



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos.*  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



# **REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL CENTRO COMERCIAL VALLE REAL**

Trabajo realizado por:  
***Raquel García Gutiérrez***

Dirigido:  
***Borja Alonso Oreña***

Titulación:  
**Grado en Ingeniería Civil**

Santander, Febrero de 2018

**TRABAJO FINAL DE GRADO**



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA





## Índice general

Lista de ilustraciones.....	5
Lista de tablas.....	9
Lista de abreviaturas.....	10
RESUMEN.....	11
1 Introducción y objetivos.....	13
2 Zona de Estudio .....	17
3 Metodología.....	23
3.1 Introducción .....	23
3.2 Estudio mediante microsimulación de tráfico .....	23
3.3 Interfaz de Programación de Aplicaciones o API en Python .....	25
3.3.1 Introducción.....	25
3.3.2 Metodología.....	26
3.3.3 Programación .....	28
3.4 Análisis de los Niveles de Servicio.....	33
3.4.1 Introducción.....	33
3.4.2 Metodología.....	34
4 Datos.....	38
4.1 Datos de estaciones de aforo del Ministerio de Fomento.....	38
4.2 Espiras procedentes del Centro Comercial Valle Real. ....	40
5 La red.....	42
5.1 Introducción .....	42
5.2 Descripción de la red .....	42
6 Calibración y validación del modelo .....	44
6.1 Introducción .....	44
6.2 Calibración y validación.....	45
7 Análisis de la situación actual .....	51
7.1 Introducción .....	51
7.2 Análisis de la situación actual.....	51
7.2.1 Análisis de la intersección 1 .....	51
7.2.2 Análisis de la intersección 2 .....	55
7.2.3 Análisis de la intersección 3 .....	59
7.2.4 Análisis de las glorietas 1 y 2 .....	63
8 Análisis de la situación actual de forma global.....	68
9 Propuestas de mejora.....	69



9.1	Introducción .....	69
9.2	Propuestas de mejora de la intersección 1 .....	69
9.2.1	Intersección regulada por semáforos.....	71
9.2.2	Modificación dirección de circulación.....	73
9.2.3	Conclusiones .....	74
9.3	Propuestas de mejora de la intersección 2 .....	75
9.3.1	Modificación geometría de la intersección.....	76
9.3.2	Modificar dirección de circulación .....	77
9.3.3	Conclusiones .....	79
9.4	Propuestas de mejora de la intersección 3 .....	79
9.4.1	Modificación de la señalización de la intersección .....	81
9.4.2	Modificación de la glorieta próxima a la intersección.....	82
9.4.3	Conclusiones .....	83
9.5	Propuestas de mejora de las glorietas 1 y 2 .....	83
9.5.1	Modificación de la actual Glorieta 1 .....	85
9.5.2	Implementación de un diamante invertido en glorietas 1 y 2 .....	86
9.5.3	Conclusiones .....	90
10	Propuesta final .....	91
11	Análisis del Nivel de Servicio en el año horizonte .....	93
11.1	Introducción .....	94
11.2	Análisis de la intersección 1.....	94
11.3	Análisis de la intersección 2.....	95
11.4	Análisis de la intersección 3 y glorietas 1 y 2 .....	95
12	Conclusiones.....	97
13	Bibliografía.....	99
14	Anexos.....	100
14.1	Anexo. Datos de IMD del Ministerio de Fomento.....	100
14.2	Anexo. Resultados de la microsimulación en Aimsun 8.1 .....	104
14.2.1	Resultados Situación Actual .....	104
14.2.2	Resultados Solución Final.....	107
15	Anexo. Infografía.....	110



## *Lista de ilustraciones*

Ilustración 1: Situación C.C. Valle Real .....	18
Ilustración 2: Detalle C. C. Valle Real .....	19
Ilustración 3: Confluencia entrada y salida principales.....	20
Ilustración 4: Confluencia entradas principales .....	21
Ilustración 5: Glorieta exterior Centro Comercial Valle Real .....	22
Ilustración 6: Modelo de Funcionamiento “Car parking API” .....	26
Ilustración 7: Esquema creación de plaza de aparcamiento.....	29
Ilustración 8: Detalle red de aparcamientos C.C. Valle Real. Aimsun 8.1 .....	31
Ilustración 9: Red completa. Aimsun 8.1 .....	32
Ilustración 10: Mapa localización de estaciones (Mapa de tráfico 2014).....	39
Ilustración 11: Red completa y simplificada para calibración de modelo. Aimsun 8.1.....	44
Ilustración 12: Validación de la calibración dinámica 1 .....	49
Ilustración 13: Validación de la calibración dinámica 2 .....	49
Ilustración 14: INTERSECCIÓN 1. Representación Sidra 5.1.....	51
Ilustración 15: INTERSECCIÓN 1. Representación de las colas en la intersección Aimsun 8.1 ...	52
Ilustración 16: INTERSECCIÓN 1. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1.....	53
Ilustración 17: INTERSECCIÓN 1. Cola media (veh) Sidra 5.1.....	54
Ilustración 18: INTERSECCIÓN 2. Representación Sidra 5.1.....	55
Ilustración 19: INTERSECCIÓN 2. Representación de las colas en la intersección Aimsun 8.1 ...	56
Ilustración 20: INTERSECCIÓN 2. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1.....	57
Ilustración 21: INTERSECCIÓN2. Cola Media en (veh) Sidra 5.1.....	58
Ilustración 22: INTERSECCIÓN 3. Representación Sidra 5.1.....	59
Ilustración 23: INTERSECCIÓN 3. Representación de las colas en la intersección. Aimsun 8.1 ..	60



Ilustración 24: INTERSECCIÓN 3. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1.....	61
Ilustración 25: INTERSECCIÓN 3. Cola Media en (veh) Sidra 5.1.....	62
Ilustración 26: GLORIETAS 1 Y 2. Localización en QGIS.....	63
Ilustración 27: GLORIETA 1. Representación Sidra 5.1 .....	64
Ilustración 28: GLORIETA 1. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1 .....	65
Ilustración 29: GLORIETA 2. Representación Sidra 5.1 .....	66
Ilustración 30: GLORIETA 2. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1 .....	67
Ilustración 31: INTERSECCIÓN 1 ACTUAL. Representación Sidra 5.1. ....	70
Ilustración 32: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. NS en Intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1.....	71
Ilustración 33: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Demora media en Intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1.....	72
Ilustración 34: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Fases óptimas en intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1.....	72
Ilustración 35: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. NS en modificación dirección entrante de circulación. Sidra 5.1 .....	73
Ilustración 36: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Demora media en modificación dirección entrante de circulación. Sidra 5.1 .....	74
Ilustración 37: INTERSECCIÓN 2 ACTUAL. Representación Sidra 5.1. ....	75
Ilustración 38: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. NS en modificación de geometría de la intersección. Sidra 5.1.....	76
Ilustración 39: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. Demora media en modificación en la geometría de la intersección. Sidra 5.1 .....	77
Ilustración 40: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. Demora media en modificación de la dirección de circulación. Sidra 5.1 .....	78
Ilustración 41: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. NS en modificación de la dirección de circulación. Sidra 5.1.....	78
Ilustración 42: INTERSECCIÓN 3 ACTUAL. Representación Sidra 5.1. ....	80
Ilustración 43: PROPUESTA INTERSECCIÓN 3. NS en modificación de la señalización de la intersección. Sidra 5.1.....	81
Ilustración 44: PROPUESTA INTERSECCIÓN 3. Demora media en modificación de la señalización de la intersección. Sidra 5.1 .....	82



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Ilustración 45: GLORIETAS 1 Y 2 ACTUAL. Representación Sidra 5.1 .....	84
Ilustración 46: PROPUESTA GLORIETA 1. NS en modificación de la actual glorieta añadiendo carriles de giro a la derecha manteniendo la geometría original. Sidra 5.1 .....	85
Ilustración 47: PROPUESTA GLORIETA 1. Demora media en modificación de la actual glorieta añadiendo carriles de giro a la derecha manteniendo la geometría original. Sidra 5.1 .....	86
Ilustración 48: Esquema de la circulación dentro de un DDI. Fuente: <a href="https://www.gwinnettcounty.com/portal/gwinnett/Departments/Transportation/DivergingDiamondInterchanges">https://www.gwinnettcounty.com/portal/gwinnett/Departments/Transportation/DivergingDiamondInterchanges</a> .....	87
Ilustración 49: Ejemplo de un DDI en Springfield, Missouri, Estados Unidos. Fuente: <a href="http://www.divergingdiamond.com/index.html">http://www.divergingdiamond.com/index.html</a> .....	88
Ilustración 50: Representación del DDI en la zona de estudio. Aimsun 8.1.....	89
Ilustración 51: Representación de las fases del DDI en la zona de estudio. Aimsun 8.1 .....	90
Ilustración 52: Representación de los semáforos del DDI en la zona de estudio. Aimsun 8.1 ...	90
Ilustración 53: PROPUESTA FINAL. Detalle aparcamiento Centro Comercial. Aimsun 8.1 .....	92
Ilustración 54: PROPUESTA FINAL. Detalle DDI e Intersección 3 del Centro Comercial. Aimsun 8.1.....	93
Ilustración 55: INTERSECCIÓN 1. Análisis del NS en el año horizonte. Sidra 5.1 .....	94
Ilustración 56: INTERSECCIÓN 2. Análisis del NS en el año horizonte. Sidra 5.1 .....	95
Ilustración 57: Análisis DDI en año horizonte. Aimsun 8.1 .....	96
Ilustración 58: Datos de IMD S-22-2_C1 .....	100
Ilustración 59: Datos de IMD S-22-2_C2 .....	101
Ilustración 60: Datos de IMD S-116-5_C1 .....	101
Ilustración 61: Datos de IMD S-214-2_C1 .....	102
Ilustración 62: Datos de IMD S-116-5_C2 .....	102
Ilustración 63: Datos de IMD S-214-2_C2 .....	103
Ilustración 64: Datos de IMD S-127-2 .....	103
Ilustración 65: Demora media en la situación actual de vehículos en el interior del C.C. Aimsun 8.1.....	104
Ilustración 66: Demora media en la situación actual de vehículos en el exterior del C.C. Aimsun 8.1.....	104



Ilustración 67: Densidad de vehículos en la situación actual en el interior del C.C. Aimsun 8.1	105
Ilustración 68: Densidad de vehículos en la situación actual en el exterior del C.C. Aimsun 8.1	105
Ilustración 69: Velocidad media de circulación en la situación actual en el interior del C.C. Aimsun 8.1	106
Ilustración 70: Velocidad media de circulación en la situación actual en el exterior del C.C. Aimsun 8.1	106
Ilustración 71: Demora media en la solución final de vehículos en el interior del C.C. Aimsun 8.1	107
Ilustración 72: Demora media en la solución final de vehículos en el exterior del C.C. Aimsun 8.1	107
Ilustración 73: Densidad de vehículos en la solución final en el interior del C.C. Aimsun 8.1	108
Ilustración 74: Densidad de vehículos en la solución final en el exterior del C.C. Aimsun 8.1	108
Ilustración 75: Velocidad media de circulación en la solución final en el interior del C.C. Aimsun 8.1	109
Ilustración 76: Velocidad media de circulación en la solución final en el exterior del C.C. Aimsun 8.1	109



## *Lista de tablas*

Tabla 1: Informe de la DGT sobre puntos negros (2014) .....	14
Tabla 2: Nivel de Servicio en glorieta (HCM 2010).....	35
Tabla 3: Nivel de Servicio en carreteras. (HCM 2010).....	36
Tabla 4: Intensidades de IMD con Estaciones de Aforo (Ministerio de Fomento) .....	40
Tabla 5: Intensidades C.C. Valle Real .....	41
Tabla 6: Conjunto de datos reales.....	46
Tabla 7: Matriz O/D Calibración inicial.....	47
Tabla 8: Matriz O/D segunda iteración Calibración Aimsun. ....	47
Tabla 9: Matriz O/D definitiva. Tercera iteración Calibración Aimsun. ....	48



### *Lista de abreviaturas*

<b>C.C.</b>	Centro Comercial
<b>ICANE</b>	Instituto Cántabro de Estadística
<b>DGT</b>	Dirección General de Tráfico
<b>TSS</b>	Transport Simulation Systems
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>HCM</b>	Highway Capacity Manual
<b>TRB</b>	Transportation Research Board
<b>NS</b>	Nivel de Servicio
<b>FHP</b>	Factor de Hora Punta
<b>GIST</b>	Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte
<b>IMD</b>	Intensidad Media Diaria
<b>Matriz O/D</b>	Matriz Origen-Destino
<b>TFG</b>	Trabajo de Fin de Grado
<b>DDI</b>	Diverging Diamond Interchange



## RESUMEN

El objeto de este estudio será reordenar el tráfico que circula hacia y en el interior del aparcamiento del Centro Comercial Valle Real debido a los problemas de aglomeraciones que sufre el mismo. El estudio se realizará entre las 18:00 y 19:00 de un sábado laborable, en la cual se encuentra la hora punta.

Para la modelización de esta red, se utilizará el programa *Aimsun* y el innovador *Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)*, que servirá de ayuda para la posterior programación en *Python* de un código que permita un ahorro de tiempo en la creación de las áreas de aparcamiento. La aportación de este TFG será que gracias al interfaz de programación y el código creado en *Python*, se puede realizar por primera vez la simulación real de aparcamientos en una red cuya circulación se ve afectada por las maniobras de entrada y salida al aparcamiento. Se crean en detalle de cada uno de los dos mil seiscientos veinte aparcamientos y así la posibilidad de un estudio exhaustivo de los problemas de la red. Este software de simulación de tráfico nos permite estudiar todo tipo de elementos. Destaca por la velocidad de sus simulaciones.

Para ello, se seguirán los siguientes pasos:

1. Estudio de la situación actual del tráfico en el aparcamiento del centro comercial. Para ello, se utiliza *Aimsun* donde se introduce la demanda de tráfico para crear el modelo, calibrarlo y validarlo y posteriormente analizarlo.
2. Definición de los problemas y alternativas para su solución. Generaremos las soluciones en *Aimsun* a partir de la red modelizada con la situación actual.
3. Elección de la mejor alternativa y estudio de eficiencia de esta tanto en la actualidad como la validación para el año horizonte. Obtendremos la solución final observando, asimismo, las mejoras en la red del C. C. Valle Real.

Para el estudio del estado actual se ha calibrado un modelo de demanda del Centro Comercial Valle Real y zonas próximas, centrándonos en las entradas y salidas del mismo. Dicha calibración se obtuvo primero con una red simplificada de la zona debido a la gran complejidad que supone el aparcamiento con el software *Aimsun* y, con los datos obtenidos, calibrando finalmente, con la red completa, el modelo final. La red completa consta de la simulación de toda la red interior del aparcamiento del C.C y los aparcamientos del divididos en noventa y cuatro áreas.

Dicho modelo ha servido para determinar los problemas más significativos a los cuales nos enfrentamos y las zonas críticas a mejorar, en base a la demanda existente de entradas y salidas y aparcamientos, así como las áreas de aparcamiento preferentes.

Estos problemas los encontramos por un lado en el interior del aparcamiento debido a las retenciones que se forman en las dos intersecciones donde confluyen, en la primera intersección, los principales flujos de entrada con los de salida teniendo preferencia de paso estos últimos y los principales flujos de entrada por el Norte y Suroeste en una intersección con preferencia de paso a los segundos.



Por otro lado, en el exterior del aparcamiento encontramos grandes retenciones provocadas por la glorieta de 4 entradas y salidas, la cual no funciona de forma correcta, afectando al funcionamiento de la intersección la cual soporta todo el flujo de salida del C.C. con preferencia de paso a estos últimos.

Las alternativas propuestas han tenido en cuenta los problemas descritos eligiendo la mejor de ellas.

La propuesta final para el área motivo de estudio está formada por la creación de una nueva ruta de entrada principal y circulación modificando el trazado de las calles añadiendo un carril adicional y creando tres áreas de aparcamiento nuevo consiguiendo eliminar las interferencias que en la actualidad existen en las principales corrientes tanto entre las principales de entrada (Norte) y salida como entre las principales de entrada (Norte y Noroeste) y la implementación de un Diamante Invertido (DDI) el cual difiere de la definición original en las glorietas exteriores al C.C. convirtiendo éstas en dos intersecciones semaforizadas consiguiendo, con giros a la derecha directos y el intercambio de sentidos de circulación en el vial que une las dos glorietas, unas menores intersecciones de movimientos mejorando la seguridad vial. Los demás movimientos están regulados por semáforos de tiempos fijos, obteniendo un ciclo óptimo de 110 seg. con cuatro fases. Este DDI consigue solucionar el problema de colas desde la entrada Sur, la cual afectaba al funcionamiento de la intersección anterior. A partir de esta solución se observa una gran mejora respecto a demoras en las intersecciones motivo de estudio.

Para la validación de la solución propuesta, se analiza el Nivel de Servicio en el año horizonte (2038) con un crecimiento del 1,44%, donde, efectivamente, obtenemos un parámetro de demora media y con ello unos Niveles de Servicio aceptables. De la misma forma, se simula en Aimsun la red observando que, aunque el crecimiento afecta a la fluidez de la red y aumentan los tiempos de demora, estos parámetros corresponden a un nivel de servicio aceptable. Se observa que las colas que se producen no llegan a la intersección actualmente afectada. Gracias a la semaforización del DDI para el año horizonte se pueden modificar los tiempos de ciclo calibrándolos de nuevo para obtener el ciclo óptimo mejorando los Niveles de Servicio.



## 1 *Introducción y objetivos*

Es objeto del estudio conocer y mejorar la situación del aparcamiento y accesos del Centro Comercial Valle Real.

En la actualidad, este aparcamiento cuenta con problemas de tráfico, como son las congestiones en diversos puntos del aparcamiento, siendo destacable la retención que se genera en las confluencias de las principales corrientes de tráfico, las entradas y salidas principales. Las horas en las cuales más se percibe estos problemas son los sábados laborables.

El objetivo del estudio es, en primer lugar, conocer la situación actual del aparcamiento y accesos en cuanto al tráfico se refiere.

Posteriormente, se definen los principales conflictos y zonas y se proponen diversas alternativas para la mejora de las mismas.

Por último, se estudiarán las diferentes alternativas, estableciendo la más apropiada dependiendo de varios factores a deducir y, asimismo, estudiar los efectos que producen la alternativa elegida.

En las proximidades al Centro Comercial encontramos varios de los ejes principales de la comunidad:

- S-10 Es una de las carreteras de Cantabria con más tráfico de vehículos. Hoy en día es la vía de Cantabria con mayor Intensidad Media Diaria (IMD) de vehículos, pues, junto con la S-20, es la principal vía de entrada a Santander y además comunica gran parte del área metropolitana con la capital y viceversa. Para descongestionar esta autovía, se procedió a la construcción de la S-30, denominada Autovía de la Ronda de la Bahía, ayudando a descongestionar esta vía la cual está basada en la N-635, que fue desdoblada en los años 90 para permitir un mayor tráfico en el entorno de la capital cántabra y del Puerto de Santander.
- La A-67 o autovía Cantabria-Meseta, también conocida como autovía de la Meseta, es una autovía que comunica la comunidad autónoma española de Cantabria con la meseta norte, es decir con Castilla y León. Su recorrido atraviesa la cordillera Cantábrica, siendo esta vía de vital importancia para la comunidad autónoma cántabra debido a que es el principal y único acceso de gran capacidad que tiene a la meseta castellanoleonesa y por extensión, al centro de la península Ibérica. Es fundamental para el comercio en el puerto de Santander y para los frecuentes desplazamientos que se efectúan desde Cantabria hacia cualquier parte de España que tengan que pasar por Valladolid, o por Madrid, centro del sistema radial de autopistas y autovías.



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Además de la importancia que tienen como principales ejes de la comunidad, también suponen la principal entrada a lugares próximos al C.C. que también albergan una importante parte del tráfico como son el Aeropuerto de Santander *Seve Balleteros* (N-636 que es una carretera de doble sentido y un carril por sentido de circulación con una longitud de 1 km aprox. Que une la S-20 con el Aeropuerto) y Polígono de Raos. De la misma forma también desde la A-67 y S-10 se encuentran los accesos a la entrada principal al Centro Comercial *El Corte Inglés* y la entrada a la ciudad de Santander por lo que dichas vías cuentan con gran afluencia de tráfico.

Una característica de los ejes principales los cuales dan acceso al Centro Comercial Valle Real será un problema desde el punto de vista de seguridad vial. Esto se materializa en el Informe emitido por la Dirección General de Tráfico más actual (2014) sobre puntos negros o puntos que pertenecen a la red española en los que, durante un año, se han detectado tres o más accidentes con víctimas, de los cuales en Cantabria observamos veintitrés puntos negros (Tabla 1). Tres de los puntos negros totales (19, 20 y 21) se encuentran en las proximidades del C.C. situándose estos en la S-10.

Nº DE PUNTO	VÍA						TIPO DE ACCIDENTE						VÍCTIMAS			Nº DE VEHÍCULOS IMPLICADOS
	DENOMINACIÓN	PK INICIAL	LONGITUD DEL TRAMO (en metros)	SENTIDO	TIPO	TITULARIDAD	COLISIÓN	ATROPELLO	SALIDA DE LA VÍA	VUELCO	OTROS	TOTAL ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS	TOTAL	
1	A-67	122,2	100	D	T	E	4					4	13	13	17	
2	A-67	193,8	200	A	T	E	4					4	12	12	13	
3	A-67	195,7	100	A	T	E	3					3	10	10	11	
4	A-8	139,8	100	D	T	E	4					4	11	11	12	
5	A-8	143,1	400	D	T	E	1	5				6	7	7	7	
6	A-8	146,7	300	D	T	E	1	3				4	4	4	6	
7	A-8	148,4	200	D	T	E	0	3				3	7	7	3	
8	A-8	149,7	200	A	T	E	0	3				3	3	3	3	
9	A-8	182,9	100	D	T	E	2	1				3	3	3	10	
10	A-8	232,0	100	A	T	E	5					5	10	10	9	
11	CA-132	0,1	200	A/D	C	A	2	1				3	4	4	5	
12	CA-141	9,7	100	A/D	C	A	3					3	3	3	8	
13	CA-142	5,9	200	A/D	C	A	2	1				3	5	5	7	
14	N-611	189,9	100	A	C	E	3					3	4	4	6	
15	N-611	189,9	100	D	C	E	3					3	4	4	6	
16	N-611	202,7	200	A	C	E	3					3	4	4	6	
17	N-623	128,6	100	A/D	C	E	3					3	4	4	7	
18	N-634	176,7	100	D	C	E	2	1				3	4	4	5	
19	S-10	1,8	200	D	T	E	5					5	15	15	16	
20	S-10	2,2	100	D	T	E	3					3	3	3	7	
21	S-10	3,9	300	A	T	E	1	1	5			7	10	10	11	
22	S-20	0,4	300	A	T	E	2		1		1	4	7	7	8	
23	S-20	2,0	100	D	T	E	2		1			3	4	4	8	
TOTAL							58	3	23	0	1	85	0	151	151	191

Tabla 1: Informe de la DGT sobre puntos negros (2014)



Estos puntos negros situados en la S-10 se encuentran en la denominada recta de Parayas. En este punto, los accidentes son habituales por alcance, debido a que no se respetan las distancias de seguridad ni el límite de velocidad establecido provocando colisiones por alcance que provoca grandes retenciones debido a que es el tramo con mayor densidad de circulación de la región y donde al haber un accidente, la capacidad de esta es reducida de forma drástica.

Para el análisis de la seguridad vial de la S-10 se deben tener en cuenta factores como el trazado, las entradas y salidas y las conductas habituales de los conductores. También es necesario añadir que estas retenciones son solventadas en la mayoría de casos una vez se retiran los vehículos implicados en los accidentes.

El estudio se centrará en los aparcamientos y accesos de entrada y salida del Centro Comercial Valle Real el cual presenta problemas de aglomeraciones de tráfico debido a la importancia comercial que tiene.

Los principales problemas son la formación de retenciones sobre todo en la entrada principal (Norte) la cual alberga la mayoría de tráfico entrante y en la glorieta de salida.

Se observa mayormente en las horas puntas, siendo la hora de estudio de 18:00h a 19:00h, cuando el tráfico entrante y saliente del centro comercial es intenso coincidiendo dichas corrientes en una intersección en cruz regulado por una señal de STOP en el sentido del tráfico entrante desde la entrada principal ocasionando importantes retenciones de dicho tráfico. De la misma forma, también se forman retenciones en la segunda intersección por la coincidencia de la entrada principal descrita anteriormente y la entrada por la glorieta del norte. En esta ocasión las corrientes se interceptan aumentando el problema de aglomeración de la entrada principal debido al deber de ceder el paso al tráfico entrante desde la glorieta. Esta intersección fue modificada hace un tiempo en la cual anteriormente debían ceder el paso el tráfico entrante desde la glorieta formando un problema mayor debido a que en ocasiones las retenciones causaban una cola tal que afectaba al tráfico saliente en la glorieta exterior al Centro Comercial que comparten dichas corrientes de tráfico. También se debe tener en cuenta la forma de la intersección, ya que no forma exactamente una intersección en cruz si no que la salida del cruce hacia el Noroeste el aparcamiento se encuentra desplazada hacia la izquierda formando aglomeraciones debido a la dificultad de la maniobra. De la misma forma el problema se agrava también porque la entrada al cruce de cualquiera de las dos corrientes de tráfico entrante está formada por 2 carriles y dicha salida la forma un solo carril, siendo esta salida la principal debido a su proximidad con la entrada principal al Centro Comercial formando problemas de embotellamiento.

Otra observación es la intención de la mayoría del tráfico entrante al estacionamiento en las proximidades de la entrada peatonal del Centro Comercial principal la cual forma problemas de retenciones ya que la ocupación de dichos aparcamientos están la mayor parte del horario comercial a más del 90 % de ocupación.



Se observa la necesidad de dotar al aparcamiento del Centro Comercial Valle Real algunas propuestas de mejora de dichos problemas.

Como objetivos de este proyecto se proponen:

- Análisis en detalle de la situación actual. Estacionamiento y estado del tráfico. Análisis del nivel de servicio.
- Estudio de diferentes alternativas en la zona de estudio con el objetivo de mejorar los aspectos analizados en la situación actual respecto el estado del tráfico.
- Elección de una alternativa y estudio de las ventajas y desventajas de esta, todo ello desde el punto de vista de mejora de tráfico, es decir, menor congestión, menor demora y menores conflictos de tráfico.



## 2 Zona de Estudio

El área de estudio se sitúa al norte de la comunidad autónoma de Cantabria, al norte de España, en el entorno de la ciudad de Santander, capital de la comunidad. Respecto datos del ICANE (2016), Santander tiene una población de 172.656 habitantes.

El Centro Comercial Valle Real es un moderno y completo centro comercial el cual se ha consolidado como la opción comercial más completa y variada de Cantabria.

Se trata de un espacio diseñado para que la experiencia de compra sea más sencilla y cómoda. Para ello dicho centro comercial cuenta con la oferta más amplia para todos los sectores de la población, desde los más pequeños a los mayores, pasando por familias, jóvenes...

Se distribuye en un único espacio el cual contiene la mayor oferta comercial de la región, con más de noventa y siete establecimientos entre los que se encuentran algunas de las primeras marcas nacionales de moda y complementos, decoración y bricolaje, belleza... además de servicios, entidades bancarias, restauración... Asimismo se realizan diferentes eventos a lo largo del año con gran afluencia.

Se encuentra comunicado con las proximidades gracias a la disponibilidad de transporte público (FEVE, taxi y Autobús) y la existencia de un parking con más de **2.600** plazas. El Centro comercial cuenta con una extensión total 130.000 m<sup>2</sup> aprox. de los cuales el aparcamiento cuenta con unos de 65.000 m<sup>2</sup>.

Valle real se encuentra en el municipio de Camargo en una de las zonas de mayor expansión económica y social de la región, a 3 km hacia el suroeste de la ciudad de Santander.

Los más de noventa y siete comercios además de un hipermercado y una gasolinera, son factores que favorecen la gran afluencia de tráfico que alberga dicho lugar. Esta gran afluencia de tráfico se hace viable gracias a las grandes dimensiones del aparcamiento exterior.

El área comercial tiene tres entradas principales, la primera de ellas es un acceso desde la S-10 por el este, la cual es la entrada con más tráfico del aparcamiento, y se considera la principal entrada. Esta entrada produce los principales problemas de congestión de tráfico debido al cruce de la principal calle de entrada con la de salida y, asimismo, con el flujo de vehículos que entran desde la entrada Norte.

La segunda de las entradas es un acceso desde el Suroeste el cual se considera secundario, es un acceso desde el vial Polígono de Camargo y alberga tráfico de las localidades cercanas como son Maliaño, Muriedas... Se accede al centro comercial por una calle secundaria por lo que los problemas de tráfico son mucho menores.



La tercera de las entradas es un acceso desde dos viales, uno de ellos comparte la entrada desde la S-10 con el tráfico de la entrada principal y el otro vial de acceso será desde Polígono de Camargo. Este acceso también se considera secundario, pero con más afluencia de tráfico que la segunda de las entradas. El problema de dicha entrada se encuentra en la intersección con el flujo vehicular de la entrada principal.

El hecho de que el Centro Comercial esté tan próximo a la capital y a varias zonas del arco metropolitano con importante población como son El Astillero, Marina de Cudeyo, Ribamontán al Mar y Santa Cruz de Bezana, hace mayor la afluencia de tráfico al mismo, provocando los problemas de tráfico que se describen más adelante.

Además, la movilidad habitual de la población ha experimentado un notable aumento, como consecuencia de la mejora de los transportes y comunicaciones, del mayor desarrollo económico y social de la población y de su aumento de nivel de vida.

En la Ilustración 1 e Ilustración 2 se observa la situación y el detalle del C.C.



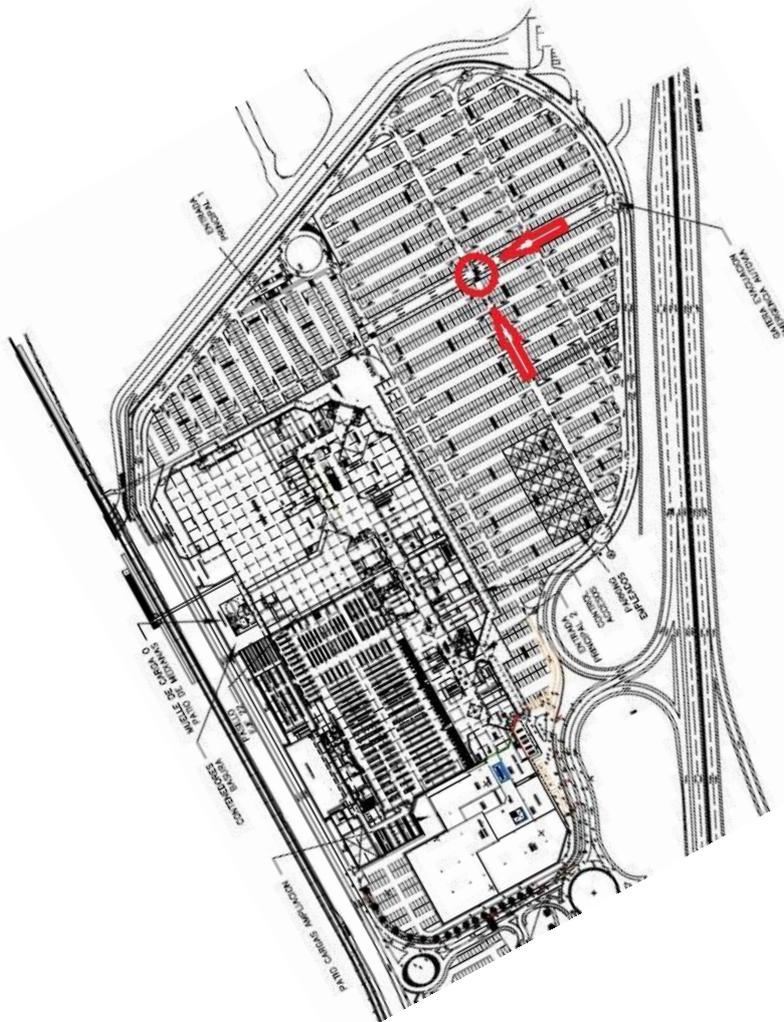
*Ilustración 1: Situación C.C. Valle Real*





Los factores principales que forman las retenciones tanto de entrada como de salida y problemas geométricos serán motivo del estudio, los problemas que lo forman serán descritos posteriormente.

