempos de desplazamiento del eje, muy por el contrario este empeora el tiempo como es posible apreciar en la Tabla C 0-1. Esto último debido a que, si bien al aumentar el tiempo de ciclo hay una mayor tasa de descarga en la espera, al toparse con un semáforo en rojo el tiempo de recorrido aumenta; por lo que el ciclo 120 s, el de uso actual es el óptimo para el nivel de congestión que se provoca en el eje de estudio.

El escenario denominado “semáforo óptimo”, el cual uno pensaría que debiese reducir el tiempo de desplazamiento, realmente no lo hace con el nivel suficiente y es más lo empeora en el caso del MOV 41 por lo que se descarta de plano como mejora. El porqué de estos valores se debe a que en este escenario, los valores de semáforo entregados por Transyt, son los que tienen como enfoque principal reducir el nivel de congestión y no de reducir los tiempos de viaje.

Como último escenario está el llamado “No virar a la derecha” y es el único que obtuvo mejoras globales, aunque con valores de 2,1% y 1,1%, según MOV21 y MOV41. Esta mejora es aceptable bajo las condiciones de saturación presente en el nodo 1 y 2. Además este escenario afecta de forma directa solo al 1,8% del flujo presente del nodo 2.

Tabla C 0-1: Resumen de Tiempos de recorrido por escenario, Horario PM.

HORARIO	ESCENARIO	MOVIMIENTO (min)		VARIACION (%)	
		MOV 21	MOV 41	MOV 21	MOV 41
PM	SITUACION ACTUAL	4,48	3,41		
	CICLO 100 S	4,18	3,86	↑ 6,61%	↓ -13,37%
	CICLO 140 S	5,57	5,15	↓ -24,33%	↓ -51,09%
	CICLO 160 S	6,12	5,74	↓ -36,59%	↓ -68,50%
	CICLO 180 S	6,77	6,33	↓ -51,01%	↓ -86,01%
	NO VIRAR DERECHA	4,39	3,37	↑ 2,10%	↑ 1,10%
	SEMAFORO OPTIMO	4,47	3,56	↑ 0,18%	↓ -4,51%

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Para el horario PMD, todos los escenarios obtuvieron mejoras. No obstante, donde se obtuvieron mejores tiempos fue en la modificación de ciclos, cómo es posible apreciar en la Tabla C 0-2. También se puede concluir, que a medida que se reduce el tiempo del ciclo la reducción en el tiempo de recorrido es mayor, teniendo su pick en el ciclo 60s donde los tiempos se redujeron en el MOV21 26,63% y 26.57% para el MOV 41, los cuales reducen 56 y 46 segundos el tiempo de recorrido respectivamente.

El motivo central el cual este escenario obtuvo el mejor tiempo de recorrido, está dado por la frecuencia de llegada de los pelotones vehiculares, los cuales permiten reducir el tiempo del ciclo. De esta forma se tienen más semáforos en rojo durante el horario, pero con menor tiempo de detención.

El escenario con menor reducción de tiempo fue el de “semáforo óptimo 60s”. Esto debido a que no modifica el ciclo del semáforo, sino que modifica el inicio y duración de las fases.

Tabla C 0-2: Resumen de Tiempos de recorrido por escenario, Horario PMD.

HORARIO	ESCENARIO	MOVIMIENTO (min)		VARIACION (%)	
		MOV 21	MOV 41	MOV 21	MOV 41
PMD	SITUACION ACTUAL	3,53	2,91		
	CICLO 60 S	2,59	2,14	↑ 26,63%	↑ 26,57%
	CICLO 80 S	2,83	2,38	↑ 19,76%	↑ 18,32%
	CICLO 100 S	3,17	2,58	↑ 10,12%	↑ 11,45%
	NO VIRAR DERECHA	3,46	2,80	↑ 1,74%	↑ 3,94%
	SEMAFORO OPTIMO	3,52	2,91	↑ 0,14%	↑ 0,17%

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

En el PT es posible apreciar en la Tabla C 0-3, que existen comportamientos muy similares al horario PMD en cuanto a tiempo de desplazamiento, teniendo incluso el ciclo 60s como el escenario con mejor tiempo de recorrido. Esto se explica bajo los mismos criterios del horario PMD. Los valores de reducción en el tiempo de desplazamiento para los MOV 21 y 41, fueron de 48 y 30 segundos respectivamente.

Tabla C 0-3: Resumen de Tiempos de recorrido por escenario, Horario PT.

HORARIO	ESCENARIO	MOVIMIENTO (MIN)		VARIACION (%)	
		MOV 21	MOV 41	MOV 21	MOV 41
PT	SITUACION ACTUAL	3,46	2,89		
	CICLO 60 S	2,66	2,38	↑ 23,26%	↑ 17,71%
	CICLO 80 S	2,71	2,30	↑ 21,70%	↑ 20,38%
	CICLO 100 S	3,09	2,54	↑ 10,93%	↑ 12,22%
	NO VIRAR DERECHA	2,79	2,55	↑ 19,35%	↑ 11,99%
	SEMAFORO OPTIMO	3,44	2,87	↑ 0,65%	↑ 0,66%

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Como resumen por periodo en los MOV 21 y MOV 41, tenemos que:

- Los escenarios de “No virar a la derecha”, siempre obtienen mejoras al no generar demoras por espera en el viraje por oposición.
- La variación en los ciclos es válida, si los nodos no se encuentran en la condición de saturados.
- Las mejoras obtenidas en los tres horarios es considerable, ya que se obtuvo una mejora de un 16% (110 segundos) para el MOV21 y 14% (79 segundos) para el MOV41.

Finalmente, para resumir la mejora en el eje se muestra en la tabla C 0-4, que los tiempos promedio del eje muestran concordancia al análisis realizado de los MOV 21 y MOV 41 en los tres periodos de estudio.

Tabla C 0-4: Tiempos medios de recorrido del eje en cada escenario propuesto, Horario PT

ESCENARIOS SIMULADOS	Tiempo medio del recorrido (seg) PM	Tiempo medio del recorrido (seg) PMD	Tiempo medio del recorrido (seg) PT
CICLO 120 SEG (SITUACION ACTUAL)	236,4	193,2	190,8
CICLO 60 SEG	321,6	141,6	195
CICLO 80 SEG	355,8	156	151,8
CICLO 100 SEG	393	172,3	168,6
NO VIRAR DERECHA	232,8	187,8	187,8
SEMAFORO OPTIMO	241,2	192,6	189,6

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Se pueden dar 4 razonamientos lógicos a los resultados obtenidos durante un día:

- I. Para el horario PM, solo hay una disminución con el escenario “No virar derecha” de 4,4 segundos. El cual no demuestra una mejora de alto impacto en el eje, por lo tanto queda a criterio su ejecución o mantener el sistema vial actual.
- II. Para el horario PMD si se cambia el Ciclo de semáforo de 120 segundos a 60 segundos, habría una clara mejora en el tiempo de recorrido de los vehículos en el eje estudiado. Esto disminuye en 51,6 segundos dicho tiempo, por ende y en base a este estudio en el horario antes mencionado, se debiese ejecutar en el eje para una menor congestión vehicular.
- III. Para el horario PMT si se cambia el Ciclo de semáforo de 120 segundos a 80 segundos, habría una clara mejora en el tiempo de recorrido de los vehículos en el eje estudiado. Esto disminuye en 39 segundos dicho tiempo, por ende y en base a este estudio en el horario antes mencionado, se debiese ejecutar en el eje para una menor congestión vehicular.
- IV. Como se muestra en la Tabla C 0-5, se obtiene una mejora de 15,19 % en los tiempos medios de recorrido en el eje de estudio, esto se podría dar si se ejecutaran los razonamientos de los escenarios propuestos y donde se encontró una mayor disminución en los tiempos. Se debiese ejecutar en cada periodo lo siguiente: Horario PM con la restricción de no virar a la derecha en el nodo 2 (ver tabla 3-1); para el Horario PMD se debiesen ejecutar los semáforos con ciclo de 60 segundos; y para el horario PT también se debiesen cambiar los ciclos de los semáforos de 120 segundos a 80 segundos.

Tabla C 0-5: Tiempos diarios de recorrido en eje y porcentaje de mejora.

ESCENARIOS SIMULADOS	Tiempo medio del recorrido (seg) Día	% Medio de mejora en el eje
CICLO 120 SEG (SITUACION ACTUAL)	620,4	
MEJORAS POR PERIODO	526,2	15,19%

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Bibliografía

- [GarberLester04] Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel. "Ingeniería de tránsito y de carreteras". México: D.F (2004).
- [Burgos04] Vanessa Burgos "Revisión de la incorporación del transporte público en modelos microscópicos de tráfico". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago (2004).
- [Almonacid07]. Almonacid M. y Oscar M. "Simulación digital de tráfico para intersecciones señalizadas por semáforo, bajo ambiente tridimensional". Santiago (2007).
- [Alarcon10] Víctor Z. Alarcón. "Uso de herramientas de micro simulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago". Santiago (2010).
- [Quezada09] Daniel R, Pablo Ñ, Nicanor Quezada. "Control y simulación de tráfico urbano en Colombia: Estado del arte". Lima (2009).
- [Ramirez09] Aima Z, Rafael Ramírez. "Método para obtener planes de tiempo semafóricas optimos en intersecciones congestionadas". Madrid (2009).
- [Staffan 97] Staffan A, Eric B, Marco B. "Simulation Modelling Applied to Road Transport European Scheme Tests". Londres (1997).
- [Transyt06] Guía para el usuario de TRANSYT.
- [Ackoff62] Russell Lincoln Ackoff. "Método científico de la optimización aplicada de las decisiones investigativas. Nueva York (1962).
- [Algers97] Algers, S., E. Bernauer, M. Boero, L. Breheret, C. Di Taranto, M.Dougherty, K. Fox and J.F. Gabard, "Review of Micro-Simulation Models, Review Report os the SMARTTEST project; deliverable 3" Londres (1997).
- [Bender00] Edward A. Bender, "An Introduction to Mathematical Modeling" DoverPublications, Inc. Mineola New York, 2000.
- [Bottom 99] J. Bottom, M. Ben-Active, M. Bierlaire , I. Chabini, H. Koutsopoulosand Q. Yang. "Investigation of Route Guidance Generation Issues by Simulation with DynaMIT", Simposio Internacional de transporte y tráfico. Jerusalén 1999.

- [Calleros03] Juan Manuel González Calleros “Un modelo heurístico nuevo para el análisis del flujo vehicular.” Madrid (2011).
- [MANUALDECALIBRACION10] UOCT, SECTRA Y SUBTRANS. “Manual de Programación y modelación de semáforos”. Santiago (2010).
- [QuinteroPetit05] Ángela María Quintero Petit “Aplicación de Modelos Transyt coordinado por semáforos.” Universidad de los Andes, Santiago (2005).

Anexos

Anexo 1 – Modelo Mesoscópicos y Modelos Microscópicos

Modelos Mesoscópicos

Este tipo de modelos se caracteriza por estudiar el tráfico con un grado menor de detalle. Ya que no analiza cada vehículo individualmente sino más bien a un grupo de ellos, donde estos poseen características similares. El modelado se realiza bajo funciones de probabilidad, las cuales depende de varias variables (aceleración, interacción entre vehículos, cambio de carril, entre otros) lo que hace posible describir el comportamiento de forma individual de los vehículos

Existen diferentes tipos de modelos Mesoscópicos, dentro de los más conocidos están:

Modelo de distribución de carreteras: define la distribución de progreso de los vehículos de forma individual. Este progreso se define como el tiempo que existe entre el vehículo y su vehículo sucesor. Este modelo asume que cada vehículo son básicamente los mismos y que la función de distribución de probabilidad es independiente al tipo de vehículo, nivel de dirección de los conductores, tipo de conductor, entre otros.

Modelo de clúster: al igual que el modelo anterior describe un grupo o clúster de vehículos con propiedades similares (velocidad, velocidad media, agresividad del conductor, etc.). Las variables de importancia en este modelo son el tamaño de un clúster y la velocidad.

Modelo de gas cinético: este modelo se caracteriza por describir la dinámica de las funciones de distribución de velocidad de los vehículos en el flujo de tráfico. También describe la dinámica del tráfico de vehículos individuales.

Modelos Microscópicos

El modelado de tráfico vehicular con enfoque microscópico es un modelo basado en el análisis individual de los vehículos que componen el tráfico vehicular. Esto envuelve un conjunto de modelados de las acciones de los vehículos los que reflejan la interacción individual con el entorno del sistema. Algunos de los modelos internos son:

- Seguimiento Vehicular
- Cambio de pista y adelantamiento
- Aceptación de brecha

Modelos de Seguimiento Vehicular

Modelo que se basa en la ley psicológica de Webster que establece que: la reacción de un individuo frente a un estímulo es directamente proporcional a su sensibilidad y a la magnitud del estímulo.

Tal teoría logra identificar la respuesta, la sensibilidad y el estímulo en el caso de la circulación ininterrumpida. La condición bajo la cual se rige este modelo es:

- Una sola vía
- Un solo sentido de circulación
- Dos vehículos sucesivos
- No hay posibilidad de adelantamiento

Por lo tanto:

$$R(t + t_r) = \lambda * S(t) \quad ()$$

Dónde:

R: Reaccion

S: Estimulo

λ : Funcion de sensibilidad

t_r : Tiempo de reaccion

Modelo de Gipps

Es uno de los modelos de seguimiento vehicular más utilizados por los programas de simulación, en este modelo se ofrece al vehículo seguidor la oportunidad de transitar a dos diferentes velocidades, una con la máxima velocidad a la que pueda alcanzar según sus capacidades y la otra opción es una velocidad que pueda alcanzar según las condiciones que le impone el vehículo que lo antecede.

La primera condición de Gipps se expresa de la siguiente forma:

$$V_{n+1a}(t + T) = V_{n+1}(t) + 2,5 \cdot a_{(n+1)} \cdot T \cdot \left(1 - \frac{V_{n+1}(t)}{V_{n+1}^*}\right) \cdot \sqrt{0.025 + \frac{V_{n+1}(t)}{V_{n+1}^*}} \quad ()$$

Dónde:

T : tiempo de reaccion .

$V_{n+1}(t)$: Velocidad del vehiculo seguidor, $n + 1$, en el instante t .

V_{n+1}^* : Velocidad deseada por el vehiculo $n + 1$.

$a_{(n+1)}$: Aceleración maxima del vehiculo $n + 1$.

La segunda condición también llamada velocidad de desaceleración, está dada por:

$$V_{n+1b}(t + T) = d_{n+1} \cdot T + \dots$$
$$\dots \sqrt{d_{n+1}^2 \cdot T^2 - d_{n+1} \cdot \left\{ 2 \cdot [x_n(t) - L_n - x_{n+1}(t)] - V_{n+1}(t) \cdot T - \frac{V_n(t)^2}{d_n} \right\}}$$

()

En donde:

x_n : Posicion del vehiculo precedente .

d_n : Desaceleracion maxima del vehiculo predecesor n .

d_{n+1} : Desaceleracion maxima del vehiculo seguidor $n + 1$.

L_n : Longitud total del vehiculo predecesor.

Cabe mencionar que la velocidad final del vehículo seguidor será el mínimo de las dos velocidades mencionadas anteriormente.

$$V_{n+1}(t + T) = \min\{V_{n+1a}(t + T), V_{n+1b}(t + T), \}$$

()

Modelo de Cambio de Pista

Este tipo de modelo se basa en la decisión que toma cada conductor en instantes de tiempo acerca de si es conveniente o no cambiarse de pista. De esta forma le permitirían al conductor tener una velocidad deseada o evitar obstáculos, entre otras.

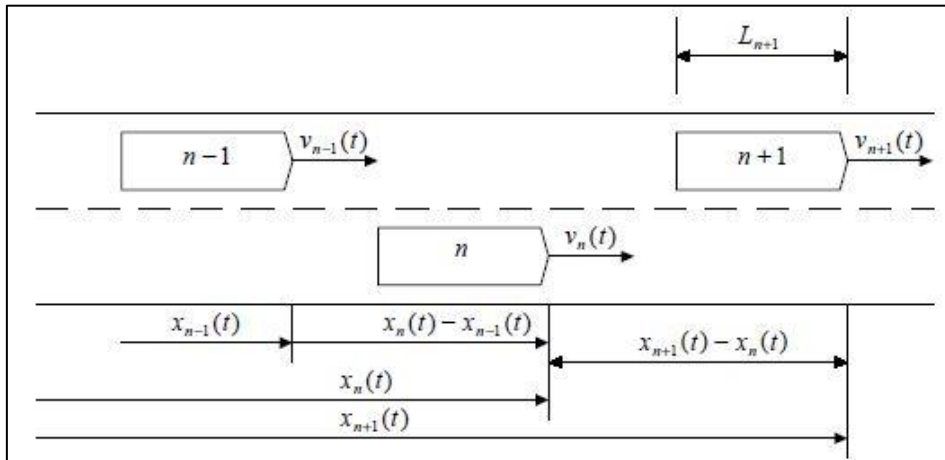
Gipps en 1986 desarrolla un modelo de cambio de pista tomando este comportamiento como un proceso de decisión, en donde se analizan las siguientes preguntas:

- I. **¿Es necesario cambiarse de pista?** Esta pregunta depende de varios factores que el conductor analiza a la hora de realizar el cambio, como puede ser la necesidad de viraje, la distancia al

Modelo de Aceptación de Brecha

Este modelo es usado para responder la pregunta tres del modelo anterior. En donde una vez elegido el cambio de pista se procede a verificar el espacio existente para realizar el cambio con la precaución de no generar coaliciones. Es importante señalar que cuando el vehículo no se encuentra en una pista apta (estacionar o virar), la necesidad de hacer un cambio de pista es obligatorio lo que genera un cambio en el comportamiento del conductor, el cual acepta espacios más pequeños en la medida que se aproxima al comienzo de la realización de la maniobra.

Figura: Análisis de aceptación de brecha para el cambio de pista.



(Fuente: Técnicas de simulación y planificación de transporte para estudios de problemas de tráfico en entornos urbanos y metropolitanos, Jesús Racero Moreno)

Para poder realizar un cambio de pista de manera segura y evitando colisiones es necesario que se cumpla las siguientes expresiones:

$$x_{n+1}(t) - x_n(t) - L_{n+1} \leq D_n^{seg}(t) \quad []$$

$$x_n(t) - x_{n-1}(t) - L_n \leq D_{n-1}^{seg}(t) \quad ()$$

Donde:

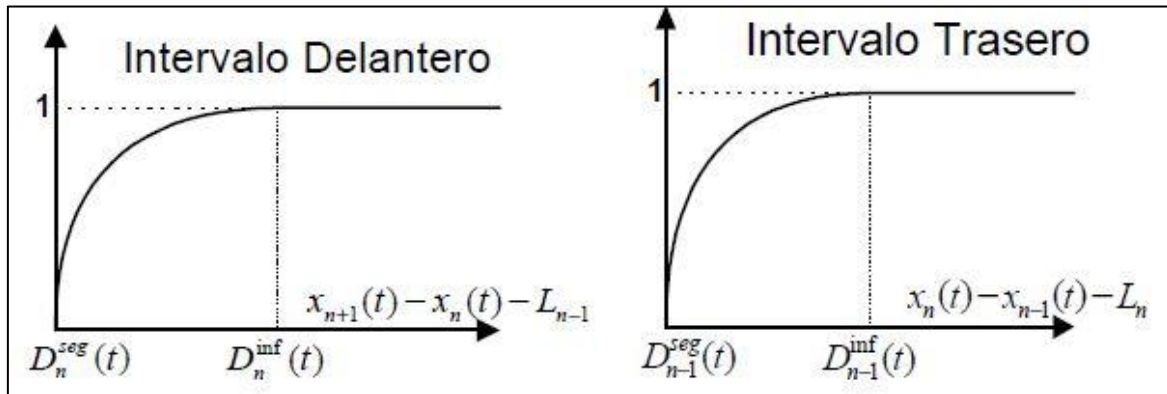
$D_n^{seg}(t)$: Distancia de seguridad del vehículo n , en el instante t .

$D_{n-1}^{seg}(t)$: Distancia de seguridad del vehículo $n - 1$, en el instante t .

Aunque la distancia permita el cambio de pista el conductor es siempre el que considera si la distancia es la necesaria para realizar el cambio o no. También la necesidad de realizar el cambio de pista por la proximidad al inicio de una maniobra incide en la aceptación del espacio para el cambio de pista. Este modelo es posible tomarlo de dos perspectivas dependiendo del tipo de cambio de pista que se realice.

Si el tipo de cambio es obligatorio la función de aceptación de gap tiene la siguiente forma:

Figura: Función de aceptación Gap, para cambio de pista



(Fuente: Técnicas de simulación y planificación de transporte para estudios de problemas de tráfico en entornos urbanos y metropolitanos, Jesús Racero Moreno)

Dónde:

$D_n^{inf}(t)$: Distancia de influencia del vehículo n , en el instante t .

$D_{n-1}^{inf}(t)$: Distancia de influencia del vehículo $n - 1$, en el instante t .

