

# Una propuesta basada en simulación para la solución de congestión de tránsito en una intersección crítica del Área Metropolitana de Buenos Aires

Agustín José\*, Felipe Bentancour\*, and Guillermo Leale

Departamento Ingeniería en Sistemas de Información  
 Universidad Tecnológica Nacional  
 Facultad Regional Rosario  
 utn@guillermoleale.com

**Abstract.** En este estudio de simulación buscamos justificar la propuesta de modificación de la intersección entre la Autopista Riccheri y la Autopista Ezeiza-Cañuelas ante los atascos que se generan debido al diseño actual. Modificamos uno de los tramos de la intersección desde un diseño cloverleaf a un diseño stack, logrando reducir los tiempos medios en cruzarla en más de tres minutos así como reducir en más de un 90% la cantidad de vehículos afectados por demoras al cruzar la intersección.

**keywords.** Simulación · Congestión de tránsito · Cloverleaf.

## A Simulation-Based Proposal for Solving Traffic Congestion at a Critical Intersection in the Buenos Aires Metropolitan Area

**Abstract.** In this simulation study, we aim to justify the proposed modification of the intersection between Autopista Riccheri and Autopista Ezeiza-Cañuelas, given the congestion caused by the current design. We have modified one of the sections of the intersection from a cloverleaf design to a stack design, reducing the average crossing time by more than three minutes and the number of vehicles affected by delays when crossing the intersection by more than 90%.

**keywords.** Simulation · Traffic Congestion · Cloverleaf.

### 1 Introducción

Una intersección cloverleaf [Traffic, 2009] (hoja de trébol) consiste en una intersección de dos niveles, donde los giros a la izquierda se realizan a través de rampas con una curva de 270° que converge con la autopista en intersección y los giros a la derecha se realizan a través de salidas estilo diamante. Este diseño minimiza los puntos de conflicto y las curvas cerradas, pero requiere de una gran

extensión de tierra. El principal problema de este diseño, presente incluso con un bajo nivel de tránsito, es lo que se conoce como *weaving* (ondulación). El weaving es el resultado de colocar una salida del camino a una corta distancia después de una entrada al camino, como puede observarse en la Figura 1. En esta figura, la línea roja representa el trayecto que recorre un vehículo saliente y la azul representa el trayecto que recorre un vehículo entrante. Este fenómeno puede generar congestión e incrementa el riesgo de accidentes. Diversos estudios realizaron comparativas entre distintos modelos de intersecciones para mejorar su performance [Jovanović and Atelšek, 2021] y reducir la congestión [Ghalib et al., 2018].

La intersección bajo estudio es un punto de tránsito importante. Se encuentra a 3,5 km del Aeropuerto de Ezeiza, el segundo aeropuerto con mayor cantidad de tráfico de pasajeros en el país. Además, el tramo AU Riccheri - AU Ezeiza-Cañuelas hace de nexo entre CABA y el conurbano bonaerense, principalmente con localidades como Ezeiza, Tristán Suárez, Monte Grande y Cañuelas. La primera variable de decisión estudiada es el tiempo promedio que le lleva recorrer la intersección a todos los vehículos que transitan durante la simulación. Para esta variable se considera la intersección completa.

Para la segunda variable, se consideró el tramo en el sentido desde el norte hacia el este. El tramo en estudio incluye 800 metros antes del rulo en dirección norte-sur, y otros 800 metros en dirección oeste-este. Junto con 400 metros de rulo, el total en estudio es de aproximadamente 2 kilómetros<sup>1</sup>. Dentro del rulo, la velocidad máxima es de 40 km/h. En el caso hipotético de que el vehículo circule todo ese tramo (no solamente el rulo) a esa velocidad, se lo puede considerar como un límite superior razonable para la congestión de tránsito. En este caso, se puede asumir que si muchos vehículos circulan por este tramo a una velocidad menor muy probablemente se deba a una congestión en el tramo considerado. A una velocidad como la mencionada, recorrer el tramo lleva 80 segundos. Por esto, nuestra segunda variable de análisis es la proporción de vehículos que tardan más de 80 segundos en atravesar el tramo de estudio, considerando este tiempo de recorrido como posible congestión de tránsito.