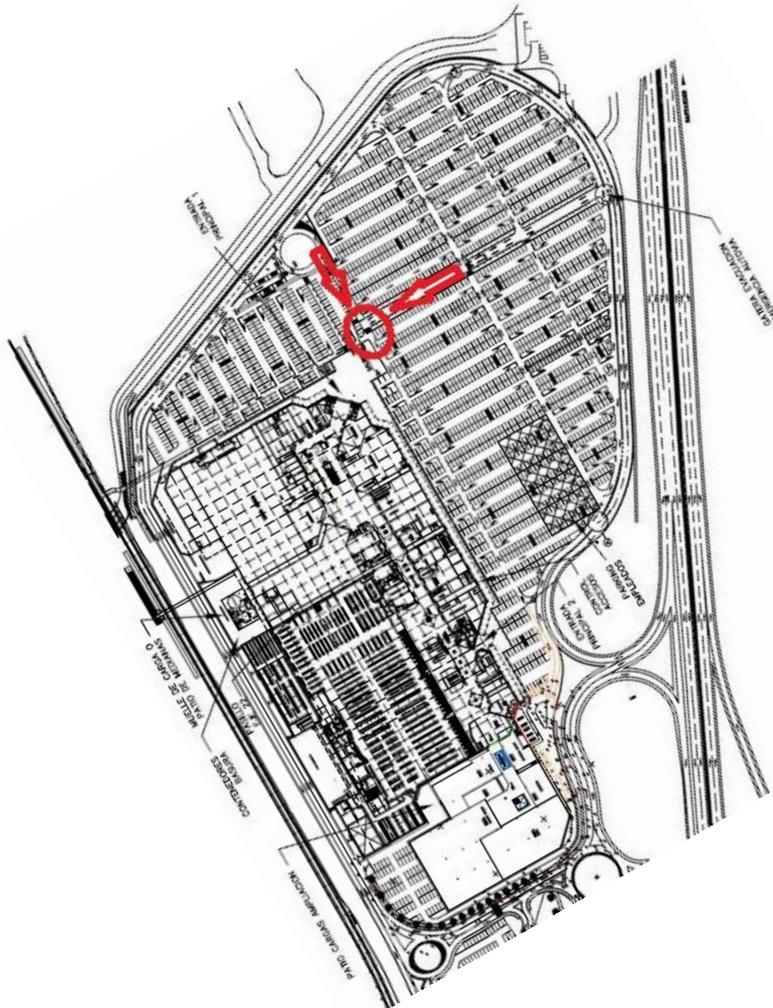
INTERSECCIÓN 1.- Intersección del tráfico de las dos vías principales entrada y salida regulada por una señal de STOP en la vía de entrada formando importantes colas de entrada siendo aún más notable en las horas punta cuando las intensidades de entrada y salida son similares interrumpiendo la circulación de vehículos de entrada. En la ilustración se observa el punto de conflicto de las principales corrientes (Ilustración 3).



*Ilustración 3: Confluencia entrada y salida principales*



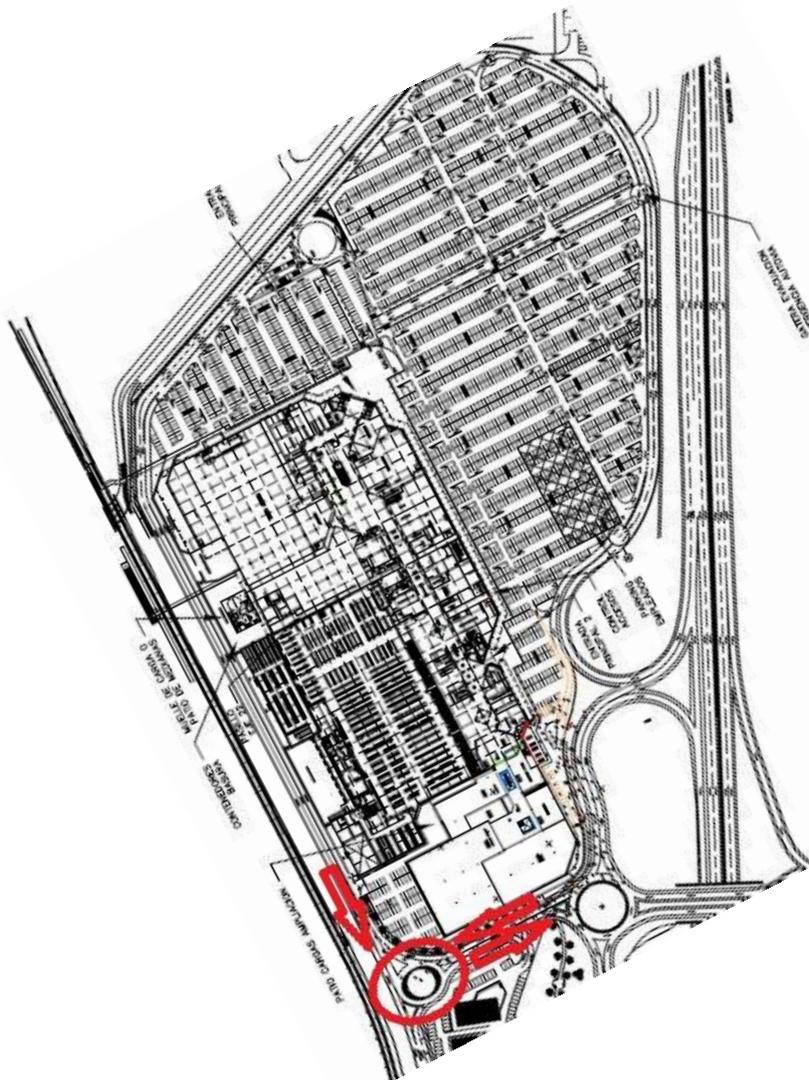
INTERSECCIÓN 2.- Intersección del tráfico de dos vías de entrada, la entrada *Norte*, así como el tráfico de la entrada *Noroeste*. En la imagen posterior pueden observarse las confluencias en una intersección la cual forma un problema en la entrada principal debiendo ceder el paso al tráfico entrante desde la glorieta. Otro de los problemas se observa en la forma de la intersección que provoca un cuello de botella desde la entrada Norte, en la cual la mayor parte del tráfico se dirige hacia el suroeste por una vía de un solo carril viniendo de dos carriles en las otras dos intersecciones y teniéndose que desviar del vial principal, contando, asimismo la intención de la mayoría del tráfico del aparcamiento en las proximidades de la entrada peatonal del Centro Comercial forma problemas de retenciones (Ilustración 4).



*Ilustración 4: Confluencia entradas principales*



INTERSECCIÓN 3.- Glorieta Suroeste exterior al aparcamiento de Valle Real donde encontramos problemas de retenciones debido a que no funciona realmente como una glorieta si no como una intersección dando prioridad al movimiento de salida de vehículos del centro comercial provocando retenciones de los demás flujos, así como del de salida. Se trata de una glorieta de dimensiones pequeñas con descompensaciones importantes de las intensidades entrantes de vehículos que provoca un funcionamiento incorrecto de esta (Ilustración 5).



*Ilustración 5: Glorieta exterior Centro Comercial Valle Real*



## 3 Metodología

### 3.1 Introducción

Para conocer la situación actual y estudiar las diferentes alternativas, el presente estudio se ha realizado a través la microsimulación empleando el software Aimsun de la empresa *Transport Simulation Systems (TSS)* con sede en Barcelona (España).

Para el análisis de capacidad y calidad del nivel de servicio se ha utilizado el Manual de Capacidad 2010 elaborado por *Transportation Research Board (TRB)* a través del software Sidra 5.1.

### 3.2 Estudio mediante microsimulación de tráfico

La microsimulación de tráfico se ha realizado a través del software de simulación de la empresa TSS “Aimsun 8.1.4.”, que es la herramienta integrada para aplicaciones de modelado de transporte la cual permite realizar evaluaciones de operaciones de tráfico de cualquier escala y complejidad, así como de la *Interfaz de Programación de Aplicaciones o API*.

El software Aimsun, se utiliza principalmente para la mejora del tráfico en general, reduciendo congestiones y diseñando mejores entornos urbanos mejorando la infraestructura viaria para vehículos y peatones. Este software de simulación, teniendo más de 3500 usuarios, es utilizado en todo el mundo para todo lo relacionado con el tráfico, simulaciones en tiempo real (Aimsun Online) y situaciones hipotéticas, planificación del transporte...

Para la creación de los aparcamientos se utilizará la API “*Car Parking API*” que permite construir modelos de parking integrados en Aimsun. Agrega una gama de funciones que complementan las grandes capacidades existentes dentro de Aimsun. La API “*Car Parking API*” proporciona un modelo para configurar los aparcamientos permitiéndole definir varias características del aparcamiento y del usuario en sí como, por ejemplo:

- El comportamiento de los automóviles que tienen intención de aparcar.
- La búsqueda de espacios disponibles.



- El permanecer durante un determinado periodo de tiempo estacionado.
- Salida del estacionamiento hacia la salida del aparcamiento.

Para utilizar dicha Interfaz de programación, se construirá una red dentro de un área de aparcamiento establecido siguiendo varias especificaciones.

Cabe mencionar que Aimsun destaca por la excepcionalmente alta velocidad de sus simulaciones y por fusionar el modelado de demanda de viajes, la asignación de tráfico estático y dinámico con simulación mesoscópica, microscópica e híbrida, todo dentro una sola aplicación de software.

Las aplicaciones más comunes de este software son:

- Análisis de impacto del diseño de la infraestructura, precios de peaje y carretera...
- Análisis de impacto ambiental.
- Gestión de la zona de trabajo.
- Evaluación y optimización de los esquemas de prioridad de señales y planes de control adaptativos.
- Estudios de viabilidad para carriles de vehículos de alta ocupación.
- Evaluación de estrategias de gestión de la demanda de tráfico y análisis de seguridad.
- Evaluación de políticas de velocidad variable y otros sistemas de transporte inteligente.
- El análisis del Manual de capacidad de la carretera (HCM).

Aunque para este estudio se ha utilizado únicamente el modelo de microsimulación, este software permite tres tipos de modelos de simulación de tráfico que serán definidos a continuación:

- *Modelos de simulación microscópica:* Modela los vehículos individualmente, y las funciones de comportamiento son desagregadas, de forma que la capacidad de un vial o una intersección se obtiene como el resultado de la cantidad de vehículos que pueden circular por unidad de tiempo por el elemento como consecuencia de las características geométricas del elemento, su espacio disponible,



las reglas de circulación y las interacciones de los vehículos a su paso por el elemento. Requieren más esfuerzo computacional, pero permiten estudiar aplicaciones de tráfico que dependen de la interacción de los vehículos individuales.

- *Modelos de simulación macroscópicos*: Representan el flujo de coches como si fuera un fluido, lo que implica que los vehículos se estudian de forma agregada, no se distinguen. Del mismo modo, las reglas de comportamiento son agregadas, (la capacidad de los elementos de la red es una cualidad explícita e independiente del comportamiento del tráfico). Es muy eficiente computacionalmente y es especialmente útil para estudios de demanda y aprovechamiento de infraestructuras en redes extensas.
- *Modelos de simulación mesoscópicos*: Utilizan funciones de comportamiento agregadas del mismo modo que los macroscópicos, pero los vehículos se representan como vehículos individuales o grupos con similares características. Esto permite la modelización de algunos fenómenos locales como la propagación de colas en las intersecciones, que se estudian como servidores de colas de los paquetes de vehículos que dividen el vial en dos zonas con una frontera móvil: la congestionada y la no congestionada.

### 3.3 Interfaz de Programación de Aplicaciones o API en Python

#### 3.3.1 Introducción

En la red objeto de estudio, se creará, a partir de la API “*Car Parking API*”, un código que permite construir modelos de parking integrados en Aimsun. Cabe destacar que es una programación innovadora siendo esta la primera vez que se simulan aparcamientos en dicho software.

*Car Parking API* permite leer códigos en PYTHON que es un lenguaje de programación interpretado, que soporta orientación a objetos, programación imperativa y programación funcional, el cual se ha utilizado para la construcción de la red de aparcamientos que constituyen el total del aparcamiento del Centro Comercial Valle Real.

Se crea un código a partir de la API de Parking programándolo en Python, con el cual se ahorrará tiempo en la creación de las áreas de aparcamiento. Gracias al interfaz de programación y el código creado en Python, se puede realizar por primera vez la simulación real de aparcamientos en una red cuya circulación se ve afectada por las intersecciones en el tráfico que las maniobras

de entrada y salida al aparcamiento provocan pudiendo así simular de una forma más exacta la realidad.

Cada aparcamiento se definirá de forma individual siendo programados uno por uno los dos mil seiscientos veinte aparcamientos dividiendo el aparcamiento en 94 áreas de aparcamiento los cuales compartirán salida y entrada a las mismas.

Para la realización de cada aparcamiento se necesita definir una metodología de construcción de estos el cual deberá seguir un procedimiento definido a continuación para el correcto funcionamiento del modelo.

En la siguiente Ilustración 6 observamos el modelo conceptual de funcionamiento en forma de esquema gráfico.

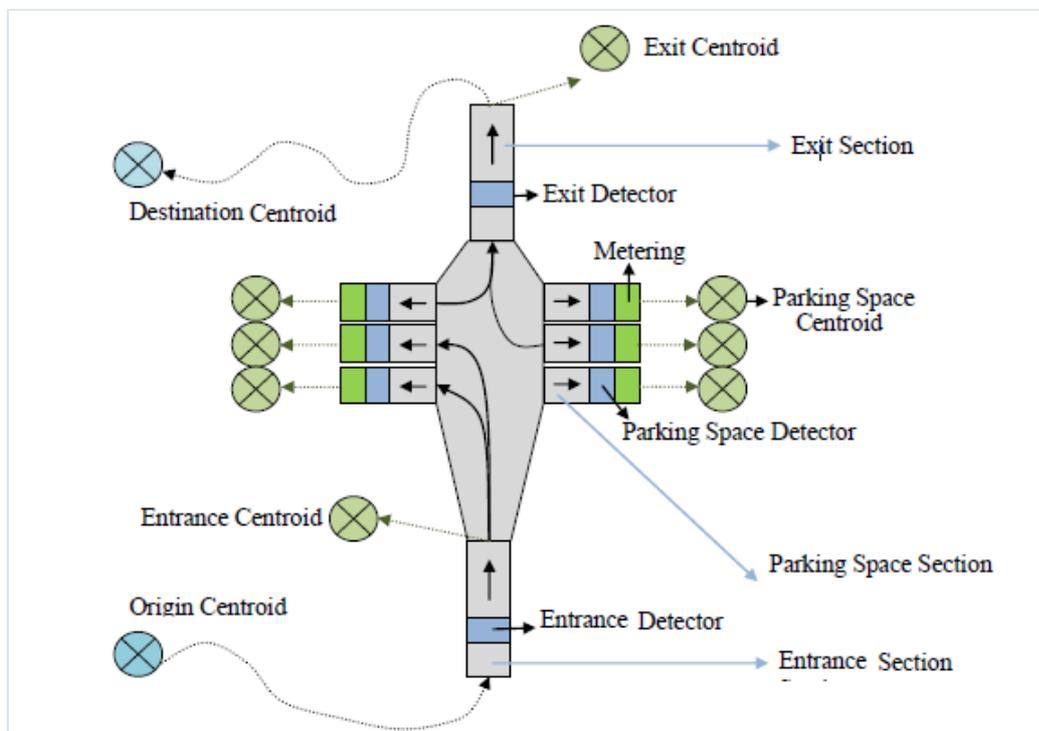


Ilustración 6: Modelo de Funcionamiento "Car parking API"

### 3.3.2 Metodología

El funcionamiento de esta API será la siguiente teniendo en cuenta que debe existir una matriz O/D la cual defina los viajes entre el centroide de entrada al aparcamiento y en centroide de entrada al "Parking Area":



- Cuando un vehículo llega a la sección de entrada del área de aparcamiento es detectado por un *detector* el cual está definido para cada área de forma individual definiendo varios parámetros, siendo estos la posibilidad de detección de coches equipados, el número de área de aparcamiento, si el detector es de entrada o salida y el centroide de entrada o salida al que se enlazará. Este detector activa un Algoritmo (*Programado en Python*) para conseguir que el vehículo entrante busque un espacio disponible para estacionar dirigiéndolo al centroide que atrae en el espacio de dicho estacionamiento. Cabe añadir que será necesario que en la sección en la cual se encuentran los detectores de entrada y salida se añadan centroides de atracción que se enlazarán con los detectores, definiendo asimismo los parámetros de número de área de aparcamiento y si se encuentra en la sección de entrada o salida.
- Una vez que el vehículo entra en el área de estacionamiento es detectado por el Detector del aparcamiento. Este detector hace que se accione el tiempo de estacionamiento determinado también en el código del Parking Área. Este tiempo de estacionamiento deberá estar definido con anterioridad a la ejecución del detector de aparcamiento.
- El vehículo espera en su sección de estacionamiento hasta que se agote el tiempo de estacionamiento. Para cambiar este tiempo, disponemos de un script llamado "Change parking time" usado para cambiar los tiempos de todas las mediciones sin tener que generar la estructura para cada área de aparcamiento de forma individual y tener que cambiarlo nuevamente cada vez que deseemos cambiar el tiempo de estacionamiento establecido para el correcto ajuste del modelo.
- Cuando el tiempo de estacionamiento se agota, el detector acciona el algoritmo de estacionamiento de nuevo para redirigir al vehículo a la sección de salida donde se encuentra el detector y el centroide de atracción de salida.
- A partir de este momento, el vehículo será enrutado hacia diferentes centroides de destino según su configuración predefinida la cual se decide con la probabilidad de atracción de estos definiéndolos según mayor o menos demanda. Cabe mencionar que la suma de todas las probabilidades de atracción debe ser igual a 1 (100%) para el correcto enrutamiento de los vehículos que salen de los aparcamientos ya que, si la probabilidad es menor de 1, el porcentaje restante hará que los coches restantes simplemente desaparezcan.



### 3.3.3 Programación

A partir de la **API facilitada por Aimsun se programa un código en Python**, el cual permite, a partir de la definición de un área de aparcamiento y habiendo creado las secciones del aparcamiento previo a la ejecución, la creación de forma automática de los demás elementos a introducir. Se ahorra tiempo en la creación del aparcamiento que dividimos en noventa y cuatro áreas de aparcamiento. Sin este avance, la programación de esta red para su posterior calibración y simulación sería inviable por el tiempo. Gracias al interfaz de programación y el código creado en Python, se puede realizar por primera vez la simulación real de aparcamientos en una red cuya circulación se ve afectada por las maniobras de entrada y salida al aparcamiento.

En el código creado se define, previo a la ejecución de la API, el tiempo medio de aparcamiento, la desviación y el número de área de aparcamiento el cual se quiere crear. A partir de este momento el código debe crear de forma automática varios elementos que definirán el aparcamiento:

- Crear una capa auxiliar en la capa del área de aparcamiento definida previamente.
- En la sección de entrada crear todos los elementos necesarios. Estos elementos serán los centroides de atracción en la capa auxiliar y los detectores correspondientes, definiendo las características específicas como que se trata un aparcamiento y el centroide asociado de estos, además del “metering” cambiando las características predefinidas por tipo por fijo y de demora.

Se crean en detalle de cada uno de los dos mil seiscientos veinte aparcamientos y así la posibilidad de un estudio exhaustivo de los problemas de la red. Este software de simulación de tráfico nos permite simular todo tipo de elementos. Destaca por la velocidad de sus simulaciones.

Se seguirán una serie de pautas para crear las plazas de aparcamiento individualmente antes de ejecutar el script *de Interfaz de Programación de Aplicaciones* para áreas de aparcamiento debiendo ser meticulosos en lo que a pasos se refiere.

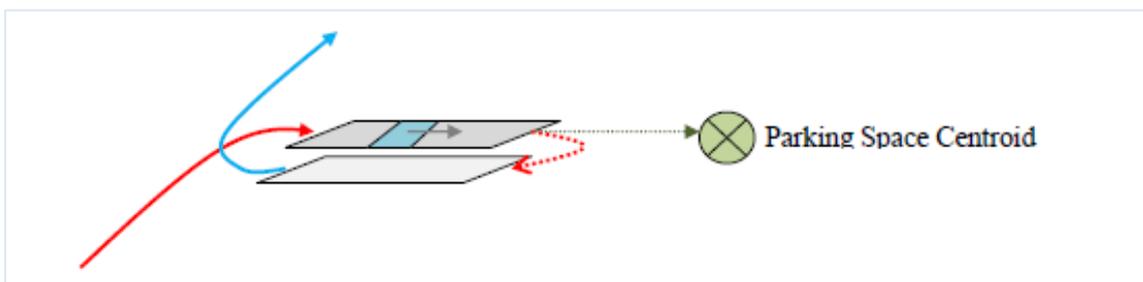
Para la creación del módulo o plaza de aparcamiento se debe seguir las siguientes pautas teniendo en cuenta que se deben crear de forma individual:

- Se crean dos secciones superpuestas en direcciones opuestas conectadas con un giro (Una será de entrada y la otra de salida).



- La sección de entrada deberá tener un detector de espacio de estacionamiento (detectará la disponibilidad del estacionamiento), medición (mantendrá el vehículo estacionado durante el periodo de tiempo definido) y estará conectado a un centroide de atracción con una conexión.
- La sección de salida no debe tener detectores y servirá de conexión con la sección de salida del parking área posibilitando la salida del aparcamiento una vez haya transcurrido el tiempo de estacionamiento. El vehículo será dirigido al centroide de atracción en la salida del "Parking Area".
- Los detectores de espacio de estacionamiento y medición deberán estar configurados con unas características específicas definidas individualmente para cada aparcamiento (Detección de vehículos equipados, la asociación con el centroide del aparcamiento...).

Una vez se crean todos los aparcamientos individuales de una misma área de parking definido previamente, se creará una sección de entrada y de salida conectados mediante una intersección a las secciones de entrada y salida correspondientes a los módulos como se describe esquemáticamente en la Ilustración 7.



*Ilustración 7: Esquema creación de plaza de aparcamiento*

Características de las secciones de entrada y salida al área de aparcamiento:

- La sección de entrada se definirá con una sección de carretera con un centroide de atracción y un detector asociado al mismo con las características de sección de entrada al área de aparcamiento definiendo el número de Parking Area. En esta sección debemos definir además el centroide de entrada a otra área de aparcamiento al cual se dirigirán los vehículos si el área al cual se dirigen en un primer momento estuviera llena.



- La sección de salida se definirá también con un centroide de atracción y un detector asociado al mismo con las características de sección de salida al aparcamiento definiendo el número de Parking Area correspondiente. En esta sección debemos definir un centroide de salida para que el vehículo que salga del área de aparcamiento sea reenrutado hacia dicha salida o el vehículo que salga desaparecerá.

Cabe mencionar que no es posible realizar un sólo Parking Area con la totalidad de aparcamientos del Centro Comercial si no que se dividirá en módulos de aparcamientos (94 en total) y cada área funcionará como un aparcamiento independiente al otro a no ser que desde otra área de aparcamiento el cual hayamos definido la posibilidad de que cuando esté lleno sea enrutado a otra área de aparcamiento siendo esta característica un nexo de unión entre ellos. Cada aparcamiento individual de cada área de aparcamiento compartirá la misma entrada y salida siendo unidas ambas a las secciones de aparcamiento de entrada y salida correspondientes mediante una misma intersección. De la misma forma, las características de las secciones deberán compartir número de área de aparcamiento entre ellos y los detectores y centroides de salida y entrada también.

Otra de las características que podemos añadir al área de aparcamiento en su totalidad es la prioridad de aparcamiento en cada uno, así evitaremos que, en nuestra simulación, la ocupación de cada área sea aleatoria ajustándose así más a la realidad, ya que se observa que la prioridad de aparcamiento en cada área de aparcamiento, siempre tratándolo de forma individual, es la proximidad a las entradas peatonales principales.

Se debe tener en cuenta el tiempo de estacionamiento definido con anterioridad a la realización de dichas áreas ya que si nos encontramos en un Centro Comercial el tiempo de estacionamiento no será el mismo que en el centro de una ciudad o en un área con restricciones de aparcamiento (OLA, VADO...). Para cambiar el tiempo de estacionamiento de la totalidad de aparcamiento del Centro Comercial Valle Real disponemos de un script que al ejecutarlo permite dicho cambio, el cual permitirá que el modelo se acerque más a la realidad mejorando la calibración de este. Este script te permite seleccionar el tiempo de estacionamiento medio de los vehículos definiendo también la desviación de tiempo tanto positivo como negativo de estos, ajustándose más a la realidad ya que los vehículos no estacionan y salen al mismo tiempo.

Si la metodología no se sigue cuidadosamente, se observará que en una microsimulación los coches simplemente desaparecerán en las secciones de entrada o salida o no aparcarán de forma adecuada.



En la Ilustración 8 se observa el detalle del aparcamiento del Centro Comercial construido con el Software Aimsun observando la complejidad de la red interior.



*Ilustración 8: Detalle red de aparcamientos C.C. Valle Real. Aimsun 8.1*

Una vez construida la totalidad de la red que incluye la red de carreteras exterior al C.C. y el aparcamiento en detalle con los dos mil seiscientos veinte aparcamientos construidos de forma individual incluyendo la red interior, se procederá a la calibración y validación del modelo con los datos obtenidos de diferentes medios.



La red completa construida con el software Aimsun motivo de estudio, se observa en la siguiente Ilustración.



*Ilustración 9: Red completa. Aimsun 8.1*



### 3.4 *Análisis de los Niveles de Servicio*

#### 3.4.1 *Introducción*

Para el análisis de capacidad y calidad del nivel de servicio se ha utilizado parámetros y metodologías del Manual de Capacidad (HCM) desarrollados por TRB, organización sin ánimo de lucro que forma parte de la Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de Estados Unidos. Esta organización reúne expertos para ayudar a desarrollar soluciones a problemas y asuntos a los que se enfrentan los profesionales del transporte además de proporcionar consejos a través de su política de estudios en la que derriba controvertidos temas de relevancia nacional.

TRB proporciona soluciones independientes, objetivas, interdisciplinarias e innovadoras para mejorar el transporte y sirve como referencia fundamental en conceptos, medidas de desempeño y técnicas de análisis para evaluar el funcionamiento multimodal de calles, autopistas, autopistas y caminos fuera de la vía pública.

HCM ha evolucionado a lo largo de los años para seguir las necesidades de sus usuarios y la sociedad, ya que el enfoque de la planificación y las operaciones de transporte de superficie en los Estados Unidos ha pasado del diseño y construcción del sistema de autopistas interestatales a la gestión de un complejo sistema de transporte que sirve a variedad de usuarios y modos de viaje. El objetivo principal de este manual es proporcionar movilidad para personas y mercancías.

Consiste en cuatro dimensiones:

- Cantidad de viajes: Magnitud del uso de una instalación o servicio de transporte.
- Calidad del viaje: Percepción del usuario de los viajes en un servicio o instalación de transporte con respecto a sus expectativas.
- Accesibilidad: Facilidad con la que los viajeros pueden participar en las actividades deseadas.
- Capacidad: Habilidad de un servicio o instalación de transporte para cumplir con la cantidad de viajes que se le exige.



### 3.4.2 Metodología

Para el estudio del NS de la zona de estudio, HCM establece diferentes divisiones del trazado. Cabe mencionar que se calcula de forma diferente el Nivel de Servicio en glorietas, intersecciones y autovías.

La metodología que se aplicará a glorietas con uno o dos carriles interiores y con accesos de entrada de uno o dos carriles. Es importante saber que se tendrá en cuenta el efecto de los peatones sobre la capacidad de los carriles, aunque no se analizará el Nivel de Servicio por la demora de los peatones. Se tendrá en cuenta que la metodología no considera el tráfico de intersecciones señalizadas cercanas, ni el efecto de pasos de peatones con semáforo accionado.

El proceso de cálculo para obtener los Niveles de Servicio será:

- Cálculo del tráfico interior (de conflicto) de salida y entrada por carril.
- Capacidad por carril de entrada.
- Impedancias debidas a los peatones.
- Relaciones volumen/capacidad por carril.
- Demora y Nivel de Servicio de cada carril.
- Demora media y Nivel de Servicio de cada acceso
- Demora media de la intersección.

La capacidad de glorietas se realizará siguiendo la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras norteamericano, edición 2010 (HCM 2010) de acuerdo con las recomendaciones del Ministerio de Fomento en su Nota de Servicio 5/2014. Esta metodología se basa en la estimación de la capacidad de cada acceso a la glorieta que dependerá del número de carriles del propio acceso y de la calzada anular y del flujo circulante que corta e impide la incorporación a la glorieta.

Así, la capacidad de una entrada de dos carriles en una glorieta de dos carriles interiores:

$$C_{e,R,pce} = 1130e^{(-0.7 \times 10^{-3})\vartheta_{c,pce}}$$

$$C_{e,L,pce} = 1130e^{(-0.75 \times 10^{-3})\vartheta_{c,pce}}$$

Donde:

$C_{e,R,pce}$  = capacidad del carril derecho de entrada, ajustado por vehículos pesados, (pc/h)

$C_{e,L,pce}$  = capacidad del carril izquierdo de entrada, ajustado por vehículos pesados, (pc/h)



$\vartheta_{c,pce}$  = tráfico de conflicto, (pc/h)

La capacidad de una entrada de un carril en una glorieta de dos carriles interiores:

$$C_{e,R,pce} = 1130e^{(-0.7 \times 10^{-3})\vartheta_{c,pce}}$$

Donde:

$C_{e,R,pce}$  = capacidad del carril de entrada, ajustado por vehículos pesados, (pc/h)

$\vartheta_{c,pce}$  = tráfico de conflicto, (pc/h)

La capacidad de una entrada de un carril en una glorieta de un carril interior:

$$C_{e,R,pce} = 1130e^{(-1.0 \times 10^{-3})\vartheta_{c,pce}}$$

Donde:

$C_{e,R,pce}$  = capacidad del carril de entrada, ajustado por vehículos pesados, (pc/h)

$\vartheta_{c,pce}$  = tráfico de conflicto, (pc/h)

Con la capacidad y el volumen horario o intensidad de tráfico previsto, se calcula la tasa volumen/capacidad y, con ella, la demora (d) mediante la formulación:

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[ x - 1 + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 \cdot \min[x, 1]$$

Donde c es la capacidad de cada carril de cada acceso y T el periodo de análisis (1 hora).

Finalmente, se obtienen las demoras por acceso y los niveles de servicio asociados

Una vez calculada la demora media, ya sea bien por carril, acceso o en la glorieta en general, se puede calcular el NS mediante la Tabla 2.

Nivel de Servicio	Demora media (seg/veh)
A	0 – 10
B	10 – 15
C	15 – 25
D	25 – 35
E	35 – 50
F	> 50

Tabla 2: Nivel de Servicio en glorieta (HCM 2010)



Para aplicar dicha metodología se necesitan conocer datos de:

- Condiciones geométricas como serán el número y tipo de carriles
- Condiciones de tráfico como serán volúmenes por movimiento, distribución por carril, FHP, proporción de vehículos pesados y ligeros, peatones...

En lo referente a Niveles de Servicio de secciones de carretera, se empleará igualmente la metodología del HCM 2010, basada en Carreteras de dos carriles (Two-Lane Highways), el cual, se basa en una clasificación previa de la tipología de carretera (Clase I, Clase II y Clase III) y una serie de variables de entrada:

- Intensidad horaria de tráfico por dirección
- Porcentaje de vehículos pesados.
- Velocidad máxima.
- Sección transversal
- Accesos por km

Con todo ello, se determina la velocidad de recorrido y el porcentaje de seguimiento a vehículos lentos, obteniéndose el nivel de servicio de acuerdo con la siguiente tabla

Nivel de Servicio	Carreteras clase I		Carreteras Clase II	Carreteras Clase III
	Vel (mi/h)	Seguimiento (%)	Seguimiento (%)	Velocidad máx (%)
<b>A</b>	>55	<=35	<=40	>91.7
<b>B</b>	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
<b>C</b>	>45-50	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
<b>D</b>	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
<b>E</b>	<=40	>80	>85	>=66.7
<b>F</b>	Intensidad/capacidad >=1			

*Tabla 3: Nivel de Servicio en carreteras. (HCM 2010)*

Estimación de niveles de servicio:

El nivel de servicio es una medida cualitativa y descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia y la seguridad.



