

Integración de la modelación de buses en ejes arteriales: CORBUS +PASSION

Felipe Sepúlveda Angel, Alejandra Valencia Vásquez
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Rodrigo Fernández Aguilera
Universidad de los Andes

Contenido

- ▶ Motivación y antecedentes
- ▶ Objetivos
- ▶ Metodología y tramo de estudio
- ▶ Modelación PASSION
- ▶ Modelación CORBUS
- ▶ Resultados modelación CORBUS + PASSION
- ▶ Escenarios de modelación y resultados
- ▶ Conclusiones

Motivación y antecedentes

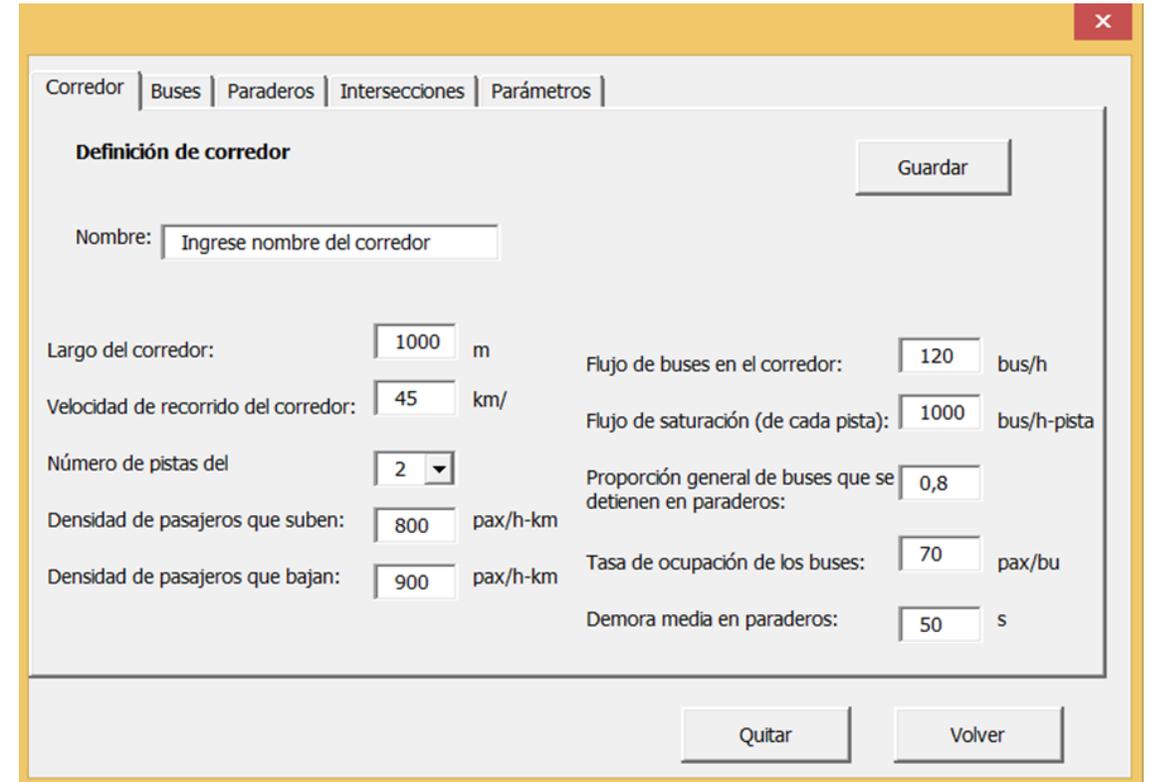
▶ Modelación buses

- ▶ Estudiar medidas de gestión de tráfico de la operación del transporte público
- ▶ Aún baja representación en modelos de tráfico
 - ▶ Interacción buses – resto tráfico

Motivación y antecedentes

- ▶ **CORBUS (CORredores de BUSES):** modelo de simulación macroscópica de operación de buses en vías segregadas (Valencia y Fernández, 2007, 2008, 2010) y mixtas (Valencia y Fernández 2012).
- ▶ **Especificación funcional del modelo**
 - ▶ Tiempo viaje tramos vía (HCM, 2000)
 - ▶ Capacidad de paraderos (HCM, 2000)
 - ▶ Demoras y longitudes de cola en paraderos (Kimber y Hollis, 1979)
 - ▶ Demoras en intersecciones (Akcelik, 1995)
- ▶ **CORBUS.XLS**
 - ▶ Torrealba (2015)
 - ▶ Portilla(2016)
 - ▶ Carpanetti (2017)

Motivación y antecedentes



Motivación y antecedentes

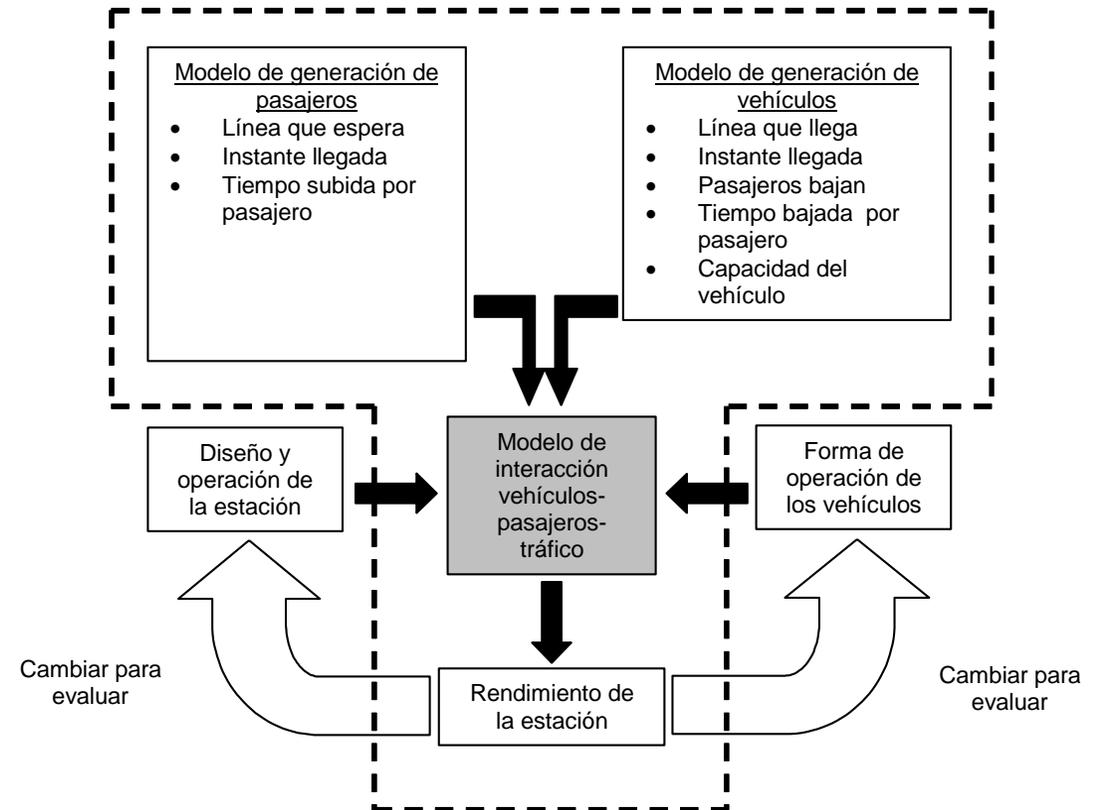
- ▶ **PASSION (PARallel Stop SimulatIOn)**: modelo de simulación microscópica que estudia la interacción en un paradero entre buses, pasajeros y tráfico cercano (Fernández, 2001a; 2001b).