La función representa el comportamiento de un conductor cuando tiene que realizar un cambio de pista obligatorio aceptando una distancia menor. La expresión que representa la función de aceptación está dada por:

$$f^d(x) = \frac{1 - e^{z_1}}{1 - e^{z_2}} \quad (1)$$

$$z_1 = D_n^{inf}(t) - (x_{n+1}(t) - x_n(t) - L_{n+1}) \quad (2)$$

$$z_2 = D_n^{inf}(t) - D_n^{seg}(t) \quad (3)$$

$$f^t(x) = \frac{1-e^{z_1}}{1-e^{z_2}} \quad ()$$

$$z_1 = D_{n-1}^{inf}(t) - (x_n(t) - x_{n-1}(t) - L_n) \quad ()$$

$$z_2 = D_{n-1}^{inf}(t) - D_{n-1}^{seg}(t) \quad ()$$

Si bien estas expresiones contemplan la representación de las gráficas anteriores, no refleja el comportamiento del conductor que acepta una menor distancia a medida que se acerca al final. Para esto se modifica la expresión quedando:

$$f^d(x) = \left(\frac{1-e^{z_1}}{1-e^{z_2}} \right)^y \quad ()$$

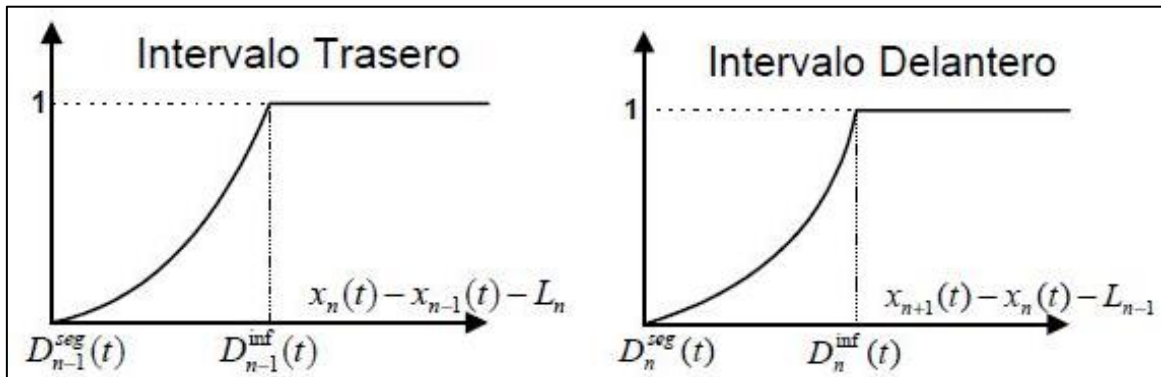
$$y = \left(\frac{D_n^{inf}(t) - (x_{n+1}(t) - x_n(t) - L_{n+1})}{D_n^{inf}(t) - D_n^{seg}(t)} \right)^y \quad ()$$

$$f^t(x) = \left(\frac{1-e^{z_1}}{1-e^{z_2}} \right)^y \quad ()$$

$$y = \left(\frac{D_n^{inf}(t) - (x_n(t) - x_{n-1}(t) - L_n)}{D_n^{inf}(t) - D_n^{seg}(t)} \right)^y \quad ()$$

Quando el cambio de pista se realiza por alguna mejora ya sea velocidad o distancia, el modelo debe rechazar con mayor probabilidad las distancias cercanas a la de seguridad, buscando distancias más cercanas a la de una fluencia. La curva que describe este comportamiento es el siguiente:

Figura: Curva de comportamiento al cambio de pista, por mejora de velocidad o distancia.



(Fuente: Técnicas de simulación y planificación de transporte para estudios de problemas de tráfico en entornos urbanos y metropolitanos, Jesús Racero Moreno)

El conductor bajo esta condición acepta distancias superiores a la de seguridad con mayor probabilidad. Esta condición se expresa de la siguiente manera:

$$f^d(x) = \left(\frac{1-e^{z_1}}{1-e^{z_2}} \right)^y ; z_1 = (x_{n+1}(t) - x_n(t) - L_{n+1}) - D_n^{seg}(t) \quad ()$$

$$z_2 = D_n^{inf}(t) - (x_{n+1}(t) - x_n(t) - L_{n+1}) \quad ()$$

$$y = \left(\frac{D_n^{inf}(t) - (x_{n+1}(t) - x_n(t) - L_{n+1})}{D_n^{inf}(t) - D_n^{seg}(t)} \right)^y \quad ()$$

$$f^t(x) = \left(\frac{1-e^{z_1}}{1-e^{z_2}} \right)^y ; z_1 = (x_n(t) - x_{n-1}(t) - L_n) - D_{n-1}^{seg}(t) \quad ()$$

$$z_2 = D_{n-1}^{inf}(t) - (x_n(t) - x_{n-1}(t) - L_n) \quad ()$$

$$y = \left(\frac{D_{n-1}^{inf}(t) - (x_n(t) - x_{n-1}(t) - L_n)}{D_{n-1}^{inf}(t) - D_{n-1}^{seg}(t)} \right)^y \quad ()$$

Dependiendo del factor γ refleja el comportamiento de diferentes conductores, afectando a la curvatura de la función

Anexo 2 – Semaforización horarios Punta Medio Día y Punta Tarde

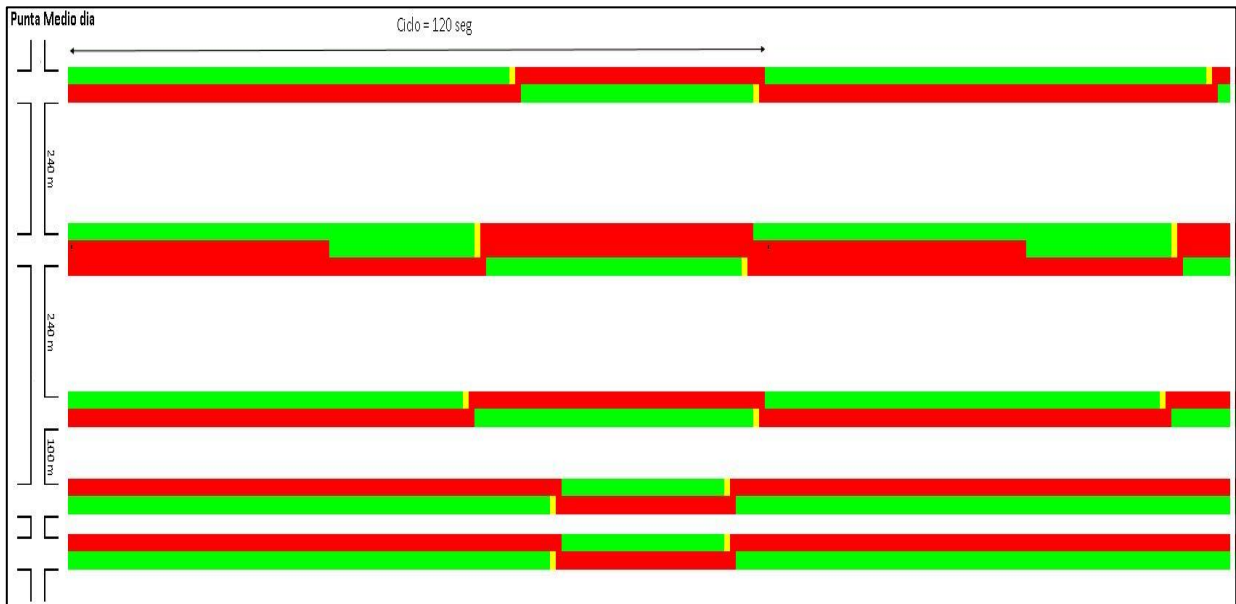
- Semaforización Punta medio día

Tabla: Fases de semáforos por nodo, Punta medio día

Nodo	Plan de control de UOCT	Fase (s)						Ciclo (s)
		A	B	C	D	AB	AD	
1	Plan 13	111			69		70	120
2	Plan 11	9	56	83				120
3	Plan 8	111	61			62		120
4	Plan 8	76	106					120
5	Plan 8	76	106					120

(Fuente: Elaboración Propia con información de UOCT1)

Figura: diagrama espacio tiempo punta medio día.



(Fuente: elaboración propia en base a datos de plan de semaforización de UOCT)

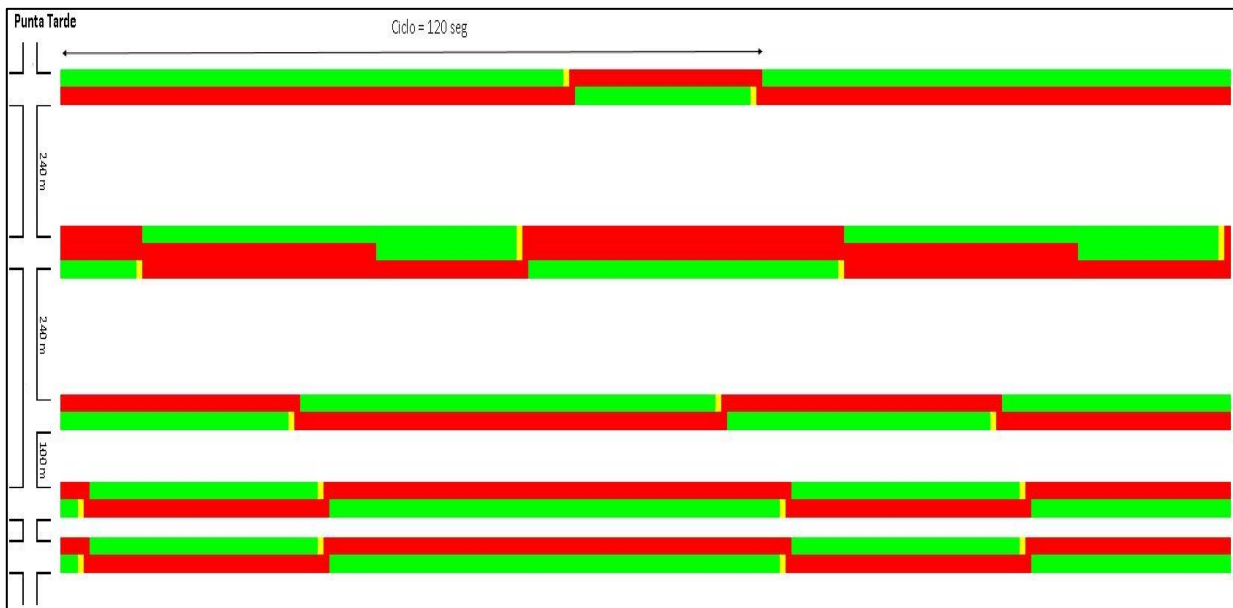
- **Semaforización Punta Tarde**

Tabla: Fases de semáforos por nodo, Punta tarde

Nodo	Plan de control de UOCT	Fase (s)					Ciclo (s)
		A	B	C	D	AB AD	
1	Plan 6	107			75	76	120
2	Plan 4	41		67			110
3	Plan 4	28	101			102	120
4	Plan 4	112	33				120
5	Plan 4	112	33				120

(Fuente: Elaboración Propia con información de UOCT1)

Figura: diagrama espacio tiempo punta tarde.



(Fuente: elaboración propia en base a datos de plan de semaforización de UOCT)

Anexo 3 – Mediciones Flujo vehicular periodos PMD y PT.

Tabla - Mediciones de flujo vehicular, punta media laboral.

PC	INTERSECCIÓN	MOV	PUNTA MEDIO DIA LABORAL								
			VL	TXC	TXB	BUS	BUSART	C2E	C+2E	TOTAL VEH	TOTAL VEQ
1	VITACURA - PRESIDENTE RIESCO	10	117	0	0	0	0	1	0	118	119
		11	566	0	0	0	0	5	0	571	576
		12	19	0	0	0	0	0	0	19	19
		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		21	1149	0	10	5	5	20	0	1189	1228
		30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		40	27	0	0	0	0	0	0	27	27
		41	1094	0	2	4	7	14	0	1121	1151
42	135	0	0	0	0	4	0	139	143		
2	ISIDORA GOYENECHEA - VITACURA	10	152	0	0	2	0	7	0	161	170
		11	756	0	0	1	0	13	2	772	789
		20	142	0	0	0	0	3	0	145	148
		21	452	2	0	6	9	5	0	474	499
		22	670	0	0	3	0	10	0	683	696
		30	881	0	0	0	0	11	1	893	906
		31	1024	0	0	0	0	20	1	1045	1067
		40	260	0	3	0	1	6	0	270	279
		41	545	0	1	2	7	7	0	562	582
3	ENCOMENDEROS - VITACURA	20	183	0	0	0	0	0	4	160	136
		22	107	0	0	0	0	4	6	111	115
4	NUEVA TAJAMAR / VITACURA /NUEVA TOBALABA	10	221	0	0	0	0	6	0	227	233
		11	308	0	0	1	12	1	1	323	345
		12	495	0	0	1	1	6	2	505	517
		20	61	0	0	0	0	2	0	63	65
		21	504	0	3	19	0	14	6	546	590
		22	54	0	0	0	0	2	0	56	58
		40	147	0	0	4	0	5	0	156	165
		41	637	0	0	8	0	7	6	658	682
		42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AV. VITACURA / HOLANDA / 11 DE SEPTIEMBRE	20	173	103	3	9	8	4	0	300	363
		21	1160	0	48	0	40	9	1	1258	1360
		22	282	78	10	0	3	16	0	389	443

(Fuente: Ingeniero Mauricio Carrasco Donoso, Secretaria de Transporte)

Tabl - Mediciones de flujo vehicular, punta tarde laboral.

PC	INTERSECCIÓN	MOV	PUNTA TARDE LABORAL								TOTAL VEH	TOTAL VEQ
			VL	TXC	TXB	BUS	BUSART	C2E	C+2E			
1	VITACURA - PRESIDENTE RIESCO	10	71	0	0	0	0	0	0	0	71	71
		11	725	0	1	0	0	2	0	728	731	
		12	18	0	0	0	0	0	0	18	18	
		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		21	1411	0	13	3	15	11	0	1453	1498	
		30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		40	226	0	2	2	5	1	0	236	248	
		41	591	0	2	1	2	1	0	597	603	
		42	7	0	0	0	0	0	7	7		
2	ISIDORA GOYENECHEA - VITACURA	10	103	0	0	0	0	2	0	105	107	
		11	1023	0	0	0	0	5	0	1028	1033	
		20	86	0	0	0	0	1	0	87	88	
		21	431	0	0	13	9	0	0	453	480	
		22	870	0	2	0	0	6	0	878	885	
		30	545	0	0	0	0	1	0	546	547	
		31	1053	0	0	2	0	2	0	1057	1061	
		40	230	0	0	0	0	1	0	231	232	
		41	628	0	1	10	7	0	0	646	667	
3	ENCOMENDEROS - VITACURA	20	270	0	0	37	1	3	1	228	185	
		22	166	0	9	3	7	1	0	166	173	
4	NUEVA TAJAMAR / VITACURA /NUEVA TOBALABA	10	485	0	0	1	0	8	0	494	503	
		11	263	0	9	2	13	4	0	291	322	
		12	568	0	0	0	0	4	1	573	579	
		20	29	0	0	2	0	0	0	31	33	
		21	371	0	0	36	1	2	1	411	452	
		22	45	0	0	0	0	1	0	46	47	
		40	107	0	1	0	0	1	0	109	111	
		41	663	0	10	5	0	2	0	680	694	
		42	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
5	AV. VITACURA / HOLANDA / 11 DE SEPTIEMBRE	20	167	0	0	13	8	1	0	189	215	
		21	1022	0	66	8	64	4	2	1166	1320	
		22	637	0	13	0	0	5	0	655	668	
		21	1408	1	12	54	56	18	0	1549	1713	

(Fuente: Ingeniero Mauricio Carrasco Donoso, Secretaria de Transporte)

Anexo 4 - Ejemplo de Tablas de semaforización Scoot

Hora	Entreverde Fase A	Durac. Fase A	Entreverde Fase B	Durac. Fase B	Ciclo
7:29:34	9	56	7	41	113
7:31:27	9	56	7	41	113
7:33:20	9	56	7	43	115
7:35:20	9	61	7	33	110
7:37:20	9	71	7	40	127
7:39:20	9	64	7	37	117
7:41:17	9	64	7	37	117
7:43:13	9	63	7	45	124
7:45:20	9	66	7	31	113
7:47:13	9	66	7	45	127
7:49:20	9	66	7	31	113
7:51:17	9	70	7	41	127
7:53:15	9	61	7	44	121
7:55:20	9	65	7	36	117
7:57:17	9	65	7	43	124
7:59:17	9	61	7	40	117
8:01:17	9	64	7	41	121
8:03:15	9	61	7	44	121
8:05:16	9	61	7	43	120
8:07:16	9	61	7	41	118
8:09:14	9	61	7	44	121
8:11:15	9	61	7	43	120
8:13:15	9	61	7	37	114
8:15:11	9	63	7	46	125
8:17:14	9	61	7	43	120
8:19:14	9	61	7	39	116
8:21:10	9	61	7	43	120
8:23:10	9	61	7	43	120
8:25:10	9	61	7	43	120
8:27:10	9	61	7	43	120
8:29:10	9	61	7	43	120
8:31:10	9	61	7	43	120
8:33:10	9	61	7	43	120
8:35:10	9	61	7	43	120
8:37:10	9	61	7	43	120
8:39:10	9	61	7	43	120
8:41:10	9	61	7	43	120

8:43:10	9	61	7	43	120
8:45:10	9	61	7	43	120
8:47:10	9	61	7	39	116
8:49:10	9	65	7	42	123
8:51:09	9	61	7	43	120
8:53:09	9	61	7	43	120
8:55:09	9	61	7	43	120
8:57:09	9	61	7	43	120
8:59:09	9	61	7	43	120
9:01:09	9	61	7	43	120
9:03:09	9	61	7	43	120
9:05:09	9	61	7	43	120
9:07:09	9	61	7	43	120
9:09:09	9	61	7	39	116
9:11:05	9	61	7	46	123
9:13:08	9	61	7	43	120
9:15:08	9	61	7	39	116
9:17:04	9	61	7	46	123
9:19:07	9	61	7	43	120
9:21:07	9	61	7	43	120
9:23:07	9	61	7	43	120
9:25:07	9	61	7	43	120
9:27:11	9	65	7	39	120
9:29:07	9	61	7	43	120
9:31:11	9	65	7	35	116
PUNTA MEDIO DIA LABORAL					
12:00:01	9	52	7	52	120
12:01:57	9	48	7	52	116
12:04:00	9	55	7	59	130
12:06:03	9	48	7	51	115
12:09:47	9	53	7	44	113
12:11:40	9	53	7	58	127
12:13:42	9	48	7	49	113
12:15:42	9	55	7	48	119
12:17:42	9	56	7	59	131
12:19:45	9	48	7	53	117
12:21:45	9	51	7	59	126
12:23:48	9	48	7	56	120
12:25:48	9	48	7	56	120
12:27:48	9	48	7	56	120

12:29:48	9	48	7	56	120
12:31:48	9	48	7	56	120
12:33:48	9	48	7	56	120
12:35:48	9	48	7	52	116
12:37:44	9	48	7	59	123
12:39:51	9	52	7	52	120
12:41:47	9	48	7	56	120
12:43:51	9	52	7	48	116
12:45:44	9	49	7	59	124
12:47:51	9	52	7	47	115
12:49:56	9	62	7	45	123
12:51:53	9	56	7	55	127
12:53:52	9	48	7	56	120
12:55:52	9	48	7	54	118
12:57:56	9	54	7	46	116
12:59:57	9	59	7	52	127
13:01:54	9	49	7	48	113
13:03:58	9	60	7	51	127
13:05:53	9	48	7	57	121
13:07:54	9	48	7	56	120
13:09:54	9	48	7	50	114
13:11:54	9	54	7	54	124
13:13:54	9	50	7	51	117
13:16:01	9	60	7	51	127
13:17:56	9	48	7	49	113
13:19:53	9	52	7	59	127
13:22:00	9	52	7	45	113
13:23:57	9	56	7	55	127
13:25:56	9	48	7	56	120
13:27:56	9	48	7	56	120
13:29:56	9	48	7	56	120
13:31:56	9	48	7	56	120
13:33:56	9	48	7	56	120
13:35:56	9	48	7	56	120
13:38:00	9	52	7	50	118
13:39:57	9	51	7	56	123
13:41:57	9	48	7	54	118
13:43:57	9	50	7	58	124
13:45:59	9	48	7	56	120
13:48:03	9	52	7	53	121
13:50:00	9	48	7	50	114