Según el manual de capacidad, se consideran seis niveles de servicio para cualquier tipo de carretera o calle, en los que se identifican las condiciones, existentes bajo ciertos requerimientos previos de intensidad y velocidad, que se designan de **A** a **F**, e indican una mejor (nivel A) o peor (nivel F) calidad de circulación como seguidamente se indica.

- *Nivel de servicio A:* Representa las características de una circulación libre, fluida, solo posible cuando la intensidad de servicio es pequeña y la velocidad de trayecto elevada, donde los conductores pueden desarrollar la velocidad por ellos mismo elegida con gran libertad de maniobra.
- *Nivel de servicio B:* Indica la zona donde la circulación es libre pero la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Sin embargo, los conductores aún poseen libertad razonable para seleccionar su propia velocidad y carril de circulación.
- *Nivel de servicio C:* Este nivel representa aún las características de una circulación estable, fluida, aunque la velocidad posible a desarrollar y la libertad de maniobra de los conductores están ya más ligadas a las condiciones impuestas por el tráfico que a la propia voluntad de aquéllos. La mayor parte de los usuarios encuentra restricciones para seleccionar su propia velocidad, cambiar de carril y adelantar a otros vehículos.
- *Nivel de servicio D:* Dentro de esta zona, las condiciones de operación se aproximan a la inestabilidad, con velocidad real tolerable, aunque difícil de mantener constante a través de un trayecto largo. Los conductores encuentran poca libertad de maniobra y comodidad, aunque estas circunstancias pueden soportarlas siempre que tengan lugar durante cortos espacios de tiempo.
- *Nivel de servicio E:* Determina las características de una circulación inestable con velocidad variable y paradas de breve duración; las intensidades de servicio se acercan mucho a la capacidad de la vía.
- *Nivel de servicio F:* Representa las condiciones de circulación forzada con pequeña velocidad y paradas frecuentes de menor o mayor duración, debidas a la congestión del tráfico; en casos extremos, la velocidad y la intensidad de servicio pueden descender a cero.



## 4 Datos

Para el análisis de la situación actual se elige la hora con mayor tráfico del día el cual presente mayor tráfico total. En este caso, se ha elegido las 18:00h del 7 de enero. Para la simulación se han realizado ajustes cada quince minutos.

Los datos necesarios para elaborar el estudio, en cuanto a la situación del tráfico, han sido proporcionados desde dos fuentes diferentes:

- Datos de estaciones de aforo del Ministerio de Fomento.
- Espiras procedentes del Centro Comercial Valle Real.

### 4.1 Datos de estaciones de aforo del Ministerio de Fomento.

Se ha contado con los datos más actualizados posibles los cuales serán del año 2014.

Para el análisis de la situación actual y para que este fuera significativo, se ha utilizado la hora punta de las 18:00h de un 7 de enero, ajustándolo cada quince minutos, siendo éste el día y la hora con más tráfico del año según los datos de las espiras del Centro Comercial Valle Real. Este día coincide con el primer día de rebajas del año justo después de un día festivo como es el 6 de enero, por lo que se observa que los problemas son significativos respecto a la ocupación masiva del aparcamiento y la afluencia de tráfico provocando problemas en las intersecciones y largas colas tanto de entrada como de salida de vehículos.

En primer lugar, se han utilizado datos procedentes del Ministerio de Fomento. Como se ha comentado anteriormente, estos datos corresponden a la base de datos del año 2014. Se trata de datos de estaciones de aforo situadas en las carreteras próximas al aparcamiento del C.C. Valle Real.

Se dispone de cuatro estaciones de aforo en las carreteras S-10, A-67 y N-636:

- La estación S-116-5, es una estación de tipo primaria y del estado y se encuentra en el PK 3,8 de la S-10.
- La estación denominada como S-22-2, en esta ocasión es del estado y de tipo secundario, se encuentra también en la carretera S-10 pero esta vez en el PK 1,0.
- La estación S-214-2 es también del estado y de tipo secundario, se encuentra en la A-67 en el PK 203,3.



- La estación S-127-2 es una estación del estado y de tipo secundario y se encuentra en la N-636 en el PK 0,1.

En la siguiente ilustración se observan las ubicaciones de las estaciones descritas anteriormente.



*Ilustración 10: Mapa localización de estaciones (Mapa de tráfico 2014)*

Para la obtención de la IMD (Intensidad Media Diaria) en la hora punta (18:00h–19:00h) se ha utilizado el producto de la IMD total por calzada con el porcentaje horario para dicha hora.

Se representa los datos utilizados para la obtención de la IMD en la hora punta para mayor visualización (Tabla 4). Estos datos son de carácter horario.



	Denominación Estación de Aforo	Calzada	IMD/Calzada (veh/día)	Porcentaje horario 18:00h (%)	IMD media de 18:00 a 19:00 h (veh/día)
<b>S-10</b>	S-22-2	C1	3601	7,29	49393
		C2	3866	7,89	49001
	S-116-5	C1	2646	6,6	40086
		C2	2606	6,74	38662
<b>A-67</b>	S-214-2	C1	1084	6,33	15066
		C2	1885	7,63	24475
<b>N-636</b>	S-127-2	SANTANDER	339	7,44	4509
		AEROPUERTO	339	7,44	4509

Tabla 4: Intensidades de IMD con Estaciones de Aforo (Ministerio de Fomento)

Para obtener la IMD media de la hora punta (18:00 a 19:00h) se ha utilizado la siguiente formulación:

$$IMD_{media\ de\ 18:00\ a\ 19:00h} = IMD_{calzada} \times Pcentaje\ Horario_{18:00h}$$

## 4.2 Espiras procedentes del Centro Comercial Valle Real.

Los datos obtenidos de las espiras que se encuentran en el Centro Comercial Valle Real proceden de los facilitados por el Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte de la Universidad de Cantabria (GIST) el cual fue creado con el objetivo de desarrollar labores de investigación y desarrollo en el área de los sistemas de transporte, adoptando las Nuevas Tecnologías como herramientas de trabajo.

Dichas espiras se encuentran en las entradas del propio Centro Comercial las cuales nos proporcionan información útil para la validación del modelo. Se pueden conocer datos como la intensidad, ocupación, velocidad media y fecha.

Para este estudio solamente se han necesitado la intensidad de entrada y la fecha de tres espiras diferentes.

Concretamente, el GIST ha proporcionado datos de tres espiras con intensidades desde las 18:00 hasta las 19:00 del día 7 de enero.



Los datos se recogen en la Tabla 5:

Nombre	Intensidad de 18:00 a 19:00 h (veh/h)
ENTRADA_NORTE	650
ENTRADA_NOROESTE	275
ENTRADA_TRASERA	150

*Tabla 5: Intensidades C.C. Valle Real*

Se debe tener en cuenta que, debido a la falta de datos, para la realización del estudio se ha tomado como Factor de Hora Punta (FHP) 0,95 como valor predeterminado.

De la misma forma, el porcentaje de vehículos pesados se tomará como un 5%.



## 5 La red

### 5.1 Introducción

La red objeto de estudio será un modelo construido en su totalidad con el Software Aimsun la cual consta de una red de carreteras externas al Centro Comercial Valle Real y una red interior con dos mil seiscientos veinte aparcamientos distribuidos por el mismo.

### 5.2 Descripción de la red

La red consta de seis centroides y once detectores en las carreteras externas. Asimismo, dispone de un centroide de generación y atracción desde un restaurante cercano al C.C. y otro de las mismas características en la gasolinera que se encuentra en el interior de este.

El aparcamiento, el cual cuenta con dos mil seiscientos veinte aparcamientos en total, se ha dividido en noventa y cuatro áreas de aparcamiento (Parking área) de diversas dimensiones las cuales se encuentran desde cuatro hasta sesenta plazas de aparcamiento por área. Esto se debe a los requerimientos de la API proporcionada por Aimsun, los cuales obliga a que los aparcamientos compartan una misma intersección. Por ello, se debe dividir el aparcamiento en varias áreas, compartiendo intersección, aunque los aparcamientos hayan sido individualmente construidos.

Se debe tener en cuenta de la misma forma, varios aparcamientos reservados para diferentes tipos de usuarios de vehículos como son:

- 2 aparcamientos para Personas con Movilidad Reducida cerca de la entrada al Centro de Bricolaje del C.C. (Parking área: 87).
- 9 aparcamientos para Personas con Movilidad Reducida cerca de la entrada principal del C.C. (Parking área: 64).
- 2 aparcamientos para Personas con Movilidad Reducida y 7 aparcamientos para Coches Familiares cerca de la segunda entrada del C.C. (Parking área: 75).
- 6 aparcamientos para Coches Familiares (Parking área 63).
- 4 aparcamientos para Coches Familiares (Parking área 65).



Para la diferencia entre tipos de usuarios se cambiará el tipo de coche en la configuración de Aimsun en el estacionamiento para asegurar su correcta utilización y que el modelo sea lo más ajustado a la realidad posible.

Posteriormente y para la mayor facilidad de introducción de datos obtenidos de la calibración estática de la red simplificada, se ha optado por dividir la totalidad del parking en 7 grandes grupos de diversas dimensiones de mayor a menor prioridad de ocupación siendo el 1 el de más ocupación y 7 el de menos mientras se encuentre en horario comercial dicho Centro Comercial. Estas divisiones se observan en el Mapa 2 (Anexo. Infografía).

Se observa que los aparcamientos los cuales se encuentran en las proximidades de las entradas del C.C. y al Centro de bricolaje, muestran una ocupación de más del 90% durante el horario comercial. Estos aparcamientos se agrupan en los grupos 1 y 2.

Los del grupo 3 se encuentran la mayor parte del tiempo a algo más del 75% de ocupación, debido a su proximidad también de las entradas, pero algo más alejadas que los de los grupos 1 y 2.

Los del grupo 4 se encuentran con una menor ocupación durante el horario comercial siendo esta también menor que la del grupo 3 pero se observa que se encuentra a más del 50% durante la mayor parte del horario comercial.

Los grupos 5 y 6 se encuentran durante el horario comercial con una ocupación baja, aunque en las horas punta también tiene una ocupación importante.

El último grupo, el 7, la mayor parte del tiempo se encuentra a menos del 10% de ocupación debido a la lejanía de las entradas al C. C. aún en horas punta no superará el 50% de ocupación.

Esta priorización del tráfico de estacionar en las cercanías de las entradas al Centro Comercial hace que la mayor parte del tráfico entrante se dirija hacia dichos estacionamientos que, además de los problemas que simplemente por la geometría de la intersección motivo de estudio produce, agrava asimismo los problemas de colas que se forman.



## 6 Calibración y validación del modelo

### 6.1 Introducción

Para la calibración y validación del modelo para el posterior análisis utilizaremos Aimsun y Excel, el cual nos permitirá introducir las Matrices O/D necesarias de una manera más sencilla.

Para una menor complejidad, una optimización del tiempo empleado y debido a las dificultades planteadas por el gran tamaño del archivo de Aimsun, se ha optado por simplificar la red a analizar (Ilustración 11).

La red simplificada consta de la eliminación del aparcamiento y red interior de Centro Comercial sustituyéndolo por centroides de entrada y salida correspondientes a la entrada Norte, Noroeste y Trasera y de la red de carreteras exterior con sus correspondientes centroides, así como los detectores correspondientes para la correcta calibración de este con el conjunto de datos reales obtenidos de los datos proporcionados por el ministerio descrito anteriormente.



Ilustración 11: Red completa y simplificada para calibración de modelo. Aimsun 8.1



## 6.2 Calibración y validación

Inicialmente y para la posterior calibración se deben elegir diferentes centroides de entradas y salidas de la red motivo de estudio.

Se han elegido varios centroides coincidiendo con diferentes zonas, serán 10 los centroides utilizados para la calibración del modelo. Estos serán la autovía A-67 desde Este y desde el Oeste; la S-10 desde el Norte y el Sur; la N-636 (Aeropuerto); el polígono de Raos; Maliaño y localidades próximas; El establecimiento Mc Donald; La entrada Norte, Noroeste y Trasera del C.C. Valle Real.

Para la calibración del modelo se ha constituido una red simplificada del mismo para la menor complejidad optando por reducir el aparcamiento en 3 centroides conectados como entrada y la salida de este.

La calibración del modelo con la red simplificada se ha realizado primero con una calibración estática con la cual obtenemos unas regresiones y una vez esta calibración es correcta se realizará en segundo lugar la calibración dinámica en Aimsun.

Para la calibración estática se necesita una Matriz O/D para poder validar el modelo.

En este caso, se utilizarán datos obtenidos de los aforos como son las intensidades de la red, así como los datos proporcionados por el Centro Comercial de intensidades de entrada de vehículos al mismo.

No se cuenta con una matriz como dato para la calibración, por ello se ha partido de una matriz inicial con 0 en los caminos a los que no se puede acceder y 1 en los demás.

Para la realización de la matriz, introducimos las intensidades con origen y destino en los centroides conocidos.

En el software Aimsun, introducimos en la red detectores tanto como datos de intensidades conocidas con el objetivo de calibrar la misma. Con estos datos conocidos utilizamos Excel para introducir lo que se denomina como “*Conjunto de Datos Reales*” los cuales nos permitirán calibrar la matriz para el correcto funcionamiento de la red.

El Conjunto de datos reales necesita un mínimo de datos para que puedan ser utilizados en la red. En este caso, se utilizarán 3 columnas con el Nombre del detector, la Intensidad conocida con los aforos y la Hora de simulación (Tabla 6).



Nombre	Aforo	Tiempo
S-22-2_C1	3601	19:00:00
S-22-2_C2	3866	19:00:00
S-116-5_C1	2646	19:00:00
S-116-5_C2	2606	19:00:00
S-214-2_C1	1084	19:00:00
S-214-2_C2	1885	19:00:00
S-127-2_SANTANDER	339	19:00:00
S-127-2_AEROPUERTO	339	19:00:00
ENTRADA_NORTE	650	19:00:00
ENTRADA_TRASERA	150	19:00:00
ENTRADA_NOROESTE	275	19:00:00

Tabla 6: Conjunto de datos reales.

A partir de este momento, introduciendo las filas y columnas iniciales de la matriz OD se utilizará el método iterativo *Biproporcional*, obteniendo la matriz base para iniciar la calibración del modelo.

Una vez se obtenga la matriz base la cual cumplirá los valores de intensidades de los centroides con datos conocidos, se introducirá en Aimsun para la posterior calibración.

Mediante dicha calibración se llega a un ajuste el cual decidiremos si es válido o no. Si esta calibración no tiene un ajuste demasiado bueno, utilizando la matriz obtenida de la calibración se volverá a calibrar, repitiendo esta operación tantas veces como sea necesaria para llegar a un ajuste que consideraremos bueno.

Con la matriz inicial y después de 3 iteraciones con el software Aimsun, se llega a un ajuste estático bueno (Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9).



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



O/D	MC DONALD	S-10 NORTE	A-67 OESTE	A-67 ESTE	S-10 SUR	RAOS	AEROPUERTO	ENTRADA NORTE	MALIAÑO	ENTRADA TRASERA	ENTRADA NOROESTE
MC DONALD	0	20	0	0	0	4	4	0	40	10	10
S-10 NORTE	40	0	0	0	200	100	50	175	100	35	25
A-67 OESTE	20	0	0	200	150	0	40	200	100	35	80
A-67 ESTE	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0
S-10 SUR	40	200	0	0	0	80	20	150	60	35	25
RAOS	2	60	0	0	80	0	10	15	60	2	2
AEROPUERTO	4	100	0	0	0	0	0	0	60	15	25
MALIAÑO	20	80	0	0	0	60	40	25	0	40	70
ENTRADA NOROESTE	4	60	0	0	0	4	4	0	40	0	2

Tabla 7: Matriz O/D Calibración inicial.

O/D	MC DONALD	S-10 NORTE	A-67 OESTE	A-67 ESTE	S-10 SUR	RAOS	AEROPUERTO	ENTRADA NORTE	MALIAÑO	ENTRADA TRASERA	ENTRADA NOROESTE
MC DONALD	0	156,204	0	0	0	4	3,91482	0	40	3,0145	7,87542
S-10 NORTE	188,201	0	0	0	1753,77	470,502	199,939	375,275	470,502	52,994	89,4336
A-67 OESTE	20,6032	0	0	206,032	556,711	0	38,2927	85,1318	103,016	10,6796	63,0727
A-67 ESTE	0	0	1885	0	0	0	0	0	0	0	0
S-10 SUR	104,162	1846,66	0	0	0	208,324	44,6433	169,5	156,243	28,568	49,2424
RAOS	2	468,611	0	0	336,01	0	9,78706	7,74597	60	0,6029	1,57508
AEROPUERTO	1,63402	303,486	0	0	0	0	0	0	24,5104	1,70674	7,74685
MALIAÑO	20	624,814	0	0	0	60	39,1482	12,9099	0	12,058	55,128
ENTRADA NOROESTE	4	468,611	0	0	0	4	3,91482	0	40	0	1,57508

Tabla 8: Matriz O/D segunda iteración Calibración Aimsun.



O/D	MC DONALD	S-10 NORTE	A-67 OESTE	A-67 ESTE	S-10 SUR	RAOS	AEROPUERTO	ENTRADA NORTE	MALIAÑO	ENTRADA TRASERA	ENTRADA NOROESTE
MC DONALD	0	156,758	0	0	0	4	3,92885	0	40	2,8501	8,48353
S-10 NORTE	186,75	0	0	0	1742,82	466,876	199,062	373,512	466,876	38,1403	126,625
A-67 OESTE	20,9765	0	0	209,765	567,105	0	39,1406	87,6225	104,883	24,1	29,8488
A-67 ESTE	0	0	1885	0	0	0	0	0	0	0	0
S-10 SUR	103,32	1838,79	0	0	0	206,64	44,4306	168,642	154,98	20,4357	70,1032
RAOS	2	470,275	0	0	336,55	0	9,82212	7,78162	60	0,570019	1,69671
AEROPUERTO	1,63771	305,162	0	0	0	0	0	0	24,5657	2,74121	4,97743
MALIAÑO	20	627,033	0	0	0	60	39,2885	12,9694	0	19,9507	33,9341
ENTRADA NOROESTE	4	470,275	0	0	0	4	3,92885	0	40	0	0

Tabla 9: Matriz O/D definitiva. Tercera iteración Calibración Aimsun.

Una vez obtenida la Matriz O/D definitiva, se analizan los resultados obtenidos de la misma.

La recta de regresión de la simulación es  $Y = 2.06549 + 0.999525X$  Con un  $R^2 = 0.999996$

Se debe tener en cuenta que la solución óptima es aquella con un  $R^2 = 1$ , significará entonces que  $Y=X$ .

Se representan los datos sobre la calibración obtenidos y explicados anteriormente (Ilustración 12 e Ilustración 13).

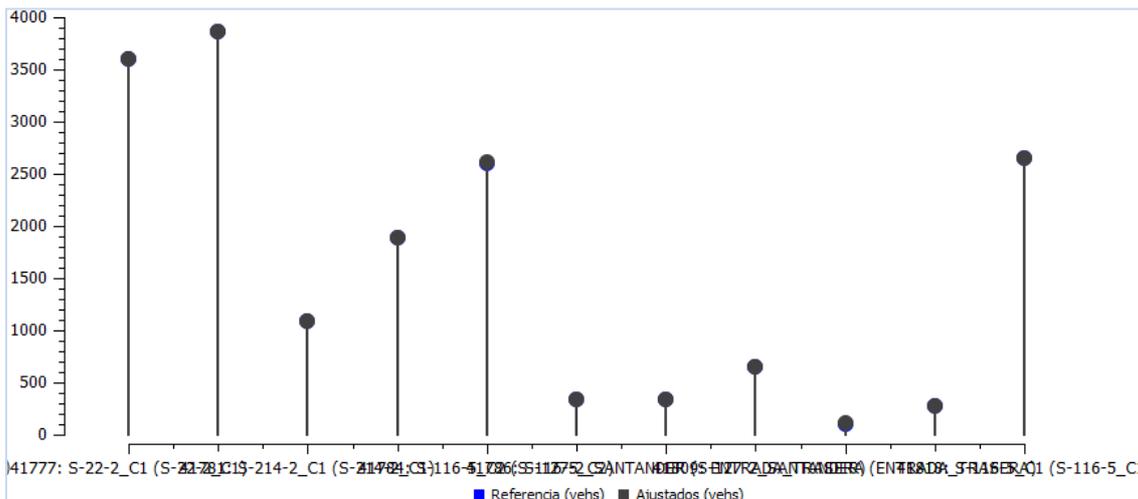


Ilustración 12: Validación de la calibración dinámica 1

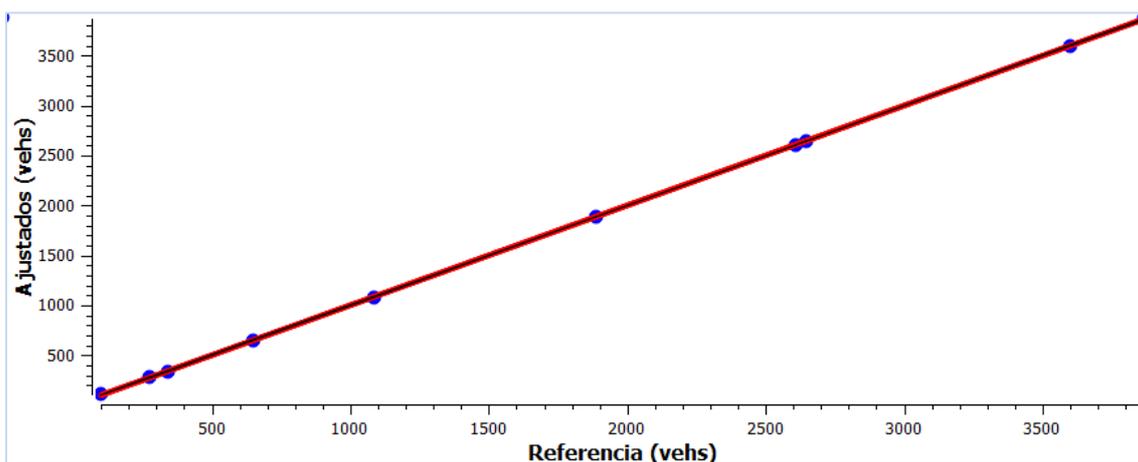


Ilustración 13: Validación de la calibración dinámica 2

A la vista de la matriz ajustada obtenida de Aimsun, se llega a varias conclusiones:

- La entrada al centro comercial que más viajes atrae es la Entrada Norte, siendo el centroide que más viajes genera a esta entrada la S-10 Norte seguida de la S-10 Sur.
- La entrada que menos viajes atrae es la entrada trasera siendo el centroide que más viajes genera a esta entrada la S-10 Norte de nuevo seguida de Maliaño.



Con esta información podemos llegar a la conclusión que el movimiento principal es de S-10 Norte a la entrada Norte y de S-10 Sur a la misma.

Una vez se ha obtenido la calibración de la red con la versión simplificada por motivos explicados anteriormente, se comenzará la validación de la calibración del modelo con la red completa.

La red completa consta del aparcamiento completo del Centro Comercial Valle Real como objeto de estudio y las carreteras que permiten el acceso al mismo.

Teniendo en cuenta las intensidades de entrada al centro comercial obtenidas y los datos de preferencias y ocupación del aparcamiento se ha completado la matriz O/D con la red completa.

Una vez obtenida la matriz O/D con la red completa observamos que las zonas que más vehículos atrae serán las que se encuentran próximas a las entradas al Centro Comercial como ya se ha explicado anteriormente.

La validación del modelo con la red completa se hará de forma visual comparando los resultados de Aimsun y la realidad en hora punta en las cuales debemos encontrarnos retenciones en las intersecciones en las cuales confluyen flujos principales ya sean de entrada y salida (Intersección 1) o principales de entrada (Intersección 2). También nuestro modelo debe reflejar la situación que presenta en la actualidad la glorieta situada al Suroeste (intersección 3) en el exterior del Centro Comercial la cual presenta una importante retención debido al importante tráfico de salida de este.

Además se añadirá los estudios de la glorieta 1 y glorieta 2 exteriores al aparcamiento de Vallereal con el objetivo de mejorar toda la red.



## 7 *Análisis de la situación actual*

### 7.1 *Introducción*

El análisis de la situación actual se hará desde el punto de vista del estado del tráfico cuantificándolo con el software Sidra Intersection 5.1 analizando Niveles de Servicio de las intersecciones motivo de estudio.

### 7.2 *Análisis de la situación actual*

#### 7.2.1 *Análisis de la intersección 1*

El motivo por el cual la *intersección 1* es objeto de análisis se observó anteriormente. Dicha intersección la cual se observa de forma esquemática en la Ilustración 14 que se encuentra en el interior del aparcamiento. Se trata de una intersección en cruz donde se produce la intersección de flujos principales, los vehículos de entrada por la entrada Norte y el flujo principal de salida lo cual provoca grandes retenciones de los vehículos que entran debido a la señal de STOP en sentido NE-SW (Flujo principal de entrada) dando preferencia de paso en sentido SE-NW (Flujo principal de salida).

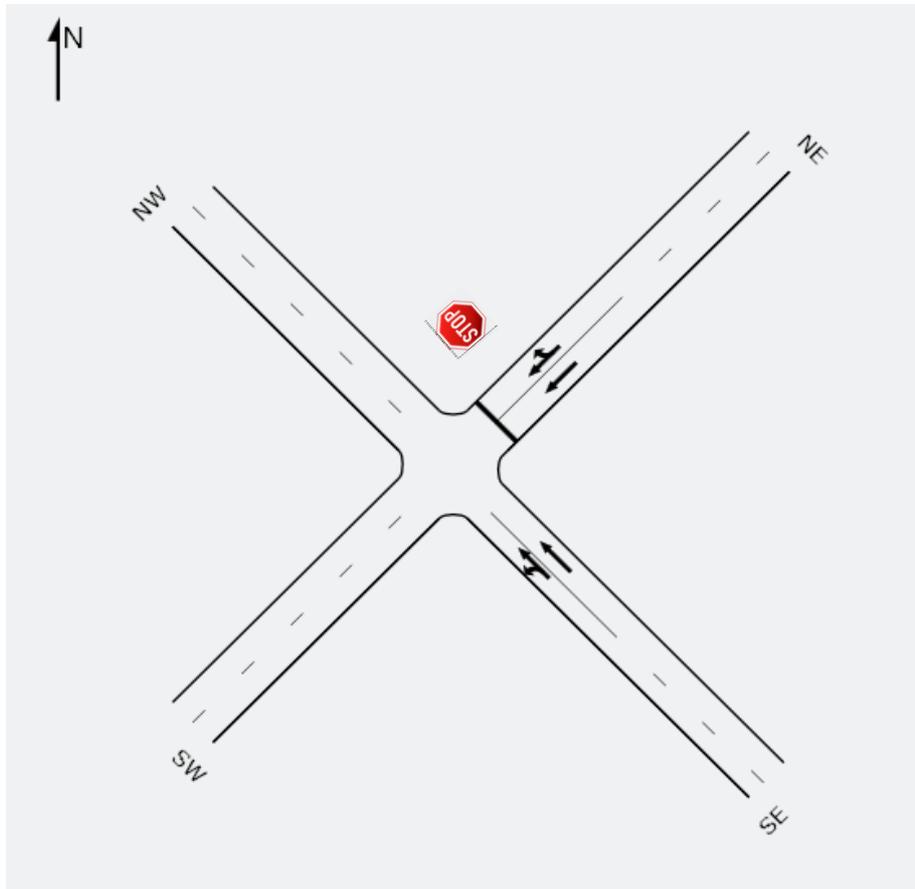
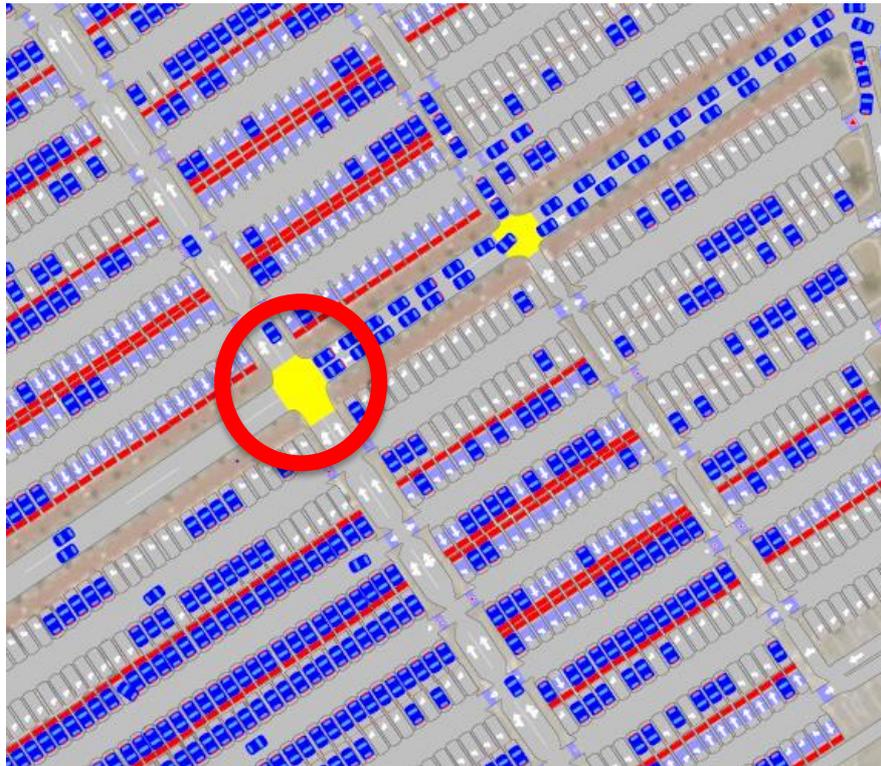


Ilustración 14: INTERSECCIÓN 1. Representación Sidra 5.1



Esta intersección debe soportar la mayor parte del tráfico que entra al Centro Comercial, así como la que sale de este. En la Ilustración 15 observamos en Aimsun la situación que presenta dicha intersección en la cual se forman grandes retenciones de flujo entrante debido principalmente a la señalización de STOP que prioriza un movimiento siendo este el del flujo de salida que, siendo muy parecidos los flujos en hora punta, ocasiona la imposibilidad de fluidez de tráfico en la intersección.



*Ilustración 15: INTERSECCIÓN 1. Representación de las colas en la intersección Aimsun 8.1*



Analizaremos con el Software Sidra el Nivel de Servicio en la intersección el cual se basa en la demora media (seg/veh) por cada movimiento en la intersección representado en la Ilustración 16.