- ▶ **PASSION Visual C++**

- ▶ Moreno (2004)

- ▶ **PASSION.XLS**

- ▶ Torreblanca (2015)



Motivación y antecedentes

PASSION XLS



Universidad de los Andes > FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Comenzar Simulación

Desarrollado por: Francisco Aguirre y Rodrigo Fernández
 Financiado por: Proyecto FONDECYT 1120219

PASSION XLS: PArallel Stop SimulatIOn			
Datos de la simulación:			
Nombre de la simulación:	Sin nombre		
Rutas usando el paradero:	1	ruta	
Sitios de detención:	2		Disciplina de salida: FIFO
Tiempo simulado:	45	[min]	
Flujo de buses:	20	[bus/h]	(sd llegada buses: 156.20)
Demanda de embarque:	35	[pax/h]	(sd llegada pasajeros: 152.24)
Demanda de bajada:	51	[pax/h]	
Condición de salida:	Salida obstruida		
Resultados de la simulación:			
Espera promedio por pasajero:	2.42	[min]	(máx: 5.90 sd: 1.76)
Pasajeros promedio en andén:	1.73	[pax]	(máx: 11.00)
Demora promedio por transferencia por bus:	13.20	[s/bus]	(máx: 27.20 sd: 6.44)
Demora extra promedio por bus:	3.33	[s/bus]	(máx: 50.00 sd: 12.91)
Demora en cola promedio por bus:	1.84	[s/bus]	(máx: 15.20 sd: 4.88)
Demora total promedio por bus:	28.37	[s/bus]	(máx: 74.60 sd: 14.87)
Capacidad del paradero:	188.28	[bus/h]	(sat: 0.11)
Largo promedio en cola por bus:	0.01	[bus]	(máx: 1.00)
Desviación del tiempo de salida:	141.91	[s]	

Menú principal ✕

Módulo de pasajeros

Módulo de salida

Módulo de buses

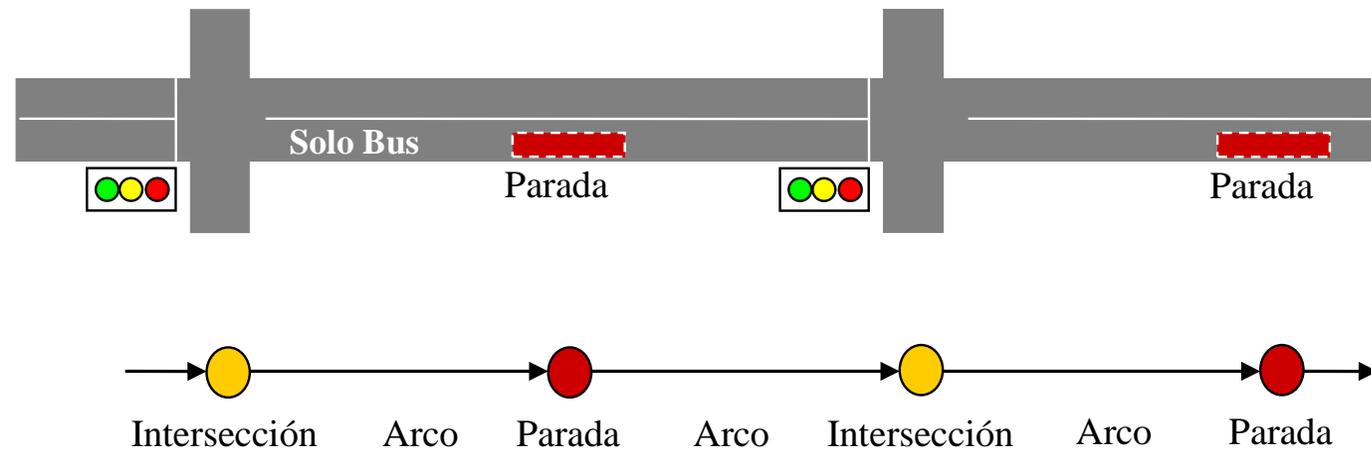
Comenzar simulación

Volver

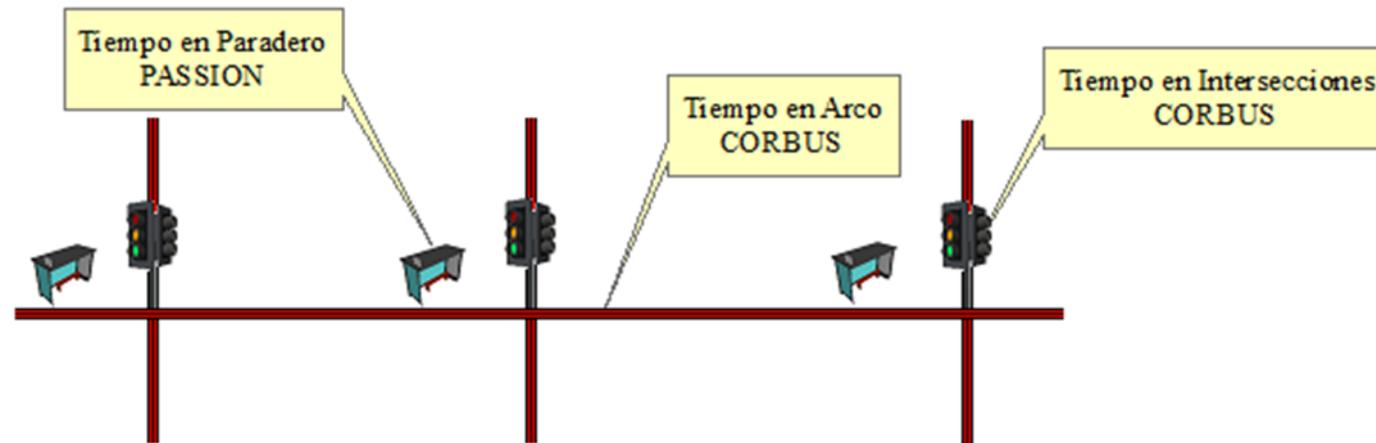
Resultados

Objetivo

- ▶ El objetivo de este trabajo es estudiar la factibilidad del uso combinado del software macroscópico CORBUS de tramos e intersecciones y el microscópico PASSION de paraderos para representar el transporte público y calibrar y validar la modelación conjunta.