13:51:56	9	50	7	59	125
13:53:59	9	48	7	55	119
13:56:03	9	53	7	51	120
13:58:04	9	54	7	50	120
13:59:58	9	48	7	58	122
14:02:04	9	52	7	52	120
14:04:04	9	52	7	52	120
14:06:08	9	56	7	48	120
14:08:04	9	52	7	52	120
14:10:08	9	56	7	49	121
14:12:05	9	52	7	52	120
14:14:05	9	52	7	52	120
14:16:05	9	52	7	48	116
14:18:01	9	52	7	55	123
14:20:04	9	52	7	52	120
14:22:04	9	52	7	52	120
14:24:08	9	56	7	52	124
14:26:12	9	56	7	52	124
14:28:12	9	52	7	56	124
14:30:16	9	52	7	52	120
		PUNTA TARDE LABORAL			
17:29:06	9	52	7	52	120
17:31:06	9	52	7	52	120
17:33:06	9	52	7	52	120
17:35:06	9	52	7	52	120
17:37:06	9	52	7	52	120
17:39:06	9	52	7	52	120
17:41:06	9	52	7	56	124
17:43:10	9	52	7	52	120
17:45:10	9	52	7	52	120
17:47:10	9	52	7	48	116
17:49:10	9	56	7	47	119
17:51:06	9	53	7	55	124
17:53:13	9	56	7	49	121
17:55:10	9	52	7	52	120
17:57:10	9	52	7	52	120
17:59:10	9	52	7	52	120
18:01:10	9	52	7	52	120
18:03:10	9	52	7	52	120
18:05:10	9	52	7	52	120

18:07:10	9	52	7	48	116
18:09:14	9	60	7	43	119
18:11:11	9	58	7	52	126
18:13:15	9	56	7	42	114
18:15:12	9	59	7	52	127
18:17:12	9	52	7	49	117
18:19:09	9	52	7	54	122
18:21:11	9	52	7	52	120
18:23:11	9	52	7	48	116
18:25:07	9	52	7	55	123
18:27:10	9	52	7	52	120
18:29:14	9	56	7	49	121
18:31:15	9	56	7	44	116
18:33:12	9	57	7	46	119
18:35:08	9	54	7	50	120
18:37:15	9	61	7	42	119
18:39:16	9	63	7	48	127
18:41:17	9	57	7	44	117
18:43:14	9	57	7	43	116
18:45:18	9	65	7	50	131
18:47:16	9	52	7	53	121
18:49:17	9	52	7	52	120
18:51:17	9	52	7	50	118
18:53:17	9	54	7	51	121
18:55:16	9	52	7	49	117
18:57:13	9	52	7	53	121
18:59:14	9	52	7	52	120
19:01:14	9	52	7	52	120
19:03:14	9	52	7	52	120
19:05:14	9	52	7	52	120
19:07:14	9	52	7	52	120
19:09:14	9	52	7	52	120
19:11:14	9	52	7	52	120
19:13:14	9	52	7	52	120
19:15:14	9	52	7	48	116
19:17:10	9	52	7	55	123
19:19:17	9	56	7	44	116
19:21:18	9	61	7	42	119
19:23:15	9	59	7	52	127
19:25:15	9	52	7	52	120
19:27:15	9	52	7	52	120

19:29:15	9	52	7	52	120
19:31:15	9	52	7	52	120
19:33:15	9	52	7	52	120
19:35:15	9	52	7	52	120
19:37:15	9	52	7	52	120
19:39:15	9	52	7	52	120
19:41:15	9	52	7	55	123
19:43:21	9	55	7	53	124
19:45:22	9	52	7	56	124
19:47:28	9	54	7	46	116
19:49:22	9	52	7	55	123
19:51:25	9	52	7	52	120
19:53:25	9	52	7	52	120
19:55:25	9	52	7	52	120
19:57:25	9	52	7	52	120
19:59:25	9	52	7	52	120
20:01:25	9	52	7	52	120

Anexo 5 – Salida o resultados de Transyt, Situación actual PM

```

1Programacion Punta Mañana                                120 SECOND CYCLE  60 STEPS  RUN ON  6/
7/**
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :-  18  48  -1  18  48  1  -1  1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE    NUMBER  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE
  NO     OF STAGES  1      2      3      4      5      6      7
  1       2       91      22
  2       3      119     53      80
  3       2       11      78
  4       2       70      21
  5       2       91      66
0 LINK    FLOW  SAT  DEGREE  MEAN TIMES  -----DELAY-----  ---STOPS---  ----QUEUE----  PERFORMANCE  EXIT  GREEN
TIMES
NUMBER   INTO  FLOW  OF  PER  PCU  UNIFORM  RANDOM+  COST  MEAN  COST  MEAN  INDEX.  NODE  START
START
LINK      SAT  CRUISE  OVERSAT  OF  STOPS  OF  MAX.  AVERAGE  WEIGHTED SUM  END
END
2ND
                DELAY  (U+R+O=MEAN Q)  DELAY  /PCU  STOPS
(SECONDS)      (PCU/H)  (PCU/H)  (%)  (SEC)  (SEC)  (PCU-H/H)  ($/H)  (%)  ($/H)  (PCU)  (PCU)  ($/H)
121  1752  5178S  89.1  14.4  42.0  16.60 +  3.84 ( 61.3)  95.5 ( 11.2)  60.2  72.5  1  95  22
131  2365  4892  89.3  14.4  30.6  16.03 +  4.04 ( 60.2)  88.3 ( 14.0)  73.0  74.2  1  26  91
141  1210  5220S  61.3  17.9  9.1  2.30 +  .76 ( 9.2)  49.2 ( 4.0)  24.0  13.2  1  95  22
211  1041  5483  65.1  14.4  40.4  10.75 +  .93 ( 35.0)  86.3 ( 6.0)  30.7  41.0  2  84  119
221  2420  6284S  93.9  17.9  36.5  17.59 +  6.92 ( 73.5)  103.8 ( 16.8)  87.2  90.3  2  3  53
231  1790  6506  94.3  14.4  56.3  20.65 +  7.32 ( 83.9)  105.6 ( 12.7)  65.5  96.6  2  84  119
241  836  4908S  92.3  17.3  42.6  4.84 +  5.06 ( 29.7)  97.2 ( 5.4)  32.2  35.1  2  57  80
321  1296  5468S  46.5  17.3  6.2  1.81 +  .42 ( 6.7)  22.2 ( 1.9)  11.2  8.6  3  15  78
331  244  2777S  36.8  14.4  27.2  1.68 +  .17 ( 5.5)  68.6 ( 1.1)  10.0  6.7  3  82  11
341  1022  3419S  60.2  8.0  7.9  1.54 +  .71 ( 6.8)  53.3 ( 3.6)  27.4  10.4  3  15  78
411  481  5369  16.0  14.4  13.6  1.72 +  .10 ( 5.5)  46.0 ( 1.5)  7.7  6.9  4  74  21
421  637  4821S  37.0  8.0  13.9  2.17 +  .28 ( 7.4)  37.9 ( 1.6)  10.1  9.0  4  25  70
431  895  5188S  35.2  14.4  15.5  3.63 +  .24 ( 11.6)  52.4 ( 3.1)  19.0  14.7  4  74  21
441  568  3409S  48.0  3.9  24.0  3.36 +  .43 ( 11.4)  75.2 ( 2.9)  15.8  14.2  4  25  70
521  598  5395S  76.2  4.3  41.0  5.50 +  1.31 ( 20.4)  103.9 ( 4.2)  24.5  24.6  5  70  91
531  2447  5415S  68.1  14.4  8.6  4.92 +  .93 ( 17.6)  45.2 ( 7.4)  46.1  25.0  5  95  66
1210BUS  56  121L  89.1  18.0  42.0  .53 +  .12 ( 2.0)  95.5 ( .2)  60.2  2.2  1  95  22
1410BUS  44  141L  61.3  22.4  14.3  .15 +  .03 ( .5)  94.3 ( .2)  24.0  .7  1  95  22
2210BUS  38  221L  93.9  22.3  26.6  .17 +  .11 ( .8)  104.8 ( .2)  87.2  1.0  2  3  53
2410BUS  33  241L  92.3  21.6  48.8  .25 +  .20 ( 1.3)  88.0 ( .1)  32.2  1.5  2  57  80
3210BUS  38  321L  46.5  21.6  1.8  .01 +  .01 ( .1)  2.1 ( .0)  11.2  .1  3  15  78
3310BUS  173  331L  36.8  18.0  27.2  1.19 +  .12 ( 3.9)  68.6 ( .5)  10.0  4.4  3  82  11
3410BUS  58  341L  60.2  10.0  7.0  .07 +  .04 ( .3)  57.4 ( .1)  27.4  .5  3  15  78
4110BUS  10  5369  .3  18.0  12.8  .03 +  .00 ( .1)  42.7 ( .0)  .1  .1  4  74  21
4210BUS  32  421L  37.0  10.0  27.3  .23 +  .01 ( .7)  39.0 ( .1)  10.1  .8  4  25  70
4310BUS  125  431L  35.2  18.0  15.5  .51 +  .03 ( 1.6)  52.4 ( .3)  19.0  1.9  4  74  21
4410BUS  46  441L  48.0  4.9  24.3  .28 +  .03 ( .9)  75.5 ( .1)  15.8  1.1  4  25  70
5210BUS  121  521L  76.2  5.4  45.0  1.25 +  .27 ( 4.5)  78.6 ( .4)  24.5  4.9  5  70  91
5310BUS  351  531L  68.1  18.0  8.6  .71 +  .13 ( 2.5)  45.2 ( .7)  46.1  3.2  5  95  66
0 TOTAL    TOTAL    MEAN    TOTAL    TOTAL    TOTAL    TOTAL    TOTAL    PENALTY    TOTAL
DISTANCE  TIME    JOURNEY  UNIFORM  RANDOM+  COST    COST    FOR    PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT    SPEED    DELAY    OVERSAT  OF    OF    EXCESS    INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H)  (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H)  ($/H)  ($/H)  ($/H)
0 4067.61  237.40  17.13  120.47  34.58  ( 465.15) + ( 100.41) + ( .00) = 565.56  TOTALS
0 200.15  11.48  17.43  5.36  1.12  ( 19.43) + ( 2.95) + ( .00) = 22.38  BUSES
0 3867.45  225.92  17.12  115.11  33.46  ( 445.72) + ( 97.46) + ( .00) = 543.18  OTHER
0*****
*****
0
                CRUISE                DELAY                STOPS                TOTALS
                LITRES PER HOUR  LITRES PER HOUR  LITRES PER HOUR  LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS  264.67  +  217.07  +  288.49  =  770.24
OSYSTEM TIME =17:38: 5
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 12
NO. OF LINKS RECALCULATED= 198

```

Anexo 6 – Salida o resultados de Transyt, Situación actual PMD

```

1Programacion Punta Medio Dia
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 6/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 78 37
  2 3 16 53 83
  3 2 23 96
  4 2 73 19
  5 2 92 70
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS OF EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 44.0 14.4 35.2 6.58 + .39 ( 20.9) 78.0 ( 3.7) 19.0 24.6 1 41 78
121 1189 5178S 38.0 14.4 12.0 3.66 + .30 ( 11.9) 45.9 ( 3.7) 20.1 15.5 1 82 37
141 1295 5083S 41.8 17.9 2.5 .54 + .35 ( 2.7) 20.3 ( 1.8) 12.7 4.4 1 82 37
211 959 5552 42.3 14.4 26.7 6.76 + .37 ( 21.4) 69.0 ( 4.4) 22.7 25.8 2 87 16
221 1307 6211S 78.8 17.9 39.7 12.62 + 1.79 ( 43.2) 95.1 ( 8.3) 44.1 51.6 2 20 53
231 1972 7163 67.4 14.4 30.9 15.87 + 1.03 ( 50.7) 79.0 ( 10.4) 53.6 61.1 2 87 16
241 841 4906S 81.6 17.3 34.7 5.99 + 2.11 ( 24.3) 85.4 ( 4.8) 27.1 29.1 2 57 83
321 675 5468S 22.8 17.3 8.9 1.54 + .14 ( 5.0) 26.2 ( 1.2) 6.0 6.2 3 27 96
331 323 2692S 41.8 14.4 32.3 2.61 + .29 ( 8.7) 74.6 ( 1.6) 10.4 10.3 3 100 23
341 1267 3419S 65.5 8.0 7.3 1.64 + .93 ( 7.7) 54.7 ( 4.6) 33.9 12.3 3 27 96
411 682 6024 21.9 14.4 16.5 2.99 + .14 ( 9.4) 52.2 ( 2.4) 12.5 11.8 4 77 19
421 584 4811S 31.0 8.0 7.7 1.04 + .21 ( 3.8) 19.7 ( .8) 4.4 4.5 4 23 73
431 713 5092S 28.7 14.4 17.4 3.26 + .19 ( 10.4) 54.3 ( 2.6) 14.5 12.9 4 77 19
441 684 3409S 49.3 3.9 23.1 3.91 + .47 ( 13.2) 72.2 ( 3.3) 17.6 + 16.5 4 23 73
521 446 5395S 64.0 4.3 36.1 3.71 + .76 ( 13.4) 97.7 ( 2.9) 16.8 16.3 5 74 92
531 2192 5511S 57.1 14.4 6.1 3.11 + .59 ( 11.1) 34.9 ( 5.1) 32.1 16.2 5 96 70
1210BUS 42 121L 38.0 18.0 12.0 .13 + .01 ( .4) 45.9 ( .1) 20.1 .5 1 82 37
1410BUS 32 141L 41.8 22.4 2.4 .01 + .01 ( .1) 24.3 ( .0) 12.7 .1 1 82 37
2210BUS 39 221L 78.8 22.3 36.1 .34 + .05 ( 1.2) 93.7 ( .2) 44.1 1.3 2 20 53
2410BUS 27 241L 81.6 21.6 34.1 .19 + .07 ( .8) 70.8 ( .1) 27.1 .8 2 57 83
3210BUS 43 321L 22.8 21.6 .8 .00 + .01 ( .0) .6 ( .0) 6.0 .0 3 27 96
3310BUS 80 331L 41.8 18.0 32.3 .65 + .07 ( 2.2) 74.6 ( .3) 10.4 2.4 3 100 23
3410BUS 21 341L 65.5 10.0 7.0 .03 + .02 ( .1) 59.7 ( .1) 33.9 .2 3 27 96
4110BUS 13 6024 .4 18.0 14.6 .05 + .00 ( .2) 46.0 ( .0) .2 .2 4 77 19
4210BUS 38 421L 31.0 10.0 15.9 .15 + .01 ( .5) 23.7 ( .0) 4.4 .5 4 23 73
4310BUS 43 431L 28.7 18.0 17.4 .20 + .01 ( .6) 54.3 ( .1) 14.5 .7 4 77 19
4410BUS 16 441L 49.3 4.9 22.8 .09 + .01 ( .3) 71.0 ( .0) 17.6 + .4 4 23 73
5210BUS 72 521L 64.0 5.4 36.8 .61 + .12 ( 2.2) 79.3 ( .2) 16.8 2.5 5 74 92
5310BUS 272 531L 57.1 18.0 6.1 .39 + .07 ( 1.4) 34.9 ( .4) 32.1 1.8 5 96 70
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3164.46 153.15 20.66 78.66 10.53 ( 267.55) + ( 63.20) + ( .00) = 330.76 TOTALS
0 136.17 6.70 20.31 2.83 .47 ( 9.90) + ( 1.53) + ( .00) = 11.43 BUSES
0 3028.28 146.45 20.68 75.83 10.06 ( 257.66) + ( 61.67) + ( .00) = 319.33 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 205.88 + 124.86 + 181.60 = 512.34
OSYSTEM TIME =17:38: 5
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 7 – Salida o resultados de Transyt, Situación actual PT

```

1Programacion Punta Tarde
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 6/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 99 46
  2 3 22 61 92
  3 2 30 106
  4 2 82 25
  5 2 98 80
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 37.4 14.4 26.1 5.65 + .30 ( 17.9) 67.8 ( 3.7) 19.2 21.6 1 50 99
121 1426 5178S 55.1 14.4 20.5 7.54 + .58 ( 24.4) 63.9 ( 6.1) 33.9 30.5 1 103 46
141 849 4855S 33.7 17.9 6.7 1.33 + .25 ( 4.7) 38.5 ( 2.2) 11.7 6.9 1 103 46
211 1140 5648 52.7 14.4 30.4 9.06 + .56 ( 28.8) 75.4 ( 5.8) 29.7 34.6 2 96 22
221 1400 6213S 80.2 17.9 28.2 9.03 + 1.93 ( 32.9) 93.6 ( 8.8) 47.4 41.7 2 26 61
231 1608 6723 62.4 14.4 31.9 13.40 + .83 ( 42.7) 78.9 ( 8.5) 43.7 51.2 2 96 22
241 859 4967S 80.7 17.3 30.8 5.38 + 1.96 ( 22.0) 81.5 ( 4.7) 26.8 26.7 2 65 92
321 589 5468S 19.6 17.3 6.3 .92 + .11 ( 3.1) 19.8 ( .8) 4.0 3.9 3 34 106
331 239 2692S 39.9 14.4 34.1 2.04 + .22 ( 6.8) 76.5 ( 1.2) 9.5 8.0 3 110 30
341 1310 3419S 65.4 8.0 7.3 1.75 + .92 ( 8.0) 58.0 ( 5.1) 37.1 + 13.1 3 34 106
411 689 5504 25.5 14.4 18.6 3.40 + .17 ( 10.7) 55.8 ( 2.6) 13.4 13.3 4 86 25
421 828 4738S 42.3 8.0 7.7 1.42 + .34 ( 5.3) 21.3 ( 1.2) 6.3 6.5 4 29 82
431 532 5121S 24.3 14.4 18.6 2.60 + .14 ( 8.2) 55.5 ( 2.0) 12.0 10.2 4 86 25
441 696 3409S 48.0 3.9 22.2 3.85 + .44 ( 12.9) 69.5 ( 3.2) 17.3 16.1 4 29 82
521 376 5395S 61.3 4.3 38.5 3.25 + .77 ( 12.1) 99.0 ( 2.5) 12.9 14.5 5 84 98
531 2203 5511S 57.6 14.4 4.8 2.33 + .58 ( 8.7) 30.0 ( 4.4) 29.5 13.2 5 102 80
1210BUS 72 121L 55.1 18.0 20.5 .38 + .03 ( 1.2) 63.9 ( .2) 33.9 1.4 1 103 46
1410BUS 11 141L 33.7 22.4 10.4 .03 + .00 ( .1) 79.0 ( .0) 11.7 .1 1 103 46
2210BUS 53 221L 80.2 22.3 27.0 .32 + .07 ( 1.2) 92.7 ( .2) 47.4 1.4 2 26 61
2410BUS 43 241L 80.7 21.6 32.4 .29 + .10 ( 1.2) 70.6 ( .1) 26.8 1.3 2 65 92
3210BUS 53 321L 19.6 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) .6 ( .0) 4.0 .0 3 34 106
3310BUS 119 331L 39.9 18.0 34.1 1.02 + .11 ( 3.4) 76.5 ( .4) 9.5 3.8 3 110 30
3410BUS 31 341L 65.4 10.0 7.7 .04 + .02 ( .2) 63.7 ( .1) 37.1 + .3 3 34 106
4110BUS 10 5504 .4 18.0 16.7 .04 + .00 ( .1) 49.4 ( .0) .2 .2 4 86 25
4210BUS 58 421L 42.3 10.0 12.7 .18 + .02 ( .6) 19.5 ( .0) 6.3 .7 4 29 82
4310BUS 79 431L 24.3 18.0 18.6 .39 + .02 ( 1.2) 55.5 ( .2) 12.0 1.4 4 86 25
4410BUS 27 441L 48.0 4.9 22.4 .15 + .02 ( .5) 69.7 ( .1) 17.3 .6 4 29 82
5210BUS 10 521L 61.3 5.4 42.8 .10 + .02 ( .4) 79.6 ( .0) 12.9 .4 5 84 98
5310BUS 388 531L 57.6 18.0 4.8 .41 + .10 ( 1.5) 30.0 ( .5) 29.5 2.0 5 102 80
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF COST OF EXCESS TOTAL
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3118.27 150.23 20.76 76.31 10.63 ( 260.82) + ( 64.62) + ( .00) = 325.45 TOTALS
0 184.46 8.50 21.71 3.35 .53 ( 11.66) + ( 1.92) + ( .00) = 13.58 BUSES
0 2933.81 141.73 20.70 72.95 10.10 ( 249.16) + ( 62.70) + ( .00) = 311.86 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.95 + 121.72 + 185.68 = 510.34
OSYSTEM TIME =17:38: 5
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 8 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PM-C100

```

1Programacion Punta Mañana                                100 SECOND CYCLE  50 STEPS  RUN ON 29/
7/**
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :-  15  40  -1  15  40  1  -1  1
- (SECONDS)
SONDA
0  NODE  NUMBER  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE  STAGE
  NO    OF STAGES  1      2      3      4      5      6      7
  1      2      29      72
  2      3      43      88      10
  3      2      54      11
  4      2      97      57
  5      2      15      93
0 LINK  FLOW  SAT  DEGREE  MEAN TIMES  -----DELAY-----  ---STOPS---  ----QUEUE----  PERFORMANCE  EXIT  GREEN
TIMES
NUMBER  INTO  FLOW  OF  PER  PCU  UNIFORM  RANDOM+  COST  MEAN  COST  MEAN  INDEX.  NODE  START
START
LINK  SAT  CRUISE  OVERSAT  OF  STOPS  OF  MAX.  AVERAGE  WEIGHTED SUM  END
END
2ND
                DELAY  (U+R+O=MEAN Q)  DELAY  /PCU  STOPS
(SECONDS)  (PCU/H)  (PCU/H)  (%)  (SEC)  (SEC)  (PCU-H/H)  ($/H)  (%)  ($/H)  (PCU)  (PCU)  ($/H)
121  1752  5178S  89.5  14.4  36.8  13.91 + 3.99 ( 53.7)  96.4 ( 11.3)  50.3  65.0  1  33  72
131  2365  4892  91.2  14.4  29.0  14.05 + 4.97 ( 57.1)  91.8 ( 14.5)  63.4  71.6  1  76  29
141  1210  5220S  61.6  17.9  12.4  3.41 + .77 ( 12.6)  75.7 ( 6.1)  31.5  18.7  1  33  72
211  1041  5483  65.5  14.4  34.4  9.00 + .94 ( 29.8)  86.9 ( 6.1)  26.1  35.9  2  14  43
221  2420  6284S  95.4  17.9  30.4  11.62 + 8.83 ( 61.4)  96.1 ( 15.6)  74.9  76.9  2  47  88
231  1790  6506  94.9  14.4  50.8  17.30 + 7.95 ( 75.7)  108.8 ( 13.0)  56.2  88.8  2  14  43
241  836  4908S  98.3  17.3  66.6  4.42 + 11.05 ( 46.4)  123.6 ( 6.9)  34.6  53.3  2  92  10
321  1297  5468S  46.0  17.3  5.2  1.45 + .41 ( 5.6)  21.1 ( 1.8)  7.9  7.4  3  58  11
331  244  2777S  38.5  14.4  24.6  1.48 + .18 ( 5.0)  70.1 ( 1.1)  8.4  6.1  3  15  54
341  1022  3419S  59.6  8.0  6.5  1.15 + .70 ( 5.5)  49.0 ( 3.3)  22.7  8.9  3  58  11
411  481  5369  16.0  14.4  11.3  1.42 + .10 ( 4.5)  45.2 ( 1.5)  6.4  6.0  4  1  57
421  637  4821S  38.5  8.0  20.3  3.30 + .30 ( 10.8)  41.7 ( 1.8)  8.7  12.6  4  61  97
431  895  5188S  35.1  14.4  13.0  2.99 + .24 ( 9.7)  51.2 ( 3.1)  15.6  12.8  4  1  57
441  568  3409S  50.0  3.9  21.3  2.90 + .46 ( 10.1)  77.7 ( 2.9)  13.8  13.0  4  61  97
521  598  5395S  74.1  4.3  33.5  4.40 + 1.17 ( 16.7)  103.5 ( 4.2)  20.3  20.9  5  97  15
531  2447  5415S  69.8  14.4  8.5  4.75 + 1.01 ( 17.3)  48.2 ( 7.9)  43.1  25.2  5  19  93
1210BUS  56  121L  89.5  18.0  36.8  .44 + .13 ( 1.7)  96.4 ( .2)  50.3  1.9  1  33  72
1410BUS  44  141L  61.6  22.4  18.6  .20 + .03 ( .7)  100.7 ( .2)  31.5  .9  1  33  72
2210BUS  38  221L  95.4  22.3  23.0  .10 + .14 ( .7)  83.6 ( .1)  74.9  .9  2  47  88
2410BUS  33  241L  98.3  21.6  77.0  .27 + .44 ( 2.1)  118.1 ( .2)  34.6  2.3  2  92  10
3210BUS  38  321L  46.0  21.6  2.9  .02 + .01 ( .1)  5.2 ( .0)  7.9  .1  3  58  11
3310BUS  173  331L  38.5  18.0  24.6  1.05 + .13 ( 3.5)  70.1 ( .5)  8.4  4.1  3  15  54
3410BUS  58  341L  59.6  10.0  5.6  .05 + .04 ( .3)  53.1 ( .1)  22.7  .4  3  58  11
4110BUS  10  5369  .3  18.0  10.3  .03 + .00 ( .1)  41.2 ( .0)  .1  .1  4  1  57
4210BUS  32  421L  38.5  10.0  42.2  .36 + .01 ( 1.1)  75.2 ( .1)  8.7  1.2  4  61  97
4310BUS  125  431L  35.1  18.0  13.0  .42 + .03 ( 1.4)  51.2 ( .3)  15.6  1.6  4  1  57
4410BUS  46  441L  50.0  4.9  21.4  .24 + .04 ( .8)  77.9 ( .2)  13.8  1.0  4  61  97
5210BUS  121  521L  74.1  5.4  40.9  1.14 + .24 ( 4.1)  76.9 ( .4)  20.3  4.5  5  97  15
5310BUS  351  531L  69.8  18.0  8.5  .68 + .14 ( 2.5)  48.2 ( .7)  43.1  3.2  5  19  93
0 TOTAL  TOTAL  MEAN  TOTAL  TOTAL  TOTAL  TOTAL  TOTAL  PENALTY  TOTAL
DISTANCE  TIME  JOURNEY  UNIFORM  RANDOM+  COST  COST  FOR  PERFORMANCE
TRAVELLED  SPENT  SPEED  DELAY  OVERSAT  OF  OF  EXCESS  INDEX
(PCU-KM/H)  (PCU-H/H)  (KM/H)  (PCU-H/H)  (PCU-H/H)  ($/H)  ($/H)  ($/H)  ($/H)
0 4067.61  229.36  17.73  102.54  44.47 ( 441.03) + ( 104.26) + ( .00) = 545.29  TOTALS
0 200.15  11.38  17.58  5.00  1.38 ( 19.14) + ( 3.06) + ( .00) = 22.20  BUSES
0 3867.45  217.98  17.74  97.54  43.09 ( 421.89) + ( 101.20) + ( .00) = 523.09  OTHER
0*****
*****
0
                CRUISE  DELAY  STOPS  TOTALS
                LITRES PER HOUR  LITRES PER HOUR  LITRES PER HOUR  LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS  264.67  +  205.81  +  299.55  =  770.04
OSYSTEM TIME =12:55: 1
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 14
NO. OF LINKS RECALCULATED= 222