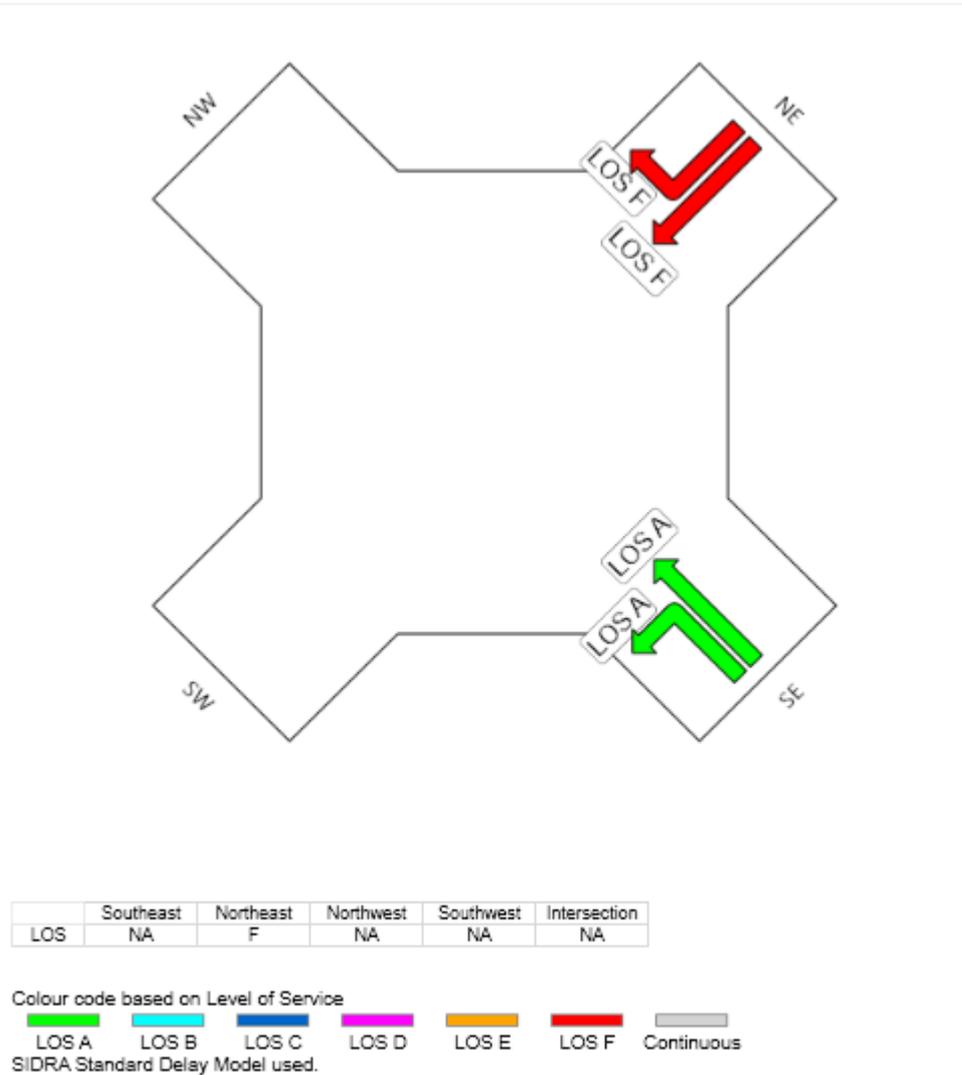


Ilustración 16: INTERSECCIÓN 1. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1

Se observa la diferencia en los Niveles de Servicio que existen en los diferentes movimientos. Debido a que el movimiento SE-NW es el flujo principal de salida y no debe ceder ningún movimiento se obtiene un Nivel de Servicio A. Sin embargo, el movimiento NE-SW tiene un STOP que le impide el flujo de movimiento de forma libre, los cuales deben ceder a todos los movimientos del flujo principal de salida que, al tener unas intensidades totales muy parecidas



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



perjudica a la demora que se genera en hora punta obteniendo un Nivel de Servicio F.

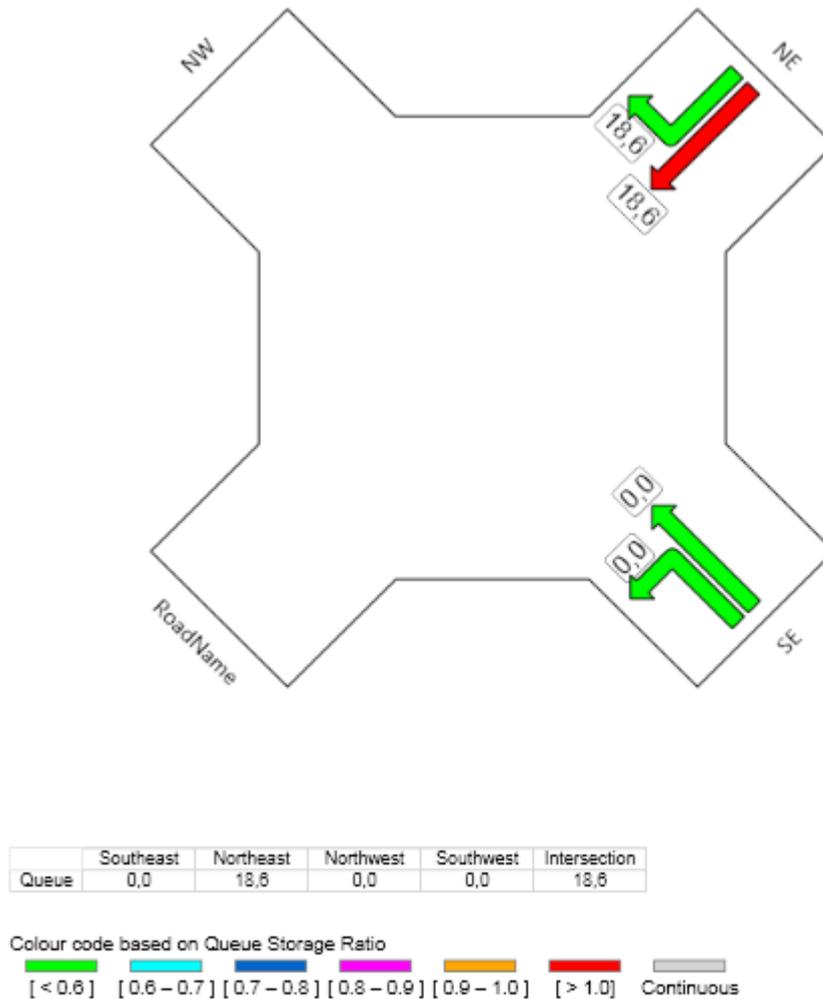


Ilustración 17: INTERSECCIÓN 1. Cola media (veh) Sidra 5.1

En la Ilustración 17 se observa la cola media durante la hora punta medida en vehículos donde la cola media es nula en sentido SE-NW y de unos 19 vehículos en sentido NE-SW lo cual muestra el problema anteriormente mencionado.

Estos resultados hacen visible los problemas a solucionar que genera la intersección de flujos principales respecto a demoras y retenciones.



### 7.2.2 Análisis de la intersección 2

El motivo por el cual la *intersección 2* es motivo de análisis se observó anteriormente. Dicha intersección se encuentra en el interior del aparcamiento y en este se produce la intersección de flujos principales de entrada, los vehículos de entrada por la entrada Norte y los vehículos de entrada por la entrada Noroeste, lo cual provoca retenciones de los vehículos que entran debido a la señal de Ceda el paso en la calle NE (Flujo principal de entrada) dando preferencia de paso en dirección NW-SE.

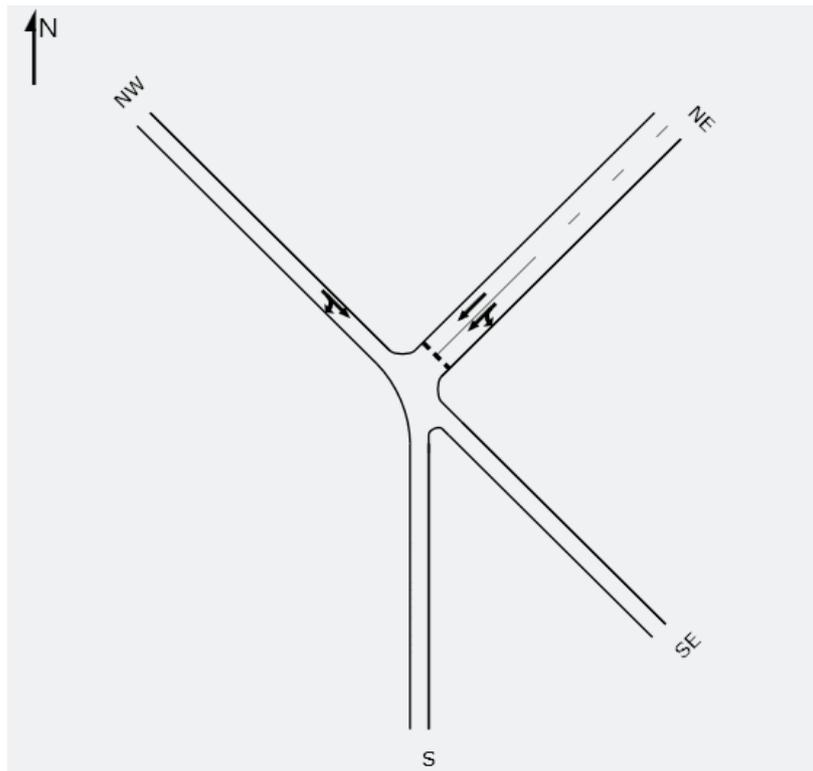


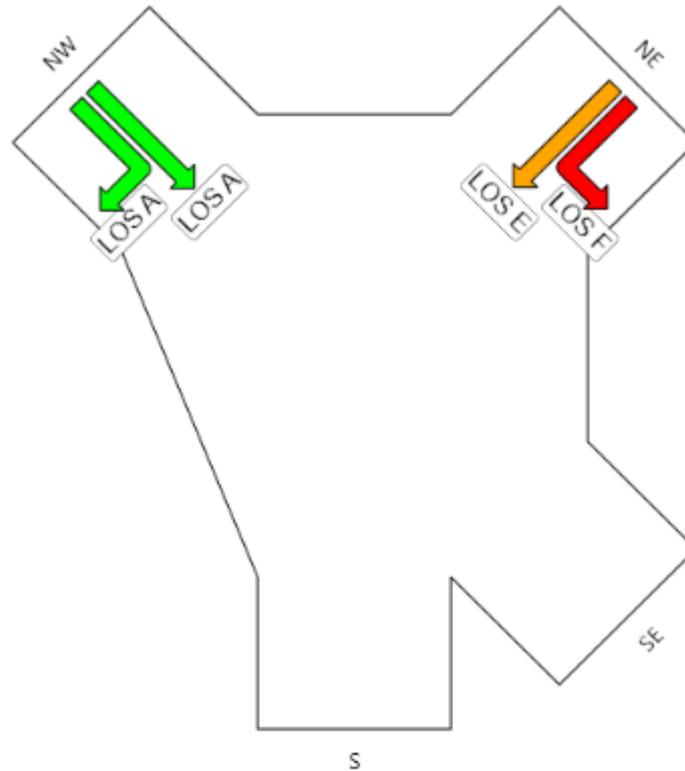
Ilustración 18: INTERSECCIÓN 2. Representación Sidra 5.1

Esta intersección debe soportar la mayor parte del tráfico que entra al Centro Comercial de dos de las tres entradas posibles, de la entrada Norte y la Noroeste. En la Ilustración 19 observamos en *Aimsun* la situación que presenta dicha intersección en la cual se forman retenciones de flujo entrante debido principalmente a la señalización de ceda el paso que prioriza un movimiento el cual no es el de mayor intensidad, además de la forma geométrica la cual forma para la salida Sur un cuello de botella que impide en mayor medida, la fluidez del tráfico. Cabe mencionar que la intensidad de tráfico es mayor por la entrada Norte que por la Noroeste.



*Ilustración 19: INTERSECCIÓN 2. Representación de las colas en la intersección Aimsun 8.1*

Analizaremos con el Software Sidra el Nivel de Servicio en la intersección el cual se basa en la demora media (seg/veh) por cada movimiento en la intersección representado en la Ilustración 20.

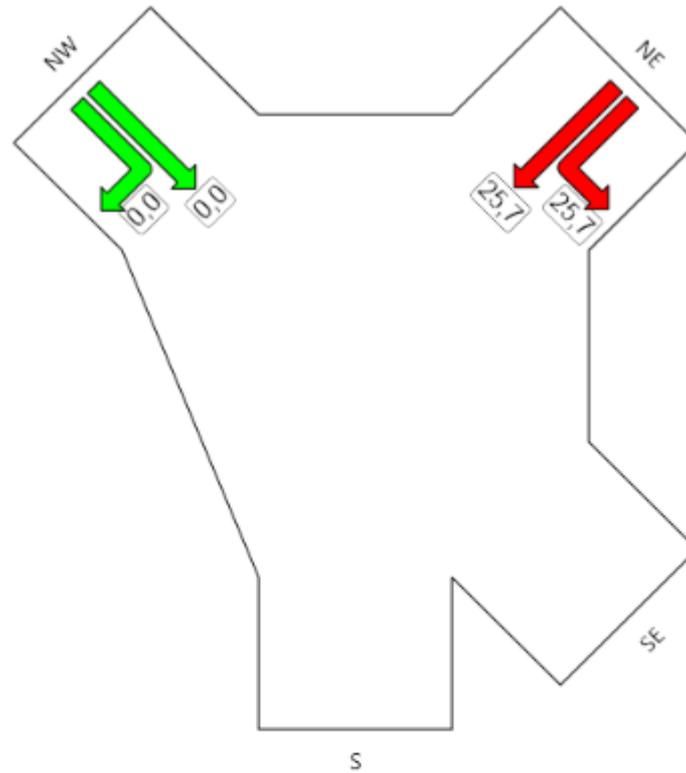


	South	Southeast	Northeast	Northwest	Intersection
LOS	NA	NA	E	NA	NA

Colour code based on Level of Service  
LOS A LOS B LOS C LOS D LOS E LOS F Continuous  
SIDRA Standard Delay Model used.

Ilustración 20: INTERSECCIÓN 2. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1.

Se observa la diferencia en los Niveles de Servicio que existen en los diferentes movimientos. Debido a que el movimiento NW-SE Y NW-S no debe ceder ningún movimiento se obtiene un Nivel de Servicio A. Sin embargo, el movimiento NE-SE y NE-S tiene un Ceda el Paso que le impide el flujo de movimientos de forma libre, los cuales deben ceder a todos los movimientos del flujo de entrada Noroeste que, al tener unas intensidades grandes, aunque menos que la intensidad de entrada Norte, perjudica a la demora que se genera en hora punta obteniendo un Nivel de Servicio F y la capacidad o Nivel de Servicio E respectivamente.



	South	Southeast	Northeast	Northwest	Intersection
Queue	0,0	0,0	25,7	0,0	25,7

Colour code based on Queue Storage Ratio  
[ < 0.6 ] [ 0.6 - 0.7 ] [ 0.7 - 0.8 ] [ 0.8 - 0.9 ] [ 0.9 - 1.0 ] [ > 1.0 ] Continuous

Ilustración 21: INTERSECCIÓN2. Cola Media en (veh) Sidra 5.1.

En la Ilustración 21 se observa la cola media durante la hora punta medida en vehículos donde la cola media es nula en sentido desde NW y de unos 25 vehículos en sentido desde NE lo cual muestra el problema anteriormente mencionado.

Estos resultados hacen visible los problemas a solucionar que genera la intersección de flujos principales de entrada y el propio problema geométrico que presenta respecto a demoras y retenciones.

### 7.2.3 Análisis de la intersección 3

El motivo por el cual la *intersección 3* es objeto de análisis se observó anteriormente. Dicha intersección tiene señalización como glorieta, aunque no funciona correctamente con la definición de esta por lo que lo aproximamos con una intersección con prioridad de paso al flujo de salida de vehículos del Centro Comercial. Se encuentra en el exterior del aparcamiento donde la descompensación de intensidades que entran a la intersección provoca retenciones de los demás flujos. Se encuentra todo el tráfico de salida del Centro Comercial con el tráfico que entra por la entrada Sur y los dirigidos hacia Maliaño.

Para minimizar los problemas que se creaban con el tráfico dirigido desde NE hasta la entrada Sur se creó un carril de giro a la derecha por el que los vehículos no deben entrar a la intersección para realizar dicho giro.

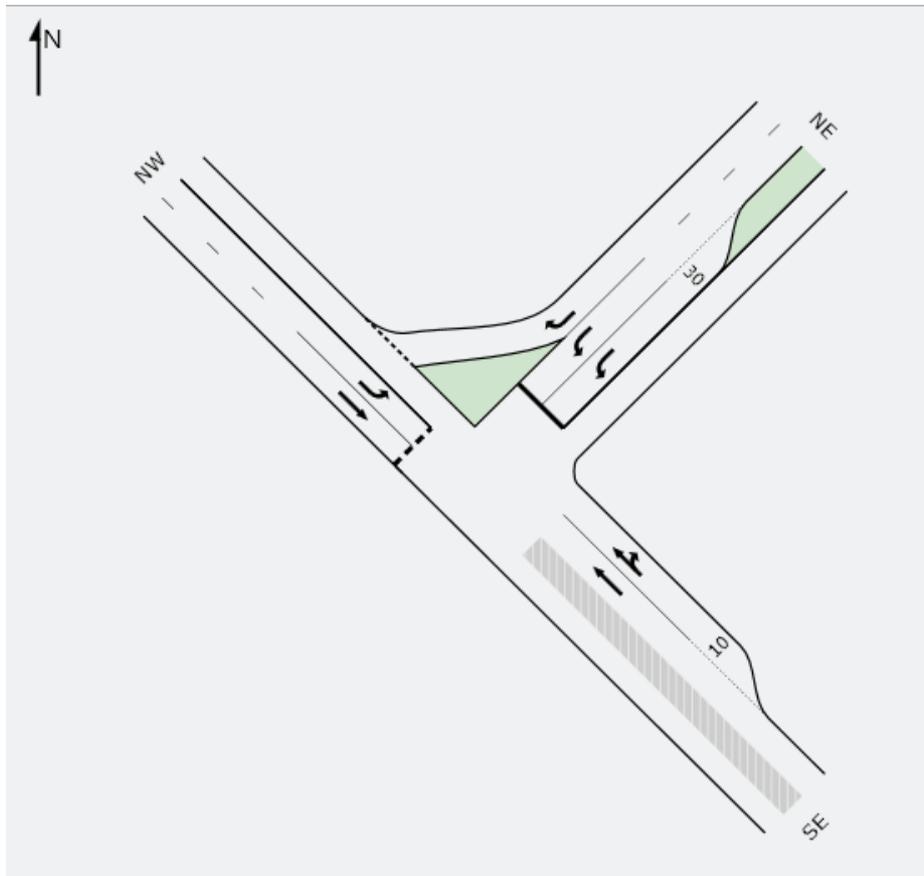


Ilustración 22: INTERSECCIÓN 3. Representación Sidra 5.1

Esta intersección debe soportar el total del tráfico que sale del Centro Comercial. Se observa en la Ilustración 23 en *Aimsun* la situación que presenta dicha intersección en la cual se forman retenciones de flujo que en un principio se podría pensar que se trata de la intersección o glorieta la cual trabaja por encima de la capacidad. Sin embargo, se observa que, además del gran volumen



que soporta, las retenciones provienen de la glorieta siguiente debido a que no funciona correctamente ya que los volúmenes que entran a la glorieta son desiguales y para el correcto funcionamiento de glorietas, las intensidades de entrada de vehículos deben de ser parecidas.

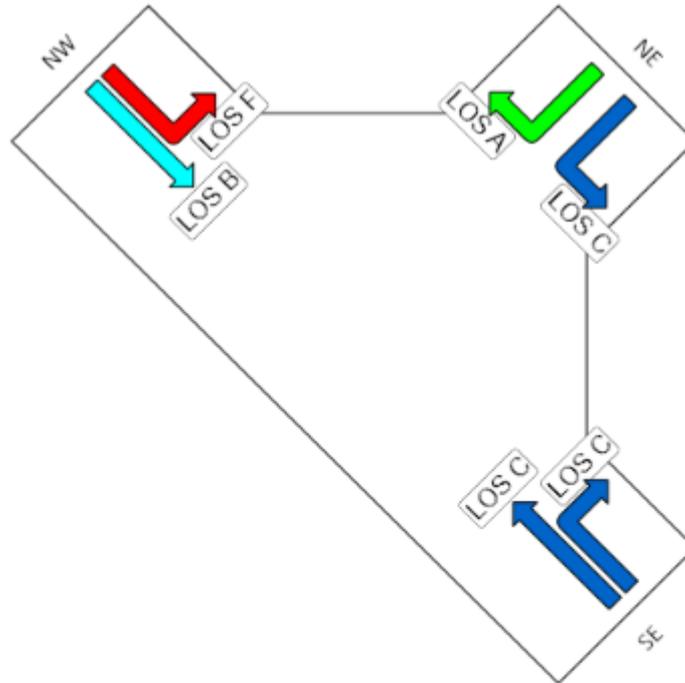


*Ilustración 23: INTERSECCIÓN 3. Representación de las colas en la intersección. Aimsun 8.1*

Cabe destacar que la mayor intensidad de vehículos que entran en la intersección es desde la salida del centro comercial. Este flujo provoca retenciones en los demás movimientos además del mismo de salida ya que próxima a esta intersección se encuentra una glorieta en la cual se debe ceder el paso formando retenciones hasta la intersección 3 motivo de estudio posteriormente.



Analizaremos con el Software Sidra el Nivel de Servicio en la intersección el cual se basa en la demora media (seg/veh) por cada movimiento en la intersección representado en la Ilustración 24.

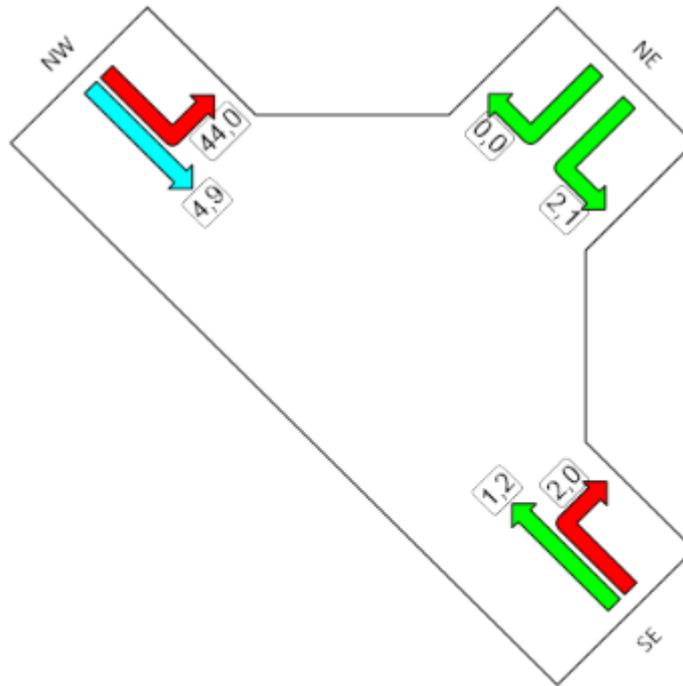


	Southeast	Northeast	Northwest	Intersection
LOS	C	B	NA	NA

Colour code based on Level of Service  
LOS A   LOS B   LOS C   LOS D   LOS E   LOS F   Continuous  
HCM Delay Model used. Geometric Delay not included.

Ilustración 24: INTERSECCIÓN 3. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1.

Se observa en la Ilustración 24 la diferencia en los Niveles de Servicio que existen en los diferentes movimientos. Aunque el movimiento NW-NE tiene preferencia de movimiento, se forma una gran demora por lo expuesto anteriormente y al gran volumen que soporta y obtenemos un nivel de servicio **F**. En los movimientos restantes obtenemos un nivel de servicio **C** el cual puede ser aceptable. Aunque estos movimientos estén señalizados con STOP o ceda el paso, obtenemos estos Niveles de Servicio debido a la intensidad baja que demandan los mismos.



	Southeast	Northeast	Northwest	Intersection
Queue	2,0	2,1	44,0	44,0

Colour code based on Queue Storage Ratio  
[ < 0.6 ] [ 0.6 – 0.7 ] [ 0.7 – 0.8 ] [ 0.8 – 0.9 ] [ 0.9 – 1.0 ] [ > 1.0 ] Continuous

Ilustración 25: INTERSECCIÓN 3. Cola Media en (veh) Sidra 5.1.

En la Ilustración 25 se observa la cola media durante la hora punta medida en vehículos donde la cola media es casi nula en sentido desde SE y de igual manera desde NE y de unos 44 vehículos en sentido desde NW lo cual muestra el problema anteriormente mencionado.

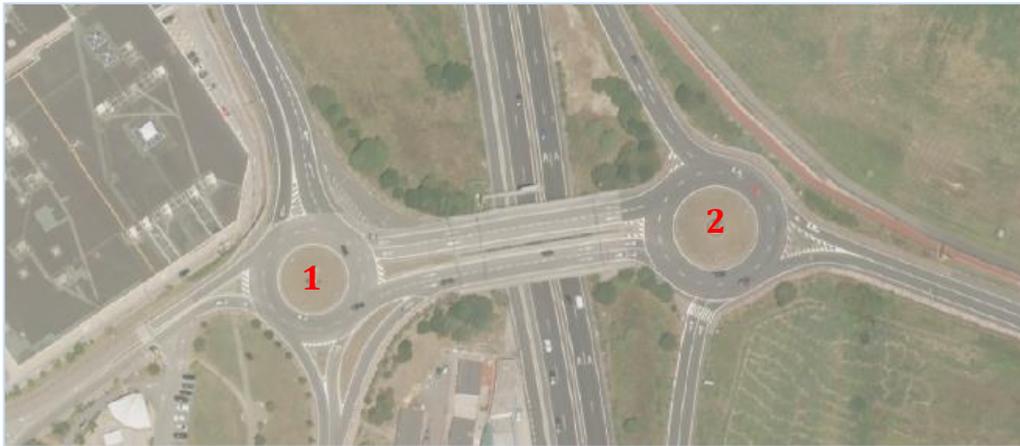
Estos resultados hacen visible los problemas a solucionar que genera la intersección de flujos desiguales y la gran intensidad de vehículos de salida del Centro Comercial Valle Real hacia una misma dirección, así como el propio problema geométrico ya que se trata originalmente de una glorieta la cual tiene funciones propias de intersección (priorizaciones de movimiento) respecto a demoras y retenciones.



#### 7.2.4 *Análisis de las glorietas 1 y 2*

El estudio de estas dos glorietas se va a analizar de forma separada estudiando el NS. Aunque por su cercanía, comparten un ramal de entrada y otro de salida.

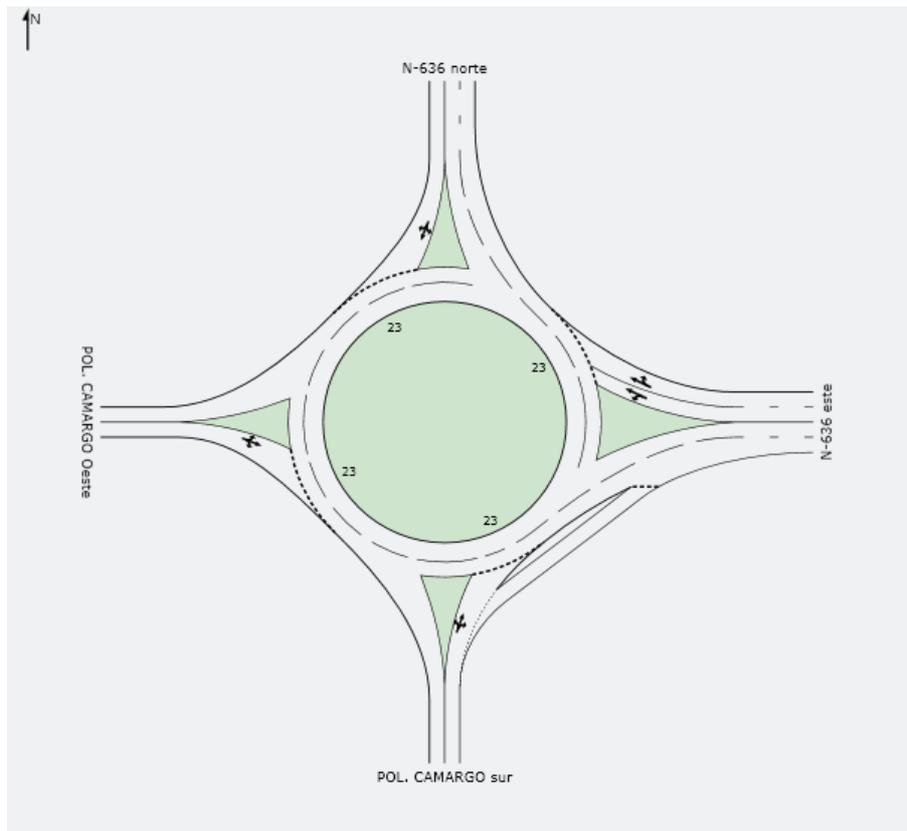
En la ilustración se puede observar dichas glorietas para la localización visual de las mismas.



*Ilustración 26: GLORIETAS 1 Y 2. Localización en QGIS*

En primer lugar, se va a estudiar la glorieta 1, ya que es la que presenta mayor volumen de tráfico. Está formada por cuatro ramales de entrada y cuatro de salida, como se puede ver en la Ilustración 27. Una entrada procedente de la autovía S-10 Norte, otra desde la intersección 3, una entrada de conexión con la glorieta 2 y la última desde Maliaño.

La causa por la cual la glorieta 1 es motivo de análisis en un principio no se observó debido a que visualmente no se observan demasiados problemas en cuanto a capacidad. Dicha glorieta se encuentra en el exterior del aparcamiento y en este se produce la intersección de flujos principales de salida provenientes de la intersección 3 y de entrada hacia la entrada sur o suroeste y en dirección a Maliaño. Las glorietas resultan especialmente ventajosas si las intensidades de la circulación en los tramos que a ella acceden son del mismo orden de magnitud, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso los cuales en dicha glorieta predominan los movimientos de paso O-E, N-S. Estas intensidades y el mal funcionamiento de la glorieta forman retenciones y afectan a la intersección anterior (Intersección 3) que deben ceder el movimiento de paso de los vehículos provenientes del Norte.



*Ilustración 27: GLORIETA 1. Representación Sidra 5.1*

Analizaremos con el Software Sidra el Nivel de Servicio en la intersección el cual se basa en la demora media (seg/veh) por cada movimiento en la intersección representado en la Ilustración 28, observando así los problemas que pueden presentar en la actualidad dicha glorieta en cada uno de los movimientos y la relación que esto tiene con los problemas de retenciones que presenta la intersección 3.

Cabe destacar la diferencia de intensidades de vehículos que presenta en la actualidad en las entradas a la glorieta donde predominan los movimientos de paso y no los de giro los cuales son más beneficiosos para el buen funcionamiento de la misma.