Metodología y tramo de estudio



- ▶ PASSION calcula los tiempos consumidos en paraderos
- ▶ CORBUS calcula los tiempos consumidos en tramos de vía e intersecciones

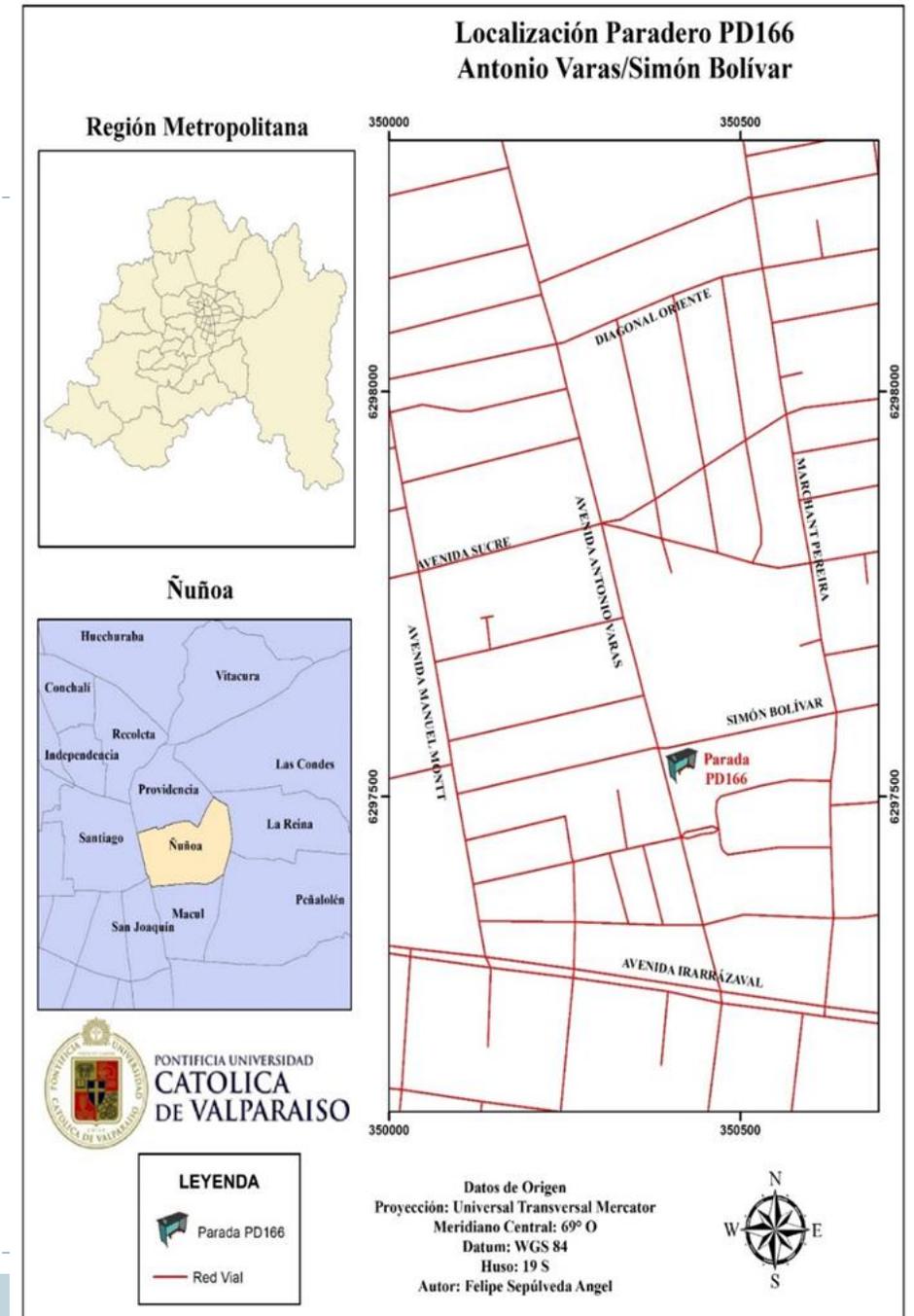
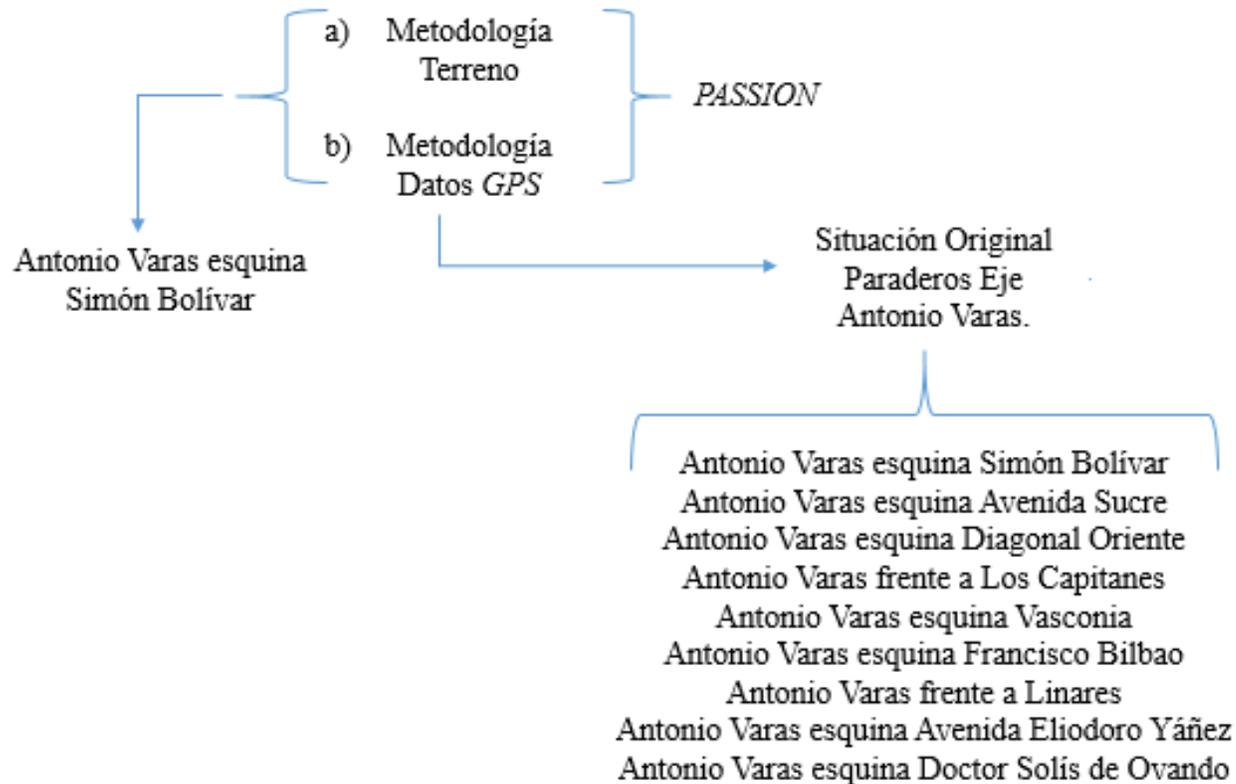
Metodología y tramo de estudio