```

Anexo 9 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PM-C140

```

1Programacion Punta Mañana
7/**
0INITIAL SETTINGS
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 33 92
2 3 62 125 16
3 2 76 29
4 2 90 23
5 2 84 53
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
121 1752 5178S 88.9 14.4 47.3 19.29 + 3.74 ( 69.1) 94.9 ( 11.1) 69.5 80.3 1 37 92
131 2365 4892 87.9 14.4 32.9 18.03 + 3.55 ( 64.8) 86.1 ( 13.6) 83.3 78.4 1 96 33
141 1210 5220S 61.2 17.9 14.2 4.02 + .76 ( 14.3) 70.3 ( 5.7) 39.5 20.0 1 37 92
211 1041 5483 63.3 14.4 45.3 12.24 + .86 ( 39.3) 85.7 ( 6.0) 35.7 45.3 2 20 62
221 2420 6284S 92.8 17.9 38.6 19.95 + 5.96 ( 77.7) 101.4 ( 16.4) 98.5 94.2 2 66 125
231 1790 6506 91.7 14.4 57.8 23.53 + 5.20 ( 86.2) 100.7 ( 12.1) 72.0 98.3 2 20 62
241 835 4908S 91.8 17.3 46.0 5.91 + 4.75 ( 32.0) 113.7 ( 6.3) 38.6 38.3 2 129 16
321 1296 5468S 38.4 17.3 7.4 2.38 + .30 ( 8.0) 25.7 ( 2.2) 15.0 10.3 3 80 29
331 244 2777S 48.9 14.4 43.7 2.68 + .28 ( 8.9) 81.8 ( 1.3) 13.7 10.2 3 33 76
341 1022 3419S 49.7 8.0 51.6 14.19 + .47 ( 44.0) 99.0 ( 6.8) 41.6 + 50.7 3 80 29
411 481 5369 18.2 14.4 20.6 2.64 + .11 ( 8.3) 53.8 ( 1.7) 10.5 10.0 4 94 23
421 637 4821S 30.8 8.0 48.8 8.43 + .21 ( 25.9) 81.4 ( 3.5) 22.1 29.4 4 27 90
431 895 5188S 39.9 14.4 23.6 5.57 + .29 ( 17.6) 60.9 ( 3.7) 25.5 21.2 4 94 23
441 568 3409S 40.0 3.9 45.2 6.83 + .31 ( 21.4) 94.0 ( 3.6) 22.9 + 25.0 4 27 90
521 598 5395S 69.1 4.3 40.4 5.78 + .93 ( 20.1) 102.5 ( 4.1) 28.9 24.2 5 57 84
531 2447 5415S 68.9 14.4 10.5 6.15 + .97 ( 21.4) 47.6 ( 7.8) 57.3 29.2 5 88 53
1210BUS 56 121L 88.9 18.0 47.3 .62 + .12 ( 2.2) 94.9 ( .2) 69.5 2.4 1 37 92
1410BUS 44 141L 61.2 22.4 21.9 .24 + .03 ( .8) 101.1 ( .2) 39.5 1.0 1 37 92
2210BUS 38 221L 92.8 22.3 27.2 .19 + .09 ( .9) 103.5 ( .2) 98.5 1.0 2 66 125
2410BUS 33 241L 91.8 21.6 40.7 .18 + .19 ( 1.1) 112.9 ( .2) 38.6 1.3 2 129 16
3210BUS 38 321L 38.4 21.6 .8 .00 + .01 ( .0) .7 ( .0) 15.0 .0 3 80 29
3310BUS 173 331L 48.9 18.0 43.7 1.90 + .20 ( 6.3) 81.8 ( .6) 13.7 6.9 3 33 76
3410BUS 58 341L 49.7 10.0 55.9 .87 + .03 ( 2.7) 101.8 ( .3) 41.6 + 3.0 3 80 29
4110BUS 10 5369 .4 18.0 19.1 .05 + .00 ( .2) 49.3 ( .0) .2 .2 4 94 23
4210BUS 32 421L 30.8 10.0 46.6 .40 + .01 ( 1.2) 100.5 ( .1) 22.1 1.4 4 27 90
4310BUS 125 431L 39.9 18.0 23.6 .78 + .04 ( 2.5) 60.9 ( .3) 25.5 2.8 4 94 23
4410BUS 46 441L 40.0 4.9 45.2 .55 + .03 ( 1.7) 94.1 ( .2) 22.9 + 1.9 4 27 90
5210BUS 121 521L 69.1 5.4 73.5 2.28 + .19 ( 7.4) 103.9 ( .5) 28.9 7.9 5 57 84
5310BUS 351 531L 68.9 18.0 10.5 .88 + .14 ( 3.1) 47.6 ( .7) 57.3 3.8 5 88 53
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 4067.61 278.71 14.59 166.60 29.76 ( 589.07) + ( 109.49) + ( .00) = 698.56 TOTALS
0 200.15 15.03 13.32 8.96 1.07 ( 30.08) + ( 3.53) + ( .00) = 33.62 BUSES
0 3867.45 263.68 14.67 157.64 28.69 ( 558.98) + ( 105.96) + ( .00) = 664.94 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
0FUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 264.67 + 274.90 + 314.58 = 854.16
0SYSTEM TIME =12:56:41
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 1
NO. OF LINKS RECALCULATED= 29

```

Anexo 10 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PM-C160

```

1Programacion Punta Mañana
7/**
0INITIAL SETTINGS
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 37 105
2 3 71 144 19
3 2 87 34
4 2 103 27
5 2 96 60
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
121 1752 5178S 87.3 14.4 50.9 21.54 + 3.25 ( 74.4) 93.0 ( 10.9) 77.0 85.3 1 41 105
131 2365 4892 87.9 14.4 36.8 20.60 + 3.55 ( 72.5) 86.2 ( 13.7) 93.6 + 86.1 1 109 37
141 1210 5220S 60.1 17.9 16.6 4.84 + .72 ( 16.7) 74.4 ( 6.0) 47.0 22.7 1 41 105
211 1041 5483 63.3 14.4 51.4 13.99 + .86 ( 44.5) 85.7 ( 6.0) 40.7 50.5 2 23 71
221 2420 6284S 90.7 17.9 41.0 22.98 + 4.62 ( 82.8) 99.0 ( 16.0) 110.3 98.8 2 75 144
231 1790 6506 91.7 14.4 64.5 26.89 + 5.20 ( 96.3) 100.1 ( 12.0) 81.6 108.3 2 23 71
241 835 4908S 91.3 17.3 51.9 7.49 + 4.55 ( 36.1) 111.8 ( 6.2) 43.2 42.3 2 148 19
321 1296 5468S 37.9 17.3 9.1 2.98 + .30 ( 9.8) 30.2 ( 2.6) 21.3 12.4 3 91 34
331 244 2777S 49.0 14.4 49.5 3.07 + .28 ( 10.1) 81.9 ( 1.3) 15.6 11.4 3 38 87
341 1022 3419S 49.1 8.0 59.3 16.37 + .46 ( 50.5) 99.0 ( 6.7) 47.5 + 57.2 3 91 34
411 481 5369 17.9 14.4 22.8 2.94 + .11 ( 9.1) 52.7 ( 1.7) 11.6 10.8 4 107 27
421 637 4821S 30.8 8.0 53.8 9.30 + .21 ( 28.5) 76.8 ( 3.3) 23.9 31.8 4 31 103
431 895 5188S 39.3 14.4 26.0 6.19 + .28 ( 19.4) 60.4 ( 3.6) 29.0 23.0 4 107 27
441 568 3409S 40.0 3.9 52.4 7.95 + .31 ( 24.8) 94.8 ( 3.6) 26.4 + 28.4 4 31 103
521 598 5395S 66.7 4.3 48.3 7.20 + .83 ( 24.1) 101.5 ( 4.1) 32.7 + 28.2 5 64 96
531 2447 5415S 68.9 14.4 11.8 7.03 + .97 ( 24.0) 48.1 ( 7.9) 65.4 31.9 5 100 60
1210BUS 56 121L 87.3 18.0 50.9 .69 + .10 ( 2.4) 93.0 ( .2) 77.0 2.6 1 41 105
1410BUS 44 141L 60.1 22.4 26.2 .29 + .03 ( 1.0) 101.5 ( .2) 47.0 1.2 1 41 105
2210BUS 38 221L 90.7 22.3 30.1 .24 + .07 ( 1.0) 102.9 ( .2) 110.3 1.1 2 75 144
2410BUS 33 241L 91.3 21.6 46.4 .25 + .18 ( 1.3) 112.0 ( .2) 43.2 1.4 2 148 19
3210BUS 38 321L 37.9 21.6 .8 .00 + .01 ( .0) .5 ( .0) 21.3 .0 3 91 34
3310BUS 173 331L 49.0 18.0 49.5 2.18 + .20 ( 7.1) 81.9 ( .6) 15.6 7.7 3 38 87
3410BUS 58 341L 49.1 10.0 64.0 1.01 + .03 ( 3.1) 101.6 ( .3) 47.5 + 3.3 3 91 34
4110BUS 10 5369 .4 18.0 20.2 .05 + .00 ( .2) 47.6 ( .0) .2 .2 4 107 27
4210BUS 32 421L 30.8 10.0 58.3 .51 + .01 ( 1.6) 100.6 ( .1) 23.9 1.7 4 31 103
4310BUS 125 431L 39.3 18.0 26.0 .86 + .04 ( 2.7) 60.4 ( .3) 29.0 3.0 4 107 27
4410BUS 46 441L 40.0 4.9 52.3 .64 + .03 ( 2.0) 94.9 ( .2) 26.4 + 2.2 4 31 103
5210BUS 121 521L 66.7 5.4 82.9 2.62 + .17 ( 8.4) 103.1 ( .5) 32.7 + 8.9 5 64 96
5310BUS 351 531L 68.9 18.0 11.8 1.01 + .14 ( 3.4) 48.1 ( .7) 65.4 4.2 5 100 60
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 4067.61 301.55 13.49 191.71 27.49 ( 657.60) + ( 109.25) + ( .00) = 766.85 TOTALS
0 200.15 16.36 12.24 10.36 1.00 ( 34.07) + ( 3.53) + ( .00) = 37.59 BUSES
0 3867.45 285.19 13.56 181.35 26.49 ( 623.53) + ( 105.72) + ( .00) = 729.25 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
0FUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 264.67 + 306.88 + 313.88 = 885.43
0SYSTEM TIME =12:57:12
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 1
NO. OF LINKS RECALCULATED= 29

```

Anexo 11 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PM-C180

```

1Programacion Punta Mañana
7/**
0INITIAL SETTINGS
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 42 118
  2 3 80 162 21
  3 2 98 38
  4 2 116 30
  5 2 108 68
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
121 1752 5178S 87.3 14.4 56.5 24.23 + 3.25 ( 82.4) 92.8 ( 10.9) 86.2 93.3 1 46 118
131 2365 4892 87.0 14.4 39.4 22.61 + 3.29 ( 77.7) 84.9 ( 13.5) 104.5 + 91.2 1 122 42
141 1210 5220S 60.1 17.9 20.5 6.17 + .72 ( 20.7) 82.9 ( 6.7) 57.7 27.4 1 46 118
211 1041 5483 62.1 14.4 56.4 15.50 + .82 ( 49.0) 84.7 ( 5.9) 44.8 54.9 2 25 80
221 2420 6284S 90.2 17.9 45.2 25.98 + 4.41 ( 91.2) 98.1 ( 15.9) 123.2 107.1 2 84 162
231 1790 6506 90.0 14.4 68.6 29.78 + 4.33 (102.3) 97.7 ( 11.7) 88.9 114.1 2 25 80
241 835 4908S 91.0 17.3 57.1 8.85 + 4.40 ( 39.8) 110.5 ( 6.2) 47.9 45.9 2 166 21
321 1296 5468S 37.9 17.3 10.9 3.63 + .30 ( 11.8) 34.2 ( 3.0) 25.9 14.8 3 102 38
331 244 2777S 48.3 14.4 54.2 3.40 + .27 ( 11.0) 80.5 ( 1.3) 17.1 12.3 3 42 98
341 1022 3419S 49.0 8.0 67.7 18.77 + .45 ( 57.7) 99.0 ( 6.8) 53.4 + 64.4 3 102 38
411 481 5369 17.9 14.4 25.5 3.30 + .11 ( 10.2) 53.2 ( 1.7) 13.1 11.9 4 120 30
421 637 4821S 30.5 8.0 59.3 10.29 + .21 ( 31.5) 74.9 ( 3.2) 26.2 34.7 4 34 116
431 895 5188S 39.3 14.4 29.1 6.96 + .28 ( 21.7) 60.0 ( 3.6) 31.8 25.3 4 120 30
441 568 3409S 39.5 3.9 58.1 8.86 + .30 ( 27.5) 94.4 ( 3.6) 29.7 + 31.1 4 34 116
521 598 5395S 66.7 4.3 57.4 8.71 + .83 ( 28.6) 101.3 ( 4.1) 36.6 + 32.7 5 72 108
531 2447 5415S 68.4 14.4 12.5 7.57 + .94 ( 25.5) 47.2 ( 7.7) 71.0 33.3 5 112 68
1210BUS 56 121L 87.3 18.0 56.5 .77 + .10 ( 2.6) 92.8 ( .2) 86.2 2.9 1 46 118
1410BUS 44 141L 60.1 22.4 32.3 .37 + .03 ( 1.2) 101.6 ( .2) 57.7 1.4 1 46 118
2210BUS 38 221L 90.2 22.3 34.1 .29 + .07 ( 1.1) 102.7 ( .2) 123.2 1.2 2 84 162
2410BUS 33 241L 91.0 21.6 51.5 .30 + .17 ( 1.4) 110.5 ( .2) 47.9 1.6 2 166 21
3210BUS 38 321L 37.9 21.6 .8 .00 + .01 ( .0) .5 ( .0) 25.9 .0 3 102 38
3310BUS 173 331L 48.3 18.0 54.2 2.41 + .19 ( 7.8) 80.5 ( .6) 17.1 8.4 3 42 98
3410BUS 58 341L 49.0 10.0 72.9 1.15 + .03 ( 3.5) 101.4 ( .3) 53.4 + 3.8 3 102 38
4110BUS 10 5369 .4 18.0 22.9 .06 + .00 ( .2) 48.1 ( .0) .2 .2 4 120 30
4210BUS 32 421L 30.5 10.0 68.9 .60 + .01 ( 1.8) 100.4 ( .1) 26.2 2.0 4 34 116
4310BUS 125 431L 39.3 18.0 29.1 .97 + .04 ( 3.0) 60.0 ( .3) 31.8 3.4 4 120 30
4410BUS 46 441L 39.5 4.9 58.0 .72 + .02 ( 2.2) 94.4 ( .2) 29.7 + 2.4 4 34 116
5210BUS 121 521L 66.7 5.4 93.8 2.98 + .17 ( 9.5) 102.7 ( .5) 36.6 + 10.0 5 72 108
5310BUS 351 531L 68.4 18.0 12.5 1.09 + .14 ( 3.7) 47.2 ( .7) 71.0 4.4 5 112 68
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY DELAY STOPS EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 4067.61 324.59 12.53 216.34 25.90 ( 726.72) + ( 109.17) + ( .00) = 835.89 TOTALS
0 200.15 17.70 11.31 11.72 .98 ( 38.09) + ( 3.50) + ( .00) = 41.59 BUSES
0 3867.45 306.89 12.60 204.63 24.92 ( 688.63) + ( 105.67) + ( .00) = 794.30 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
0FUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 264.67 + 339.14 + 313.67 = 917.48
0SYSTEM TIME =12:57:29
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 1
NO. OF LINKS RECALCULATED= 29