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

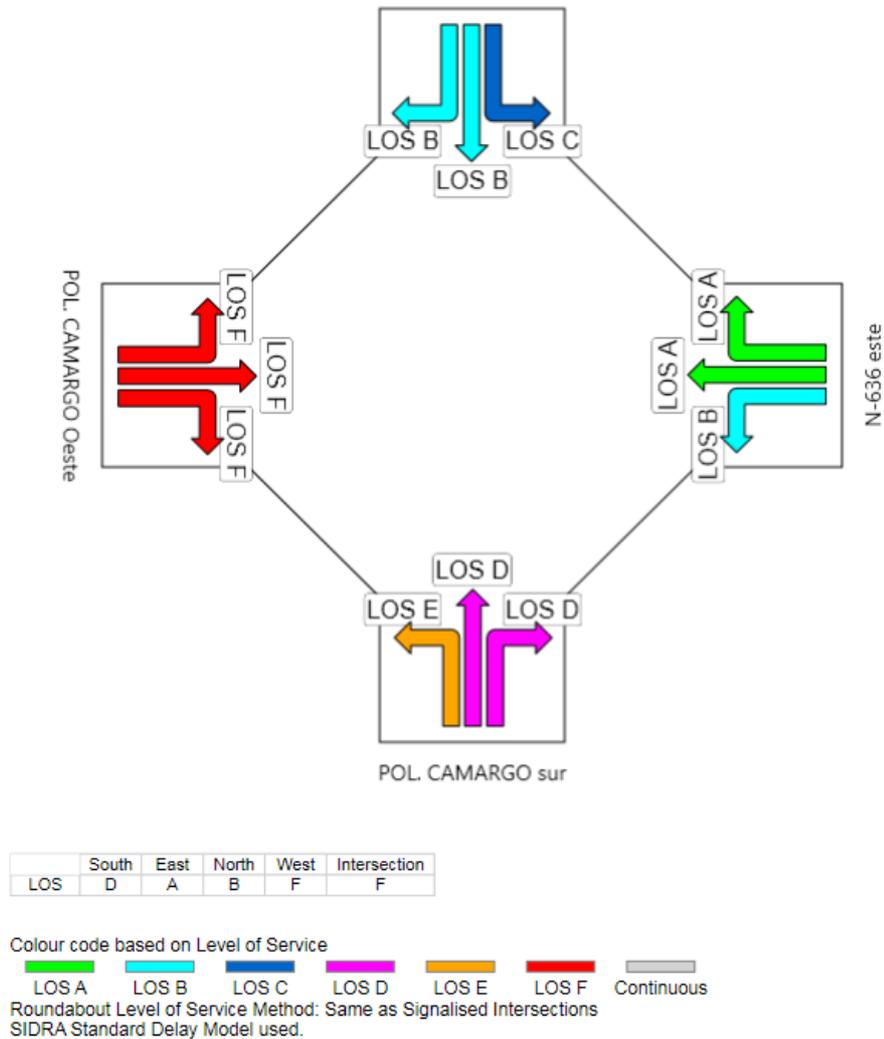


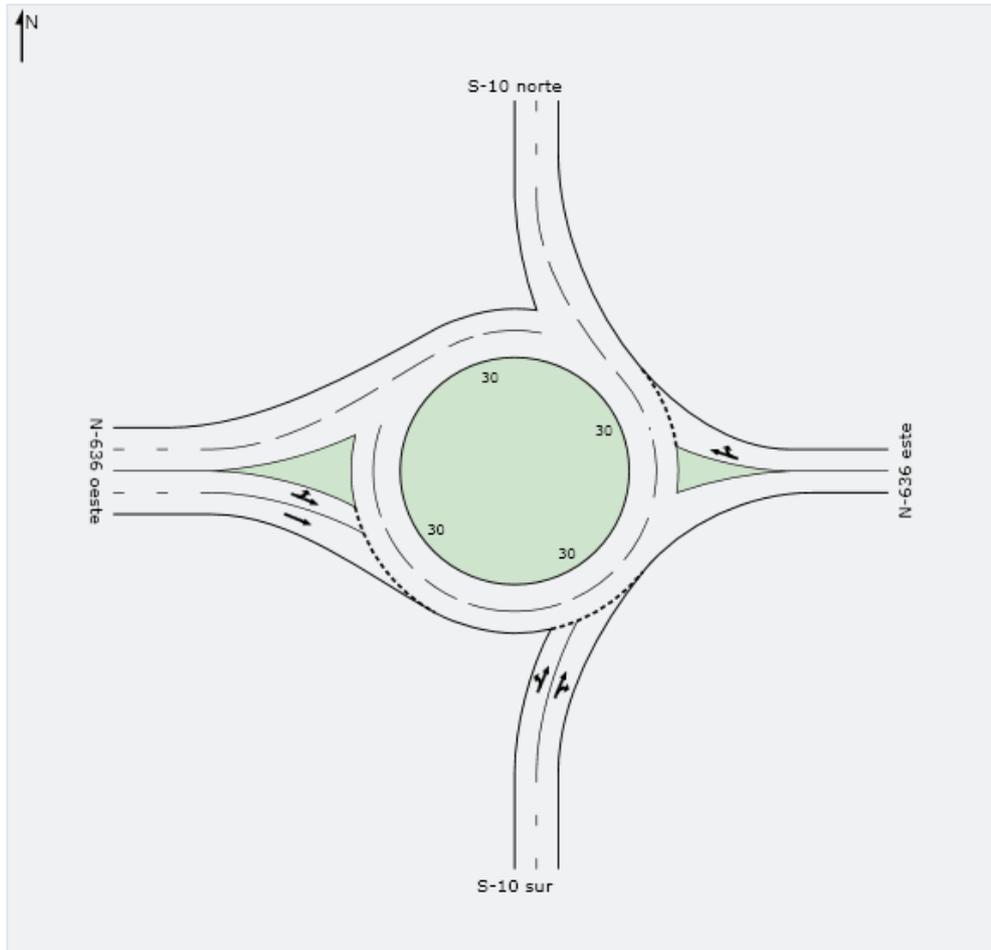
Ilustración 28: GLORIETA 1. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1

En los movimientos de entrada a la glorieta por la zona oeste se forma una gran demora por lo expuesto anteriormente y al gran volumen que soporta y obtenemos un nivel de servicio **F**. La entrada desde el sur presenta también unos Niveles de Servicio los cuales deben estudiarse para reducir el tiempo de demora de acceso a la glorieta y las retenciones que esto provoca. Las entradas restantes no presentan problemas.

Estos resultados hacen visible los problemas a solucionar que genera la intersección de flujos desiguales y la gran intensidad de vehículos de paso y no de giro en la glorieta.



La glorieta 2 está formada por 3 ramales de entrada y 3 de salida, una entrada procedente de la autovía S-10 Sur, otra de entrada y salida desde el Polígono Parayas y una entrada y salida de conexión con la glorieta 1, y una de salida hacia la autovía S-10 Sur como se observa en la Ilustración 29.



*Ilustración 29: GLORIETA 2. Representación Sidra 5.1*

Analizaremos con el Software Sidra el Nivel de Servicio en la glorieta la cual se basa en la demora media (seg/veh) por cada movimiento en la intersección representado en la Ilustración 30, observando así los problemas que pueden presentar en la actualidad dicha glorieta en cada uno de los movimientos.

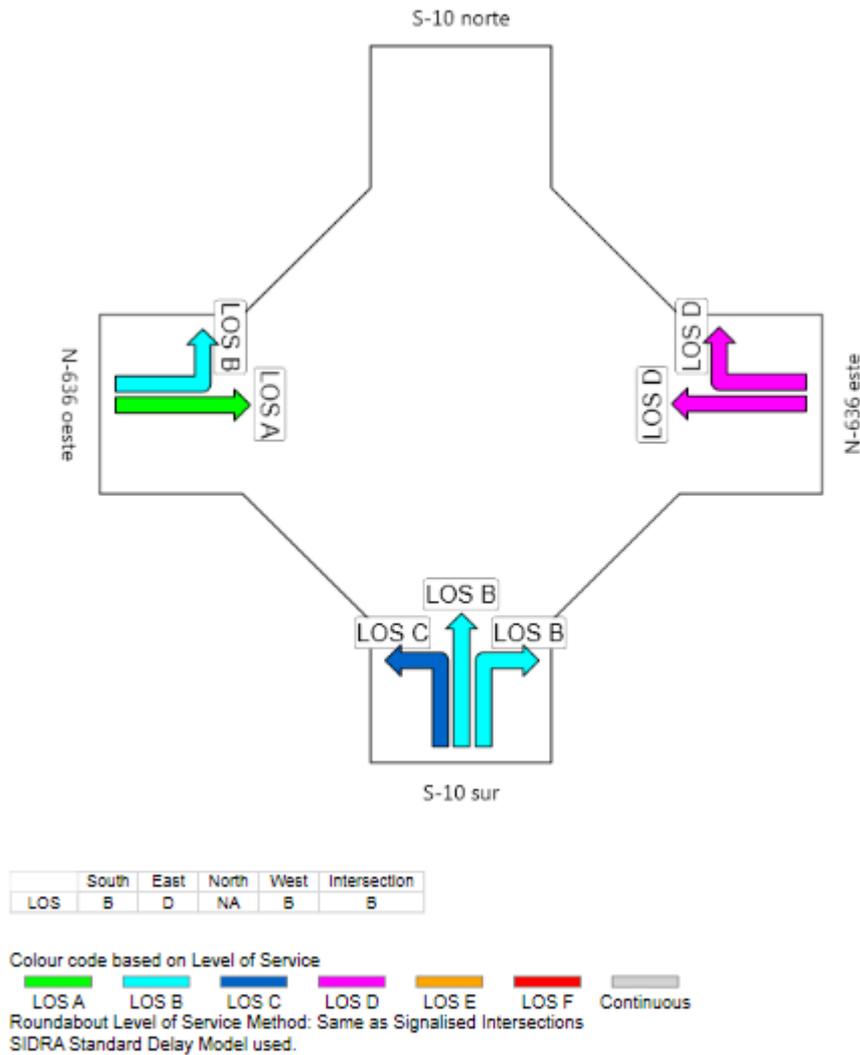


Ilustración 30: GLORIETA 2. Niveles de Servicio (seg/veh) Sidra 5.1

Se observa que la glorieta 2 no presenta a penas problemas respecto a los Niveles de Servicio exceptuando el movimiento de entrada a la glorieta desde el polígono el cual al ser el movimiento de menor intensidad se ve afectado por demoras con un nivel de servicio D.

Estos resultados hacen visible los problemas a solucionar respecto a demoras en la entrada desde el polígono, los otros movimientos de entrada no necesitan ser estudiados.



## 8 *Análisis de la situación actual de forma global*

La situación actual presenta varias áreas conflictivas. Estas áreas cuentan con problemas bien por intersección de flujos principales o por condiciones geométricas y de señalización que hacen que la calidad de circulación de la circulación del tráfico no sea buena.

- La primera zona está en el interior del aparcamiento del Centro Comercial Valle Real y se trata de una intersección en cruz. En esta intersección confluyen dos flujos principales, el de salida y el de entrada.
- La siguiente zona se encuentra también en el interior del aparcamiento del Centro Comercial Valle Real y se trata de una intersección en la que hay dos viales de entrada y dos de salida. El problema que se encuentra es la confluencia de 2 flujos de entrada principales y una condición geométrica siendo esta la que crea un cuello de botella en la calle de la entrada Norte ya que a la intersección llega con dos carriles y las salidas son de carril único, así como la posición de la salida Hacia el Sur creando problemas de colas.
- La tercera zona que se considera conflictiva será la glorieta que se encuentra en la zona exterior la cual no funciona correctamente como glorieta y se aproximará a una intersección la cual, al haber una gran diferencia de intensidades y afectado por el problema que presenta la glorieta cercana a dicha intersección debido a retenciones de entrada a la glorieta, no funciona correctamente formando grandes colas en el sentido de salida del Centro Comercial.
- La última zona que se considera conflictiva será la glorieta de 4 entradas y salidas que no funciona de una forma correcta debido a que hay mas volumen de vehículos de paso que de giro provocando importantes retenciones en la entrada desde el Oeste afectando a la intersección anterior y sus respectivos movimientos.



## 9 *Propuestas de mejora*

### 9.1 *Introducción*

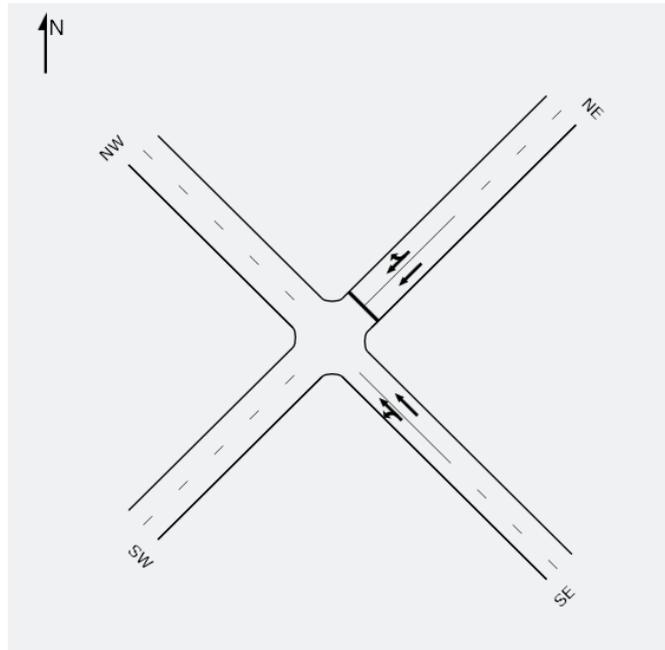
Las propuestas de mejora se van a centrar en el aspecto fundamental de mejorar la situación actual del tráfico. Las zonas en las que se van a centrar dichas propuestas serán las anteriormente descritas en el análisis de la situación actual.

Estas zonas son:

- Intersección interior del Centro Comercial en cruz donde se produce confluencia de las corrientes principales de entrada y salida con señal de STOP.
- Intersección interior del Centro Comercial en cruz donde se produce confluencia de las corrientes principales de entrada con señal de Ceda el Paso.
- Glorieta exterior al Centro Comercial (aproximándola a una intersección) donde la diferencia de flujos y la siguiente glorieta próxima afecta y crea el incorrecto funcionamiento de esta.
- Glorieta exterior al Centro Comercial la cual no hace su función de forma correcta debido a que las intensidades de circulación no son del mismo orden de magnitud ni los movimientos predominantes son de giro si no de paso en direcciones O-E, N-S provocando problemas de demoras que afectan a la intersección anterior en la entrada Oeste y retenciones en la entrada desde Maliaño.

### 9.2 *Propuestas de mejora de la intersección 1*

Como se observa en el conjunto de datos reales proporcionados para la calibración del modelo motivo de estudio, la intensidad mayor de entrada al Centro Comercial Valle Real es el de la entrada Norte y la intensidad mayor de salida es la que confluye con la de entrada en la intersección 1. El punto de conflicto en esta intersección se produce, por lo tanto, en la confluencia de dichos flujos, el mayor de entrada y salida.



*Ilustración 31: INTERSECCIÓN 1 ACTUAL. Representación Sidra 5.1.*

Como alternativas relativas a los problemas que presenta la intersección debidos principalmente al tráfico, se propone mantener la geometría de la intersección actual debido a que la creación de una glorieta no es una opción viable.

Se proponen diferentes alternativas para la posible solución de las retenciones que se forman en el sentido NE-SW.

Las alternativas estudiadas son:

- Modificar la intersección convirtiéndolo en una intersección regulada por semáforos.
- Modificar los sentidos de movimientos en el resto del Centro Comercial para evitar la intersección de los flujos principales reduciendo asimismo el volumen en el sentido con problemas.

Teniendo en cuenta dichas alternativas, se procede al análisis de los nuevos Niveles de Servicio eligiendo la más favorable como alternativa de mejora.



### 9.2.1 Intersección regulada por semáforos

En la Ilustración 32 se observa la modificación de la intersección regulándola por semáforos en vez de una señal de STOP. Observamos la mejora del nivel de servicio en sentido NE-SW pasando de un nivel de servicio F en donde la calle estaba colapsada a un nivel de servicio B. De la misma forma, observamos el cambio en la otra dirección la cual empeora ya que en la situación actual obtenemos un Nivel de Servicio A debido a la priorización de su movimiento. Con la regulación semafórica conseguimos que se alternen los flujos consiguiendo así que desaparezca las grandes congestiones iniciales.

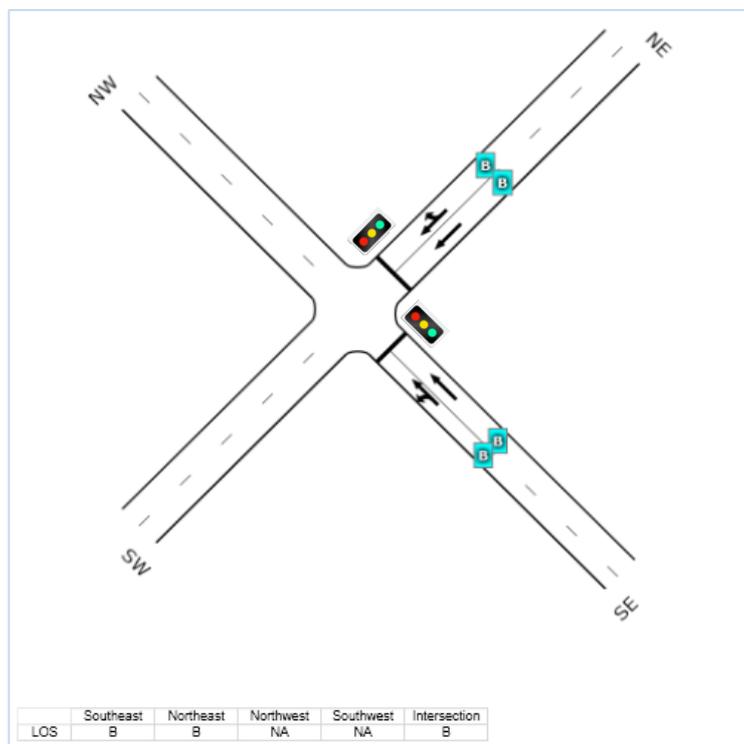


Ilustración 32: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. NS en Intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1

De la misma forma, observamos el nuevo tiempo de demora medio de los vehículos en situación hipotética con la regulación semafórica. También observamos la duración óptima de las fases del ciclo semafórico obtenido a partir del software Sidra (Ilustración 33: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Demora media en Intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1

e Ilustración 34: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Fases óptimas en intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1

). Se observa una gran mejora con respecto a la situación actual.



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

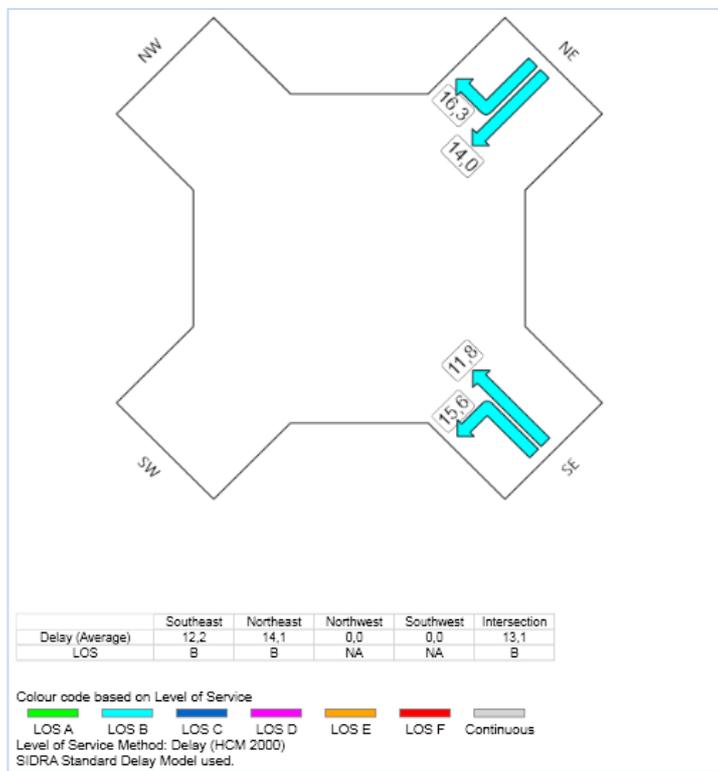


Ilustración 33: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Demora media en Intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1

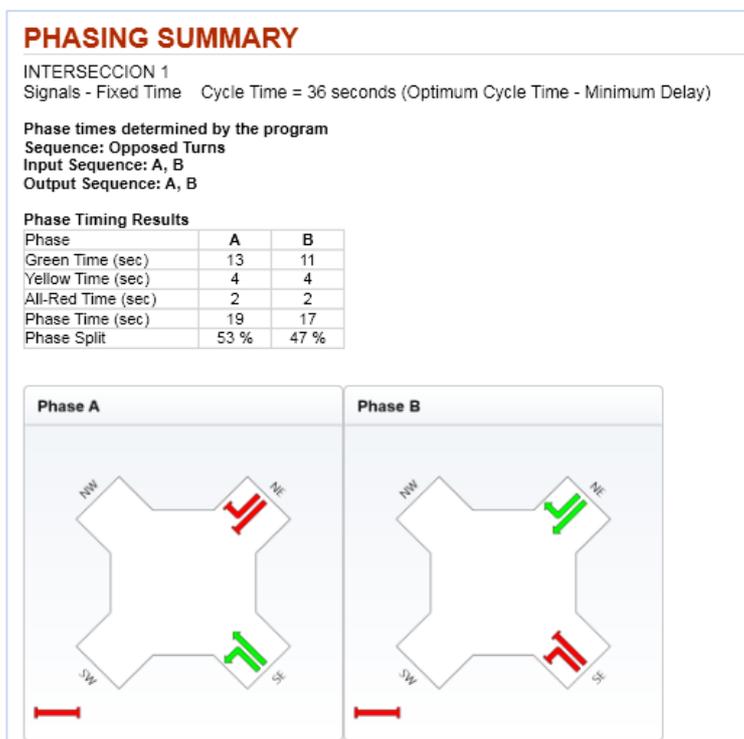


Ilustración 34: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Fases óptimas en intersección regulada por semáforos. Sidra 5.1



### 9.2.2 Modificación dirección de circulación.

En la Ilustración 35 se observan los nuevos NS con la modificación de la intensidad de vehículos en sentido NE-SW de la intersección regulada por una señal de STOP. Esta disminución de volúmenes se obtiene desviando el flujo entrante. Observamos la mejora del nivel de servicio en sentido NE-SW pasando de un nivel de servicio F en donde la calle estaba colapsada a un nivel de servicio B. Se mantiene con el mismo nivel de servicio que en la situación actual el movimiento en el sentido SE-NW debido a que se mantiene la libre circulación en dicho sentido. Desviando el flujo entrante conseguimos que disminuya la demora media en la intersección regulada por señal de STOP.

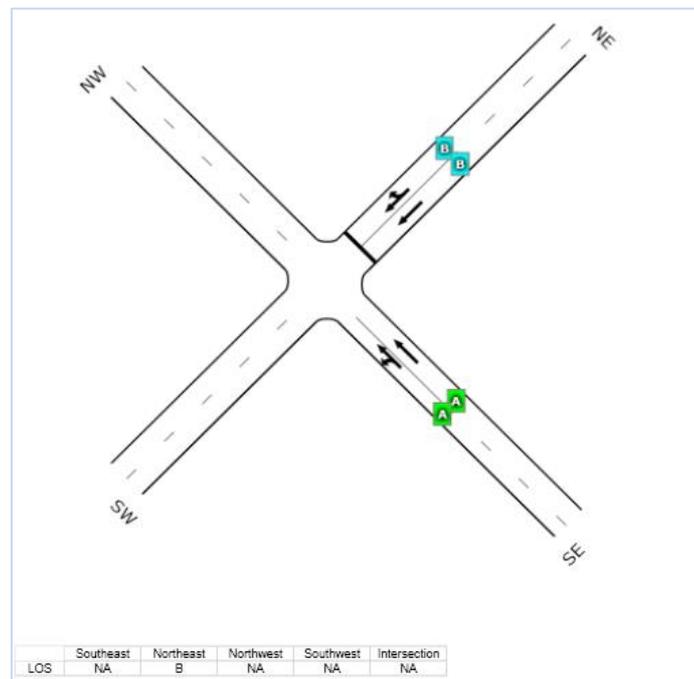


Ilustración 35: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. NS en modificación dirección entrante de circulación.  
Sidra 5.1

De la misma forma, observamos el nuevo tiempo de demora media de vehículos en la situación hipotética con la desviación de vehículos de entrada al Centro Comercial. Se observa una gran mejora en la demora media de vehículos entrantes al Centro comercial consiguiendo mantener la inexistencia de demora en los flujos de vehículos con intención de salir del Centro Comercial.

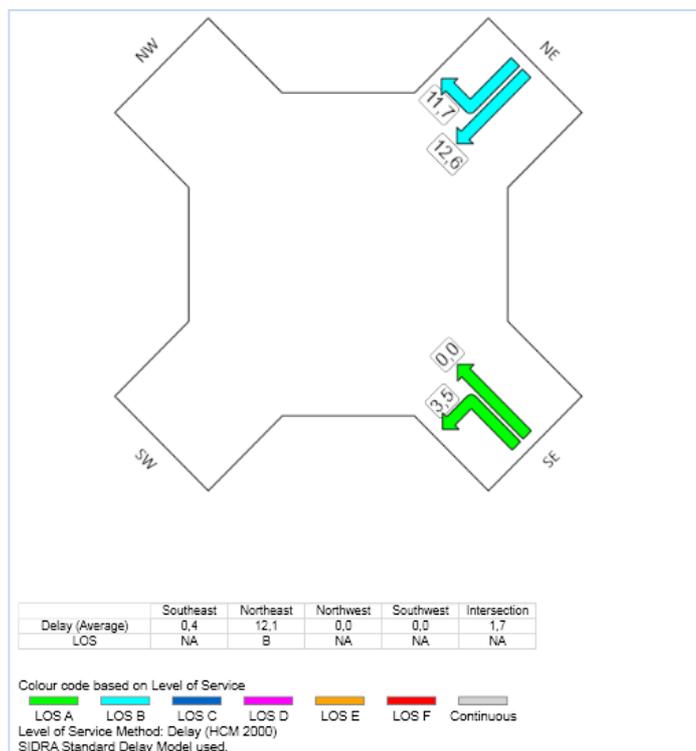


Ilustración 36: PROPUESTA INTERSECCIÓN 1. Demora media en modificación dirección entrante de circulación. Sidra 5.1

### 9.2.3 Conclusiones

A primera vista las dos propuestas de mejora son igual de válidas, ya que mejora la demora y con ello los Niveles de Servicio del flujo entrante al aparcamiento, aunque, al observar el tiempo de demora medio por movimiento, se obtienen resultados diferentes entre las dos propuestas.

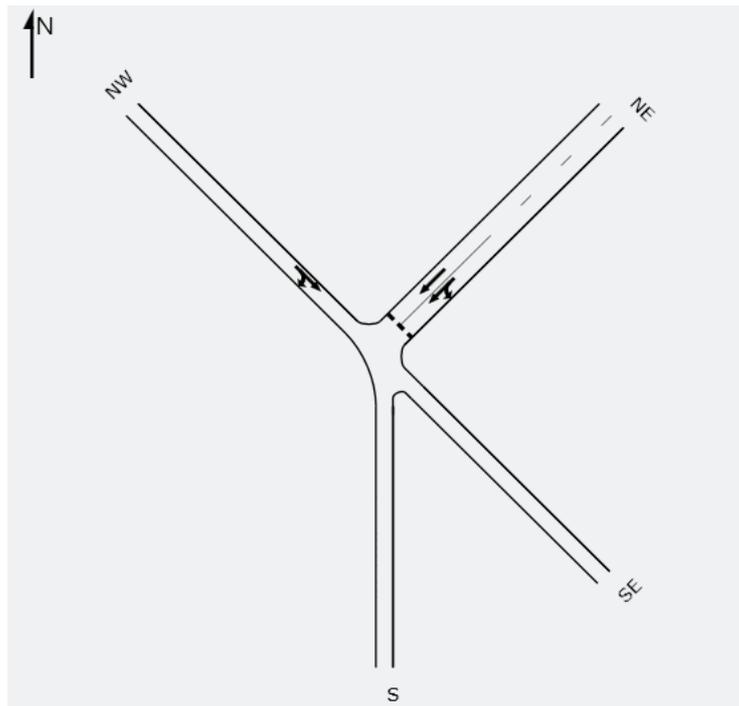
En función de este parámetro, la solución óptima será *la modificación de la dirección entrante de circulación* por la entrada Norte disminuyendo el volumen en dicha vía ya que se reduce más la demora media siendo esta nula en sentido de salida del aparcamiento del Centro Comercial.

No obstante, se analizará esta hipotética solución de forma visual en Aimsun con microsimulación de tráfico para la confirmación de viabilidad de la solución ya que, en ocasiones, al solucionar de forma aislada una intersección, en vez de solucionar el problema, lo desplazamos hacia un lugar diferentes creando problemas donde no existían. Si esto ocurriese, se optaría por la solución de la intersección regulada por semáforos.



### 9.3 Propuestas de mejora de la intersección 2

Como se observa en el conjunto de datos reales proporcionados para la calibración del modelo motivo de estudio, la intensidad mayor de entrada al Centro Comercial Valle Real es el de la entrada Norte seguido del de la entrada Noroeste las cuales coinciden en la intersección 2 teniendo estos últimos preferencia de paso. El punto de conflicto en esta intersección se produce, por lo tanto, en la confluencia de dichos flujos de entrada.



*Ilustración 37: INTERSECCIÓN 2 ACTUAL. Representación Sidra 5.1.*

Como alternativas relativas a los problemas que presenta la intersección debidos principalmente al tráfico, se propone mantener la intersección actual con modificaciones.

Se proponen diferentes alternativas para la posible solución de las retenciones que se forman en el sentido desde NE.

Las alternativas estudiadas son:

- Modificar la intersección convirtiéndolo en una intersección en cruz con 2 carriles de entrada y salida evitando así el cuello de botella que se observa en la actualizar.

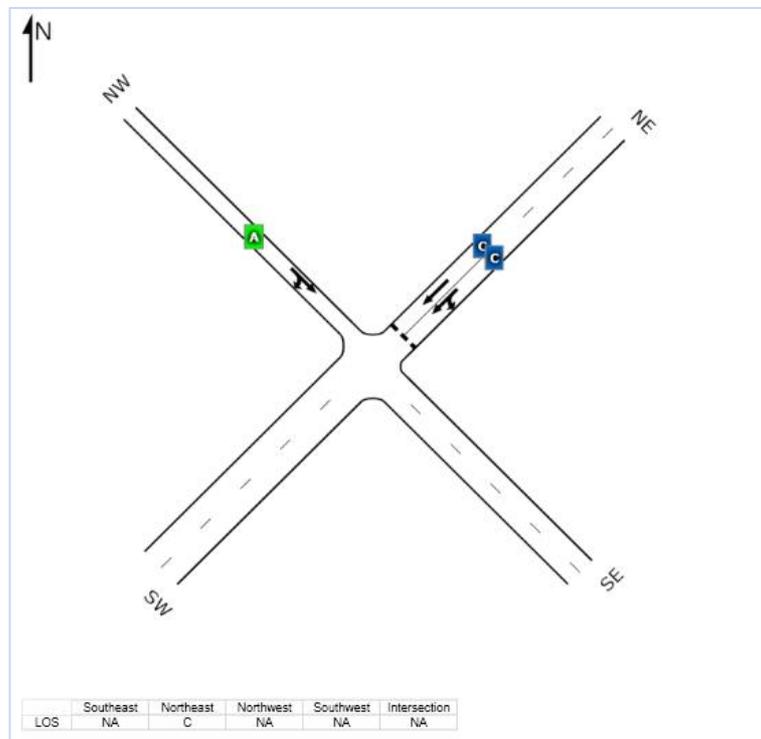


- Modificar los sentidos de movimientos en el resto del Centro Comercial para evitar la intersección de los flujos de entrada reduciendo asimismo el volumen en el sentido con problemas como se explicó en la intersección 1.

Teniendo en cuenta dichas alternativas, se procede al análisis de los nuevos Niveles de Servicio eligiendo la más favorable como alternativa de mejora.

### 9.3.1 *Modificación geometría de la intersección*

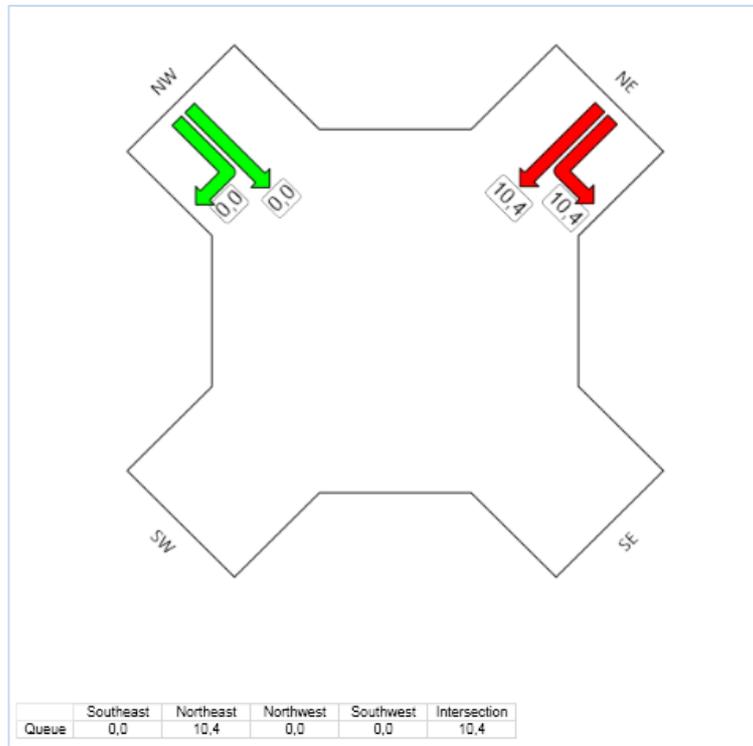
En la Ilustración se observa la modificación geométrica de la intersección convirtiéndolo en una intersección en cruz con 2 carriles en vez de 1 en cada salida además de trasladar la salida hacia el SW para la correcta forma de una intersección en cruz. Observamos la mejora del nivel de servicio en sentido desde NE en ambos movimientos tanto de cruce como de giro a la izquierda, pasando de un nivel de servicio E y F respectivamente en donde la calle estaba colapsada a un Nivel de Servicio C. Se observa que en la calle desde el NW no varía el nivel de servicio ya que sigue teniendo preferencia de paso lo que provoca que no haya problemas de retenciones ni demora conservando el Nivel de Servicio A.