▶ Medición de los datos

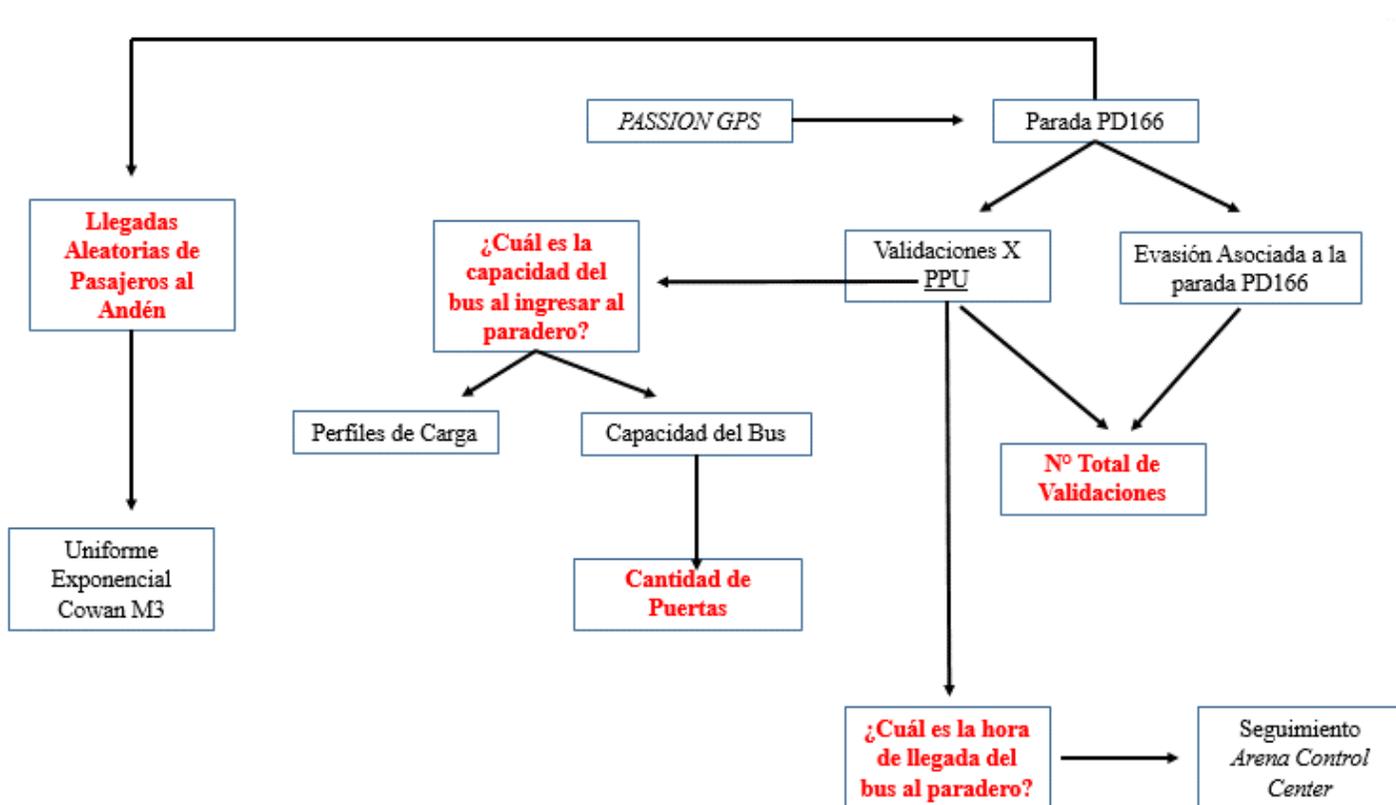
- ▶ Av. Antonio Varas entre Simón Bolívar y Doctor Solís de Ovando
- ▶ Tramo de 2730 m, periodo punta mañana (08:00 – 09:00)
- ▶ Vía de tráfico mixto de 3 pistas
- ▶ 9 paradas y 8 intersecciones semaforizadas
- ▶ Medición de subida y bajada de pasajeros
- ▶ Llegada de buses y pasajeros al andén
- ▶ Capacidad de los buses
- ▶ Tipo de salida del paradero
- ▶ Medición de flujos vehiculares
- ▶ Tiempos de viaje y velocidad comercial
- ▶ Tiempos de semáforos