```

Anexo 12 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PMD-C40

```

1Programacion Punta Medio Dia
7/**
40 SECOND CYCLE 40 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 6 16 -1 6 16 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 20 8
2 3 32 5 16
3 2 9 35
4 2 28 8
5 2 1 26
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ---QUEUE--- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 67.8 14.4 20.1 2.94 + 1.05 ( 11.9) 95.5 ( 4.6) 8.2 16.5 1 12 20
121 1189 5178S 39.6 14.4 5.2 1.39 + .32 ( 5.1) 43.9 ( 3.5) 7.2 8.6 1 24 8
141 1290 5083S 43.3 17.9 2.4 .50 + .37 ( 2.6) 14.2 ( 1.2) 2.4 3.8 1 24 8
211 959 5552 57.6 14.4 14.4 3.16 + .68 ( 11.5) 80.8 ( 5.2) 9.5 16.7 2 20 32
221 1307 6211S 96.4 17.9 40.9 5.53 + 9.32 ( 44.5) 132.9 ( 11.7) 23.8 56.2 2 36 5
231 1972 7163 91.8 14.4 23.1 7.41 + 5.26 ( 38.0) 108.0 ( 14.3) 26.1 52.3 2 20 32
241 841 4906S 101.0 17.3 85.1 3.26 + 16.62 ( 59.6) 209.7 ( 11.8) 30.6 71.4 2 9 16
321 675 5468S 23.9 17.3 4.5 .70 + .15 ( 2.5) 37.8 ( 1.7) 3.8 4.2 3 13 35
331 323 2692S 59.9 14.4 19.9 1.19 + .59 ( 5.3) 94.8 ( 2.1) 4.7 7.4 3 39 9
341 1267 3419S 68.5 8.0 4.6 .56 + 1.06 ( 4.9) 22.2 ( 1.9) 6.0 6.8 3 13 35
411 682 6024 28.3 14.4 9.2 1.54 + .20 ( 5.2) 60.9 ( 2.8) 5.3 8.0 4 32 8
421 584 4811S 32.3 8.0 5.5 .67 + .22 ( 2.7) 29.9 ( 1.2) 2.5 3.8 4 12 28
431 713 5092S 37.1 14.4 9.9 1.68 + .28 ( 5.9) 64.6 ( 3.1) 6.2 9.0 4 32 8
441 684 3409S 51.3 3.9 4.5 .35 + .51 ( 2.6) 28.2 ( 1.3) 3.5 3.9 4 12 28
521 446 5395S 34.9 4.3 9.8 .99 + .23 ( 3.7) 79.4 ( 2.4) 5.2 6.0 5 30 1
531 2192 5511S 85.2 14.4 12.3 4.97 + 2.52 ( 22.5) 81.3 ( 11.9) 26.1 34.4 5 5 26
1210BUS 42 121L 39.6 18.0 5.2 .05 + .01 ( .2) 43.9 ( .1) 7.2 .3 1 24 8
1410BUS 31 141L 43.3 22.4 1.3 .00 + .01 ( .0) 4.3 ( .0) 2.4 .0 1 24 8
2210BUS 39 221L 96.4 22.3 47.5 .24 + .28 ( 1.5) 147.8 ( .2) 23.8 1.8 2 36 5
2410BUS 27 241L 101.0 21.6 80.4 .08 + .53 ( 1.8) 198.1 ( .2) 30.6 2.0 2 9 16
3210BUS 43 321L 23.9 21.6 1.0 .00 + .01 ( .0) 4.8 ( .0) 3.8 .0 3 13 35
3310BUS 80 331L 59.9 18.0 19.9 .29 + .15 ( 1.3) 94.8 ( .3) 4.7 1.7 3 39 9
3410BUS 21 341L 68.5 10.0 4.8 .01 + .02 ( .1) 21.2 ( .0) 6.0 .1 3 13 35
4110BUS 13 6024 .5 18.0 8.3 .03 + .00 ( .1) 55.0 ( .0) .1 .1 4 32 8
4210BUS 38 421L 32.3 10.0 13.9 .13 + .01 ( .4) 66.7 ( .1) 2.5 .5 4 12 28
4310BUS 43 431L 37.1 18.0 9.9 .10 + .02 ( .4) 64.6 ( .1) 6.2 .5 4 32 8
4410BUS 16 441L 51.3 4.9 4.8 .01 + .01 ( .1) 26.7 ( .0) 3.5 .1 4 12 28
5210BUS 72 521L 34.9 5.4 11.2 .19 + .04 ( .7) 62.9 ( .2) 5.2 .9 5 30 1
5310BUS 272 531L 85.2 18.0 12.3 .62 + .31 ( 2.8) 81.3 ( .9) 26.1 3.7 5 5 26
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF COST OF EXCESS TOTAL
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3164.46 143.31 22.08 38.56 40.78 ( 238.01) + ( 82.81) + ( .00) = 320.82 TOTALS
0 136.17 6.54 20.81 1.75 1.39 ( 9.42) + ( 2.33) + ( .00) = 11.75 BUSES
0 3028.28 136.76 22.14 36.81 39.39 ( 228.59) + ( 80.48) + ( .00) = 309.07 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 205.88 + 111.07 + 237.92 = 554.87
OSYSTEM TIME =13:27:28
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 14
NO. OF LINKS RECALCULATED= 224

```

Anexo 13 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PMD-C60

```

1Programacion Punta Medio Dia
60 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/ 7**
0FINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 9 24 -1 9 24 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 43 22
2 3 5 24 41
3 2 8 48
4 2 42 4
5 2 58 43
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ---QUEUE--- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 47.9 14.4 20.1 3.54 + .46 ( 12.0) 80.4 ( 3.8) 10.2 15.8 1 26 43
121 1189 5178S 40.8 14.4 7.8 2.26 + .33 ( 7.8) 49.1 ( 3.9) 11.3 11.7 1 47 22
141 1295 5083S 44.7 17.9 2.3 .42 + .40 ( 2.5) 14.0 ( 1.2) 4.9 3.7 1 47 22
211 959 5552 51.8 14.4 18.1 4.30 + .54 ( 14.5) 77.5 ( 5.0) 13.3 19.5 2 45 5
221 1307 6211S 86.7 17.9 24.6 5.84 + 3.08 ( 26.8) 97.7 ( 8.6) 24.5 35.3 2 9 24
231 1972 7163 82.6 14.4 22.7 10.08 + 2.35 ( 37.3) 91.5 ( 12.1) 32.5 49.4 2 45 5
241 841 4906S 81.6 17.3 28.7 4.60 + 2.11 ( 20.1) 87.7 ( 4.9) 14.6 25.1 2 28 41
321 675 5468S 21.9 17.3 2.3 .31 + .13 ( 1.3) 19.3 ( .9) 2.7 2.2 3 12 48
331 323 2692S 56.1 14.4 24.7 1.70 + .51 ( 6.6) 89.1 ( 1.9) 6.3 8.6 3 52 8
341 1267 3419S 62.8 8.0 4.4 .72 + .83 ( 4.6) 20.6 ( 1.7) 11.4 6.4 3 12 48
411 682 6024 37.7 14.4 18.2 3.14 + .30 ( 10.3) 75.6 ( 3.5) 9.2 13.8 4 46 4
421 584 4811S 22.8 8.0 6.9 .98 + .14 ( 3.4) 35.2 ( 1.4) 4.2 4.7 4 8 42
431 713 5092S 49.5 14.4 19.6 3.42 + .46 ( 11.6) 79.9 ( 3.8) 10.8 15.5 4 46 4
441 684 3409S 36.2 3.9 3.8 .44 + .28 ( 2.2) 20.1 ( .9) 3.4 3.1 4 8 42
521 446 5395S 52.4 4.3 24.5 2.56 + .47 ( 9.1) 93.1 ( 2.8) 8.2 11.9 5 47 58
531 2192 5511S 65.4 14.4 6.8 3.31 + .84 ( 12.5) 49.7 ( 7.3) 24.2 19.8 5 2 43
1210BUS 42 121L 40.8 18.0 7.8 .08 + .01 ( .3) 49.1 ( .1) 11.3 .4 1 47 22
1410BUS 32 141L 44.7 22.4 1.2 .00 + .01 ( .0) 7.5 ( .0) 4.9 .0 1 47 22
2210BUS 39 221L 86.7 22.3 24.6 .17 + .09 ( .8) 93.6 ( .2) 24.5 1.0 2 9 24
2410BUS 27 241L 81.6 21.6 37.9 .22 + .07 ( .9) 94.8 ( .1) 14.6 1.0 2 28 41
3210BUS 43 321L 21.9 21.6 1.7 .01 + .01 ( .1) 6.0 ( .0) 2.7 .1 3 12 48
3310BUS 80 331L 56.1 18.0 24.7 .42 + .13 ( 1.6) 89.1 ( .3) 6.3 2.0 3 52 8
3410BUS 21 341L 62.8 10.0 3.9 .01 + .01 ( .1) 15.6 ( .0) 11.4 .1 3 12 48
4110BUS 13 6024 .7 18.0 16.1 .05 + .00 ( .2) 67.1 ( .0) .2 .2 4 46 4
4210BUS 38 421L 22.8 10.0 16.1 .16 + .01 ( .5) 76.9 ( .1) 4.2 .6 4 8 42
4310BUS 43 431L 49.5 18.0 19.6 .21 + .03 ( .7) 79.9 ( .1) 10.8 .8 4 46 4
4410BUS 16 441L 36.2 4.9 3.9 .01 + .01 ( .1) 19.1 ( .0) 3.4 .1 4 8 42
5210BUS 72 521L 52.4 5.4 23.2 .39 + .08 ( 1.4) 66.7 ( .2) 8.2 1.6 5 47 58
5310BUS 272 531L 65.4 18.0 6.8 .41 + .10 ( 1.5) 49.7 ( .6) 24.2 2.1 5 2 43
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF OF EXCESS PERFORMANCE
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H) INDEX
0 3164.46 127.52 24.82 49.78 13.77 ( 190.64) + ( 65.55) + ( .00) = 256.19 TOTALS
0 136.17 6.11 22.30 2.15 .56 ( 8.11) + ( 1.80) + ( .00) = 9.91 BUSES
0 3028.28 121.41 24.94 47.63 13.21 ( 182.54) + ( 63.74) + ( .00) = 246.28 OTHER
*****
*****
0
CUIRSE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
0FUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 205.88 + 88.97 + 188.32 = 483.17
0SYSTEM TIME =13:28: 2
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 14 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PMD-C80

```

1Programacion Punta Medio Dia
7/**
80 SECOND CYCLE 40 STEPS RUN ON 29/
FINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 12 32 -1 12 32 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 49 20
2 3 4 30 51
3 2 9 62
4 2 48 5
5 2 64 48
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND (PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 43.4 14.4 23.8 4.35 + .38 ( 14.2) 77.4 ( 3.7) 12.9 17.9 1 24 49
121 1189 5178S 40.5 14.4 9.9 2.95 + .33 ( 9.8) 49.8 ( 4.0) 14.7 13.8 1 53 20
141 1295 5083S 44.4 17.9 2.2 .38 + .39 ( 2.3) 10.1 ( .9) 5.0 3.2 1 53 20
211 959 5552 47.6 14.4 21.3 5.23 + .45 ( 17.1) 73.8 ( 4.7) 16.4 21.8 2 55 4
221 1307 6211S 78.8 17.9 25.5 7.49 + 1.79 ( 27.8) 94.0 ( 8.2) 29.7 36.1 2 8 30
231 1972 7163 75.9 14.4 25.3 12.28 + 1.57 ( 41.6) 85.6 ( 11.3) 39.9 52.9 2 55 4
241 841 4906S 83.2 17.3 31.3 4.97 + 2.34 ( 21.9) 85.4 ( 4.8) 19.5 26.7 2 34 51
321 675 5468S 21.4 17.3 4.4 .70 + .13 ( 2.5) 24.1 ( 1.1) 3.8 3.6 3 13 62
331 323 2692S 52.1 14.4 28.7 2.14 + .43 ( 7.7) 84.2 ( 1.8) 7.9 9.6 3 66 9
341 1267 3419S 61.5 8.0 5.1 1.02 + .78 ( 5.4) 37.7 ( 3.2) 18.9 8.6 3 13 62
411 682 6024 27.4 14.4 16.6 2.95 + .19 ( 9.4) 61.9 ( 2.8) 9.9 12.2 4 52 5
421 584 4811S 26.5 8.0 6.9 .95 + .17 ( 3.4) 26.0 ( 1.0) 4.0 4.4 4 9 48
431 713 5092S 36.0 14.4 17.6 3.21 + .27 ( 10.4) 65.6 ( 3.1) 12.0 13.6 4 52 5
441 684 3409S 42.1 3.9 10.5 1.65 + .36 ( 6.0) 60.4 ( 2.8) 10.1 8.8 4 9 48
521 446 5395S 64.0 4.3 29.4 2.88 + .76 ( 10.9) 97.6 ( 2.9) 11.3 13.9 5 52 64
531 2192 5511S 59.6 14.4 5.6 2.75 + .66 ( 10.2) 38.7 ( 5.7) 25.4 15.9 5 68 48
1210BUS 42 121L 40.5 18.0 9.9 .10 + .01 ( .3) 49.8 ( .1) 14.7 .4 1 53 20
1410BUS 32 141L 44.4 22.4 1.1 .00 + .01 ( .0) 3.3 ( .0) 5.0 .0 1 53 20
2210BUS 39 221L 78.8 22.3 24.1 .21 + .05 ( .8) 92.5 ( .2) 29.7 .9 2 8 30
2410BUS 27 241L 83.2 21.6 40.7 .23 + .07 ( .9) 80.5 ( .1) 19.5 1.0 2 34 51
3210BUS 43 321L 21.4 21.6 .8 .00 + .01 ( .0) 1.3 ( .0) 3.8 .0 3 13 62
3310BUS 80 331L 52.1 18.0 28.7 .53 + .11 ( 1.9) 84.2 ( .3) 7.9 2.2 3 66 9
3410BUS 21 341L 61.5 10.0 4.0 .01 + .01 ( .1) 38.3 ( .0) 18.9 .1 3 13 62
4110BUS 13 6024 .5 18.0 15.1 .05 + .00 ( .2) 56.6 ( .0) .2 .2 4 52 5
4210BUS 38 421L 26.5 10.0 21.6 .22 + .01 ( .7) 58.9 ( .1) 4.0 .8 4 9 48
4310BUS 43 431L 36.0 18.0 17.6 .19 + .02 ( .6) 65.6 ( .1) 12.0 .8 4 52 5
4410BUS 16 441L 42.1 4.9 10.5 .04 + .01 ( .1) 59.2 ( .0) 10.1 .2 4 9 48
5210BUS 72 521L 64.0 5.4 32.3 .52 + .12 ( 1.9) 78.6 ( .2) 11.3 2.2 5 52 64
5310BUS 272 531L 59.6 18.0 5.6 .34 + .08 ( 1.3) 38.7 ( .5) 25.4 1.7 5 68 48
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST OF EXCESS PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF OF INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3164.46 133.85 23.64 58.37 11.52 ( 209.65) + ( 63.75) + ( .00) = 273.40 TOTALS
0 136.17 6.38 21.36 2.45 .52 ( 8.92) + ( 1.65) + ( .00) = 10.57 BUSES
0 3028.28 127.48 23.76 55.91 11.00 ( 200.74) + ( 62.10) + ( .00) = 262.83 OTHER
*****
*****
0 CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 205.88 + 97.84 + 183.16 = 486.87
OSYSTEM TIME =13:28:32
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 12
NO. OF LINKS RECALCULATED= 197

```

Anexo 15 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PMD-C100

```

1Programacion Punta Medio Dia
7/**
100 SECOND CYCLE 50 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 15 40 -1 15 40 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 76 41
2 3 24 55 81
3 2 29 94
4 2 75 25
5 2 92 73
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 43.7 14.4 29.5 5.46 + .39 ( 17.5) 77.4 ( 3.7) 15.9 21.2 1 45 76
121 1189 5178S 39.0 14.4 10.9 3.30 + .31 ( 10.8) 47.4 ( 3.8) 18.1 14.6 1 80 41
141 1295 5083S 42.8 17.9 2.1 .38 + .36 ( 2.2) 12.1 ( 1.0) 7.1 3.3 1 80 41
211 959 5552 44.3 14.4 24.0 5.99 + .40 ( 19.2) 70.8 ( 4.6) 19.6 23.7 2 85 24
221 1307 6211S 80.3 17.9 33.5 10.19 + 1.95 ( 36.4) 95.6 ( 8.4) 37.4 44.8 2 28 55
231 1972 7163 70.6 14.4 27.8 14.06 + 1.20 ( 45.8) 81.5 ( 10.8) 47.2 56.5 2 85 24
241 841 4906S 80.4 17.3 31.4 5.40 + 1.95 ( 22.0) 84.8 ( 4.8) 23.3 26.8 2 59 81
321 675 5468S 21.5 17.3 6.4 1.06 + .13 ( 3.6) 25.3 ( 1.1) 4.9 4.7 3 33 94
331 323 2692S 48.3 14.4 32.2 2.51 + .37 ( 8.7) 81.1 ( 1.8) 9.6 10.4 3 98 29
341 1267 3419S 61.7 8.0 5.6 1.17 + .79 ( 5.9) 44.5 ( 3.8) 25.8 9.7 3 33 94
411 682 6024 24.6 14.4 17.3 3.11 + .16 ( 9.8) 57.4 ( 2.6) 11.3 12.4 4 79 25
421 584 4811S 28.1 8.0 6.6 .88 + .18 ( 3.2) 21.3 ( .8) 4.1 4.0 4 29 75
431 713 5092S 32.3 14.4 18.2 3.39 + .22 ( 10.8) 60.8 ( 2.9) 13.7 13.7 4 79 25
441 684 3409S 44.6 3.9 15.6 2.57 + .39 ( 8.9) 66.1 ( 3.0) 13.6 11.9 4 29 75
521 446 5395S 64.0 4.3 32.7 3.30 + .76 ( 12.2) 96.8 ( 2.9) 13.8 15.1 5 77 92
531 2192 5511S 58.1 14.4 5.8 2.92 + .62 ( 10.6) 36.4 ( 5.3) 29.4 16.0 5 96 73
1210BUS 42 121L 39.0 18.0 10.9 .12 + .01 ( .4) 47.4 ( .1) 18.1 .5 1 80 41
1410BUS 32 141L 42.8 22.4 1.5 .00 + .01 ( .0) 13.2 ( .0) 7.1 .1 1 80 41
2210BUS 39 221L 80.3 22.3 31.0 .28 + .06 ( 1.0) 94.6 ( .2) 37.4 1.2 2 28 55
2410BUS 27 241L 80.4 21.6 33.5 .19 + .06 ( .8) 70.0 ( .1) 23.3 .8 2 59 81
3210BUS 43 321L 21.5 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) .8 ( .0) 4.9 .0 3 33 94
3310BUS 80 331L 48.3 18.0 32.2 .62 + .09 ( 2.1) 81.1 ( .3) 9.6 2.4 3 98 29
3410BUS 21 341L 61.7 10.0 5.1 .02 + .01 ( .1) 48.2 ( .0) 25.8 .1 3 33 94
4110BUS 13 6024 .5 18.0 15.2 .05 + .00 ( .2) 51.2 ( .0) .2 .2 4 79 25
4210BUS 38 421L 28.1 10.0 17.4 .17 + .01 ( .6) 34.8 ( .1) 4.1 .6 4 29 75
4310BUS 43 431L 32.3 18.0 18.2 .20 + .01 ( .7) 60.8 ( .1) 13.7 .8 4 79 25
4410BUS 16 441L 44.6 4.9 15.5 .06 + .01 ( .2) 64.9 ( .0) 13.6 .3 4 29 75
5210BUS 72 521L 64.0 5.4 34.5 .57 + .12 ( 2.1) 76.9 ( .2) 13.8 2.3 5 77 92
5310BUS 272 531L 58.1 18.0 5.8 .36 + .08 ( 1.3) 36.4 ( .4) 29.4 1.7 5 96 73
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3164.46 142.99 22.13 68.33 10.68 ( 237.04) + ( 62.85) + ( .00) = 299.90 TOTALS
0 136.17 6.54 20.82 2.65 .49 ( 9.41) + ( 1.57) + ( .00) = 10.98 BUSES
0 3028.28 136.45 22.19 65.68 10.19 ( 227.64) + ( 61.28) + ( .00) = 288.92 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 205.88 + 110.62 + 180.59 = 497.09
OSYSTEM TIME =13:29: 7
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 12
NO. OF LINKS RECALCULATED= 197

```

Anexo 16 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PT-C40