*Ilustración 38: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. NS en modificación de geometría de la intersección.  
Sidra 5.1*



De la misma forma, observamos el nuevo tiempo de demora media de vehículos en la situación hipotética con la modificación de la geometría de la intersección. En esta situación hay una gran mejora en la demora media de vehículos en dirección desde el Noroeste comercial consiguiendo mantener la inexistencia de demora en los flujos de entrada de vehículos al Centro comercial desde la entrada Sureste.



*Ilustración 39: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. Demora media en modificación en la geometría de la intersección. Sidra 5.1*

### 9.3.2 Modificar dirección de circulación

En la Ilustración 41 se observan los nuevos Niveles de Servicio que se obtienen al modificar las direcciones principales de circulación para mejorar la intersección 1 mejorando de la misma forma la intersección que ahora se estudia ya que se disminuyen los volúmenes desde el NE. Cabe destacar que se mantiene la geometría original de la intersección, así como la regulación con señal de Ceda el Paso. Destaca la mejora del nivel de servicio de la dirección NE en ambos movimientos de cruce y giro a la izquierda contando en un principio con unos Niveles de Servicio **E** y **F** respectivamente a unos Niveles de Servicio **B** en dichos movimientos.



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

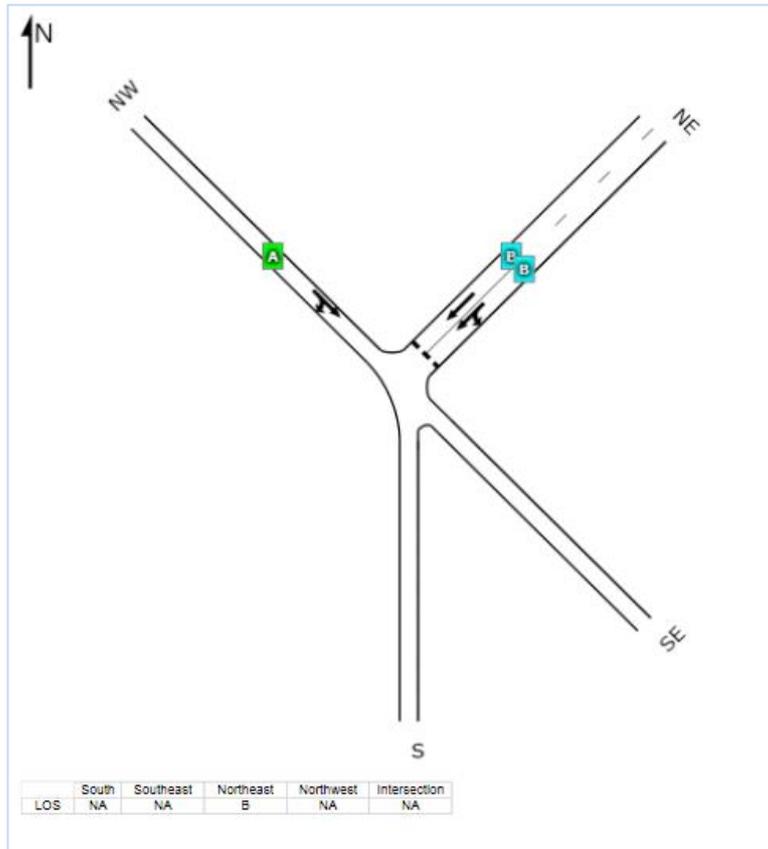


Ilustración 41: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. NS en modificación de la dirección de circulación. Sidra 5.1

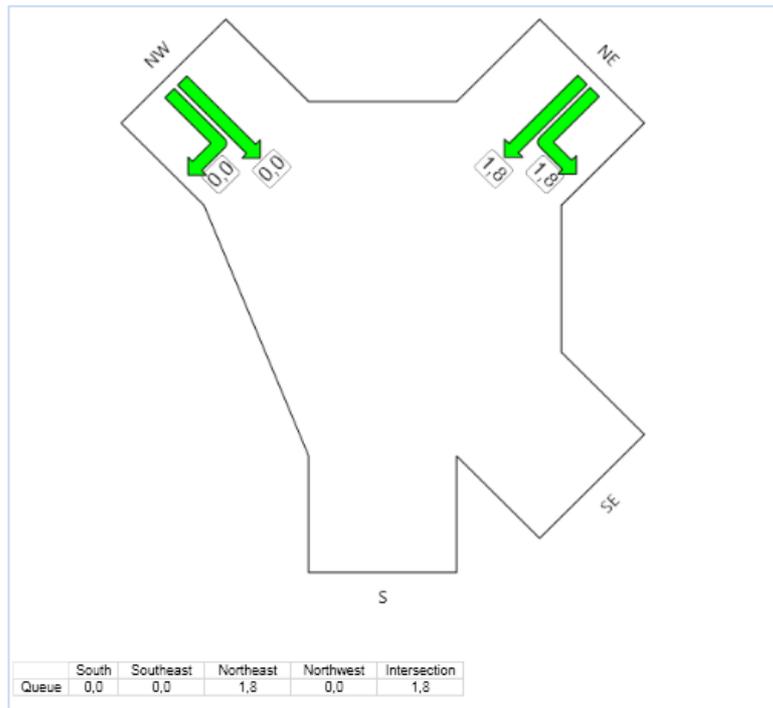


Ilustración 40: PROPUESTA INTERSECCIÓN 2. Demora media en modificación de la dirección de circulación. Sidra 5.1



De la misma forma, observamos el nuevo tiempo de demora media de vehículos en la situación hipotética con la desviación de vehículos de entrada al Centro Comercial. Se observa una gran mejora en la demora media de vehículos entrantes al Centro comercial consiguiendo mantener la inexistencia de demora en los flujos de vehículos con intención de salir del Centro Comercial.

### 9.3.3 Conclusiones

A primera vista las dos propuestas de mejora son válidas ya que se reduce el tiempo de demora medio y con ello los Niveles de Servicio, aunque en la propuesta de la modificación de la dirección de circulación para solucionar la intersección 1, se considera una buena opción ya que con ella se obtiene un nivel de servicio B y el coste de la propuesta es bastante menor que la de la modificación geométrica anteriormente expuesta.

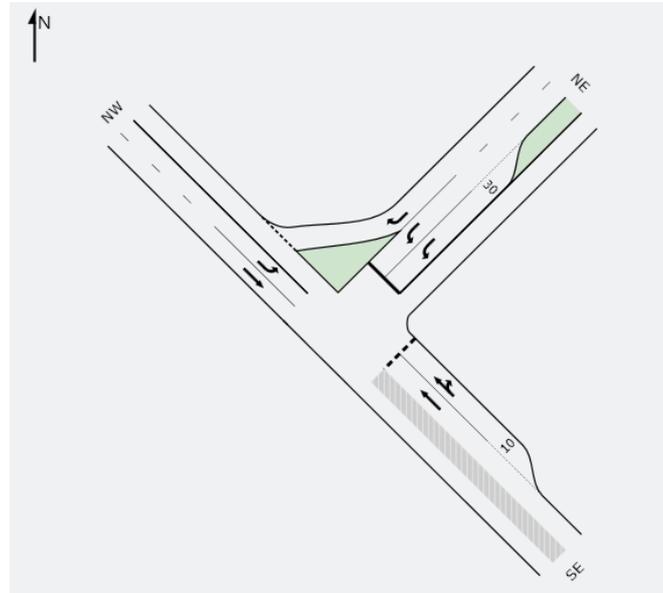
En función del parámetro de demora medio, la solución óptima será *la modificación de la dirección de circulación* disminuyendo el volumen desde la entrada Noroeste ya que se reduce más la demora media siendo esta nula en sentido de entrada por el Suroeste al aparcamiento del Centro Comercial y evitando así el cuello de botella que se forma debido a que al disminuir el volumen no harán falta dos carriles de circulación.

No obstante, se analizará esta hipotética solución en Aimsun con microsimulación de tráfico para la confirmación de viabilidad de la solución ya que, en ocasiones, al solucionar de forma aislada una intersección, en vez de solucionar el problema, se desplaza.

Una vez analizada la viabilidad de esta solución, se propondrá una solución completa en Aimsun con la modificación de algunas calles y posibles creaciones de nuevas áreas de aparcamiento.

## 9.4 Propuestas de mejora de la intersección 3

Como se observa en el conjunto de datos reales proporcionados para la calibración del modelo motivo de estudio, en esta intersección se observa la desigualdad de flujos entrantes a la misma, siendo mucho mayor desde el Noroeste donde nos encontramos con todo el flujo de salida del Centro Comercial. El punto de conflicto en esta intersección se produce, por lo tanto, en la preferencia del movimiento de giro a la izquierda del flujo saliente del Centro Comercial. De la misma forma, la glorieta que se encuentra próxima a dicha intersección también influye en las retenciones que se producen afectando a los demás movimientos de la intersección y, por lo tanto, será motivo de estudio también.



*Ilustración 42: INTERSECCIÓN 3 ACTUAL. Representación Sidra 5.1.*

Como alternativas relativas a los problemas que presenta la intersección debidos principalmente al tráfico, se proponen posibles soluciones.

Se proponen diferentes alternativas para la posible solución de las retenciones que se forman en el sentido NW-NE.

Las alternativas estudiadas son:

- Modificar la señalización de la intersección convirtiéndolo en una glorieta manteniendo la geometría original.
- Modificar la glorieta próxima a la intersección que presenta problemas los cuales llegan a afectar a dicha intersección.

Teniendo en cuenta dichas alternativas, se procede al análisis de los nuevos Niveles de Servicio eligiendo la más favorable como alternativa de mejora.



### 9.4.1 Modificación de la señalización de la intersección

En la Ilustración 43 se observa la modificación de la señalización de la intersección convirtiéndolo en una glorieta conservando la geometría original.

Con esta solución, los Niveles de Servicio mejoran en todas las entradas de la nueva glorieta observando la mayor mejora en la entrada NW en el cual con la señalización actual y funcionando como una intersección, se obtenía un nivel de servicio **F** y con la solución que ahora se plantea se obtiene un Nivel de Servicio **C**. Así mismo en la entrada NE se mejora hasta un Nivel de Servicio **A**. La entrada SE es la entrada con menor mejora, aunque se observa una mejora en el movimiento de paso hacia la salida de NW.

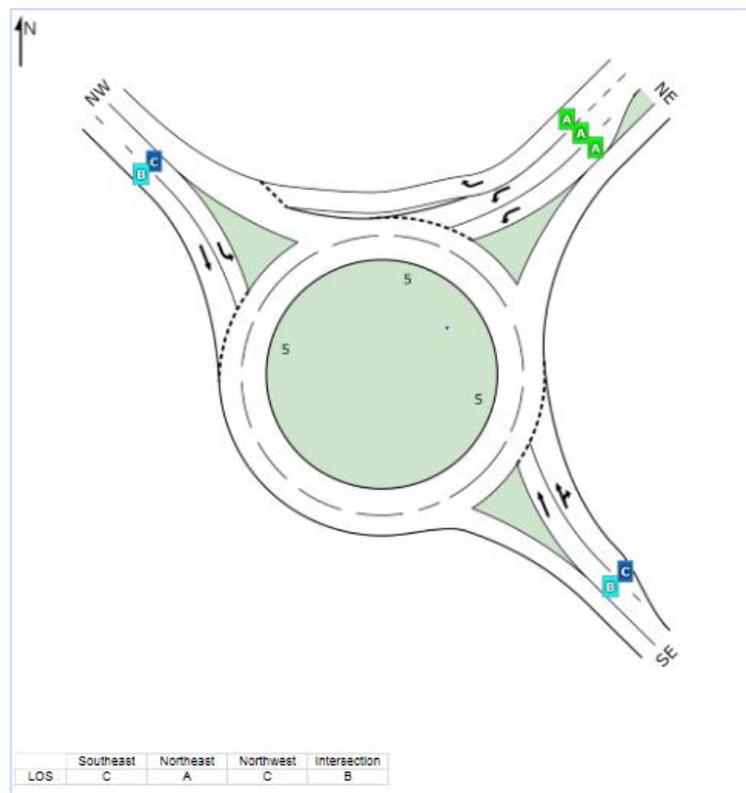


Ilustración 43: PROPUESTA INTERSECCIÓN 3. NS en modificación de la señalización de la intersección.  
Sidra 5.1

De la misma forma, se observa el nuevo tiempo de demora media de vehículos en la situación hipotética con la modificación de la señalización de la intersección manteniendo la geometría actual. En esta situación hay una gran mejora en la demora media de vehículos en todas las entradas a la glorieta consiguiendo mantener una baja demora en la entrada NW donde se formaban los principales problemas de la intersección.

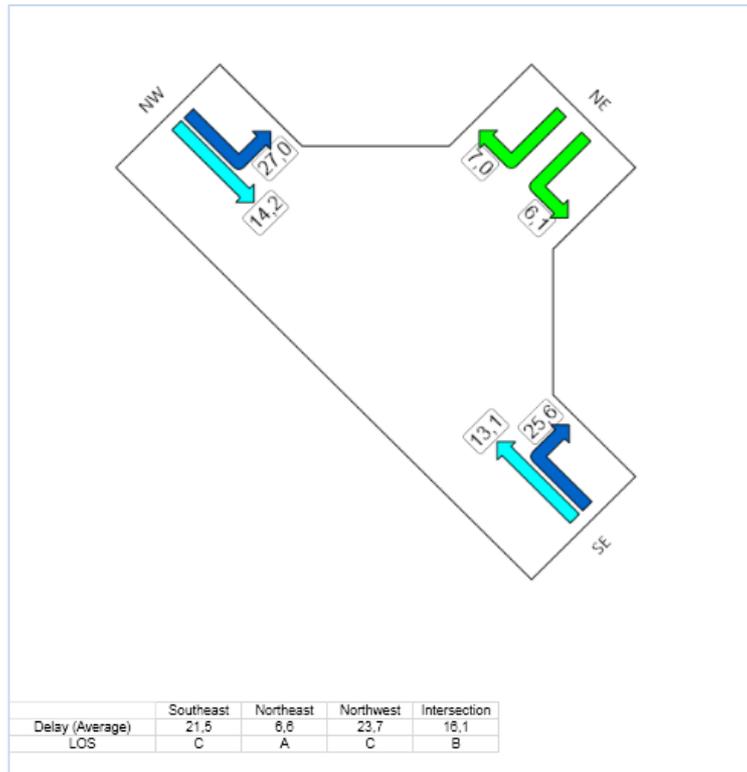


Ilustración 44: PROPUESTA INTERSECCIÓN 3. Demora media en modificación de la señalización de la intersección. Sidra 5.1

#### 9.4.2 Modificación de la glorieta próxima a la intersección

Con el modelo calibrado en Aimsun observamos que el problema de retenciones que se crean en esta intersección viene provocado en parte a la glorieta posterior enlazada a esta por el vial NE.

Por este vial circula el mayor volumen de vehículos que salen de la intersección que, añadiendo el problema de que la glorieta motivo de estudio tiene más intensidad de paso que de giro la cual no funciona de forma correcta, provoca grandes retenciones que afectan a la intersección formando también colas en los demás movimientos.

Los resultados de esta propuesta se validarán con el estudio de las propuestas de mejora de la glorieta 1 y 2.



### 9.4.3 Conclusiones

A primera vista la única propuesta que podemos considerar sin saber el resultado de las mejoras en las glorietas 1 y 2, la propuesta de mejora a considerar será la *modificación de la señalización manteniendo la geometría actual de la intersección*. Con esta propuesta en un principio se solucionaría el problema de las grandes retenciones que se forman en el vial de salida del Centro Comercial simplemente con la modificación de las preferencias de movimientos ya que se obtienen unos niveles de servicio B y C que demuestran la mejora de esta.

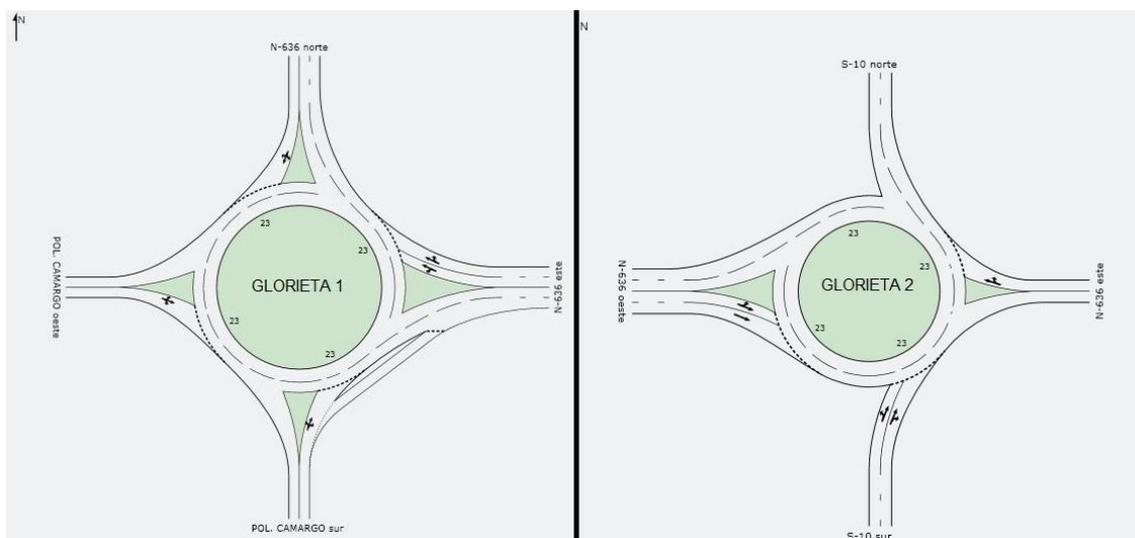
Se debe tener en cuenta que en Sidra se analizan las intersecciones de forma aislada por lo que debemos analizar en Aimsun si en realidad se solventa el problema o por el contrario se mantiene o agrava la situación actual debido a que en la realidad no hay intersección que no esté afectada por alguna otra parte de la red y en este caso, afectada por la glorieta próxima a ella.

Una vez analizada la viabilidad de la primera solución, se procederá a analizar la red manteniendo la distribución actual de movimientos y la geometría con las diferentes propuestas de mejora de las glorietas expuestos a continuación siendo esta una buena opción económicamente hablando ya que sólo se mejoraría una parte de la red, no cada una de las intersecciones con problemas.

### 9.5 Propuestas de mejora de las glorietas 1 y 2

Como se observa en el conjunto de datos reales proporcionados para la calibración del modelo motivo de estudio, se observa que los problemas que presenta la glorieta 1 vienen de la desigualdad de flujos entrantes a la misma, así como de unos movimientos dentro de la misma que no son beneficiosos para el correcto funcionamiento de la glorieta, en la cual debe predominar los movimientos de giro y no los de cruce como ocurre en esta.

La glorieta 2 no presenta problemas debido a que, aunque desde la entrada N-636 oeste haya un gran volumen de vehículos, los demás volúmenes son menores y no presentan problemas de retenciones ni grandes demoras ni siquiera en hora punta por lo que se analizará primero las posibles soluciones para la glorieta 1 de forma aislada.



*Ilustración 45: GLORIETAS 1 Y 2 ACTUAL. Representación Sidra 5.1.*

Como alternativas relativas a los problemas que presenta la glorieta 1 debidos principalmente al tráfico, se proponen posibles soluciones.

Se proponen diferentes alternativas para la posible solución de las retenciones que se forman en la entrada POL. CAMARGO oeste las cuales afectan de la misma forma a la intersección 3 observando posteriormente si estas mejoras hacen desaparecer las retenciones en la intersección también. En un principio, se piensa en solucionar la glorieta 1 dejando en su estado actual la glorieta 2 debido a que esta última no presenta problemas.

Las alternativas estudiadas son:

- Modificación de las incorporaciones a la glorieta 1 añadiendo carriles de entrada y de giro a la derecha en los accesos Oeste, Sur y Norte para facilitar la incorporación de los vehículos de paso a la glorieta manteniendo la geometría original.
- Implementación de un diamante invertido que abarca ambas glorietas, glorietas 1 y 2, obteniendo así menores intersecciones de flujos de vehículos en la intersección regulándolo mediante semáforos.



### 9.5.1 Modificación de la actual Glorieta 1

En la Ilustración se observa la modificación de las incorporaciones que se han hecho. Estas modificaciones conservan la geometría actual de la glorieta añadiendo carriles de giro a la derecha con incorporación a la vía de salida a través de una señal de ceda el paso.

Observamos la mejora de los Niveles de Servicio en todas las entradas de la glorieta modificada. La entrada desde el oeste mejora de un nivel de servicio **F** donde la demora media era tal que afectaba a la intersección anterior a esta a un Nivel de Servicio **C** y en el carril de giro a la derecha un **NS A**; La entrada desde el Sur obtiene un **NS B** en ambos carriles cuando en la actualidad obtenía un **NS D**; La entrada desde el Este no se ha modificado debido a que en la actualidad tiene unos **NS A** y **B** y sin modificarlo se obtienen los mismos; Por último la modificación en la entrada Norte es la que menor mejora obtiene con un **NS** en el carril de entrada **D** y un **NS** en el carril de giro a la derecha **A** siendo el **NS** actual **F** en el carril de entrada y único a la glorieta.

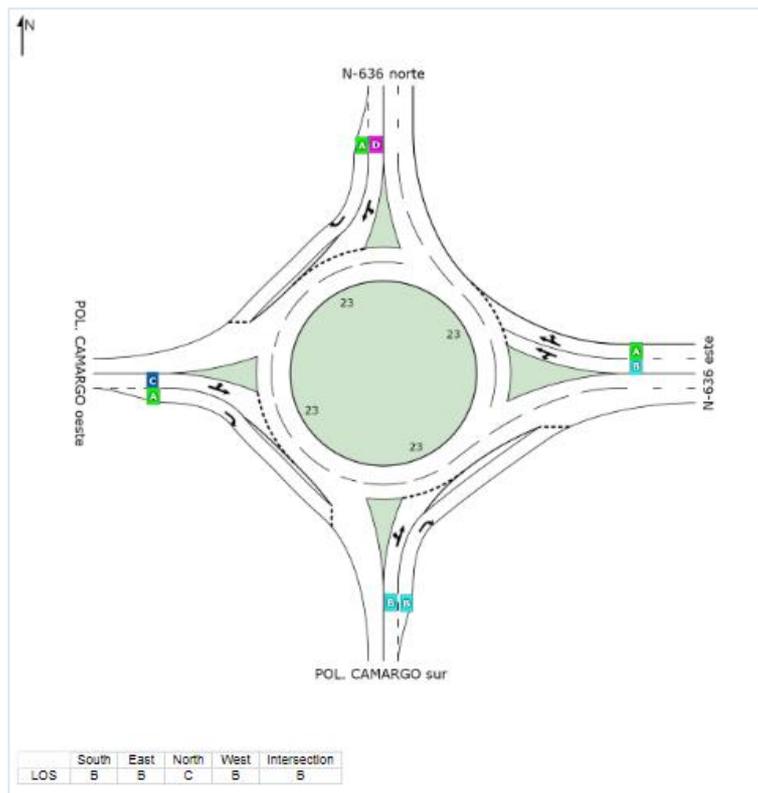


Ilustración 46: PROPUESTA GLORIETA 1. NS en modificación de la actual glorieta añadiendo carriles de giro a la derecha manteniendo la geometría original. Sidra 5.1



De la misma forma, se observa el nuevo tiempo de demora media de vehículos en la situación hipotética con la creación de carriles de giro a la derecha en las entradas a glorieta manteniendo la geometría actual. En esta situación se obtiene una gran mejora en la demora media de vehículos en las entradas en las cuales se han creado los carriles de giro a la derecha empeorando, pero de forma mínima en la entrada este a la glorieta. La mayor mejora se consigue en la entrada oeste donde la demora media disminuye en 10 veces la situación actual y la Norte y Sur en 2, solventando los principales problemas de la intersección.

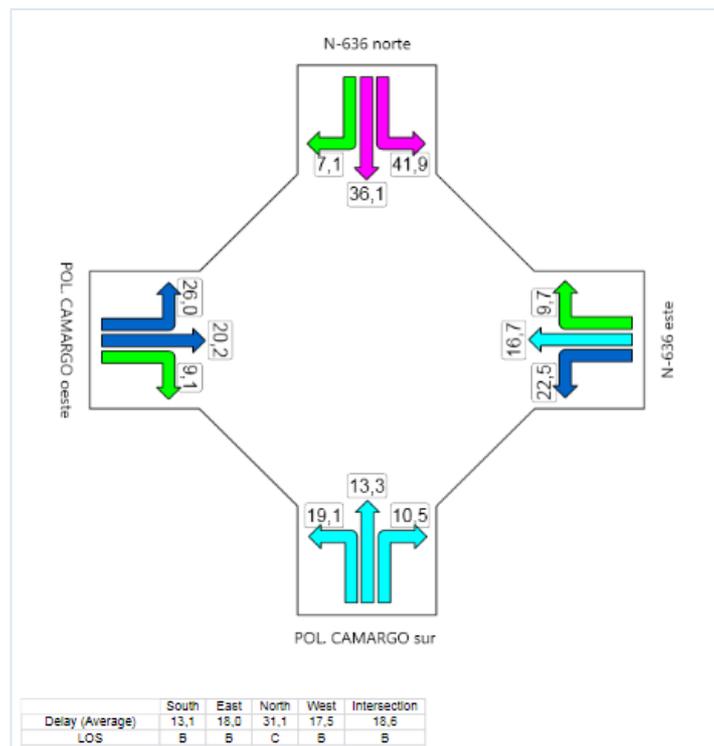


Ilustración 47: PROPUESTA GLORIETA 1. Demora media en modificación de la actual glorieta añadiendo carriles de giro a la derecha manteniendo la geometría original. Sidra 5.1

### 9.5.2 Implementación de un diamante invertido en glorietas 1 y 2

Desde el punto de vista del tráfico, el análisis de la situación actual ha dejado patente la necesidad de reducir el tiempo de demora en el ramal de entrada a la glorieta 1 desde el Polígono de Camargo oeste.

Como alternativa a las dos glorietas que existen en la actualidad se propone una alternativa innovadora, la implementación de un diamante invertido, también llamado DDI.

El diseño del DDI propone que los giros a la derecha sean giros directos con carril exclusivo de salida. Por otra parte, los giros a la izquierda se encuentran semaforizados si no pueden ser directos. Serán directos en los giros a la izquierda



los cuales no difieran con las demás corrientes de tráfico. El aspecto revolucionario de esta intersección es que en las vías que unen los dos nodos se intercambian los sentidos de circulación. Es decir, en vez de pasar por la calzada derecha, la circulación se realiza por la izquierda. De esta forma, se consigue reducir los puntos de conflicto. Se muestra una ilustración en forma de esquema de la circulación dentro del DDI y de las dos fases del grupo semafórico:



Ilustración 48: Esquema de la circulación dentro de un DDI. Fuente: <https://www.gwinnettcounty.com/portal/gwinnett/Departments/Transportation/DivergingDiamondInterchanges>

El diamante invertido conlleva un conjunto de beneficios, como pueden ser:

1. Beneficios relacionados con la seguridad.
  - Menos puntos de conflicto que en otras intersecciones, por ejemplo, dos glorietas.
  - Los puntos de conflicto que aparecen se encuentran repartidos a lo largo de la intersección.
  - Mejor distancia de visibilidad.
  - Virtualmente no hay confusión por parte del conductor.
  - Se pueden implementar futuras operaciones de calmado de tráfico.
  - Dificultad de realizar giros indeseados.
  - Los caminos para los peatones son más cortos que en otras intersecciones, como por ejemplo glorietas.
2. Mejoras operacionales.
  - Utilización de una única combinación de fase.
  - Directos o simples giros a la derecha desde todas las direcciones.
  - Incrementa la capacidad sin la necesidad de añadir más carriles.
  - Al necesitar sólo dos fases, la duración del ciclo es menor.
  - Mejor sincronización de las señales de tráfico.



3. Beneficios económicos.

- En el caso de que se construya a partir de una modificación de una intersección previa:
  - El puente existente normalmente puede ser usado.
  - Carriles adicionales rara vez son necesarios.
  - Los tiempos de construcción son reducidos en relación con otro tipo de intersecciones.
  - La circulación del tráfico mientras dura la construcción es más simple.

4. En el caso de que se construya una nueva intersección:

- Menos carriles que en otros tipos de intersecciones.
- Menor tamaño del puente.

Un ejemplo de la estructura del mismo en la realidad se encuentra en Springfield y se presenta en la Ilustración 49:



*Ilustración 49: Ejemplo de un DDI en Springfield, Missouri, Estados Unidos. Fuente: <http://www.divergingdiamond.com/index.html>*

En la zona la cual es motivo de estudio estando formada por dos glorietas la estructura de la definición de un diamante invertido difiere debido a que existen diferentes sentidos de circulación por cada entrada en la glorieta 1, siendo estas diferencias en los ramales Norte y Sur donde se disponen de viales de entrada y salida cuando en un DDI solamente existen uno de entrada y uno de salida, siendo un DDI como tal la modificación de la glorieta 2.

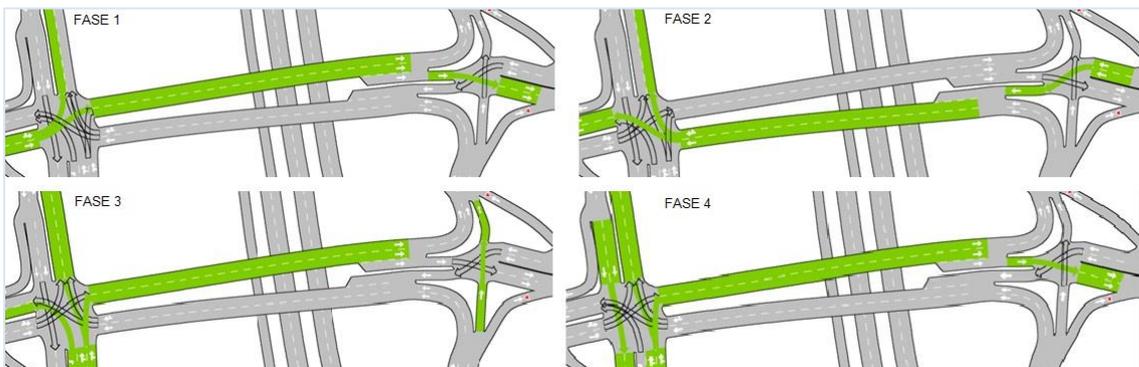


Para conseguir que la intersección funcione correctamente como un DDI en vez de dos fases de ciclos semaforizados, necesitamos cuatro en la modificación de la glorieta 1 para evitar los cruces de flujos de vehículos que es el objetivo de este diamante. También añadimos dos “Yellow Box” consiguiendo que el cruce no quede obstaculizado por coches parados y los giros a la derecha puedan seguir siendo directos.

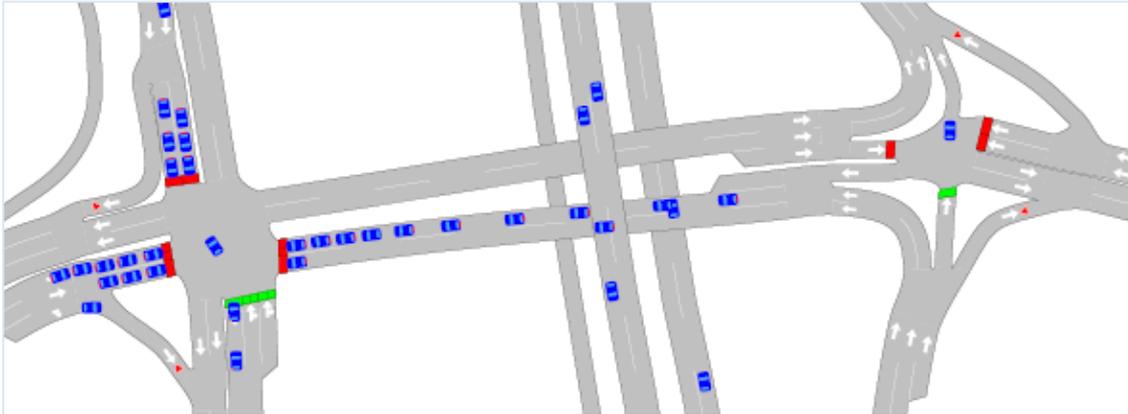
A partir del Software Sidra, se ha obtenido la duración óptima de las fases las cuales al calibrar se han modificado debido a que en sidra no se puede esquematizar un DDI como tal si no que los sentidos de circulación siguen siendo los habituales y no funcionaba de manera óptima manteniendo el ciclo óptimo de 110 seg.