El estudio de simulación se realizó con los datos correspondientes al momento de la semana con más tránsito. La intersección es próxima al Barrio 1, un pequeño barrio residencial que cuenta principalmente con sitios de hospedaje debido a su proximidad al Aeropuerto de Ezeiza. Por estas razones, se consideró que el tráfico que fluye desde y hacia el barrio a través de la intersección no es significativo. Además, es próxima a distintos predios deportivos, los cuales no representan una fuente de flujo vehicular significativa. Así, tanto el barrio como los predios no fueron incluidos en el modelo.

## 2 Recolección de datos y solución propuesta

Para obtener el dato del flujo medio sobre la intersección se buscó contactar con Vialidad Nacional, entidad responsable de la misma. Se le envió un mail

<sup>1</sup> Medidas tomadas con la herramienta de Google Maps.

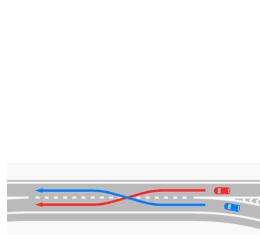


Fig. 1:  
Ejemplo de weaving

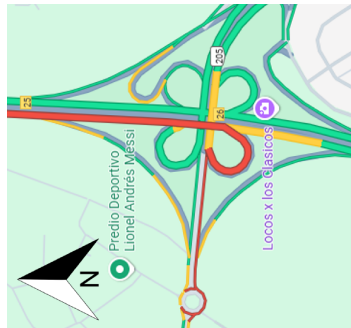


Fig. 2:  
Viernes, 18:20 horas

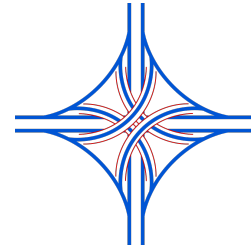


Fig. 3:  
Intersección stack

solicitando información que nunca fue respondido y, en consecuencia, se decidió avanzar con una investigación para estimar el dato requerido. Se encontró en [Corredores Viales SA, 2023] un valor promedio de flujo vehicular sobre la autopista Ricchieri de 175000 vehículos por día<sup>2</sup>. Este fue el valor empleado en el modelo, pues es el más representativo disponible y permitió realizar una aproximación razonable. Con un flujo promedio de 175000 vehículos por día, el flujo promedio por hora resulta de 7292 vehículos. Para determinar el flujo vehicular que le corresponde a cada dirección y sentido de la intersección se empleó la herramienta de tránsito que ofrece Google Maps<sup>3</sup>. Con esta herramienta, se encontró que la mayor congestión se presenta los viernes a las 18:20, con una distribución de flujo mostrada en la Figura 2, donde se observa en rojo un caudal de vehículos muy alto desde el norte hacia el sur. Además, puede observarse que el conflicto se genera solo en el rulo suroeste<sup>4</sup>.

Por otro lado, fue necesario estimar las proporciones de flujo vehicular correspondiente a cada dirección y sentido. Para cumplir este objetivo se empleó la herramienta de Waze que permite visualizar a los usuarios que están circulando por un área en tiempo real. Así, los usuarios de Waze fueron utilizados como muestra del tránsito real. Los resultados finales se muestran en el Cuadro 1. En las filas se muestran los sentidos de origen y en las columnas se muestran los sentidos de destino. Cada celda representa el porcentaje de vehículos sobre el total que toma el correspondiente tramo desde el origen en fila hacia el destino en columna. Finalmente, se calculó el flujo medio desde cada una de los sentidos de la intersección, multiplicando el flujo promedio por la proporción total de vehículos desde cada origen, dando como resultados 2955, 1509, 2200 y 629 vehículos por hora desde el Norte, Sur, Este y Oeste respectivamente.

Como solución a este problema, se propone una alternativa que permite modificar únicamente el rulo suroeste. En este sentido, se optó por emplear un diseño híbrido, en el que se reemplaza el rulo en conflicto con una rampa inspirada en

<sup>2</sup> Datos de junio de 2023.

<sup>3</sup> El período analizado con la herramienta corresponde a septiembre de 2024.

<sup>4</sup> Asumiendo que Google Maps utiliza un algoritmo privativo basado en datos históricos, es razonable suponer que los valores para el día y horario seleccionados son representativos, considerando un día hábil habitual.

las intersecciones “stack”, como puede observarse en la Figura 3. El weaving no se presenta en este tipo de intersecciones, lo que mejora el flujo de tránsito. Así, se generó un nuevo escenario con las modificaciones descritas.