```

1Programacion Punta Tarde
7/**
40 SECOND CYCLE 40 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 6 16 -1 6 16 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 26 13
2 3 0 14 26
3 2 20 8
4 2 0 19
5 2 12 37
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 68.0 14.4 18.8 3.23 + 1.05 ( 12.9) 93.2 ( 5.1) 9.3 18.0 1 17 26
121 1426 5178S 50.3 14.4 6.3 2.01 + .48 ( 7.5) 51.2 ( 4.9) 10.1 12.4 1 30 13
141 849 4855S 30.8 17.9 4.4 .82 + .22 ( 3.1) 26.6 ( 1.5) 2.6 4.6 1 30 13
211 1140 5648 80.7 14.4 20.6 4.47 + 2.06 ( 19.6) 99.5 ( 7.6) 13.8 27.2 2 30 0
221 1400 6213S 93.6 17.9 29.0 5.07 + 6.21 ( 33.8) 108.4 ( 10.2) 21.0 44.0 2 4 14
231 1608 6723 95.7 14.4 34.7 6.61 + 8.88 ( 46.5) 132.1 ( 14.2) 26.3 60.7 2 30 0
241 859 4967S 90.9 17.3 29.1 2.63 + 4.30 ( 20.8) 127.9 ( 7.3) 14.4 28.2 2 18 26
321 589 5468S 19.6 17.3 3.8 .52 + .11 ( 1.9) 44.0 ( 1.7) 4.8 3.6 3 24 8
331 239 2692S 66.5 14.4 24.6 .98 + .66 ( 4.9) 105.7 ( 1.7) 4.6 6.6 3 12 20
341 1310 3419S 65.4 8.0 3.4 .32 + .92 ( 3.7) 15.1 ( 1.3) 5.7 5.0 3 24 8
411 689 5504 33.4 14.4 10.3 1.71 + .25 ( 5.9) 65.5 ( 3.0) 5.6 8.9 4 4 19
421 828 4738S 44.0 8.0 3.9 .54 + .37 ( 2.7) 23.8 ( 1.3) 3.1 4.0 4 23 0
431 532 5121S 31.8 14.4 10.3 1.31 + .20 ( 4.6) 65.4 ( 2.3) 5.0 6.9 4 4 19
441 696 3409S 49.9 3.9 3.6 .22 + .48 ( 2.1) 23.0 ( 1.1) 2.8 3.2 4 23 0
521 376 5395S 26.0 4.3 9.0 .77 + .17 ( 2.8) 77.2 ( 1.9) 3.9 4.8 5 1 12
531 2203 5511S 89.6 14.4 14.3 5.21 + 3.55 ( 26.3) 88.3 ( 13.0) 29.4 39.3 5 16 37
1210BUS 72 121L 50.3 18.0 6.3 .10 + .02 ( .4) 51.2 ( .2) 10.1 .5 1 30 13
1410BUS 11 141L 30.8 22.4 1.7 .00 + .00 ( .0) 7.6 ( .0) 2.6 .0 1 30 13
2210BUS 53 221L 93.6 22.3 34.5 .27 + .23 ( 1.5) 117.6 ( .3) 21.0 1.8 2 4 14
2410BUS 43 241L 90.9 21.6 28.0 .12 + .22 ( 1.0) 117.9 ( .2) 14.4 1.2 2 18 26
3210BUS 53 321L 19.6 21.6 1.3 .01 + .01 ( .1) 17.4 ( .0) 4.8 .1 3 24 8
3310BUS 119 331L 66.5 18.0 24.6 .49 + .33 ( 2.4) 105.7 ( .5) 4.6 3.0 3 12 20
3410BUS 31 341L 65.4 10.0 3.6 .01 + .02 ( .1) 15.6 ( .0) 5.7 .1 3 24 8
4110BUS 10 5504 .5 18.0 9.0 .02 + .00 ( .1) 57.8 ( .0) .1 .1 4 4 19
4210BUS 58 421L 44.0 10.0 9.2 .12 + .03 ( .4) 43.7 ( .1) 3.1 .6 4 23 0
4310BUS 79 431L 31.8 18.0 10.3 .20 + .03 ( .7) 65.4 ( .2) 5.0 .9 4 4 19
4410BUS 27 441L 49.9 4.9 4.0 .01 + .02 ( .1) 22.2 ( .0) 2.8 .1 4 23 0
5210BUS 10 521L 26.0 5.4 10.8 .03 + .00 ( .1) 57.4 ( .0) 3.9 .1 5 1 12
5310BUS 388 531L 89.6 18.0 14.3 .92 + .62 ( 4.6) 88.3 ( 1.5) 29.4 6.1 5 16 37
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF COST OF EXCESS PERFORMANCE
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3118.27 133.47 23.36 38.73 31.46 ( 210.56) + ( 81.43) + ( .00) = 291.99 TOTALS
0 184.46 8.45 21.83 2.30 1.54 ( 11.52) + ( 3.12) + ( .00) = 14.64 BUSES
0 2933.81 125.02 23.47 36.43 29.92 ( 199.04) + ( 78.31) + ( .00) = 277.36 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.95 + 98.26 + 233.96 = 535.17
OSYSTEM TIME =13:29:56
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 17 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PT-C60

```

1Programacion Punta Tarde
7/**
60 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 9 24 -1 9 24 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 40 16
  2 3 59 20 37
  3 2 16 59
  4 2 52 19
  5 2 18 3
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 45.9 14.4 17.6 3.59 + .42 ( 12.0) 75.5 ( 4.1) 11.1 16.2 1 20 40
121 1426 5178S 54.2 14.4 10.6 3.64 + .56 ( 12.6) 60.5 ( 5.8) 16.8 18.4 1 44 16
141 849 4855S 33.2 17.9 2.5 .34 + .25 ( 1.8) 15.9 ( .9) 3.3 2.7 1 44 16
211 1140 5648 67.3 14.4 21.7 5.83 + 1.02 ( 20.6) 86.3 ( 6.6) 17.5 27.2 2 41 59
221 1400 6213S 82.6 17.9 18.2 4.83 + 2.25 ( 21.2) 80.3 ( 7.5) 23.9 28.8 2 3 20
231 1608 6723 79.7 14.4 23.7 8.63 + 1.95 ( 31.7) 92.0 ( 9.9) 26.5 41.7 2 41 59
241 859 4967S 83.9 17.3 38.4 6.76 + 2.40 ( 27.5) 112.4 ( 6.5) 17.1 33.9 2 24 37
321 589 5468S 18.1 17.3 3.4 .45 + .10 ( 1.7) 23.7 ( .9) 3.3 2.6 3 20 59
331 239 2692S 61.4 14.4 29.2 1.41 + .53 ( 5.8) 97.1 ( 1.6) 6.2 7.4 3 3 16
341 1310 3419S 60.3 8.0 3.1 .38 + .74 ( 3.4) 14.2 ( 1.2) 7.6 4.6 3 20 59
411 689 5504 32.7 14.4 14.3 2.50 + .24 ( 8.2) 66.6 ( 3.1) 8.3 11.3 4 56 19
421 828 4738S 38.7 8.0 3.6 .53 + .29 ( 2.5) 21.3 ( 1.2) 3.3 3.7 4 23 52
431 532 5121S 31.1 14.4 14.3 1.91 + .20 ( 6.3) 65.8 ( 2.3) 7.2 8.7 4 56 19
441 696 3409S 43.9 3.9 8.2 1.21 + .38 ( 4.8) 29.0 ( 1.3) 3.6 6.1 4 23 52
521 376 5395S 39.0 4.3 33.0 3.13 + .31 ( 10.3) 102.4 ( 2.6) 6.6 12.9 5 7 18
531 2203 5511S 68.8 14.4 7.2 3.48 + .94 ( 13.2) 52.1 ( 7.7) 26.3 20.9 5 22 3
1210BUS 72 121L 54.2 18.0 10.6 .18 + .03 ( .6) 60.5 ( .2) 16.8 .8 1 44 16
1410BUS 11 141L 33.2 22.4 1.1 .00 + .00 ( .0) 3.5 ( .0) 3.3 .0 1 44 16
2210BUS 53 221L 82.6 22.3 19.3 .20 + .09 ( .9) 73.8 ( .2) 23.9 1.0 2 3 20
2410BUS 43 241L 83.9 21.6 37.0 .32 + .12 ( 1.3) 116.3 ( .2) 17.1 1.5 2 24 37
3210BUS 53 321L 18.1 21.6 .6 .00 + .01 ( .0) 1.4 ( .0) 3.3 .0 3 20 59
3310BUS 119 331L 61.4 18.0 29.2 .70 + .26 ( 2.9) 97.1 ( .5) 6.2 3.4 3 3 16
3410BUS 31 341L 60.3 10.0 3.2 .01 + .02 ( .1) 13.7 ( .0) 7.6 .1 3 20 59
4110BUS 10 5504 .5 18.0 12.6 .03 + .00 ( .1) 58.5 ( .0) .1 .1 4 56 19
4210BUS 58 421L 38.7 10.0 3.4 .03 + .02 ( .2) 9.9 ( .0) 3.3 .2 4 23 52
4310BUS 79 431L 31.1 18.0 14.3 .28 + .03 ( .9) 65.8 ( .2) 7.2 1.2 4 56 19
4410BUS 27 441L 43.9 4.9 8.5 .05 + .01 ( .2) 29.8 ( .0) 3.6 .2 4 23 52
5210BUS 10 521L 39.0 5.4 19.7 .05 + .01 ( .2) 91.3 ( .0) 6.6 .2 5 7 18
5310BUS 388 531L 68.8 18.0 7.2 .61 + .16 ( 2.3) 52.1 ( .9) 26.3 3.2 5 22 3
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF COST OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3118.27 127.76 24.41 51.12 13.35 ( 193.41) + ( 65.54) + ( .00) = 258.95 TOTALS
0 184.46 7.85 23.49 2.48 .77 ( 9.73) + ( 2.30) + ( .00) = 12.03 BUSES
0 2933.81 119.90 24.47 48.64 12.58 ( 183.68) + ( 63.24) + ( .00) = 246.92 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.95 + 90.26 + 188.32 = 481.52
OSYSTEM TIME =13:30:27
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 12
NO. OF LINKS RECALCULATED= 198

```

Anexo 18 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PT-C80

```

1Programacion Punta Tarde
7/**
80 SECOND CYCLE 40 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 12 32 -1 12 32 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 68 37
  2 3 23 51 73
  3 2 31 6
  4 2 73 26
  5 2 8 73
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 45.3 14.4 22.5 4.72 + .41 ( 15.4) 75.8 ( 4.2) 14.5 19.6 1 41 68
121 1426 5178S 51.4 14.4 12.1 4.27 + .50 ( 14.3) 57.0 ( 5.4) 21.3 19.8 1 72 37
141 849 4855S 31.5 17.9 2.5 .36 + .23 ( 1.7) 7.7 ( .4) 1.9 2.2 1 72 37
211 1140 5648 62.1 14.4 25.4 7.23 + .82 ( 24.1) 82.7 ( 6.3) 22.0 30.5 2 77 23
221 1400 6213S 78.0 17.9 20.9 6.43 + 1.69 ( 24.4) 91.5 ( 8.6) 31.7 33.0 2 27 51
231 1608 6723 73.6 14.4 27.0 10.69 + 1.39 ( 36.2) 86.5 ( 9.3) 32.2 45.6 2 77 23
241 859 4967S 80.8 17.3 29.2 5.01 + 1.96 ( 20.9) 80.0 ( 4.6) 18.7 25.5 2 55 73
321 589 5468S 18.4 17.3 3.3 .44 + .10 ( 1.6) 18.8 ( .7) 2.6 2.4 3 35 6
331 239 2692S 50.7 14.4 30.3 1.67 + .34 ( 6.0) 86.7 ( 1.4) 7.3 7.4 3 10 31
341 1310 3419S 61.5 8.0 4.5 .86 + .78 ( 4.9) 37.1 ( 3.2) 18.6 8.2 3 35 6
411 689 5504 34.5 14.4 19.9 3.55 + .26 ( 11.4) 70.0 ( 3.2) 11.4 14.7 4 77 26
421 828 4738S 34.8 8.0 4.2 .72 + .25 ( 2.9) 20.6 ( 1.1) 4.8 4.0 4 30 73
431 532 5121S 32.9 14.4 19.9 2.72 + .21 ( 8.8) 68.7 ( 2.4) 9.7 11.3 4 77 26
441 696 3409S 39.5 3.9 8.2 1.28 + .31 ( 4.8) 52.4 ( 2.4) 9.6 7.2 4 30 73
521 376 5395S 52.0 4.3 28.4 2.44 + .53 ( 8.9) 96.5 ( 2.4) 8.4 11.3 5 77 8
531 2203 5511S 61.7 14.4 5.4 2.61 + .68 ( 9.9) 38.2 ( 5.6) 26.7 15.5 5 12 73
1210BUS 72 121L 51.4 18.0 12.1 .22 + .03 ( .7) 57.0 ( .2) 21.3 .9 1 72 37
1410BUS 11 141L 31.5 22.4 1.0 .00 + .00 ( .0) 1.2 ( .0) 1.9 .0 1 72 37
2210BUS 53 221L 78.0 22.3 20.4 .24 + .06 ( .9) 89.9 ( .2) 31.7 1.1 2 27 51
2410BUS 43 241L 80.8 21.6 38.0 .36 + .10 ( 1.4) 77.8 ( .1) 18.7 1.5 2 55 73
3210BUS 53 321L 18.4 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) 1.0 ( .0) 2.6 .0 3 35 6
3310BUS 119 331L 50.7 18.0 30.3 .83 + .17 ( 3.0) 86.7 ( .4) 7.3 3.4 3 10 31
3410BUS 31 341L 61.5 10.0 4.2 .02 + .02 ( .1) 40.2 ( .1) 18.6 .2 3 35 6
4110BUS 10 5504 .5 18.0 17.2 .05 + .00 ( .1) 60.6 ( .0) .1 .2 4 77 26
4210BUS 58 421L 34.8 10.0 10.5 .15 + .02 ( .5) 30.2 ( .1) 4.8 .6 4 30 73
4310BUS 79 431L 32.9 18.0 19.9 .40 + .03 ( 1.3) 68.7 ( .2) 9.7 1.5 4 77 26
4410BUS 27 441L 39.5 4.9 8.3 .05 + .01 ( .2) 52.2 ( .1) 9.6 .2 4 30 73
5210BUS 10 521L 52.0 5.4 27.7 .06 + .01 ( .2) 72.2 ( .0) 8.4 .3 5 77 8
5310BUS 388 531L 61.7 18.0 5.4 .46 + .12 ( 1.7) 38.2 ( .6) 26.7 2.4 5 12 73
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3118.27 132.18 23.59 57.83 11.06 ( 206.68) + ( 63.63) + ( .00) = 270.30 TOTALS
0 184.46 8.03 22.97 2.83 .59 ( 10.25) + ( 2.08) + ( .00) = 12.34 BUSES
0 2933.81 124.15 23.63 55.00 10.47 ( 196.42) + ( 61.54) + ( .00) = 257.97 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.95 + 96.45 + 182.81 = 482.20
OSYSTEM TIME =13:30:57
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 15
NO. OF LINKS RECALCULATED= 238

```

Anexo 19 – Salida o resultados de Transyt, Ciclo Optimo PT-C100

```

1Programacion Punta Tarde
7/**
100 SECOND CYCLE 50 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 15 40 -1 15 40 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 77 38
  2 3 18 52 79
  3 2 26 91
  4 2 72 21
  5 2 87 71
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 43.7 14.4 26.7 5.68 + .39 ( 18.2) 74.1 ( 4.1) 17.5 22.3 1 42 77
121 1426 5178S 50.8 14.4 14.2 5.15 + .49 ( 16.9) 57.0 ( 5.4) 25.5 22.4 1 81 38
141 849 4855S 31.1 17.9 2.4 .35 + .22 ( 1.7) 18.9 ( 1.1) 6.0 2.8 1 81 38
211 1140 5648 57.7 14.4 28.6 8.38 + .68 ( 27.2) 79.3 ( 6.1) 26.0 33.2 2 83 18
221 1400 6213S 78.0 17.9 25.4 8.18 + 1.69 ( 29.6) 91.9 ( 8.6) 38.3 38.2 2 22 52
231 1608 6723 68.3 14.4 30.2 12.40 + 1.08 ( 40.4) 83.3 ( 9.0) 38.6 49.4 2 83 18
241 859 4967S 79.0 17.3 28.2 4.97 + 1.76 ( 20.2) 78.1 ( 4.5) 22.5 24.7 2 56 79
321 589 5468S 19.2 17.3 4.7 .65 + .11 ( 2.3) 19.6 ( .8) 3.3 3.1 3 30 91
331 239 2692S 42.9 14.4 31.2 1.82 + .25 ( 6.2) 79.2 ( 1.3) 8.1 7.5 3 95 26
341 1310 3419S 64.3 8.0 5.9 1.26 + .88 ( 6.4) 49.3 ( 4.3) 28.5 10.7 3 30 91
411 689 5504 27.8 14.4 18.3 3.31 + .19 ( 10.5) 59.5 ( 2.7) 11.9 13.3 4 76 21
421 828 4738S 39.8 8.0 6.7 1.24 + .31 ( 4.6) 22.9 ( 1.3) 5.8 5.9 4 25 72
431 532 5121S 26.5 14.4 18.3 2.54 + .16 ( 8.1) 59.5 ( 2.1) 10.7 10.2 4 76 21
441 696 3409S 45.1 3.9 16.1 2.72 + .40 ( 9.3) 65.2 ( 3.0) 13.7 12.4 4 25 72
521 376 5395S 59.6 4.3 34.3 2.87 + .71 ( 10.7) 98.8 ( 2.5) 10.7 13.2 5 75 87
531 2203 5511S 58.8 14.4 4.8 2.31 + .61 ( 8.7) 32.3 ( 4.8) 28.1 13.5 5 91 71
1210BUS 72 121L 50.8 18.0 14.2 .26 + .02 ( .9) 57.0 ( .2) 25.5 1.0 1 81 38
1410BUS 11 141L 31.1 22.4 2.2 .00 + .00 ( .0) 22.5 ( .0) 6.0 .0 1 81 38
2210BUS 53 221L 78.0 22.3 24.7 .30 + .06 ( 1.1) 91.1 ( .2) 38.3 1.3 2 22 52
2410BUS 43 241L 79.0 21.6 32.4 .30 + .09 ( 1.2) 67.9 ( .1) 22.5 1.3 2 56 79
3210BUS 53 321L 19.2 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) .7 ( .0) 3.3 .0 3 30 91
3310BUS 119 331L 42.9 18.0 31.2 .91 + .12 ( 3.1) 79.2 ( .4) 8.1 3.5 3 95 26
3410BUS 31 341L 64.3 10.0 6.0 .03 + .02 ( .2) 54.5 ( .1) 28.5 .2 3 30 91
4110BUS 10 5504 .4 18.0 16.4 .04 + .00 ( .1) 53.3 ( .0) .2 .2 4 76 21
4210BUS 58 421L 39.8 10.0 13.6 .20 + .02 ( .7) 27.1 ( .1) 5.8 .7 4 25 72
4310BUS 79 431L 26.5 18.0 18.3 .38 + .02 ( 1.2) 59.5 ( .2) 10.7 1.4 4 76 21
4410BUS 27 441L 45.1 4.9 16.2 .11 + .02 ( .4) 65.4 ( .1) 13.7 .4 4 25 72
5210BUS 10 521L 59.6 5.4 38.3 .09 + .02 ( .3) 78.3 ( .0) 10.7 .4 5 75 87
5310BUS 388 531L 58.8 18.0 4.8 .41 + .11 ( 1.5) 32.3 ( .5) 28.1 2.1 5 91 71
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3118.27 140.59 22.18 66.86 10.44 ( 231.90) + ( 63.40) + ( .00) = 295.31 TOTALS
0 184.46 8.15 22.62 3.02 .52 ( 10.63) + ( 1.94) + ( .00) = 12.56 BUSES
0 2933.81 132.43 22.15 63.84 9.92 ( 221.27) + ( 61.47) + ( .00) = 282.74 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.95 + 108.22 + 182.17 = 493.33
OSYSTEM TIME =13:31:41
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 20 – Salida o resultados de Transyt, No virar derecha PM