*Ilustración 50: Representación del DDI en la zona de estudio. Aimsun 8.1*

Después de modelarlo y replicarlo en Aimsun, obtenemos las siguientes 4 fases con las cuales obtenemos el mejor resultado:



La situación real de los semáforos en la zona de estudio se compondrá de 17 grupos semafóricos los cuales se pueden observar en la siguiente ilustración:



*Ilustración 52: Representación de los semáforos del DDI en la zona de estudio. Aimsun 8.1*

Si representamos las intersecciones en Sidra teniendo en cuenta que no representan la situación real del DDI como se ha expuesto anteriormente, se pueden obtener los niveles de servicio los cuales oscilan entre A y C con un ciclo de 110 seg. y los ciclos que antes se plantearon, los cuales se consideran válidos, aunque se debe simular en Aimsun para la validación de dichos niveles de servicio y el correcto funcionamiento de la red motivo de estudio.

### 9.5.3 Conclusiones

A primera vista tanto la propuesta de modificación de la glorieta 1 como la creación de un diamante invertido como propuestas de mejora son totalmente válidas ya que se reduce el tiempo de demora medio y con ello los Niveles de Servicio. En ambas soluciones en principio mejoramos el problema de retenciones en la glorieta 1 que eran tales que afectaban a la intersección anterior debido al gran volumen que soporta la glorieta el cual es mayor la intensidad de paso que de giro y, como se ha expuesto anteriormente, no es beneficioso para el funcionamiento de esta.

Económicamente hablando, la primera propuesta es una solución económica y rápida de ejecutar con la que se obtienen buenos resultados, aunque para algún giro a la derecha haría falta la construcción de estructuras auxiliares debido al poco espacio anexo a la glorieta que existe actualmente. La segunda propuesta es una solución más arriesgada debido a que la inversión será



mayor, pero se dispone de un amplio espacio al eliminar la glorieta actual, que se puede aprovechar para la remodelación sin construir estructuras adicionales.

No es posible comparar entre las propuestas el parámetro de demora medio debido a que en Sidra no se puede modelar correctamente el diamante invertido, debido a la imposibilidad de cambiar los sentidos de circulación y estudio de las dos intersecciones en conjunto, si no que debemos analizar las diferentes soluciones en Aimsun mediante la microsimulación para la confirmación de la viabilidad, eligiendo la solución que mejor funcione visualmente durante la hora punta.

## *10 Propuesta final*

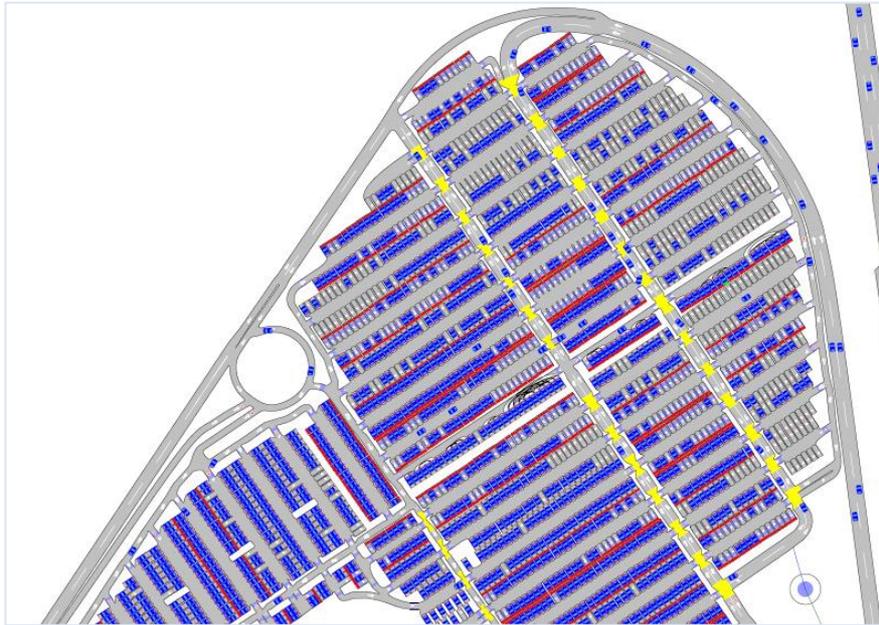
La propuesta final para el área de estudio está formada por la modificación de la entrada al Centro Comercial Valle Real y la creación de un diamante invertido en el exterior del Centro Comercial. Dichas modificaciones se detallan a continuación.

Modificación de la entrada al Centro Comercial:

- Se ha creado un recorrido más largo que el actual pero más rápido, donde se puede acceder a la entrada principal del aparcamiento por ambos carriles.
- Se añade un carril adicional al vial para el nuevo recorrido donde en la actualidad hay solamente uno. Para conseguir el espacio necesario para la creación de un nuevo carril, deberá ser eliminando un aparcamiento de cada área desde la 34 a la 45 eliminando un total de 24 aparcamientos, los cuales se eligen debido a que no suelen completarse incluso en hora punta.
- Además, aprovechando el espacio que los dos carriles de la actual entrada principal ocupa, se crean 3 nuevas áreas de aparcamiento añadiendo un total de 66 aparcamientos nuevos.



En la Ilustración 53 observamos el detalle de lo descrito:



*Ilustración 53: PROPUESTA FINAL. Detalle aparcamiento Centro Comercial. Aimsun 8.1*

Implementación de un diamante invertido (DDI) en el exterior del Centro Comercial como alternativa a las dos glorietas actuales:

- Se eliminan las dos glorietas actuales para la creación de dos intersecciones con movimientos de paso semaforizados. Todos los giros a la derecha en ambas intersecciones y los giros a la izquierda desde el Sur y Oeste en la intersección 2 se hacen directos con carril exclusivo de salida y los demás giros a la izquierda se realizarán según ciclos semafóricos.
- Las vías de unión de las dos glorietas, ahora intersecciones, intercambian los sentidos de circulación para reducir los puntos de conflicto de las intersecciones habituales.
- Para el correcto funcionamiento como DDI se implementa un ciclo semafórico óptimo de 110 seg. formado por cuatro fases con un total de 17 grupos semafóricos, evitando los puntos de conflicto de las corrientes de vehículos.

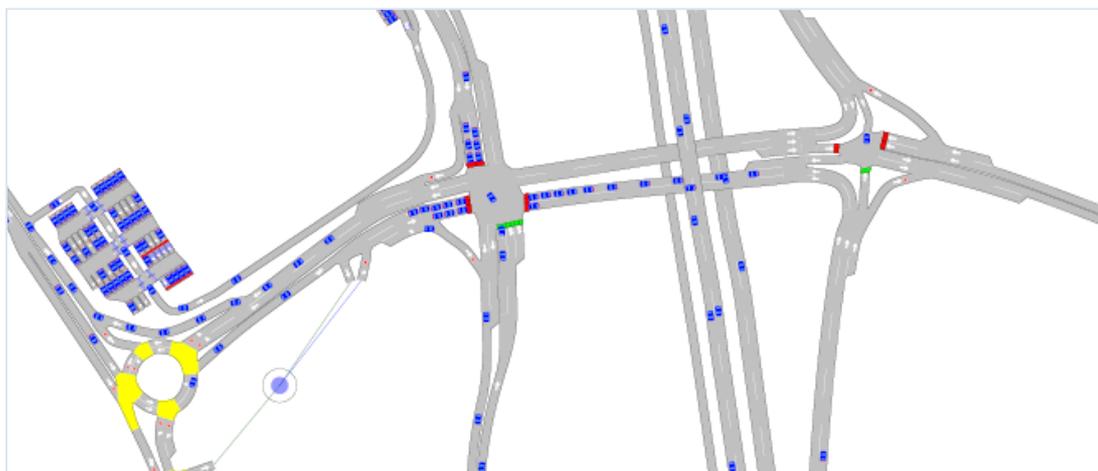


Ilustración 54: PROPUESTA FINAL. Detalle DDI e Intersección 3 del Centro Comercial. Aimsun 8.1

Con esta propuesta se eliminan los problemas de congestión que se forman en la situación actual, tanto por la intersección de las principales corrientes de entrada y salida (*intersección 1*) como las de entrada (*intersección 2*) y se crean un total de 42 aparcamientos nuevos que ayudará a cubrir la demanda cada vez mayor de estos. Además, la implementación del DDI nos garantiza la solución de los problemas de circulación ocasionadas en las inmediaciones del Centro Comercial en la actualidad. Al disminuir los problemas de congestión y demoras en las *glorietas 1 y 2*, la *intersección 3*, que en la actualidad se ve afectada por esta, mejora sustancialmente en lo referido a la fluidez del tráfico.

## 11 Análisis del Nivel de Servicio en el año horizonte

Es necesario realizar el estudio del Nivel de Servicio de la red en el año horizonte y comprobar que queda por debajo de cierto valor. Este análisis del nivel de servicio se hace a través de la metodología del Manual de Capacidad 2010 del TRB de los Estados Unidos de América.

En este caso, los valores de año horizonte y factor de crecimiento de tráfico se han establecido según la Nota de Servicio 5/20146 referente a Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras.

El incremento de tráfico a utilizar en estudios establecidos en la Orden FOM/3317/2010 para estudios desde el año 2017 en adelante es de 1,44%. Así mismo, como año horizonte se tomará 2038, es decir, 20 años.



Se pueden distinguir dos niveles de servicio en el año horizonte en los elementos de un nudo viario. Estos valores son, para un nivel normal o aceptable del nivel de servicio, un tipo **C**, y como caso excepcional, un nivel tipo **D**.

### 11.1 Introducción

De nuevo, el estudio del nivel de servicio se ha realizado con la metodología utilizada para el análisis del Nivel de Servicio Actual y en las propuestas finales, el Manual de Servicio. La división de la zona de estudio para este análisis será el mismo que en el análisis de la situación actual. Primero se analizarán las intersecciones del interior del y segundo se analizarán en conjunto las intersecciones y glorietas exteriores al C.C. Valle real debido a que la solución propuesta se realiza en las glorietas solventando con esto los problemas que se presentan en la intersección exterior.

### 11.2 Análisis de la intersección 1

La intersección 1, con la solución propuesta de redirigir el tráfico para evitar los problemas de confluencia de principales corrientes de tráfico, en el año horizonte presenta niveles de servicio adecuados. En el sentido Noreste el Nivel de Servicio es aceptable ya que presenta un tipo **C** y en el sentido SE un Nivel de Servicio **A**.

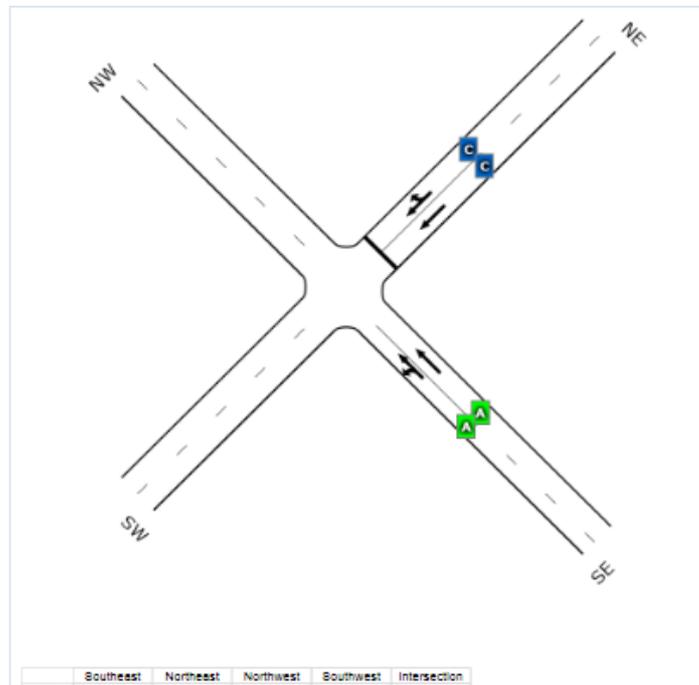


Ilustración 55: INTERSECCIÓN 1. Análisis del NS en el año horizonte. Sidra 5.1



### 11.3 Análisis de la intersección 2

La intersección 2, con la solución propuesta de redirigir el tráfico para evitar los problemas de confluencia de principales corrientes de tráfico en la intersección 1 y que evita también el problema que en la actualidad hay en esta intersección, en el año horizonte presenta niveles de servicio adecuados. En el sentido Noreste el Nivel de Servicio es aceptable ya que presenta un tipo **C** y en el sentido NW un Nivel de servicio A ya que tiene preferencia de paso.

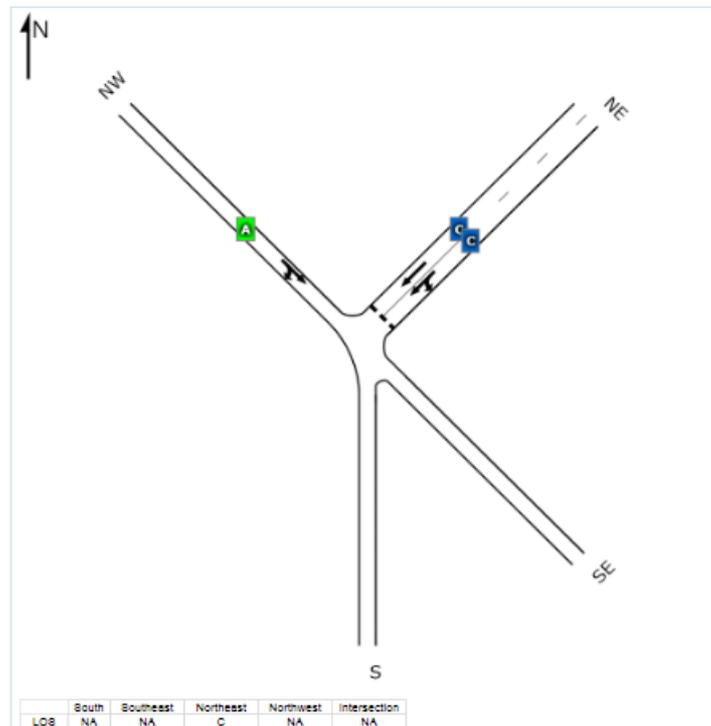


Ilustración 56: INTERSECCIÓN 2. Análisis del NS en el año horizonte. Sidra 5.1

### 11.4 Análisis de la intersección 3 y glorietas 1 y 2

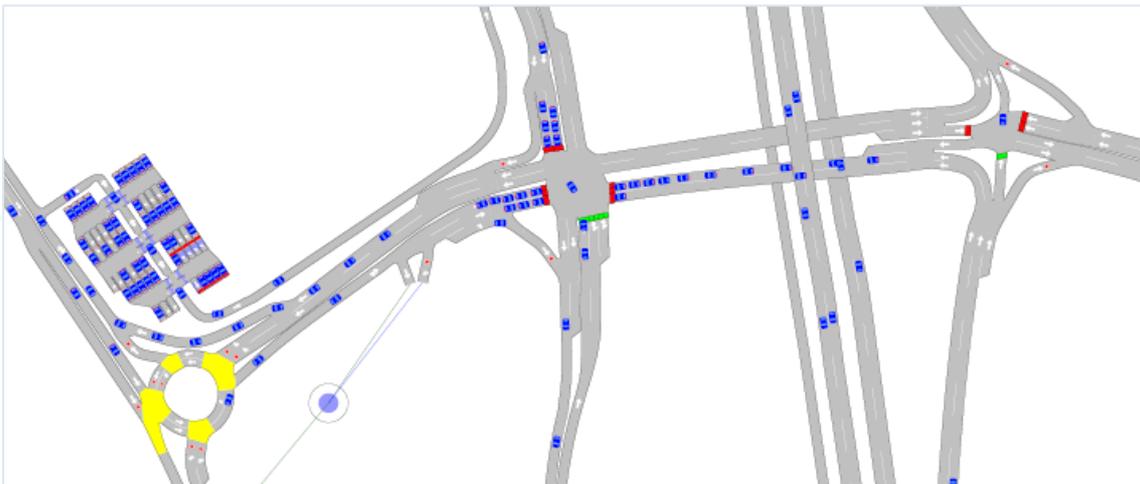
Como se ha explicado anteriormente, para el año horizonte se deben estudiar dichas intersecciones en conjunto debido a que en la solución propuesta la intersección 3 conserva la situación actual geométrica y de señalización modificando únicamente las glorietas 1 y 2 con lo que se obtiene la solución a los problemas que en un principio presenta la intersección 3 en cuando a retenciones las cuales se demuestra que vienen ocasionadas por la glorietta 1 la cual en la actualidad no funciona correctamente. En esta ocasión, no podemos usar el Software Sidra para el análisis del Nivel de servicio de las tres intersecciones de la propuesta final por causas expuestas anteriormente.



Para la realización de un análisis de las intersecciones en el año horizonte con un crecimiento del 1,44 %, se realizará una simulación con Aimsun con la cual observaremos en hora punta la formación o no de retenciones, las colas medias durante la simulación y el funcionamiento o no del DDI además de la influencia en la intersección 3.

Una vez realizada la simulación en Aimsun para el año horizonte, observamos la formación de colas mayores pero que pueden ser aceptables ya que las colas que se forman no llegan a afectar ni a la propia autovía ni a la intersección 3 la cual sigue funcionando correctamente. Cabe mencionar que al aumentar el tráfico entrante hacia el Centro Comercial y hacia Maliaño, para un mejor funcionamiento del DDI basta con calibrar los tiempos de ciclos hasta concluir con la solución óptima de tiempo de ciclo total y cada uno de los 4 ciclos.

Al simular la red, es destacable que, al aumentar el tráfico en las autovías S-10 y A-67 en ambos sentidos, dichas autovías obtienen un flujo denso llegando en ocasiones a disminuir la fluidez de tráfico de las vías por lo que se deberá plantear soluciones como la ampliación de la misma.



*Ilustración 57: Análisis DDI en año horizonte. Aimsun 8.1*



## 12 Conclusiones

A lo largo del estudio de la reordenación de tráfico, ha quedado demostrado varios aspectos que era necesario rediseñar o cambiar. Estos aspectos a mejorar serán por una parte los problemas de confluencia de tráfico principales de entrada (Norte) y de salida, así como de los principales flujos de entrada. Por otra parte, en la zona exterior del C.C. también se deben mejorar la glorieta, la cual funciona como una intersección, con prioridad de movimiento de la intensidad de vehículos que salen del C.C. y la glorieta de cuatro entradas y salidas próxima a esta, la cual no funciona de una forma correcta provocando tales colas en la entrada Sur que afectan a la intersección anteriormente mencionada provocando el colapso de esta.

Tras el análisis de la situación actual y estudiando diferentes alternativas para cada uno de los problemas que se observan en la red, se ha decidido desde la perspectiva de mejora del tráfico realizar las siguientes mejoras:

- **Modificación de la entrada al Centro Comercial:** Con esta mejora se crea una nueva ruta la cual evita la interferencia de las principales corrientes de tráfico, tanto las principales de entrada (Norte) y salida con preferencia de movimiento a estos últimos, como las principales de entrada (Norte y Noroeste) con preferencia de paso desde el Noroeste. Esta solución nos permite, además, la creación de tres nuevas áreas de aparcamiento con los que se aumenta en cuarenta y dos los aparcamientos totales.
- **Implementación de un Diamante Invertido (DDI) en el exterior del Centro Comercial:** Esta innovadora solución que difiere de la definición exacta de un DDI, se da como alternativa a las dos glorietas exteriores, sustituyendo estas por dos intersecciones semaforizadas con giros a la derecha directos y donde se intercambian los sentidos de circulación en el vial que une las dos intersecciones eliminando así interferencias de movimientos que presentaría una intersección habitual. Con esta propuesta se soluciona los problemas que presenta la actual glorieta debido a que el tráfico que predomina es el de paso y no el de giro desde el Noroeste provocando importantes colas en la entrada Sur que afectan también al correcto funcionamiento de la intersección anterior, la cual da preferencia de paso a los vehículos que salen del C.C. y se dirigen hacia la glorieta, provocando también problemas en los demás giros consiguiendo una mejora del Nivel de Servicio en ambos lugares.

Con estas soluciones propuestas, se reduce el principal problema de grandes demoras que presenta el tráfico interior y exterior del Centro Comercial en la situación actual obteniendo niveles de servicio B en las intersecciones motivo de estudio en el interior y visualmente en microsimulación se observa una gran mejora respecto a la situación actual en las zonas de estudio exteriores.



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Por otro lado, teniendo en cuenta el estudio en el año horizonte, se observa que las soluciones propuestas son perfectamente válidas presentando valores de Niveles de Servicio aceptables para el crecimiento de 1,44% definido por el Manual. De la misma forma, simulando la red para el crecimiento descrito, cabe mencionar que empeora la fluidez de tráfico para las autovías A-67 y S-10 en ambos sentidos no llegando a la capacidad de las mismas.



## 13 Bibliografía

- AIMSUN [web]. 2017. Aimsun. What is Aimsun? Disponible en: <https://www.aimsun.com/aimsun/>
- Python [web]. Python. Help Disponible en: <https://www.python.org/about/help/>
- SIDRA INTERSECTION [web]. Software. Disponible en: <http://www.sidrasolutions.com/>
- MARTÍN LATORRE E.; DE MEER LECHA-MARZO A. 2003. Evolución urbanística de Santander 1941-1990. Excmo. Ayuntamiento de Santander. ISBN 8486993679.
- INSTITUTO CÁNTABRO DE ESTADÍSTICA. Población. Datos municipales. Series de población. Disponible en: <http://www.icane.es/home>.
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO [web]. 2017. El tráfico. Puntos negros. Puntos negros 2014. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/el-traffic/puntos-negros/puntos-negros-2014.shtml>
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Blurbs. Highway Capacity Manual, Sixth Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Disponible en: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/175169.aspx>
- DIVERGING DIAMOND INTERCHANGE. Benefits. Disponible en: <http://www.divergingdiamond.com/benefits.html>
- CRUZ MEIRINHO, S. 2017. Estudio de tráfico para mejora de accesos en Santander en el entorno S-20/S-30. Director: Alonso Oreña B. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Cantabria. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/>
- MINISTERIO DE FOMENTO. 2014. Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras. Disponible en: <http://www.habitatge.gva.es/documents/>
- MINISTERIO DE FOMENTO. 2014. Mapa de Tráfico. Tráfico, velocidades y accidentes en la red de carreteras del estado. ISBN: 9788449809996
- MINISTERIO DE FOMENTO. 2016. Norma 3.1- IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es>



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



## 14 Anexos

### 14.1 Anexo. Datos de IMD del Ministerio de Fomento.

GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE TRANSPORTES		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO <b>2014</b>																									
Provincia: CANTABRIA		Tipo: SECUNDARIA		Población: NUEVA MONTAÑA		Estación: S-22-2		Tipo de Datos: Validados Mensual																									
Carretera: S-10		PK: 1,01		Núm. Calzadas: 2		Conv. Carriles: 3+3		Dia: Viernes																									
Calzada: 1		Porcentajes Horarios																															
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.							
1	Ligeros	0,87	0,51	0,31	0,20	0,20	0,69	1,06	3,18	4,92	5,32	5,18	5,75	6,11	6,77	7,11	6,77	5,91	6,29	7,11	7,41	7,30	5,56	3,45	2,02	15.150							
1	Pesados	0,23	0,23	0,23	0,46	0,23	0,92	3,44	5,50	7,57	8,49	9,40	7,34	7,80	5,96	4,36	6,88	6,88	5,73	5,28	5,50	3,21	2,29	1,38	0,69	436							
1	Total	0,85	0,51	0,31	0,21	0,20	0,70	1,13	3,25	4,99	5,41	5,30	5,80	6,15	6,74	7,03	6,77	5,94	6,27	7,05	7,36	7,18	5,48	3,39	1,98	15.592							
2	Ligeros	1,09	0,57	0,38	0,32	0,32	1,20	1,75	3,98	5,11	5,23	5,28	5,55	5,79	6,17	6,40	6,41	6,01	6,37	7,55	7,88	6,93	4,99	3,01	1,73	19.117							
2	Pesados	0,39	0,98	0,39	0,39	0,39	0,98	4,31	5,29	7,25	8,63	7,45	7,25	8,82	6,86	5,10	5,10	5,88	6,86	5,29	5,29	3,14	2,55	0,78	0,59	510							
2	Total	1,07	0,58	0,38	0,33	0,33	1,19	1,82	4,01	5,16	5,32	5,34	5,59	5,87	6,19	6,36	6,38	6,00	6,38	7,49	7,81	6,83	4,92	2,95	1,70	19.637							
3	Ligeros	0,36	0,11	0,07	0,06	0,06	0,37	1,37	4,89	5,88	5,43	4,86	5,14	6,47	7,63	8,01	6,75	6,54	7,13	7,28	7,59	5,46	4,42	3,04	1,08	13.919							
3	Pesados	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	2,27	4,09	5,00	5,45	5,00	5,45	6,82	8,18	7,27	6,82	7,27	7,73	6,36	9,09	4,09	3,18	3,18	1,82	220							
3	Total	0,36	0,11	0,07	0,06	0,07	0,37	1,39	4,87	5,86	5,44	4,86	5,15	6,48	7,64	8,00	6,75	6,55	7,14	7,26	7,62	5,44	4,40	3,04	1,09	14.145							
Todos	Ligeros	0,81	0,42	0,27	0,21	0,21	0,80	1,42	3,99	5,27	5,32	5,13	5,49	6,09	6,78	7,09	6,62	6,13	6,56	7,33	7,65	6,62	5,00	3,15	1,63	48.204							
Todos	Pesados	0,42	0,59	0,34	0,42	0,25	0,93	3,63	5,15	6,84	7,94	7,77	6,93	8,02	6,76	5,15	6,08	6,50	6,59	5,41	6,08	3,29	2,62	1,44	0,84	1.184							
Todos	Total	0,80	0,43	0,27	0,22	0,22	0,80	1,48	4,02	5,31	5,38	5,19	5,53	6,13	6,77	7,04	6,61	6,14	6,56	7,29	7,61	6,54	4,95	3,11	1,61	49.393							

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

Ilustración 58: Datos de IMD S-22-2\_C1



# REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL CENTRO COMERCIAL VALLE REAL UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO <span style="float: right;">2014</span>																				
Estación: S-22-2						Tipo de Datos: Validados Mensual																				
Dia: Viernes																										
Provincia: CANTABRIA		Tipo: SECUNDARIA		Población: NUEVA MONTAÑA																						
Carretera: S-10		PK: 1,01		Núm. Calzadas: 2		Conv. Carriles: 3+3																				
Calzada: 2		Porcentajes Horarios																								
Carriil	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.
1	Ligeros	0,44	0,21	0,15	0,11	0,14	0,51	1,65	6,80	9,07	7,77	6,36	6,01	5,70	5,08	5,72	5,11	5,90	6,63	7,06	6,75	4,94	3,59	2,08	1,13	10,475
1	Pesados	0,25	0,00	0,25	0,25	0,76	2,54	3,81	5,84	10,15	9,14	8,38	6,85	6,85	3,81	6,35	6,85	6,35	4,82	5,08	3,81	2,28	2,28	2,03	1,27	394
1	Total	0,43	0,21	0,16	0,12	0,17	0,68	1,73	6,76	9,11	7,82	6,43	6,05	5,74	6,00	5,74	5,17	5,92	6,56	6,99	6,64	4,84	3,54	2,08	1,13	10,875
2	Ligeros	0,78	0,34	0,22	0,19	0,21	0,72	1,75	4,79	6,32	5,82	5,36	5,53	6,08	6,65	6,01	5,46	6,26	7,24	8,91	7,76	5,40	3,92	2,77	1,52	22,422
2	Pesados	0,74	0,49	0,62	0,62	0,49	1,23	3,57	5,79	8,25	8,37	8,00	6,65	6,65	5,17	5,54	5,67	6,03	7,27	6,28	5,05	3,33	1,72	1,85	0,62	812
2	Total	0,77	0,34	0,23	0,21	0,22	0,74	1,81	4,83	6,39	5,91	5,45	5,57	6,10	6,60	6,00	5,47	6,25	7,24	8,82	7,66	5,33	3,84	2,73	1,49	23,241
3	Ligeros	0,17	0,06	0,04	0,04	0,05	0,32	1,53	4,98	8,03	6,48	5,24	5,26	5,57	6,54	7,13	6,69	6,40	7,01	7,11	7,33	6,04	4,29	2,71	0,98	14,549
3	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	1,93	4,18	7,07	5,79	5,47	5,47	7,72	7,72	7,40	7,40	7,40	7,40	6,75	9,65	3,22	2,25	2,25	0,64	311
3	Total	0,17	0,06	0,04	0,04	0,05	0,32	1,54	4,97	8,00	6,46	5,25	5,27	5,61	6,56	7,14	6,70	6,42	7,02	7,10	7,38	5,99	4,24	2,70	0,97	14,867
Todos	Ligeros	0,52	0,23	0,15	0,13	0,15	0,58	1,66	5,29	7,45	6,45	5,54	5,55	5,84	6,49	6,29	5,76	6,22	7,03	7,95	7,40	5,49	3,96	2,60	1,27	47,462
Todos	Pesados	0,46	0,33	0,39	0,46	0,52	1,44	3,26	5,48	8,55	8,03	7,57	6,46	6,92	5,35	6,14	6,27	6,40	6,59	6,01	5,61	3,07	1,96	1,96	0,78	1,532
Todos	Total	0,52	0,23	0,16	0,14	0,16	0,60	1,71	5,30	7,48	6,50	5,60	5,58	5,87	6,45	6,28	5,78	6,23	7,02	7,89	7,35	5,42	3,89	2,58	1,25	49,001

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

*Ilustración 59: Datos de IMD S-22-2\_C2*

GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO <span style="float: right;">2014</span>																				
Estación: S-116-5						Tipo de Datos: Validados Mensual																				
Dia: Viernes																										
Provincia: CANTABRIA		Tipo: SEMIPERMANENTE		Población: MALIAÑO																						
Carretera: S-10		PK: 3,77		Núm. Calzadas: 2		Conv. Carriles: 3+3																				
Calzada: 1		Porcentajes Horarios																								
Carriil	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.
1	Ligeros	1,09	0,60	0,33	0,30	0,33	1,24	1,68	3,94	5,11	5,54	5,29	5,89	6,66	7,60	7,34	6,10	5,62	5,87	6,10	6,35	6,20	5,13	3,58	2,11	6,963
1	Pesados	0,52	0,00	0,52	0,52	0,52	1,03	3,09	7,22	6,19	9,79	7,22	7,73	7,22	8,25	5,15	6,19	6,19	6,19	5,15	5,15	2,58	3,09	0,52	0,00	194
1	Total	1,07	0,60	0,33	0,31	0,33	1,24	1,72	4,03	5,14	5,67	5,34	5,93	6,67	7,61	7,28	6,11	5,62	5,87	6,07	6,31	6,10	5,07	3,50	2,07	7,166
2	Ligeros	1,16	0,59	0,40	0,36	0,46	1,48	2,28	4,49	5,21	4,76	4,97	5,55	6,12	6,74	6,72	6,13	5,72	5,88	6,17	6,40	6,32	5,62	4,08	2,38	18,916
2	Pesados	0,64	0,80	0,80	0,64	1,19	1,67	3,82	5,73	8,12	8,44	8,60	8,76	8,04	6,69	5,18	6,61	6,69	5,41	4,46	3,18	1,83	1,11	0,88	0,72	1,256
2	Total	1,13	0,60	0,43	0,38	0,51	1,50	2,37	4,57	5,39	5,00	5,20	5,74	6,24	6,73	6,63	6,16	5,78	5,85	6,06	6,20	6,04	5,34	3,88	2,28	20,180
3	Ligeros	0,24	0,06	0,03	0,02	0,06	0,45	1,17	4,47	5,96	4,50	4,42	5,45	6,87	8,99	8,89	7,10	5,78	6,15	6,69	7,29	6,69	5,10	2,81	0,80	12,555
3	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	5,23	7,19	5,88	7,84	8,50	9,15	9,15	5,23	6,54	5,88	8,50	5,23	7,84	3,27	1,96	0,65	0,00	153	
3	Total	0,24	0,06	0,03	0,02	0,07	0,45	1,19	4,47	5,97	4,52	4,46	5,48	6,89	8,99	8,85	7,10	5,79	6,17	6,67	7,30	6,65	5,06	2,78	0,79	12,717
Todos	Ligeros	0,85	0,43	0,27	0,24	0,31	1,10	1,81	4,38	5,44	4,82	4,85	5,57	6,46	7,63	7,54	6,44	5,72	5,96	6,32	6,68	6,42	5,36	3,57	1,82	38,451
Todos	Pesados	0,62	0,68	0,68	0,62	0,98	1,54	3,57	5,85	7,75	8,37	8,25	8,55	8,00	7,02	5,23	6,52	6,52	5,72	4,62	3,88	2,15	1,42	0,86	0,62	1,625
Todos	Total	0,84	0,44	0,28	0,25	0,34	1,12	1,88	4,44	5,53	4,96	4,99	5,69	6,52	7,61	7,44	6,45	5,75	5,95	6,25	6,57	6,24	5,20	3,46	1,77	40,086