Modelación PASSION

▶ Paraderos



Modelación PASSION



	Capacidad	Cantidad de Puertas
	60 y 105	2
	91	3
	160	4

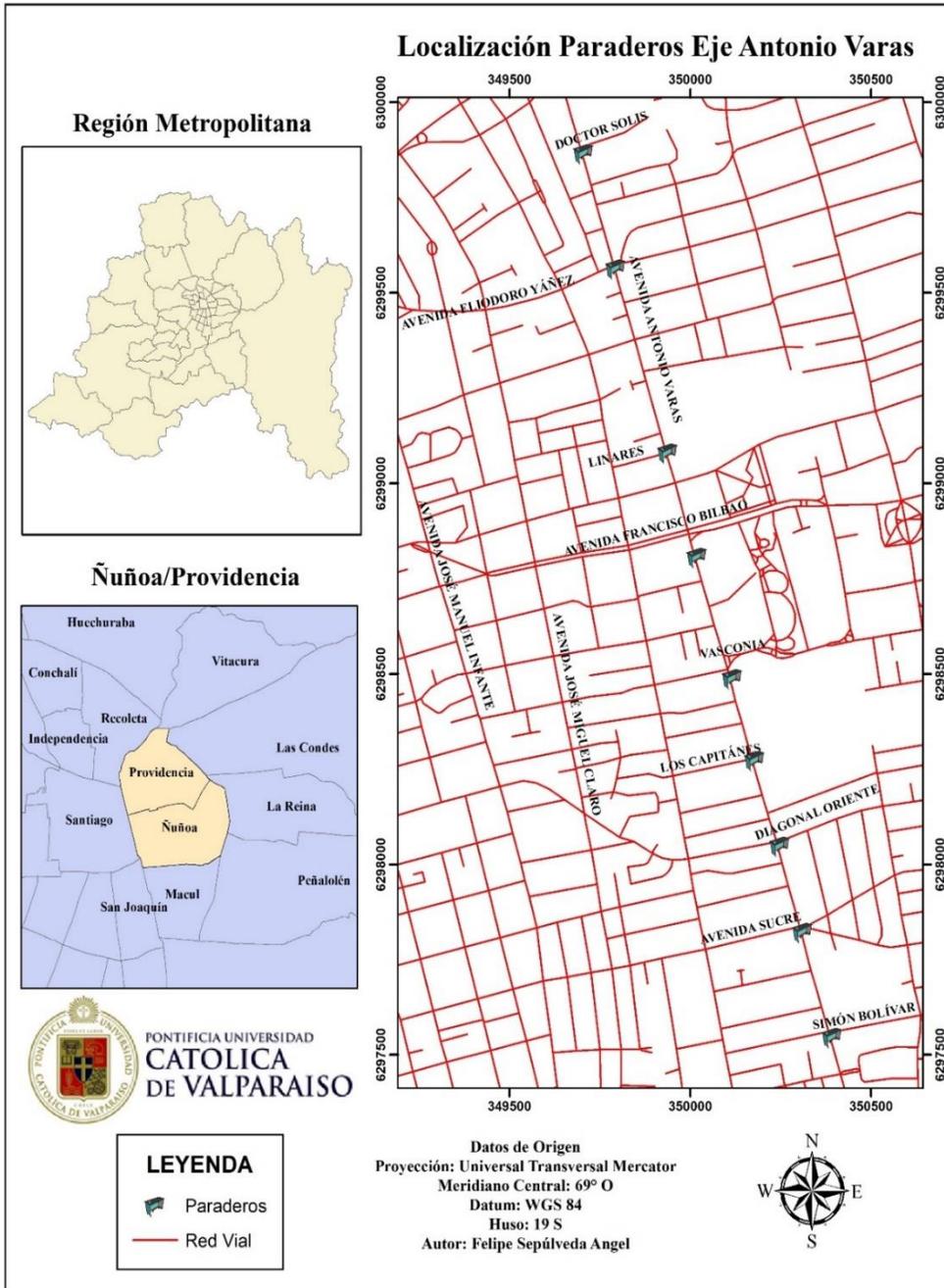
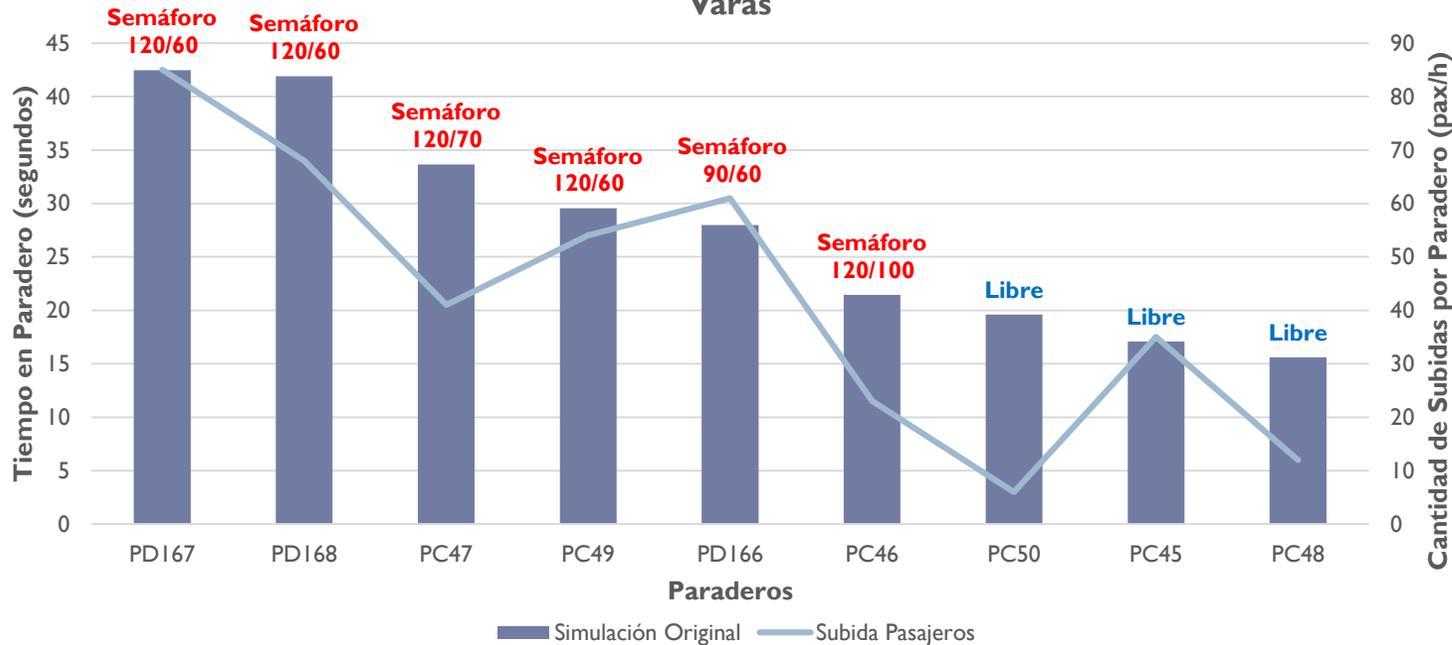


Modelación PASSION

Ítem	<i>PASSION</i> Datos <i>GPS</i>	<i>PASSION</i> Datos <i>Terreno</i>	Diferencia <i>Neta</i>	% Diferencia
Espera Promedio por Pasajero en Andén (min)	2,17	1,72	0,45	20,7%
Pasajeros Promedio en Andén (pax)	3,83	3,75	0,08	2,1%
Demora Promedio por Transferencia por Bus (s/bus)	9,83	9,75	0,08	0,8%
Demora Extra Promedio por Bus (s/bus)	6,24	8,24	2	24,3%
Demora en Cola Promedio por Bus (s/bus)	1,92	0,67	1,25	65,1%
Demora Total Promedio por Bus (s/bus)	27,99	28,65	0,66	2,3%
Capacidad del Paradero (bus/h)	138,09	128,63	9,46	6,9%
Largo Promedio en Cola por Bus (bus)	0	0	0	0,0%
Desviación Estándar del Tiempo de Salida (s)	139,59	139,25	0,34	0,2%
Grado de Saturación Parada	0,12	0,12	0	0,0%