Table 1: Proporción de vehículos circulando en el área de estudio.

Desde \ Hacia	Norte	Sur	Este	Oeste	Proporción total
<b>Norte</b>	-	17.02%	80.85%	2.13%	40.52%
<b>Sur</b>	83.33%	-	8.33%	8.33%	20.69%
<b>Este</b>	51.43%	37.14%	-	11.43%	30.17%
<b>Oeste</b>	50.00%	10.00%	40.00%	-	8.62%

### 3 Experimento y resultados

Para la realización del experimento se empleó el software de simulación Anylogic en su versión 8.9.3. El experimento se compone de 100 corridas, cada una con un largo de 3 horas. El software se ejecutó en una computadora con un procesador i5-10400F, 16 gb de RAM y Windows 10. El modelo se adjunta en el material suplementario<sup>5</sup>. A partir de una captura de Google Earth utilizada como plantilla y de la información recolectada sobre el diseño de la intersección, se modeló la estructura física de la intersección. Luego, se incorporaron las tasas de arribo obtenidas en la sección 2. Como variables de decisión se definieron el tiempo promedio en cruzar la intersección y el porcentaje de vehículos que tardaron más de 80 segundos en cruzar la intersección en el trayecto norte-este. Un mapa de calor con un ejemplo de corrida del modelo actual puede verse en el material suplementario. Se realizó un test de medias construyendo un intervalo de confianza a partir de 100 corridas de la simulación, y se obtuvieron los valores de las dos variables de decisión para cada corrida. Se calcularon las diferencias entre los valores de ambos escenarios para cada variable. Para la variable tiempo promedio en segundos para cruzar la intersección, la media para las diferencias de las corridas en ambos escenarios es de 183,28 con un desvío de 0,046 segundos. Para la variable proporción de vehículos que transitan en el sentido norte-este, la media de las diferencias es de 0,90895 y el desvío es de 0,00000045. Para un 95% de confianza y 99 grados de libertad, los intervalos de confianza resultantes para las diferencias entre ambos escenarios son [182.86; 183.71] para el tiempo promedio en cruzar la intersección y [0.90762; 0.91028] para la proporción norte-este. Para ambas variables el intervalo de confianza no cubre al cero, y además los valores del intervalo de confianza son significativamente grandes en ambos casos. Con lo cual se puede ver una reducción de más de 180 segundos promedio para el tiempo en cruzar la intersección, y una reducción en la proporción de vehículos que tardan más de 80 segundos en circular en el sentido norte-este de más del 90%. Se presentan gráficas sobre los valores obtenidos en el material suplementario. En conclusión, el nuevo escenario ofrece un rendimiento notablemente superior al del escenario base y la propuesta realizada representa una mejora frente al diseño actual.

<sup>5</sup> <https://tinyurl.com/cont-sup>

## 4 Conclusiones

El estudio de simulación realizado evidenció que el diseño actual de la intersección genera congestionamientos significativos. La propuesta realizada en este estudio demostró ser una solución efectiva. Además, el modelo desarrollado puede ser adaptado para evaluar otras intersecciones críticas, optimizando la planificación vial. La propuesta cumple con los objetivos planteados, proporcionando una solución eficiente para mejorar el flujo vehicular y reducir los tiempos de congestión en una intersección crítica del Área Metropolitana de Buenos Aires.

## References

- Corredores Viales SA, 2023. Corredores Viales SA (2023). Novedades - corredores viales sa. <https://corredoresvialessa.com.ar/es/novedades/109>. Último acceso el 26 de noviembre de 2024.
- Ghalib et al., 2018. Ghalib, F. B. et al. (2018). Evaluation of 4.5 km rawalpindi entrance bottleneck (zarkoon heights–golra morre) through vissim software simulation with a view to mitigate critical traffic congestion.
- Jovanović and Atelšek, 2021. Jovanović, G. and Atelšek, R. (2021). Proposal of a highly effective and affordable highway interchange-itl interchange. *Transportation Research Procedia*, 55:1098–1105.
- Traffic, 2009. Traffic, C. (2009). Manual on uniform traffic control devices. *US Department of Transportation, Federal Highway Administration*.