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

*Ilustración 60: Datos de IMD S-116-5\_C1*



# REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL CENTRO COMERCIAL VALLE REAL UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTES		DIRECCIÓN GENERAL DE CANTABILIDAD		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO 2014																			
Estación: S-116-5				Tipo de Datos: Validados Mensual																							
Dia: Viernes																											
Provincia: CANTABRIA				Tipo: SEMIPERMANENTE								Población: MALIAÑO															
Carretera: S-10		PK: 3,77		Núm. Calzadas: 2				Conv. Carriles: 3+3																			
Calzada: 2		Porcentajes Horarios																									
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.	
1	Ligeros	0,74	0,44	0,34	0,25	0,35	1,32	2,13	5,78	7,08	6,89	5,99	6,11	5,74	5,89	6,64	6,26	5,96	6,11	6,42	5,94	5,29	4,04	2,66	1,63	6,762	
1	Pesados	0,93	1,40	1,40	0,93	0,47	0,93	1,86	4,19	9,77	9,30	7,91	6,98	7,91	6,05	6,51	6,05	5,58	6,05	5,12	3,26	2,33	1,86	1,86	1,40	2,15	
1	Total	0,74	0,49	0,39	0,29	0,36	1,30	2,12	5,72	7,17	6,97	6,04	6,14	5,80	5,90	6,63	6,25	5,94	6,11	6,37	5,87	5,19	3,96	2,65	1,62	6,988	
2	Ligeros	0,74	0,35	0,21	0,25	0,45	1,48	2,23	4,89	6,07	5,88	5,97	5,75	5,61	5,68	6,79	6,42	6,40	6,75	6,84	6,23	5,38	4,47	3,35	1,80	16,660	
2	Pesados	0,64	0,42	0,33	0,45	0,59	1,70	2,87	5,69	7,36	7,42	7,45	7,00	6,61	6,14	6,14	6,83	6,08	6,22	5,19	4,49	3,74	2,96	2,37	1,31	3,585	
2	Total	0,73	0,37	0,23	0,29	0,48	1,52	2,34	5,03	6,30	6,15	6,23	5,97	5,78	5,77	6,67	6,49	6,34	6,66	6,54	5,92	5,09	4,20	3,18	1,72	20,256	
3	Ligeros	0,17	0,07	0,07	0,01	0,02	0,32	0,78	6,10	10,16	7,62	6,18	5,54	5,39	5,80	7,88	7,11	6,23	7,19	7,35	6,23	4,47	2,93	1,83	0,55	10,709	
3	Pesados	0,30	0,45	0,30	0,00	0,00	0,15	0,60	6,45	9,30	7,80	7,20	6,00	7,05	6,30	7,80	5,40	6,30	7,50	6,75	6,00	3,75	2,85	1,20	0,90	667	
3	Total	0,18	0,11	0,09	0,02	0,03	0,31	0,78	6,12	10,09	7,61	6,23	5,57	5,49	5,82	7,87	7,00	6,23	7,21	7,31	6,21	4,42	2,93	1,79	0,57	11,392	
Todos	Ligeros	0,56	0,29	0,20	0,18	0,30	1,09	1,76	5,44	7,55	6,63	6,04	5,76	5,56	5,76	7,10	6,60	6,26	6,76	6,91	6,17	5,08	3,90	2,74	1,38	34,159	
Todos	Pesados	0,62	0,51	0,40	0,42	0,51	1,43	2,49	5,72	7,75	7,50	7,39	6,84	6,72	6,17	6,39	6,57	6,10	6,39	5,41	4,63	3,67	2,89	2,18	1,27	4,491	
Todos	Total	0,57	0,32	0,22	0,21	0,33	1,13	1,84	5,48	7,57	6,73	6,19	5,88	5,70	5,80	7,02	6,60	6,24	6,72	6,74	6,00	4,91	3,78	2,67	1,36	38,662	

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

*Ilustración 62: Datos de IMD S-116-5\_C2*

GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTES		DIRECCIÓN GENERAL DE CANTABILIDAD		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO 2014																			
Estación: S-214-2				Tipo de Datos: Validados Mensual																							
Dia: Todos																											
Provincia: CANTABRIA				Tipo: SECUNDARIA								Población: CIUDAD TRANSPORTE															
Carretera: A-67		PK: 203,32		Núm. Calzadas: 2				Conv. Carriles: 2+2																			
Calzada: 1		Porcentajes Horarios																									
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.	
1	Ligeros	0,63	0,29	0,20	0,15	0,31	2,05	2,88	6,70	7,82	7,13	6,16	5,89	5,58	5,76	5,81	6,65	6,48	6,34	5,95	5,44	4,48	3,91	2,25	1,15	6,525	
1	Pesados	0,23	0,34	0,34	0,46	0,46	1,49	2,86	7,45	9,62	9,39	7,67	7,56	7,67	5,50	5,84	6,87	6,76	5,27	4,93	3,21	2,06	1,72	1,49	0,80	873	
1	Total	0,59	0,30	0,23	0,19	0,32	2,00	2,89	6,79	8,02	7,38	6,34	6,09	5,82	5,74	5,80	6,67	6,52	6,22	5,83	5,17	4,18	3,64	2,16	1,11	7,409	
2	Ligeros	0,09	0,04	0,01	0,01	0,03	0,70	0,98	7,83	12,64	9,42	6,25	6,00	5,25	5,42	5,55	7,19	7,05	7,21	6,82	5,22	3,21	2,11	0,77	0,20	7,548	
2	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16	8,14	11,63	11,63	6,98	9,30	8,14	4,65	5,81	6,98	6,98	5,81	6,98	3,49	1,16	1,16	0,00	0,00	86	
2	Total	0,10	0,04	0,01	0,03	0,04	0,71	0,98	7,84	12,61	9,43	6,25	6,03	5,27	5,40	5,56	7,19	7,04	7,18	6,83	5,21	3,19	2,09	0,77	0,20	7,645	
Todos	Ligeros	0,35	0,16	0,11	0,09	0,16	1,34	1,86	7,30	10,40	8,35	6,21	5,94	5,40	5,58	5,67	6,94	6,79	6,80	6,41	5,32	3,80	2,94	1,46	0,64	14,082	
Todos	Pesados	0,21	0,31	0,31	0,41	0,41	1,45	2,69	7,54	9,71	9,50	7,64	7,64	7,64	5,48	5,79	6,92	6,71	5,37	5,17	3,31	2,07	1,65	1,34	0,72	968	
Todos	Total	0,35	0,17	0,13	0,11	0,18	1,34	1,92	7,31	10,35	8,42	6,30	6,05	5,54	5,57	5,68	6,93	6,78	6,71	6,33	5,19	3,68	2,85	1,45	0,65	15,066	

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

*Ilustración 61: Datos de IMD S-214-2\_C1*



# REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL CENTRO COMERCIAL VALLE REAL UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO SISTEMA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO <span style="float: right;">2014</span>																								
Estación: S-214-2		Tipo de Datos: Validados Mensual																								
Dia: Todos																										
Provincia: CANTABRIA	Tipo: SECUNDARIA	Población: CIUDAD TRANSPORTE																								
Carretera: A-67	PK: 203,32	Núm. Calzadas: 2																		Conv. Carriles: 2+2						
Calzada: 2	Porcentajes Horarios																									
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.
1	Ligeros	1,25	0,47	0,28	0,21	0,24	0,95	1,52	3,26	4,57	4,50	4,77	5,43	6,13	7,29	7,23	6,12	5,83	6,24	7,19	7,62	7,21	5,55	4,22	1,91	13,325
1	Pesados	0,38	0,38	0,45	0,45	0,98	1,81	3,25	4,75	7,32	9,21	9,58	8,60	8,23	5,51	5,13	7,02	6,87	6,79	4,98	3,62	2,04	0,98	0,98	0,68	1,325
1	Total	1,17	0,47	0,29	0,24	0,31	1,02	1,68	3,40	4,82	4,92	5,21	5,71	6,32	7,13	7,04	6,20	5,93	6,29	6,99	7,26	6,74	5,13	3,93	1,80	14,655
2	Ligeros	0,24	0,06	0,03	0,02	0,02	0,23	0,53	2,37	4,73	4,24	4,64	5,53	6,65	8,75	8,44	6,84	6,04	7,02	8,60	9,06	7,89	4,52	2,96	0,58	9,646
2	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,71	2,84	5,67	8,51	8,51	8,51	8,51	7,09	4,96	6,38	7,09	8,51	8,51	7,80	4,26	0,71	0,71	0,00	141
2	Total	0,23	0,06	0,03	0,02	0,02	0,23	0,54	2,38	4,74	4,31	4,71	5,57	6,66	8,73	8,38	6,84	6,06	7,03	8,59	9,04	7,84	4,46	2,94	0,58	9,798
Todos	Ligeros	0,83	0,30	0,17	0,13	0,15	0,65	1,11	2,89	4,63	4,39	4,72	5,47	6,35	7,90	7,74	6,42	5,92	6,57	7,78	8,22	7,50	5,11	3,69	1,35	22,983
Todos	Pesados	0,41	0,34	0,41	0,47	0,88	1,69	3,04	4,53	7,17	9,13	9,47	8,59	8,18	5,68	5,07	6,96	6,90	6,90	5,34	4,06	2,30	0,95	0,95	0,61	1,479
Todos	Total	0,80	0,31	0,19	0,15	0,20	0,71	1,23	2,99	4,79	4,67	5,01	5,66	6,46	7,77	7,58	6,45	5,98	6,59	7,63	7,97	7,18	4,86	3,53	1,31	24,475

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

*Ilustración 63: Datos de IMD S-214-2\_C2*

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO SISTEMA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DIRECCIÓN GENERAL DE VIALIDAD		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO <span style="float: right;">2014</span>																								
Estación: S-127-2		Tipo de Datos: Validados Mensual																								
Dia: Viernes																										
Provincia: CANTABRIA	Tipo: SECUNDARIA	Población: PARAYAS																								
Carretera: N-636	PK: 0,10	Núm. Calzadas: 1																		Conv. Carriles: 1+1						
Calzada: 1	Porcentajes Horarios																									
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	I.M.D.
1	Ligeros	0,14	0,07	0,02	0,02	0,02	0,45	1,87	3,42	3,99	6,13	6,15	7,55	8,04	6,44	6,85	6,13	11,18	7,57	7,59	6,44	5,43	2,52	1,67	0,29	4,438
1	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,24	3,73	6,72	8,96	10,45	8,21	8,96	8,21	3,73	5,97	10,45	3,73	10,45	2,24	1,49	2,99	1,49	0,00	134
1	Total	0,13	0,07	0,02	0,02	0,02	0,44	1,88	3,43	4,09	6,23	6,27	7,56	8,07	6,49	6,76	6,12	11,15	7,46	7,67	6,32	5,31	2,54	1,66	0,28	4,574
2	Ligeros	0,70	0,16	0,05	0,02	0,02	0,19	0,98	1,87	3,59	3,84	4,22	4,24	5,93	9,28	7,48	6,33	7,34	9,91	7,22	7,36	5,72	5,93	5,04	2,58	4,267
2	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,82	2,42	3,64	6,67	7,27	6,06	8,48	7,27	6,67	9,09	6,67	9,09	7,27	11,52	1,21	3,03	1,21	0,51	165
2	Total	0,68	0,16	0,05	0,02	0,02	0,20	1,01	1,92	3,61	3,97	4,35	4,30	6,02	9,20	7,44	6,42	7,30	9,87	7,21	7,51	5,54	5,81	4,89	2,50	4,437
Todos	Ligeros	0,42	0,11	0,03	0,02	0,02	0,33	1,44	2,66	3,80	5,01	5,20	5,93	7,01	7,83	7,15	6,22	9,29	8,72	7,41	6,89	5,57	4,19	3,32	1,41	8,708
Todos	Pesados	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	3,31	5,30	7,95	8,61	6,95	8,61	7,62	5,30	7,62	8,28	6,62	8,61	7,28	1,32	2,98	1,32	0,33	302
Todos	Total	0,41	0,11	0,04	0,03	0,03	0,33	1,45	2,68	3,85	5,11	5,32	5,96	7,06	7,82	7,09	6,27	9,25	8,64	7,44	6,90	5,42	4,15	3,25	1,38	9,017

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

01/07/2015

*Ilustración 64: Datos de IMD S-127-2*

## 14.2 Anexo. Resultados de la microsimulación en Aimsun 8.1

### 14.2.1 Resultados Situación Actual

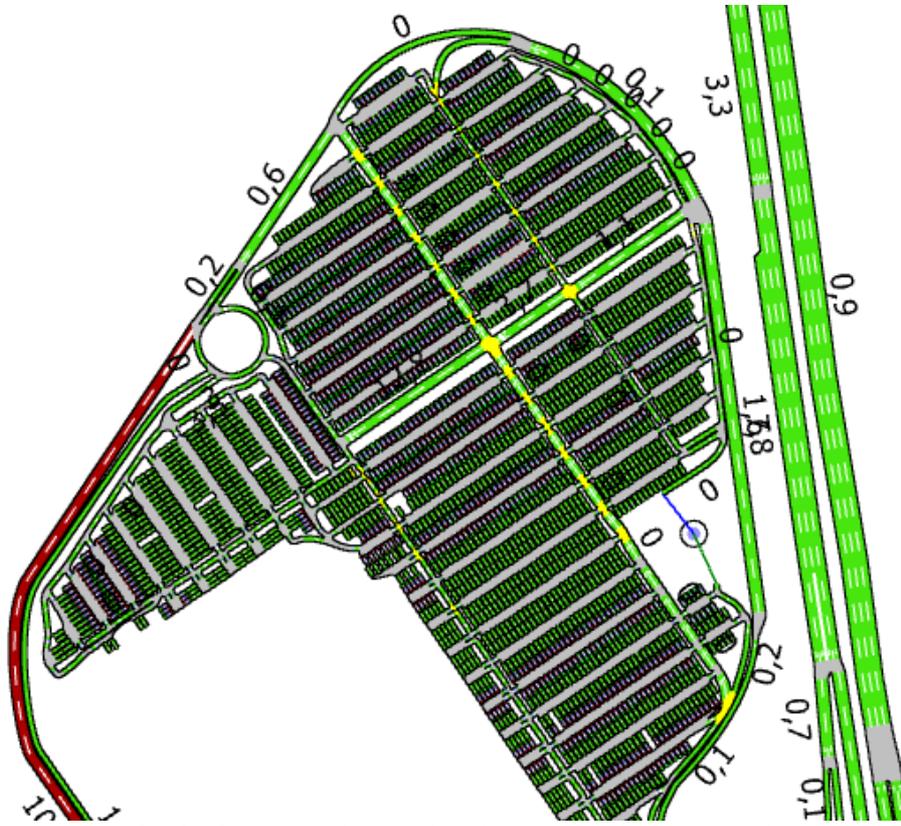


Ilustración 65: Demora media en la situación actual de vehículos en el interior del C.C. Aimsun 8.1



Ilustración 66: Demora media en la situación actual de vehículos en el exterior del C.C. Aimsun 8.1



Ilustración 67: Densidad de vehículos en la situación actual en el interior del C.C. Aimsun 8.1

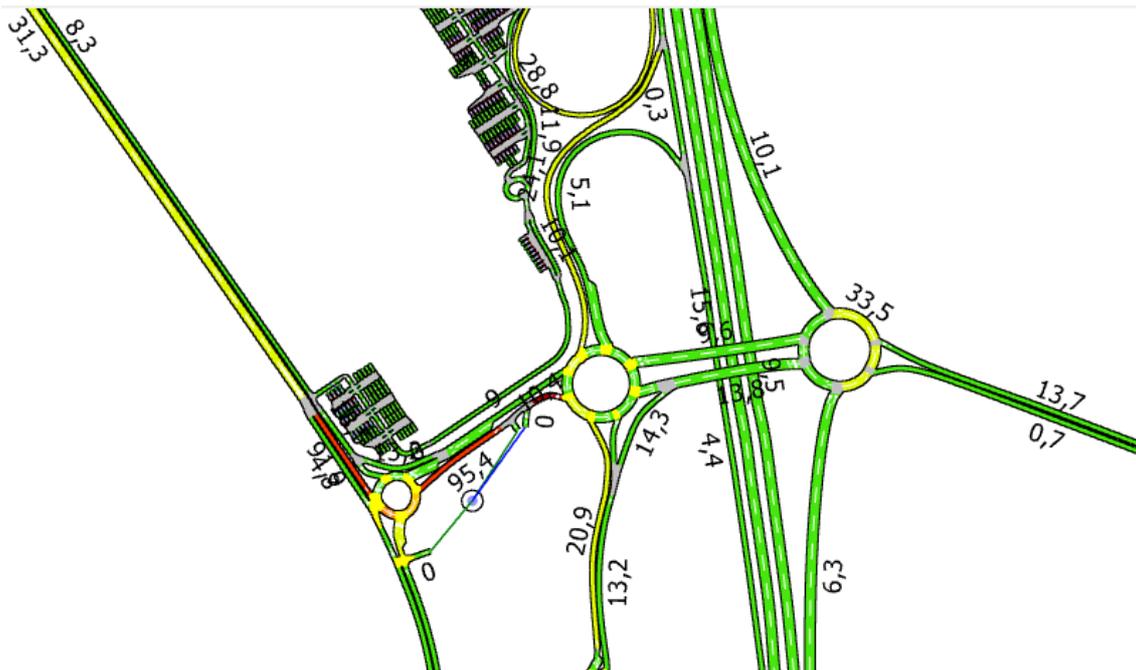


Ilustración 68: Densidad de vehículos en la situación actual en el exterior del C.C. Aimsun 8.1







Ilustración 73: Densidad de vehículos en la solución final en el interior del C.C. Aimsun 8.1



Ilustración 74: Densidad de vehículos en la solución final en el exterior del C.C. Aimsun 8.1



REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL  
CENTRO COMERCIAL VALLE REAL  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

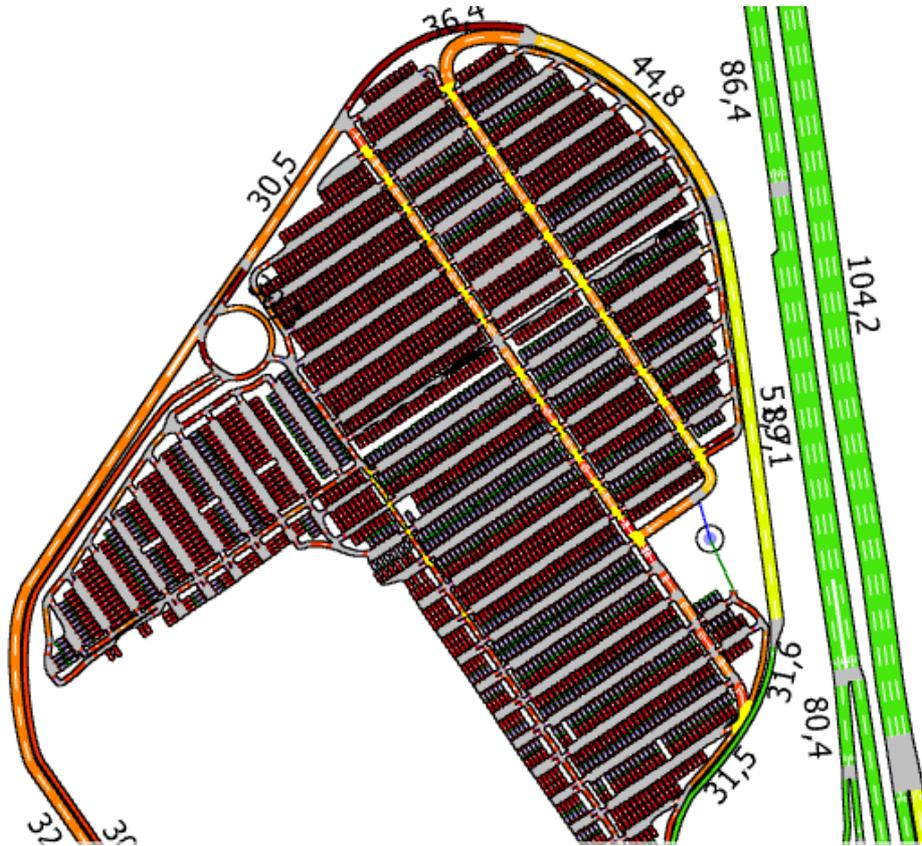


Ilustración 75: Velocidad media de circulación en la solución final en el interior del C.C. Aimsun 8.1

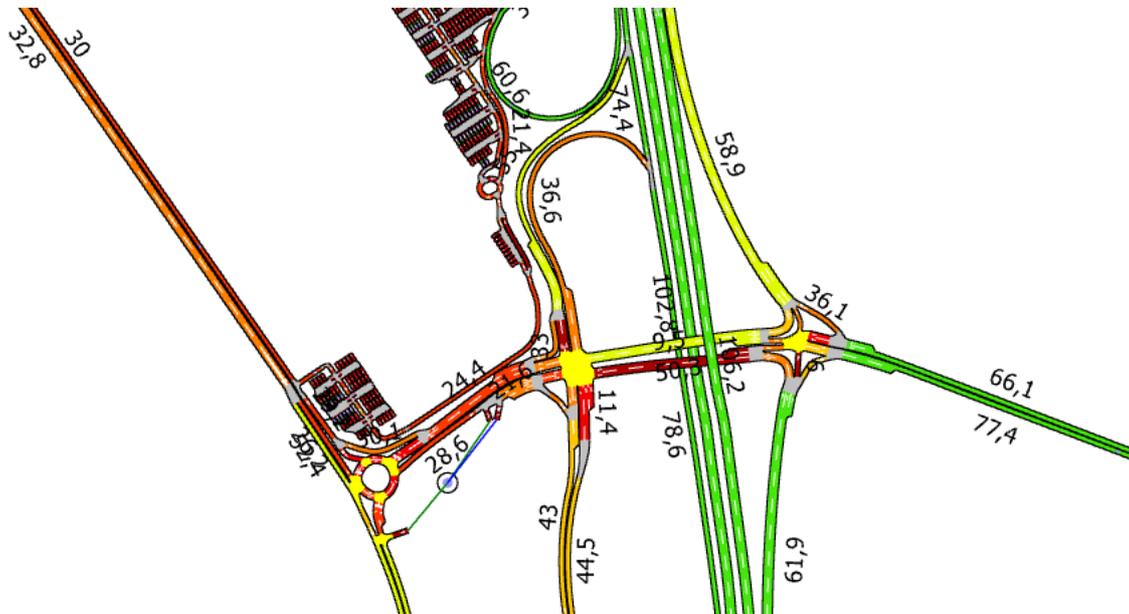


Ilustración 76: Velocidad media de circulación en la solución final en el exterior del C.C. Aimsun 8.1



## *15 Anexo. Infografía*

MAPA 1. Situación

MAPA 2. División áreas de aparcamiento

MAPA 3. Red completa.

MAPA 4. Detalle red de aparcamientos.

MAPA 5. Red Simplificada.

MAPA 6. Simulación situación actual.

MAPA 7. Flujos situación actual.

MAPA 8. Detalle Flujos situación actual.

MAPA 9. Red completa solución final.

MAPA 10. Simulación solución final.

**TITLE:** REORDENACIÓN DE TRÁFICO, APARCAMIENTO Y ACCESOS AL CENTRO COMERCIAL VALLE REAL

**AUTOR:** Raquel García Gutiérrez

**DIRECTOR:** Borja Alonso Oreña

**CONVOCATORIA:** Febrero 2018

## RESUMEN

El objeto de este estudio será reordenar el tráfico que circula hacia y en el interior del aparcamiento del Centro Comercial Valle Real debido a los problemas de aglomeraciones que sufre el mismo. El estudio se realizará entre las 18:00 y 19:00 de un sábado laborable, en la cual se encuentra la hora punta.

Para la modelización de esta red, se utilizará el programa Aimsun y el innovador Interfaz de Programación de Aplicaciones (API), que servirá de ayuda para la posterior programación en Python de un código que permita un ahorro de tiempo en la creación de las áreas de aparcamiento. La aportación de este TFG será que gracias al interfaz de programación y el código creado en Python, se puede realizar por primera vez la simulación real de aparcamientos en una red cuya circulación se ve afectada por las maniobras de entrada y salida al aparcamiento. Se crean en detalle cada uno de los dos mil seiscientos veinte aparcamientos y así la posibilidad de un estudio exhaustivo de los problemas de la red. Este software de simulación de tráfico nos permite estudiar todo tipo de elementos. Destaca por la velocidad de sus simulaciones.

Para ello, se seguirán los siguientes pasos:

- Estudio de la situación actual del tráfico en el aparcamiento del centro comercial. Para ello, se utiliza Aimsun donde se introduce la demanda de tráfico para crear el modelo, calibrarlo y validarlo y posteriormente analizarlo.
- Definición de los problemas y alternativas para su solución. Generaremos las soluciones en Aimsun a partir de la red modelizada con la situación actual.
- Elección de la mejor alternativa y estudio de eficiencia de esta tanto en la actualidad como la validación para el año horizonte. Obtendremos la solución final observando, asimismo, las mejoras en la red del C. C. Valle Real.

Para el estudio del estado actual se ha calibrado un modelo de demanda del Centro Comercial Valle Real y zonas próximas, centrándonos en las entradas y salidas del mismo. Dicha calibración se obtuvo primero con una red simplificada de la zona debido a la gran complejidad que supone el aparcamiento con el software Aimsun y, con los datos obtenidos, calibrando finalmente, con la red completa, el modelo final. La red completa consta de la simulación de toda la red interior del aparcamiento del C.C y los aparcamientos del divididos en noventa y cuatro áreas.

Dicho modelo ha servido para determinar los problemas más significativos a los cuales nos enfrentamos y las zonas críticas a mejorar, en base a la demanda existente de entradas y salidas y aparcamientos, así como las áreas de aparcamiento preferentes.

Estos problemas los encontramos por un lado en el interior del aparcamiento debido a las retenciones que se forman en las dos intersecciones donde confluyen, en la primera

intersección, los principales flujos de entrada con los de salida teniendo preferencia de paso estos últimos y los principales flujos de entrada por el Norte y Suroeste en una intersección con preferencia de paso a los segundos.

Por otro lado, en el exterior del aparcamiento encontramos grandes retenciones provocadas por la glorieta de 4 entradas y salidas, la cual no funciona de forma correcta, afectando al funcionamiento de la intersección la cual soporta todo el flujo de salida del C.C. con preferencia de paso a estos últimos.

Las alternativas propuestas han tenido en cuenta los problemas descritos eligiendo la mejor de ellas.

La propuesta final para el área motivo de estudio está formada por la creación de una nueva ruta de entrada principal y circulación modificando el trazado de las calles añadiendo un carril adicional y creando tres áreas de aparcamiento nuevo consiguiendo eliminar las interferencias que en la actualidad existen en las principales corrientes tanto entre las principales de entrada (Norte) y salida como entre las principales de entrada (Norte y Noroeste) y la implementación de un Diamante Invertido (DDI) el cual difiere de la definición original en las glorietas exteriores al C.C. convirtiendo éstas en dos intersecciones semaforizadas consiguiendo, con giros a la derecha directos y el intercambio de sentidos de circulación en el vial que une las dos glorietas, unas menores intersecciones de movimientos mejorando la seguridad vial. Los demás movimientos están regulados por semáforos de tiempos fijos, obteniendo un ciclo óptimo de 110 seg. con cuatro fases. Este DDI consigue solucionar el problema de colas desde la entrada Sur, la cual afectaba al funcionamiento de la intersección anterior. A partir de esta solución se observa una gran mejora respecto a demoras en las intersecciones motivo de estudio.

Para la validación de la solución propuesta, se analiza el Nivel de Servicio en el año horizonte (2038) con un crecimiento del 1,44%, donde, efectivamente, obtenemos un parámetro de demora media y con ello unos Niveles de Servicio aceptables. De la misma forma, se simula en Aimsun la red observando que, aunque el crecimiento afecta a la fluidez de la red y aumentan los tiempos de demora, estos parámetros corresponden a un nivel de servicio aceptable. Se observa que las colas que se producen no llegan a la intersección actualmente afectada. Gracias a la semaforización del DDI para el año horizonte se pueden modificar los tiempos de ciclo calibrándolos de nuevo para obtener el ciclo óptimo mejorando los Niveles de Servicio.

**TITLE:** Traffic, parking and access reorganization to Valle Real Shopping Center.  
**AUTHOR:** Raquel García Gutiérrez  
**SUPERVISOR:** Borja Alonso Oreña

## SUMMARY

The purpose of this project will be to reorder the traffic that circulates to and inside the Valle Real's parking due to the problems of agglomerations that present. This study will be implemented at the peak time between 6:00 and 7:00 PM on a Saturday.

Aimsun's innovative Application Programming Interface (API) has been used to model this network. This has made it possible to create a python script which saves time during the modelling of the parking areas. This paper's main contribution, thanks to Aimsun's API and Python programming, is the possibility to create a real parking simulation in a network affected by different ingress and egress maneuvers. Each of the two thousand six hundred and twenty car parks have been created in full detail, so a complete study of the issues in the network could be performed. This traffic simulation software is capable of quickly analyzing any kind of elements.

The steps to follow will be:

1. Studying the current traffic situation in the Shopping Center parking. In order to achieve this, we will model traffic using Aimsun. This model will be calibrated and validated using demand data.
2. Defining the different problems and possible ways to solve them. The solution will be created using the Aimsun model of the current situation.
3. Choosing the best alternative and studying its performance right now and in the end of the planning horizon. We will obtain the best solution verifying the improvements in the Valle Real shopping center network.

To study the current situation a demand model for the Valle Real shopping center and its proximities has been calibrated. In a first approach using a simplified model of the network due to its complexity, and later on considering all of its features.

This model has made it possible to find the most important problems of the parking area and which aspects are critical to improve the situation, taking into account ingress and egress points and preferential parking areas.

These problems happen inside the parking area due to the traffic jams in the intersections where ingress and egress flows cross, and outside due to the long traffic lines created by the roundabout.

The different alternatives proposed take into account the problems described above. Then, the best one is chosen: Creating a new entrance route and the modification of the flow inside the parking area, adding an extra lane and building three new parking locations; and implementing a Diverging Diamond Interchange (DDI) transforming the roundabouts outside the parking area into regulated intersections. This way, direct right turns and changing circulation direction in the road that links the two roundabouts will

achieve less crossings among traffic movements, improving safety and reducing congestion.

To validate the chosen proposal, Service Level in year 2038 has been analyzed, supposing a growth rate of 1,44 %. Mean delay and Service Levels are within acceptable values. In the same way, traffic in the network has been simulated using Aimsun. The results show that, even though demand growth impacts congestion and delay times, these parameters are still acceptable. It can be concluded that the queues will not reach the currently problematic intersection. Changing the managing of the intersection from roundabouts to traffic lights allows to obtain a better level of service managing cycle time.