```

1Programacion Punta Mañana
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
  NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
  1 2 91 22
  2 3 0 52 80
  3 2 11 78
  4 2 70 21
  5 2 91 66
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
121 1752 5178S 89.1 14.4 42.0 16.60 + 3.84 ( 61.3) 95.5 ( 11.2) 60.2 72.5 1 95 22
131 2365 4892 89.3 14.4 30.6 16.03 + 4.04 ( 60.2) 88.3 ( 14.0) 73.0 74.2 1 26 91
141 1210 5220S 61.4 17.9 9.5 2.43 + .76 ( 9.6) 49.6 ( 4.0) 24.0 13.6 1 95 22
211 1041 5483 63.3 14.4 39.3 10.50 + .86 ( 34.1) 85.2 ( 5.9) 30.4 40.0 2 84 0
221 2308 6324S 92.7 17.9 35.8 17.08 + 5.90 ( 68.9) 102.5 ( 15.8) 81.7 84.8 2 4 52
231 1790 6506 91.7 14.4 51.0 20.17 + 5.20 ( 76.1) 101.0 ( 12.1) 61.9 88.2 2 84 0
241 836 4908S 88.5 17.3 34.9 4.62 + 3.48 ( 24.3) 86.7 ( 4.8) 29.1 29.1 2 56 80
321 1408 5468S 50.4 17.3 6.3 1.95 + .49 ( 7.3) 21.8 ( 2.1) 11.6 9.4 3 15 78
331 244 2777S 36.8 14.4 27.2 1.68 + .17 ( 5.5) 68.6 ( 1.1) 10.0 6.7 3 82 11
341 1022 3419S 60.2 8.0 7.9 1.54 + .71 ( 6.8) 53.3 ( 3.6) 27.4 10.4 3 15 78
411 481 5369 16.0 14.4 13.6 1.72 + .10 ( 5.5) 46.0 ( 1.5) 7.7 6.9 4 74 21
421 748 4776S 43.5 8.0 12.9 2.30 + .37 ( 8.0) 36.5 ( 1.8) 11.1 9.8 4 25 70
431 895 5188S 35.2 14.4 15.5 3.63 + .24 ( 11.6) 52.4 ( 3.1) 19.0 14.7 4 74 21
441 568 3409S 48.0 3.9 24.0 3.36 + .43 ( 11.4) 75.2 ( 2.9) 15.8 14.2 4 25 70
521 601 5395S 76.5 4.3 40.4 5.41 + 1.33 ( 20.2) 104.4 ( 4.2) 24.6 24.4 5 70 91
531 2447 5415S 68.1 14.4 8.6 4.92 + .93 ( 17.6) 45.2 ( 7.4) 46.1 25.0 5 95 66
1210BUS 56 121L 89.1 18.0 42.0 .53 + .12 ( 2.0) 95.5 ( .2) 60.2 2.2 1 95 22
1410BUS 44 141L 61.4 22.4 15.1 .16 + .03 ( .6) 95.5 ( .2) 24.0 .7 1 95 22
2210BUS 38 221L 92.7 22.3 25.2 .17 + .10 ( .8) 103.1 ( .2) 81.7 1.0 2 4 52
2410BUS 33 241L 88.5 21.6 41.2 .24 + .14 ( 1.1) 76.5 ( .1) 29.1 1.2 2 56 80
3210BUS 38 321L 50.4 21.6 1.7 .01 + .01 ( .1) 2.0 ( .0) 11.6 .1 3 15 78
3310BUS 173 331L 36.8 18.0 27.2 1.19 + .12 ( 3.9) 68.6 ( .5) 10.0 4.4 3 82 11
3410BUS 58 341L 60.2 10.0 7.0 .07 + .04 ( .3) 57.4 ( .1) 27.4 .5 3 15 78
4110BUS 10 5369 .3 18.0 12.8 .03 + .00 ( .1) 42.7 ( .0) .1 .1 4 74 21
4210BUS 32 421L 43.5 10.0 26.1 .22 + .02 ( .7) 36.8 ( .1) 11.1 .7 4 25 70
4310BUS 125 431L 35.2 18.0 15.5 .51 + .03 ( 1.6) 52.4 ( .3) 19.0 1.9 4 74 21
4410BUS 46 441L 48.0 4.9 24.3 .28 + .03 ( .9) 75.5 ( .1) 15.8 1.1 4 25 70
5210BUS 121 521L 76.5 5.4 44.9 1.24 + .27 ( 4.5) 78.6 ( .4) 24.6 4.9 5 70 91
5310BUS 351 531L 68.1 18.0 8.6 .71 + .13 ( 2.5) 45.2 ( .7) 46.1 3.2 5 95 66
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 4078.73 231.76 17.60 119.29 29.90 ( 447.55) + ( 98.59) + ( .00) = 546.14 TOTALS
0 200.15 11.39 17.57 5.34 1.05 ( 19.16) + ( 2.93) + ( .00) = 22.09 BUSES
0 3878.57 220.37 17.60 113.95 28.85 ( 428.39) + ( 95.66) + ( .00) = 524.05 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 265.40 + 208.86 + 283.27 = 757.52
OSYSTEM TIME =13: 2:58
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 21 – Salida o resultados de Transyt, No virar derecha PMD

```

1Programacion Punta Medio Dia
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 75 36
2 3 18 51 82
3 2 24 107
4 2 74 19
5 2 92 70
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 46.5 14.4 37.0 6.91 + .43 ( 22.0) 80.4 ( 3.8) 19.7 25.9 1 40 75
121 1189 5178S 37.0 14.4 11.0 3.34 + .28 ( 10.9) 44.0 ( 3.5) 19.4 14.4 1 79 36
141 1295 5083S 40.7 17.9 2.3 .50 + .33 ( 2.5) 17.8 ( 1.5) 11.3 4.0 1 79 36
211 959 5552 39.9 14.4 24.5 6.21 + .33 ( 19.6) 66.0 ( 4.2) 22.2 23.9 2 86 18
221 1161 6307S 78.8 17.9 43.1 12.13 + 1.77 ( 41.7) 96.0 ( 7.5) 39.4 49.2 2 22 51
231 1972 7163 63.5 14.4 28.2 14.56 + .87 ( 46.3) 75.4 ( 10.0) 51.3 56.3 2 86 18
241 841 4906S 78.6 17.3 32.2 5.76 + 1.75 ( 22.5) 80.2 ( 4.5) 25.7 27.0 2 55 82
321 822 5468S 24.0 17.3 6.5 1.33 + .15 ( 4.5) 19.9 ( 1.1) 5.9 5.5 3 28 107
331 323 2692S 54.4 14.4 42.4 3.33 + .48 ( 11.4) 86.5 ( 1.9) 12.0 13.3 3 111 24
341 1267 3419S 57.2 8.0 6.0 1.45 + .66 ( 6.3) 52.7 ( 4.5) 35.2 10.8 3 28 107
411 682 6024 22.3 14.4 17.1 3.10 + .14 ( 9.7) 52.7 ( 2.4) 12.5 12.1 4 78 19
421 732 4759S 38.1 8.0 7.0 1.12 + .29 ( 4.2) 21.3 ( 1.0) 5.5 5.3 4 23 74
431 713 5092S 29.2 14.4 18.0 3.38 + .19 ( 10.7) 55.3 ( 2.6) 14.9 13.4 4 78 19
441 684 3409S 48.3 3.9 22.3 3.77 + .46 ( 12.7) 71.1 ( 3.3) 17.2 15.9 4 23 74
521 445 5395S 63.8 4.3 35.2 3.59 + .76 ( 13.0) 96.9 ( 2.9) 16.6 15.9 5 74 92
531 2192 5511S 57.1 14.4 6.1 3.11 + .59 ( 11.1) 34.9 ( 5.1) 32.1 16.2 5 96 70
1210BUS 42 121L 37.0 18.0 11.0 .12 + .01 ( .4) 44.0 ( .1) 19.4 .5 1 79 36
1410BUS 32 141L 40.7 22.4 2.1 .01 + .01 ( .1) 21.1 ( .0) 11.3 .1 1 79 36
2210BUS 39 221L 78.8 22.3 39.6 .37 + .06 ( 1.3) 94.8 ( .2) 39.4 1.4 2 22 51
2410BUS 27 241L 78.6 21.6 33.5 .20 + .06 ( .8) 65.7 ( .1) 25.7 .8 2 55 82
3210BUS 43 321L 24.0 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) .5 ( .0) 5.9 .0 3 28 107
3310BUS 80 331L 54.4 18.0 42.4 .82 + .12 ( 2.8) 86.5 ( .3) 12.0 3.1 3 111 24
3410BUS 21 341L 57.2 10.0 6.1 .02 + .01 ( .1) 58.5 ( .1) 35.2 .2 3 28 107
4110BUS 13 6024 .4 18.0 15.6 .05 + .00 ( .2) 47.6 ( .0) .2 .2 4 78 19
4210BUS 38 421L 38.1 10.0 12.6 .12 + .02 ( .4) 18.7 ( .0) 5.5 .4 4 23 74
4310BUS 43 431L 29.2 18.0 18.0 .20 + .01 ( .6) 55.3 ( .1) 14.9 .7 4 78 19
4410BUS 16 441L 48.3 4.9 22.0 .09 + .01 ( .3) 69.9 ( .0) 17.2 .3 4 23 74
5210BUS 72 521L 63.8 5.4 37.2 .62 + .12 ( 2.2) 78.9 ( .2) 16.6 2.5 5 74 92
5310BUS 272 531L 57.1 18.0 6.1 .39 + .07 ( 1.4) 34.9 ( .4) 32.1 1.8 5 96 70
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF COST OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3179.55 150.87 21.07 76.60 10.00 ( 259.81) + ( 61.43) + ( .00) = 321.23 TOTALS
0 136.17 6.92 19.67 3.01 .51 ( 10.56) + ( 1.55) + ( .00) = 12.11 BUSES
0 3043.38 143.95 21.14 73.59 9.50 ( 249.25) + ( 59.88) + ( .00) = 309.13 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 206.86 + 121.24 + 176.49 = 504.59
OSYSTEM TIME =13:1:26
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 22 – Salida o resultados de Transyt, No virar derecha PT

```

1Programacion Punta Tarde
9/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 22/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 90 44
2 3 21 58 89
3 2 26 105
4 2 81 22
5 2 97 79
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS OF EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND (PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 43.7 14.4 31.6 6.82 + .39 ( 21.6) 74.5 ( 4.1) 21.3 25.7 1 48 90
121 1426 5178S 49.6 14.4 15.8 5.81 + .47 ( 18.8) 55.6 ( 5.3) 29.6 24.1 1 94 44
141 849 4855S 30.4 17.9 4.2 .79 + .22 ( 3.0) 31.4 ( 1.8) 10.4 4.8 1 94 44
211 1140 5648 50.5 14.4 28.7 8.57 + .51 ( 27.2) 73.0 ( 5.6) 28.7 32.8 2 93 21
221 1311 6276S 79.1 17.9 33.1 10.26 + 1.80 ( 36.2) 93.7 ( 8.2) 43.7 44.4 2 25 58
231 1608 6723 59.8 14.4 30.0 12.68 + .74 ( 40.3) 76.4 ( 8.2) 42.3 48.5 2 93 21
241 860 4967S 80.9 17.3 30.7 5.35 + 1.97 ( 22.0) 81.9 ( 4.7) 28.0 26.7 2 62 89
321 588 5468S 18.8 17.3 6.0 .88 + .11 ( 2.9) 19.3 ( .8) 3.9 3.7 3 30 105
331 191 2777S 36.2 14.4 35.6 1.71 + .17 ( 5.7) 77.3 ( 1.0) 8.2 6.7 3 109 26
341 1310 3419S 62.8 8.0 6.8 1.65 + .82 ( 7.4) 56.0 ( 4.9) 35.1 12.3 3 30 105
411 689 5504 26.4 14.4 19.8 3.61 + .18 ( 11.4) 57.1 ( 2.6) 13.6 14.0 4 85 22
421 995 4723S 48.6 8.0 7.2 1.53 + .45 ( 5.9) 20.9 ( 1.4) 7.5 7.3 4 26 81
431 532 5121S 25.1 14.4 19.8 2.77 + .15 ( 8.8) 57.1 ( 2.0) 12.0 10.8 4 85 22
441 696 3409S 46.3 3.9 20.7 3.59 + .41 ( 12.0) 67.1 ( 3.1) 16.9 15.1 4 26 81
521 374 5395S 61.1 4.3 39.6 3.36 + .76 ( 12.4) 99.0 ( 2.5) 12.9 14.8 5 83 97
531 2203 5511S 57.6 14.4 4.7 2.33 + .58 ( 8.7) 30.0 ( 4.4) 30.9 13.1 5 101 79
1210BUS 72 121L 49.6 18.0 15.8 .29 + .02 ( 1.0) 55.6 ( .2) 29.6 1.1 1 94 44
1410BUS 11 141L 30.4 22.4 5.3 .01 + .00 ( .0) 50.3 ( .0) 10.4 .1 1 94 44
2210BUS 53 221L 79.1 22.3 31.9 .40 + .07 ( 1.4) 93.2 ( .2) 43.7 1.6 2 25 58
2410BUS 43 241L 80.9 21.6 32.8 .29 + .10 ( 1.2) 71.6 ( .1) 28.0 1.3 2 62 89
3210BUS 53 321L 18.8 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) .5 ( .0) 3.9 .0 3 30 105
3310BUS 119 331L 36.2 18.0 35.6 1.07 + .11 ( 3.5) 77.3 ( .4) 8.2 3.9 3 109 26
3410BUS 31 341L 62.8 10.0 7.2 .04 + .02 ( .2) 61.7 ( .1) 35.1 .3 3 30 105
4110BUS 10 5504 .4 18.0 17.2 .05 + .00 ( .1) 50.2 ( .0) .2 .2 4 85 22
4210BUS 58 421L 48.6 10.0 10.2 .14 + .03 ( .5) 15.5 ( .0) 7.5 .5 4 26 81
4310BUS 79 431L 25.1 18.0 19.8 .41 + .02 ( 1.3) 57.1 ( .2) 12.0 1.5 4 85 22
4410BUS 27 441L 46.3 4.9 20.9 .14 + .02 ( .5) 67.2 ( .1) 16.9 .5 4 26 81
5210BUS 10 521L 61.1 5.4 43.2 .10 + .02 ( .4) 80.5 ( .0) 12.9 .4 5 83 97
5310BUS 388 531L 57.6 18.0 4.7 .41 + .10 ( 1.5) 30.0 ( .5) 30.9 2.0 5 101 79
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR EXCESS PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY DELAY DELAY OF OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3105.40 148.32 20.94 75.06 10.24 ( 255.88) + ( 62.54) + ( .00) = 318.43 TOTALS
0 184.46 8.49 21.73 3.35 .52 ( 11.63) + ( 1.88) + ( .00) = 13.51 BUSES
0 2920.94 139.84 20.89 71.70 9.71 ( 244.25) + ( 60.66) + ( .00) = 304.92 OTHER
0*****
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.11 + 119.41 + 179.69 = 501.21
OSYSTEM TIME =22:17:43
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 23 – Salida o resultados de Transyt, Semáforo Optimo PM

```

1Programacion Punta Mañana
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 91 22
2 3 118 52 79
3 2 11 76
4 2 68 19
5 2 88 63
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
121 1752 5178S 89.1 14.4 42.0 16.60 + 3.84 ( 61.3) 95.5 ( 11.2) 60.2 72.5 1 95 22
131 2365 4892 89.3 14.4 30.6 16.03 + 4.04 ( 60.2) 88.3 ( 14.0) 73.0 74.2 1 26 91
141 1210 5220S 61.3 17.9 9.6 2.46 + .76 ( 9.7) 52.2 ( 4.2) 26.1 13.9 1 95 22
211 1041 5483 65.1 14.4 40.4 10.74 + .93 ( 35.0) 86.8 ( 6.1) 31.0 41.1 2 83 118
221 2420 6284S 93.9 17.9 36.1 17.37 + 6.92 ( 72.9) 103.5 ( 16.8) 86.3 89.6 2 2 52
231 1790 6506 94.3 14.4 56.3 20.65 + 7.32 ( 83.9) 105.8 ( 12.7) 65.0 96.6 2 83 118
241 836 4908S 92.3 17.3 41.7 4.62 + 5.06 ( 29.0) 98.6 ( 5.5) 33.3 34.5 2 56 79
321 1296 5468S 48.0 17.3 6.6 1.92 + .45 ( 7.1) 23.8 ( 2.1) 11.8 9.2 3 15 76
331 244 2777S 35.3 14.4 25.7 1.58 + .16 ( 5.2) 66.2 ( 1.1) 9.8 6.3 3 80 11
341 1022 3419S 62.1 8.0 8.3 1.58 + .77 ( 7.1) 54.6 ( 3.7) 27.7 10.8 3 15 76
411 481 5369 16.0 14.4 13.6 1.72 + .10 ( 5.5) 46.0 ( 1.5) 7.7 6.9 4 72 19
421 637 4821S 37.0 8.0 14.3 2.24 + .28 ( 7.6) 34.3 ( 1.5) 9.9 9.0 4 23 68
431 895 5188S 35.2 14.4 15.5 3.63 + .24 ( 11.6) 52.4 ( 3.1) 19.0 14.7 4 72 19
441 568 3409S 48.0 3.9 24.8 3.48 + .43 ( 11.7) 76.1 ( 2.9) 16.0 14.6 4 23 68
521 598 5395S 76.2 4.3 40.2 5.36 + 1.31 ( 20.0) 103.8 ( 4.2) 24.5 24.2 5 67 88
531 2447 5415S 68.1 14.4 8.6 4.93 + .93 ( 17.6) 45.3 ( 7.4) 47.7 25.0 5 92 63
1210BUS 56 121L 89.1 18.0 42.0 .53 + .12 ( 2.0) 95.5 ( .2) 60.2 2.2 1 95 22
1410BUS 44 141L 61.3 22.4 15.1 .16 + .03 ( .6) 95.9 ( .2) 26.1 .7 1 95 22
2210BUS 38 221L 93.9 22.3 25.9 .16 + .11 ( .8) 104.0 ( .2) 86.3 1.0 2 2 52
2410BUS 33 241L 92.3 21.6 47.5 .24 + .20 ( 1.3) 89.2 ( .1) 33.3 1.4 2 56 79
3210BUS 38 321L 48.0 21.6 2.0 .01 + .01 ( .1) 2.6 ( .0) 11.8 .1 3 15 76
3310BUS 173 331L 35.3 18.0 25.7 1.12 + .11 ( 3.7) 66.2 ( .5) 9.8 4.2 3 80 11
3410BUS 58 341L 62.1 10.0 7.2 .07 + .04 ( .4) 58.6 ( .1) 27.7 .5 3 15 76
4110BUS 10 5369 .3 18.0 12.8 .03 + .00 ( .1) 42.7 ( .0) .1 .1 4 72 19
4210BUS 32 421L 37.0 10.0 29.8 .25 + .01 ( .8) 42.8 ( .1) 9.9 .9 4 23 68
4310BUS 125 431L 35.2 18.0 15.5 .51 + .03 ( 1.6) 52.4 ( .3) 19.0 1.9 4 72 19
4410BUS 46 441L 48.0 4.9 24.8 .28 + .03 ( 1.0) 76.1 ( .2) 16.0 1.1 4 23 68
5210BUS 121 521L 76.2 5.4 46.7 1.30 + .27 ( 4.7) 79.9 ( .4) 24.5 5.1 5 67 88
5310BUS 351 531L 68.1 18.0 8.6 .71 + .13 ( 2.5) 45.3 ( .7) 47.7 3.2 5 92 63
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF DELAY OF EXCESS INDEX
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 4067.61 237.29 17.14 120.29 34.65 ( 464.83) + ( 100.80) + ( .00) = 565.63 TOTALS
0 200.15 11.49 17.41 5.38 1.11 ( 19.47) + ( 2.95) + ( .00) = 22.42 BUSES
0 3867.45 225.80 17.13 114.91 33.54 ( 445.36) + ( 97.85) + ( .00) = 543.21 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 264.67 + 216.92 + 289.62 = 771.22
OSYSTEM TIME =13: 6: 3
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 24 – Salida o resultados de Transyt, Semáforo Optimo PMD