Modelación PASSION

Tiempo Total de Detención y Cantidad de Subidas por Paraderos, Eje Antonio Varas



Modelación CORBUS

Datos y parámetros de modelación	Valor
Largo del eje (m)	2.730
Número de intersecciones semaforizadas	8
Número de paraderos	9
Ciclo del semáforo (s)	90-120
Flujo de autos vira derecha (veh/h)	176
Flujo de autos vira izquierda con oposición (veh/h)	152
Flujo de autos directo (veh/h)	2.078
Flujo de buses directo (bus/h)	25
Capacidad de la vía 3 pistas (veh/h)	3.300
Velocidad en movimiento buses (km/h)	26
Tasa de frenado de buses (m/s ²)	1,3
Tasa de aceleración de buses (m/s ²)	1,2
Porcentaje de buses detenidos en intersección (%)	50

Modelación CORBUS

► Tramo

N° Bus	Promedio Velocidad en Movimiento (km/h)
1	33,17
2	28,83
3	29,67
4	31,92
5	27,17
6	22,75
7	21,25
8	21,55
9	29,09
10	19,30
11	23,29
12	21,33
Total	26 km/h



Modelación CORBUS

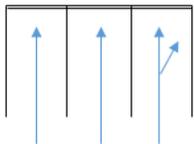
► Intersección

Ubicación, Ciclos y Tiempos de Verde, Eje Antonio Varas.

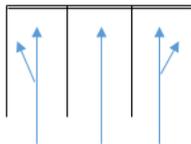
Nombre	Ciclo (s)	Tiempo de Verde (s)
Antonio Varas esquina Simón Bolívar	90	60
Antonio Varas esquina Sucre	120	60
Antonio Varas esquina Diagonal Oriente	120	60
Antonio Varas esquina Vasconia	120	100
Antonio Varas esquina Francisco Bilbao	120	70
Antonio Varas esquina Pocuro	120	60
Antonio Varas esquina Valenzuela Castillo	120	90
Antonio Varas esquina Eliodoro Yáñez	120	60

Movimientos Intersecciones Semaforizadas, Eje Antonio Varas.

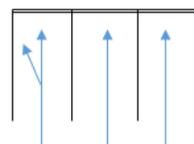
A. Varas/Simón Bolívar



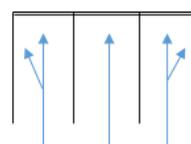
A. Varas/Sucre



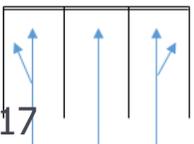
A. Varas/Diagonal Oriente



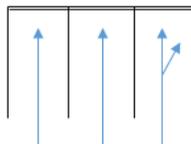
A. Varas/Vasconia



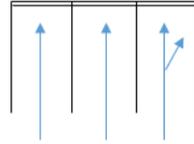
A. Varas/F. Bilbao



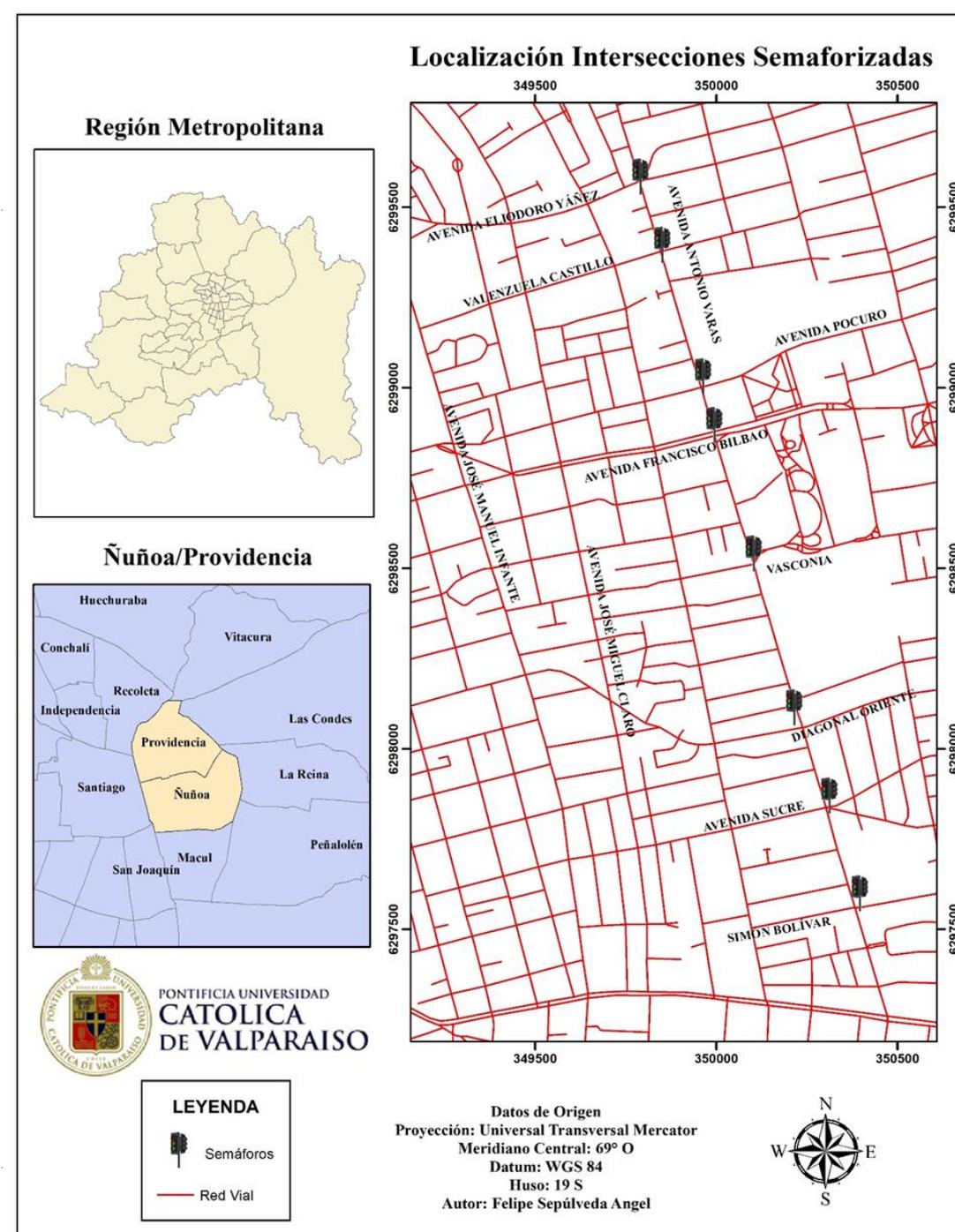
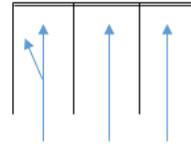
A. Varas/Pocuro