```

1Programacion Punta Medio Dia
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 77 38
2 3 16 53 83
3 2 21 94
4 2 70 17
5 2 88 66
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 714 5266 46.5 14.4 37.0 6.91 + .43 ( 22.0) 80.4 ( 3.8) 19.7 25.9 1 42 77
121 1189 5178S 37.0 14.4 11.0 3.34 + .28 ( 10.9) 44.0 ( 3.5) 19.4 14.4 1 81 38
141 1295 5083S 40.7 17.9 2.1 .42 + .33 ( 2.3) 16.9 ( 1.5) 11.1 3.7 1 81 38
211 959 5552 42.3 14.4 26.7 6.76 + .37 ( 21.4) 69.0 ( 4.4) 22.7 25.8 2 87 16
221 1307 6211S 78.8 17.9 40.2 12.79 + 1.79 ( 43.7) 94.5 ( 8.3) 44.0 52.0 2 20 53
231 1972 7163 67.4 14.4 30.9 15.87 + 1.03 ( 50.7) 79.0 ( 10.4) 53.6 61.1 2 87 16
241 841 4906S 81.6 17.3 33.9 5.80 + 2.11 ( 23.7) 87.7 ( 4.9) 28.6 28.7 2 57 83
321 675 5468S 22.8 17.3 8.4 1.44 + .14 ( 4.7) 25.7 ( 1.2) 5.9 5.9 3 25 94
331 323 2692S 41.8 14.4 32.3 2.61 + .29 ( 8.7) 74.6 ( 1.6) 10.4 10.3 3 98 21
341 1267 3419S 65.5 8.0 7.4 1.66 + .93 ( 7.8) 55.5 ( 4.7) 34.2 12.5 3 25 94
411 682 6024 21.6 14.4 16.0 2.90 + .14 ( 9.1) 51.0 ( 2.3) 12.1 11.4 4 74 17
421 584 4811S 31.7 8.0 9.8 1.38 + .22 ( 4.8) 22.8 ( .9) 4.9 5.7 4 21 70
431 713 5092S 28.3 14.4 16.8 3.15 + .19 ( 10.0) 52.8 ( 2.5) 14.1 12.5 4 74 17
441 684 3409S 50.3 3.9 23.9 4.05 + .49 ( 13.6) 73.2 ( 3.3) 17.6 + 17.0 4 21 70
521 446 5395S 64.0 4.3 34.7 3.54 + .76 ( 12.9) 96.8 ( 2.9) 16.7 15.8 5 70 88
531 2192 5511S 57.1 14.4 6.1 3.11 + .59 ( 11.1) 34.9 ( 5.1) 32.1 16.2 5 92 66
1210BUS 42 121L 37.0 18.0 11.0 .12 + .01 ( .4) 44.0 ( .1) 19.4 .5 1 81 38
1410BUS 32 141L 40.7 22.4 1.9 .01 + .01 ( .0) 16.9 ( .0) 11.1 .1 1 81 38
2210BUS 39 221L 78.8 22.3 36.9 .35 + .05 ( 1.2) 93.4 ( .2) 44.0 1.4 2 20 53
2410BUS 27 241L 81.6 21.6 31.1 .17 + .07 ( .7) 72.7 ( .1) 28.6 .8 2 57 83
3210BUS 43 321L 22.8 21.6 .8 .00 + .01 ( .0) .6 ( .0) 5.9 .0 3 25 94
3310BUS 80 331L 41.8 18.0 32.3 .65 + .07 ( 2.2) 74.6 ( .3) 10.4 2.4 3 98 21
3410BUS 21 341L 65.5 10.0 7.1 .03 + .02 ( .1) 60.8 ( .1) 34.2 .2 3 25 94
4110BUS 13 6024 .4 18.0 14.6 .05 + .00 ( .2) 46.0 ( .0) .2 .2 4 74 17
4210BUS 38 421L 31.7 10.0 23.0 .23 + .01 ( .7) 34.4 ( .1) 4.9 .8 4 21 70
4310BUS 43 431L 28.3 18.0 16.8 .19 + .01 ( .6) 52.8 ( .1) 14.1 .7 4 74 17
4410BUS 16 441L 50.3 4.9 23.7 .09 + .01 ( .3) 72.0 ( .0) 17.6 + .4 4 21 70
5210BUS 72 521L 64.0 5.4 38.6 .65 + .12 ( 2.3) 78.8 ( .2) 16.7 2.6 5 70 88
5310BUS 272 531L 57.1 18.0 6.1 .39 + .07 ( 1.4) 34.9 ( .4) 32.1 1.8 5 92 66
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF OF EXCESS PERFORMANCE
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3164.46 153.14 20.66 78.62 10.56 ( 267.52) + ( 63.03) + ( .00) = 330.55 TOTALS
0 136.17 6.78 20.08 2.91 .47 ( 10.13) + ( 1.53) + ( .00) = 11.67 BUSES
0 3028.28 146.36 20.69 75.71 10.09 ( 257.39) + ( 61.50) + ( .00) = 318.89 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 205.88 + 124.84 + 181.10 = 511.82
OSYSTEM TIME =13: 6:10
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 11
NO. OF LINKS RECALCULATED= 184

```

Anexo 25 – Salida o resultados de Transyt, Semáforo Optimo PT

```

1Programacion Punta Tarde
7/**
120 SECOND CYCLE 60 STEPS RUN ON 29/
OFINAL SETTINGS OBTAINED WITH INCREMENTS :- 18 48 -1 18 48 1 -1 1
- (SECONDS)
SONDA
0 NODE NUMBER STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE STAGE
NO OF STAGES 1 2 3 4 5 6 7
1 2 97 44
2 3 18 58 90
3 2 26 100
4 2 76 21
5 2 92 74
0 LINK FLOW SAT DEGREE MEAN TIMES -----DELAY----- ---STOPS--- ----QUEUE---- PERFORMANCE EXIT GREEN
TIMES
NUMBER INTO FLOW OF PER PCU UNIFORM RANDOM+ COST MEAN COST MEAN INDEX. NODE START
START LINK SAT CRUISE OVERSAT OF STOPS OF MAX. AVERAGE WEIGHTED SUM END
END DELAY (U+R+O=MEAN Q) DELAY /PCU STOPS EXCESS OF ( ) VALUES 1ST
2ND
(PCU/H) (PCU/H) (%) (SEC) (SEC) (PCU-H/H) ($/H) (%) ($/H) (PCU) (PCU) ($/H)
(SECONDS)
111 820 5363 37.4 14.4 26.1 5.65 + .30 ( 17.9) 67.8 ( 3.7) 19.2 21.6 1 48 97
121 1426 5178S 55.1 14.4 20.5 7.54 + .58 ( 24.4) 63.9 ( 6.1) 33.9 30.5 1 101 44
141 849 4855S 33.7 17.9 7.0 1.40 + .25 ( 4.9) 38.9 ( 2.2) 11.8 7.2 1 101 44
211 1140 5648 55.0 14.4 32.1 9.55 + .61 ( 30.5) 77.4 ( 5.9) 30.4 36.4 2 94 18
221 1400 6213S 78.0 17.9 26.3 8.54 + 1.69 ( 30.7) 91.7 ( 8.6) 45.6 39.3 2 22 58
231 1608 6723 65.2 14.4 33.7 14.13 + .94 ( 45.2) 81.0 ( 8.7) 44.7 53.9 2 94 18
241 859 4967S 77.9 17.3 27.1 4.82 + 1.65 ( 19.4) 78.1 ( 4.5) 26.7 23.9 2 62 90
321 589 5468S 20.1 17.3 6.0 .87 + .12 ( 3.0) 19.9 ( .8) 4.0 3.7 3 30 100
331 239 2692S 38.0 14.4 32.3 1.94 + .20 ( 6.4) 73.8 ( 1.2) 9.1 7.6 3 104 26
341 1310 3419S 67.2 8.0 7.9 1.87 + 1.00 ( 8.6) 60.9 ( 5.3) 37.9 + 13.9 3 30 100
411 689 5504 24.6 14.4 17.5 3.18 + .16 ( 10.0) 53.9 ( 2.5) 13.0 12.5 4 80 21
421 828 4738S 44.0 8.0 9.5 1.83 + .37 ( 6.6) 23.7 ( 1.3) 7.1 7.9 4 25 76
431 532 5121S 23.5 14.4 17.4 2.43 + .13 ( 7.7) 52.9 ( 1.9) 11.4 9.6 4 80 21
441 696 3409S 49.9 3.9 23.8 4.13 + .48 ( 13.8) 71.6 ( 3.3) 17.8 + 17.2 4 25 76
521 376 5395S 61.3 4.3 37.5 3.15 + .77 ( 11.7) 98.9 ( 2.5) 12.9 14.2 5 78 92
531 2203 5511S 57.6 14.4 4.8 2.33 + .58 ( 8.7) 30.0 ( 4.4) 29.5 13.2 5 96 74
1210BUS 72 121L 55.1 18.0 20.5 .38 + .03 ( 1.2) 63.9 ( .2) 33.9 1.4 1 101 44
1410BUS 11 141L 33.7 22.4 10.9 .03 + .00 ( .1) 80.6 ( .0) 11.8 .1 1 101 44
2210BUS 53 221L 78.0 22.3 25.4 .31 + .06 ( 1.1) 90.9 ( .2) 45.6 1.3 2 22 58
2410BUS 43 241L 77.9 21.6 27.7 .25 + .08 ( 1.0) 66.1 ( .1) 26.7 1.1 2 62 90
3210BUS 53 321L 20.1 21.6 .7 .00 + .01 ( .0) .6 ( .0) 4.0 .0 3 30 100
3310BUS 119 331L 38.0 18.0 32.3 .97 + .10 ( 3.2) 73.8 ( .4) 9.1 3.6 3 104 26
3410BUS 31 341L 67.2 10.0 8.2 .05 + .02 ( .2) 66.7 ( .1) 37.9 + .3 3 30 100
4110BUS 10 5504 .4 18.0 15.6 .04 + .00 ( .1) 47.7 ( .0) .2 .2 4 80 21
4210BUS 58 421L 44.0 10.0 16.9 .25 + .03 ( .8) 25.5 ( .1) 7.1 .9 4 25 76
4310BUS 79 431L 23.5 18.0 17.4 .36 + .02 ( 1.1) 52.9 ( .2) 11.4 1.3 4 80 21
4410BUS 27 441L 49.9 4.9 24.0 .16 + .02 ( .5) 71.7 ( .1) 17.8 + .6 4 25 76
5210BUS 10 521L 61.3 5.4 42.6 .10 + .02 ( .4) 79.4 ( .0) 12.9 .4 5 78 92
5310BUS 388 531L 57.6 18.0 4.8 .41 + .10 ( 1.5) 30.0 ( .5) 29.5 2.0 5 96 74
0 TOTAL TOTAL MEAN TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL TOTAL PENALTY TOTAL
DISTANCE TIME JOURNEY UNIFORM RANDOM+ COST COST FOR PERFORMANCE
TRAVELLED SPENT SPEED DELAY OVERSAT OF OF EXCESS PERFORMANCE
(PCU-KM/H) (PCU-H/H) (KM/H) (PCU-H/H) (PCU-H/H) ($/H) ($/H) ($/H) ($/H)
0 3118.27 150.28 20.75 76.66 10.33 ( 260.98) + ( 64.89) + ( .00) = 325.87 TOTALS
0 184.46 8.42 21.91 3.30 .50 ( 11.42) + ( 1.91) + ( .00) = 13.33 BUSES
0 2933.81 141.86 20.68 73.36 9.83 ( 249.56) + ( 62.98) + ( .00) = 312.54 OTHER
*****
0
CRUISE DELAY STOPS TOTALS
LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR LITRES PER HOUR
OFUEL CONSUMPTION PREDICTIONS 202.95 + 121.79 + 186.44 = 511.18
OSYSTEM TIME =13: 6:15
NO. OF ENTRIES TO SUBPT = 12
NO. OF LINKS RECALCULATED= 196

```

Anexo 26 – Análisis de los resultados de la simulación de los escenarios horario PMD, en comparación con la situación actual.

Horario Punta Medio Día

Grado de saturación

Tabla: Grados de saturación de los escenarios propuestos, horario punta medio día.

Nodo	Arco	Grado de saturación por arco /Escenario (%)						
		Situación actual	CICLO 40 SEGUNDOS	CICLO 60 SEGUNDOS	CICLO 80 SEGUNDOS	CICLO 100 SEGUNDOS	NO VIRAR DERECHA	SEMAFORO OPTIMO
1	121	44	67,8	47,9	43,4	43,7	46,5	46,5
	131	38	39,6	40,8	40,5	39	37	37
	141	41,8	43,3	44,7	44,4	42,8	40,7	40,7
2	211	42,3	57,6	51,8	47,6	44,3	39,9	42,3
	221	78,8	96,4	86,7	78,8	80,3	78,8	78,8
	231	67,4	91,8	82,6	75,9	70,6	63,5	67,4
	241	81,6	101	81,6	83,2	80,4	78,6	81,6
3	321	22,8	23,9	21,9	21,4	21,5	24	22,8
	331	41,8	59,9	56,1	52,1	48,3	54,4	41,8
	341	65,5	68,5	62,8	61,5	61,7	57,2	65,5
4	411	21,9	28,3	37,7	27,4	24,6	22,3	21,6
	421	31	32,3	42,8	26,5	28,1	38,1	31,7
	431	28,7	37,1	49,5	36	32,3	29,2	28,3
	441	49,3	51,3	36,2	42,1	44,6	48,3	50,3
5	521	64	34,9	52,4	64	64	63,8	64
	531	57,1	85,2	65,4	59,6	58,1	57,1	57,1
1	1210 Bus	38	39,6	40,8	40,5	39	37	37
	1410 Bus	41,8	43,3	44,7	44,4	42,8	40,7	40,7
2	2210 Bus	48,8	96,4	86,7	78,8	80,3	78,8	78,8
	2410 Bus	81,6	101	81,6	83,2	80,4	78,6	81,6
3	3210 Bus	22,8	93,9	21,9	21,4	21,5	24	22,8
	3310 Bus	41,8	59,9	56,2	52,1	48,3	54,4	41,8
	3410 Bus	65,5	68,5	62,8	61,5	61,7	57,2	65,5
4	4110 Bus	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4
	4210 Bus	31	32,3	22,8	26,5	28,1	38,1	31,7
	4310 Bus	28,7	37,1	49,5	36	32,3	29,2	28,3
	4410 Bus	49,3	51,3	36,2	42,1	44,6	48,3	50,3
5	5210 Bus	64	24,9	52,4	64	64	63,8	64
	5310 Bus	57,1	85,2	65,4	59,6	58,1	51,1	57,1

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Como se puede observar en la tabla anterior, están marcados de color rosado los movimientos que tienen un porcentaje de saturación por sobre el 85% y de color amarillo los resultados de saturación media por escenario propuesto. También se muestra que el supuesto "No virar derecha" es el de menor porcentaje de saturación media, no obstante no mejora aquellos nodos y movimientos que existen en la actualidad, por ende ninguno de los supuestos ofrece una mejora del sistema actual.

Demoras

Tabla: Tiempo de las demoras, horario punta medio día de los movimientos 21 y 41 de cada supuesto.

ESCENARIOS SIMULADOS	MOV 21	MOV 41
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	104,4	67,6
CICLO 60 SEGUNDOS	66,1	39,2
CICLO 80 SEGUNDOS	76,1	49,1
CICLO 100 SEGUNDOS	90,1	54,7
NO VIRAR DERECHA	102,8	62,8
SEMAFORO OPTIMO	104,1	67,3

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

La Tabla anterior muestra de color verde los tiempos de demora mínimo de cada movimiento y el escenario que obtiene este menor tiempo. También como resultado se observa que para el movimiento 21 y el 41 el supuesto de "Ciclo optimo; 60 s", es el que obtiene una menor demora que la situación actual.

Índice de rendimiento (IR)

Tabla: Índice de Rendimiento de cada supuesto analizado, horario punta medio día.

ESCENARIOS SIMULADOS	INDICE DE RENDIMIENTO (\$/H)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	330,76
CICLO 60 SEGUNDOS	256,19
CICLO 80 SEGUNDOS	273,4
CICLO 100 SEGUNDOS	299,9
NO VIRAR DERECHA	321,23

SEMAFORO OPTIMO	330,55
-----------------	--------

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Con la tabla anterior se muestra en color verde el menor índice de rendimiento de aquellos autos que transitan por eje estudiado, el supuesto de menor índice es el "Ciclo Optimo; 60 s".

Consumo de Combustible

Tabla: Consumo de combustible de cada supuesto analizado, horario punta medio día.

ESCENARIOS SIMULADOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (LT/H)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	512,34
CICLO 60 SEGUNDO	483,17
CICLO 80 SEGUNDO	486,87
CICLO 100 SEGUNDO	497,09
NO VIRAR DERECHA	504,59
SEMAFORO OPTIMO	511,82

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Anteriormente en la tabla se muestra de color verde el menor consumo de combustible, donde el supuesto "Ciclo Optimo; 60 s" es el menor consumo de combustible.

Velocidad media

Tabla: Velocidad media del recorrido, horario punta medio día.

ESCENARIOS SIMULADOS	Velocidad media (km/h)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	20,66
CICLO 60 SEGUNDOS	24,84
CICLO 80 SEGUNDOS	23,64
CICLO 100 SEGUNDOS	22,13
NO VIRAR DERECHA	21,07
SEMAFORO OPTIMO	20,66

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

La tabla muestra de color verde que el supuesto "Ciclo Optimo; 60 s", tiene una mayor velocidad media en el tramo analizado.

Anexo 27 – Análisis de los resultados de la simulación de los escenarios horario PT, en comparación con la situación actual.

Horario Punta Tarde

Grado de saturación

Tabla: Grados de saturación de los escenarios propuestos, horario punta tarde.

Nodo	Arco	Grado de saturación por arco /Escenario (%)						
		Situación actual	CICLO 40 SEGUNDOS	CICLO 60 SEGUNDOS	CICLO 80 SEGUNDOS	CICLO 100 SEGUNDOS	NO VIRAR DERECHA	SEMAFORO OPTIMO
1	121	37,4	68	45,9	45,3	43,7	46,5	37,4
	131	55,1	50,3	54,2	51,4	50,9	37	55,1
	141	33,7	30,8	33,2	31,5	31,1	40,7	33,7
2	211	52,7	80,7	67,3	62,1	57,7	39,9	55
	221	80,2	93,6	82,6	78	78	78,8	78
	231	62,4	95,7	79,7	73,6	68,3	63,5	65,2
3	321	19,6	19,6	18,1	18,4	19,2	24	20,1
	331	39,6	66,5	61,4	50,7	42,9	54,4	38
	341	65,4	65,4	60,3	61,5	64,3	57,2	67,2
4	411	25,5	33,4	32,7	34,5	27,8	22,3	24,6
	421	42,3	44	38,7	34,8	39,8	38,1	44
	431	24,3	31,8	31,1	32,9	26,5	29,2	23,5
5	441	48	49,9	43,9	39,5	45,1	48,3	49,9
	521	61,3	26	39	52	59,6	63,8	61,3
	531	57,6	89,6	68,8	61,7	58,8	57,1	57,6
1	1210Bus	55,1	50,3	54,2	51,4	50,8	37	52,1
	1410Bus	33,7	30,8	33,2	31,5	31,1	40,7	33,7
2	2210Bus	80,2	93,6	82,6	78	78	78,8	78
	2410Bus	80,7	90,9	83,9	80,8	79	78,6	77,9
3	3210Bus	19,6	19,6	18,1	18,4	19,2	24	20,1
	3310Bus	39,9	66,5	61,4	50,7	42,9	54,4	38
	3410Bus	65,4	65,4	60,3	61,5	64,3	57,2	67,2
4	4110Bus	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
	4210Bus	42,3	44	38,7	34,8	39,8	38,1	44
	4310Bus	24,3	31,8	31,1	32,9	26,5	29,2	23,5
	4410Bus	48	49,9	43,9	39,5	45,1	48,3	49,9

5	5210Bus	61,3	26	39	52	59,6	63,8	61,3
	5310Bus	57,6	89,6	68,8	61,7	58,8	57,1	57,6

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Como se puede observar en la tabla anterior, están marcados de color rosado los movimientos que tienen un porcentaje de saturación por sobre el 85% y de color amarillo los resultados de saturación media por escenario propuesto. También se muestra que el supuesto "No virar derecha" es el de menor porcentaje de saturación media, no obstante al igual que el horario punta medio día, no mejora aquellos nodos y movimientos que existen en la actualidad, por ende ninguno de los supuestos ofrece una mejora del sistema actual.

Demoras

Tabla: Tiempo de las demoras de los movimientos 21 y 41 de cada supuesto.

ESCENARIOS SIMULADOS	MOV 21	MOV 41
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	101,2	67
CICLO 60 SEGUNDOS	68,8	52,2
CICLO 80 SEGUNDOS	68,9	44,4
CICLO 100 SEGUNDOS	85,3	52,6
NO VIRAR DERECHA	102,8	62,8
SEMAFORO OPTIMO	99,8	65,8

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

La Tabla anterior muestra de color verde los tiempos de demora mínimo de cada movimiento y el escenario que obtiene este menor tiempo. También como resultado se observa que para el movimiento 21 el supuesto de "Ciclo optimo; 60 s", es el que obtiene una menor demora que la situación actual. En cuanto al movimiento 41 el supuesto de "Ciclo optimo; 80 s" es el de menor demora.

Índice de rendimiento (IR)

Tabla: Índice de Rendimiento de cada supuesto analizado, horario punta tarde.

ESCENARIOS SIMULADOS	INDICE DE RENDIMIENTO (\$/h)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	325,45
CICLO 60 SEGUNDOS	258,95
CICLO 80 SEGUNDOS	270,3

CICLO 100 SEGUNDOS	295,31
NO VIRAR DERECHA	321,23
SEMAFORO OPTIMO	325,87

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Con la tabla anterior se muestra en color verde el menor índice de rendimiento de aquellos autos que transitan por eje estudiado, el supuesto de menor índice es el "Ciclo Optimo; 60 s".

Consumo de Combustible

Tabla: Consumo de combustible de cada supuesto analizado, horario punta tarde.

ESCENARIOS SIMULADOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (lt/h)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	510,34
CICLO 60 SEGUNDOS	481,52
CICLO 80 SEGUNDOS	482,2
CICLO 100 SEGUNDOS	493,33
NO VIRAR DERECHA	504,59
SEMAFORO OPTIMO	511,18

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

Anteriormente en la tabla se muestra de color verde el menor consumo de combustible, donde el supuesto "Ciclo Optimo; 60 s" es el menor consumo de combustible.

Velocidad media y Tiempo de recorrido

Tabla: Velocidad media del recorrido, horario tarde.

ESCENARIOS SIMULADOS	Velocidad media (km/h)
CICLO 120 S (SITUACION ACTUAL)	20,76
CICLO 60 SEGUNDOS	24,41
CICLO 80 SEGUNDOS	23,59
CICLO 100 SEGUNDOS	22,18
NO VIRAR DERECHA	21,07
SEMAFORO OPTIMO	20,75

(Fuente: Elaboración propia con datos de salida Transyt 8)

La tabla muestra de color verde que el supuesto "Ciclo Optimo; 60 s", tiene una mayor velocidad media en el tramo analizado.

Anexo 28 - Gráficos de Factor de emisión según velocidad media