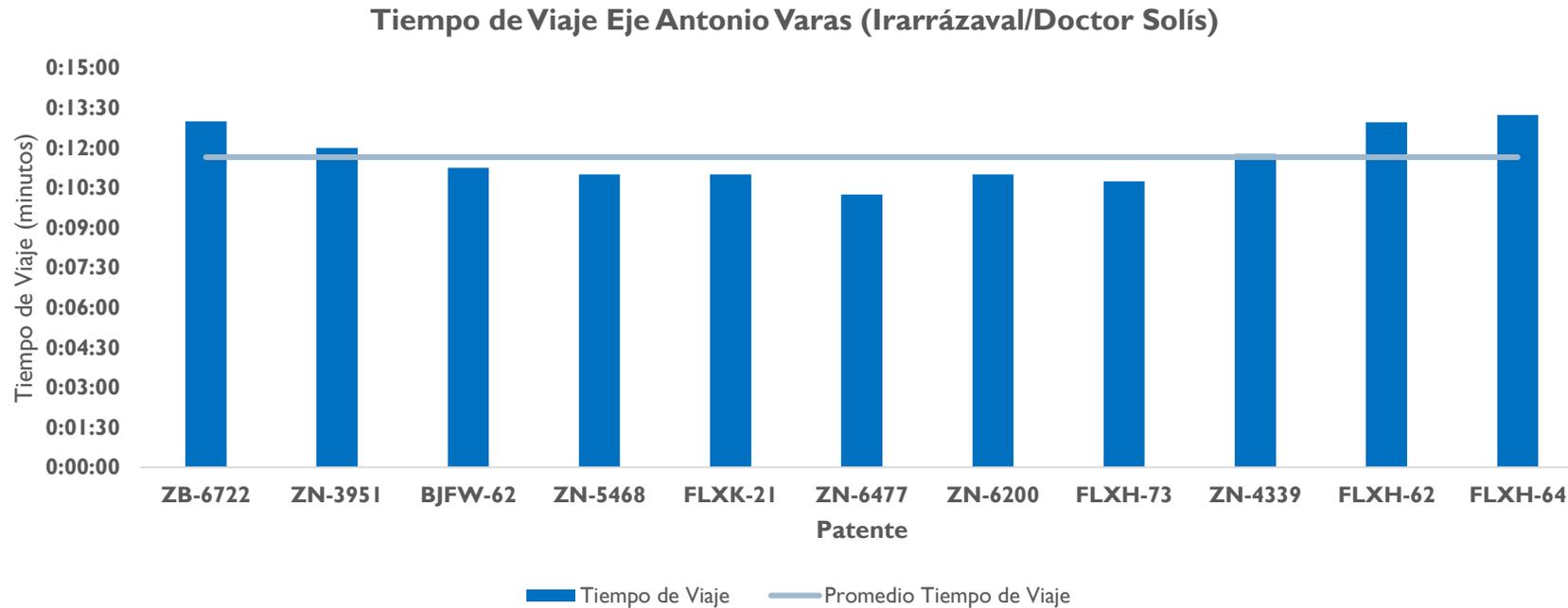
A. Varas/V. Castillo



A. Varas/E. Yáñez



Resultados de modelación CORBUS +PASSION



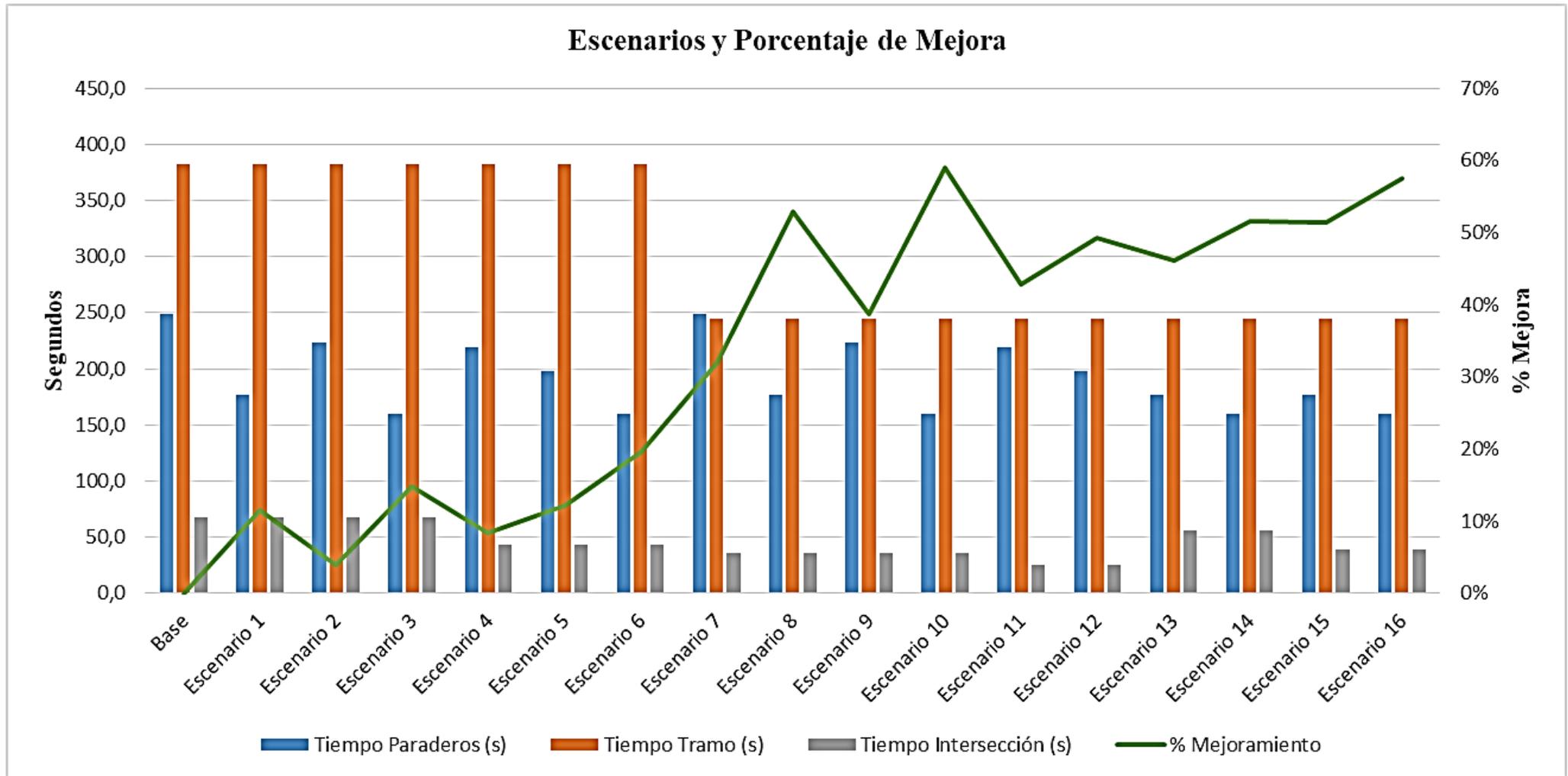
Comparación de modelación COIRBUS + PASSION con mediciones GPS

Modelo	Lugar	Tiempo viaje PASSION+CORBUS (s)	Velocidad Comercial PASSION+CORBUS (km/h)	Tiempo viaje con GPS de buses (s)
PASSION	Paradero	249,3		
CORBUS	Arco	382,0		
CORBUS	Intersección	67,5		
Total		698,8	14,07	698,76

Escenarios de modelación y resultados

Escenario	Arco	Intersección	Paradero
Escenario Base	Tráfico Mixto	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	1 Sitio
Escenario 1	Tráfico Mixto	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	1 Sitio y Salida Libre
Escenario 2	Tráfico Mixto	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios
Escenario 3	Tráfico Mixto	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios y Salida Libre
Escenario 4	Tráfico Mixto	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	1 Sitio
Escenario 5	Tráfico Mixto	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios
Escenario 6	Tráfico Mixto	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios y Salida Libre
Escenario 7	Pista Sólo Bus	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	1 Sitio
Escenario 8	Pista Sólo Bus	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	1 Sitio y Salida Libre
Escenario 9	Pista Sólo Bus	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios
Escenario 10	Pista Sólo Bus	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios y Salida Libre
Escenario 11	Pista Sólo Bus	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	1 Sitio
Escenario 12	Pista Sólo Bus	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5.	2 Sitios
Escenario 13	Pista Sólo Bus	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5. Setback	1 Sitio y Salida Libre
Escenario 14	Pista Sólo Bus	Ciclo: Entre 120 y 90 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5. Setback.	2 Sitios y Salida Libre
Escenario 15	Pista Sólo Bus	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5. Setback.	1 Sitio y Salida Libre
Escenario 16	Pista Sólo Bus	Ciclo: 60 (s). Razón de Verde: Entre 0,83 y 0,5. Setback.	2 Sitios y Salida Libre

Escenarios de modelación y resultados



Escenarios de modelación y resultados

Escenario	Tiempo en paraderos (s)	Tiempo en tramos (s)	Tiempo en intersecciones (s)	Tiempo de viaje (minutos)	Velocidad Comercial (km/h)	% de mejora respecto a Escenario Base
Base	249,3	382	67,46	11,65	14,07	0%
Escenario 1	176,9	382	67,46	10,44	15,69	12%
Escenario 2	223,4	382	67,46	11,22	14,61	4%
Escenario 3	159,5	382	67,46	10,15	16,14	15%
Escenario 4	219,3	382	43,31	10,74	15,25	8%
Escenario 5	198,1	382	43,31	10,39	15,76	12%
Escenario 6	159,5	382	43,31	9,75	16,81	19%
Escenario 7	249,3	245	35,2	8,82	18,56	32%
Escenario 8	176,9	245	35,2	7,62	21,5	53%
Escenario 9	223,4	245	35,2	8,39	19,51	39%
Escenario 10	159,5	245	35,2	7,33	22,35	59%
Escenario 11	219,3	245	25,1	8,16	20,08	43%
Escenario 12	198,1	245	25,1	7,8	20,99	49%
Escenario 13	176,9	245	56,3	7,97	20,55	46%
Escenario 14	159,5	245	56,3	7,68	21,33	52%
Escenario 15	176,9	245	39,4	7,69	21,31	51%
Escenario 16	159,5	245	39,4	7,4	22,14	57%

Escenarios de modelación y resultados

- ▶ Al comparar el escenario base con el escenario 7 :
 - ▶ La VC aumenta un 32% (14,07 a 18,56 km/h), debido a la implementación de una pista sólo bus.
 - ▶ La velocidad en movimiento aumenta de 26 a 40 km/h. Las intersecciones también presentan una mejora, ya que la pista derecha sólo atiende al flujo de buses.

Escenarios de modelación y resultados

- ▶ **Al comparar el escenario base con el escenario 10 :**
 - ▶ La VC aumenta un 59% respecto al escenario base (14,7 a 22,35 km/h).
 - ▶ La pista Sólo Bus, dos sitios de detención, ciclos entre 120 y 90 seg. y salida libre en paraderos explican esta alza.
 - ▶ No soluciona viraje a la derecha.

- ▶ **Al comparar el escenario base con el escenario 16 :**
 - ▶ Soluciona el problema de viraje a la derecha de los vehículos particulares.
 - ▶ Aumenta un 57% la VC respecto al escenario base, pero una baja del 2% comparándolo con el Escenario 10.
 - ▶ La merma se debe al aumento del tiempo consumido en intersecciones por la incorporación de vehículos particulares a la pista Sólo Bus.

Conclusiones

▶ Metodológico

- ▶ El trabajo logró el objetivo de combinar un modelo de simulación macroscópico con un modelo de simulación microscópico.
- ▶ PASSION y CORBUS se pueden utilizar de forma conjunta y ser aplicados a distintos ejes.
- ▶ La utilización de datos obtenidos mediante información de GPS ratificó que ayudan a agilizar el proceso de modelado de cada paradero.

Conclusiones

▶ Modelación de escenarios

- ▶ Al realizar simulaciones de distintas configuraciones de operación en el eje, los resultados arrojaron que los mejores rendimientos se obtienen al mezclar prioridades en paraderos, prioridades en intersección y prioridades en tramos de la vía.
- ▶ Las mayores velocidades comerciales se obtienen al implementar una pista sólo bus con paraderos sin semáforos aguas abajo, en conjunto con modificar los ciclos de los semáforos.

Muchas Gracias!