ÍNDICE DE CONTENIDO:

1. INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN. ---------- 4

1.1 INTRODUCCIÓN. ---------- 4

1.2 OBJETIVOS.---------- 5

2. TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ZONAS URBANAS. ---------- 6

2.1 PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ZONAS URBANAS.---------- 6

2.2 TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN SEVILLA. ---------- 8

2.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ENCARNACIÓN. ----------10

2.4 TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN LA ENCARNACIÓN. ---------14

2.5 ANÁLISIS DE COMERCIOS EN LA ENCARNACIÓN. ----------16

3. SIMULACIÓN CON ARENA.----------29

3.1 SIMULACIÓN. SISTEMA. MODELO.----------29

3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA SIMULACIÓN.----------33

3.3 ETAPAS DEL PROCESO DE SIMULACIÓN:----------34

3.4 LENGUAJES DE SIMULACIÓN.----------37

3.5 LA SIMULACIÓN CON ARENA. ----------38

3.6 CONCEPTOS BÁSICOS EN SIMULACIÓN CON ARENA. ----------39

4. MODELADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.----------42

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y APROXIMACIÓN AL MODELO REALIZADO. 42

4.2 PERIODO DE SIMULACIÓN.----------44

4.3 LOS VEHÍCULOS. TIPOS DE VEHÍCULOS.----------45

4.4 EL VIARIO. MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.----------47

4.4.1 Longitud de las celdas de los *conveyors*. ----------48

4.4.2 Velocidad de los *conveyors*. ----------49

4.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE VEHÍCULOS DE PASO. ----------51

4.5.1 Tiempo entre llegadas. Modelado. ----------53

4.5.2 Implementación en Arena----------55
4.6 LAS INTERSECCIONES Y LOS SEMÁFOROS.----------56
4.7 TRANSPORTE DE VIAJEROS, AUTOBUSES. ----------69
4.8 LOS ESTABLECIMIENTOS Y LOS REPARTIDORES. ----------72
4.8.1 Definiciones:----------72
4.8.2 Parámetros de los establecimientos. ----------73
4.8.3 Modelado de vehículos de proveedores. ----------74
4.8.4 Modelado de vehículos de agencias.----------78
4.9 CARGA Y DESCARGA DE MERCANCÍAS EN LA ZONA.----------81
4.9.1 Establecimientos que trabajan con proveedores. ----------81
4.9.2 Establecimientos que trabajan con agencias.----------83
4.9.3 La carga y descarga de mercancías. ----------84
4.9.4 Tiempo de carga y descarga.----------87
5. EJECUCIÓN DEL MODELO. RESULTADOS.----------89
5.1 DATOS DE SALIDA. ----------89
Necesidades de aparcamiento.----------89
5.1.1 Tiempos en ruta. ----------90
Congestión del tráfico. ----------91
5.2 ANIMACIÓN GRÁFICA. ----------92
5.3 VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA Y VALIDACIÓN DEL MODELO.97
5.3.1 Solape entre *conveyors* y recursos.----------98
5.3.2 Depuración del modelo. ----------99
5.3.3 Validación del modelo.----------100
5.3.4 Nivel de mercancías en la Encarnación.----------101
5.4 CÁLCULO DEL TIEMPO TRANSITORIO. ----------101
5.5 PRUEBA Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.----------102
5.5.1 Informe de la simulación. ----------102
5.5.2 Nivel de ocupación de los aparcamientos:----------108

5.5.3 Tiempos en ruta. ---------- 118

6. SIMULACIÓN DE LAS SITUACIONES MODIFICADAS. ---------- 120

6.1 PRIMERA MODIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL. ---------- 120

6.1.1 Descripción e hipótesis utilizadas:---------- 120

6.1.2 Modificaciones en el Modelo: ---------- 122

6.1.3 Resultados: ---------- 124

6.2 SEGUNDA MODIFICACIÓN AL MODELO ACTUAL.---------- 130

6.2.1 Resultados: ---------- 132

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES. ---------- 140

7.1 SIMULACIÓN CON ARENA Y LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE. ---------- 140

7.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS. ---------- 142

7.2.1 Análisis de los tiempos de ruta. ---------- 143

7.2.2 Análisis de los aparcamientos ocupados. ---------- 145

7.2.3 Análisis de la congestión de tráfico.---------- 148

7.3 CONCLUSIONES. ---------- 150

8. BIBLIOGRAFÍA. ---------- 153

ANEXO I MANUAL DE USUARIO. ---------- 154

ANEXO II RECOGIDA DE DATOS DE FLUJO DE VEHÍCULOS.---------- 158

CÁLCULO DEL FLUJO DE VEHÍCULOS. ---------- 167

1. INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El Casco de Sevilla se levanta sobre un complejo agregado de tejidos urbanos, de estructura heterogénea, reveladoras del modo en que ha crecido y se ha transformado por partes a lo largo de la historia.

La concentración de actividades comerciales en la Zona Centro de Sevilla da lugar a una serie de conflictos urbanos, sobre todo el tráfico comercial, de mercancías y de viajeros, a los que intentarán poner remedio los diferentes proyectos de reforma del casco histórico.

La planificación del tráfico en las ciudades se realiza atendiendo principalmente a las necesidades de desplazamiento de vehículos privados y del transporte público. Dada la importancia del transporte urbano de mercancías y los niveles actuales de congestión, así como el espacio limitado para zonas de aparcamiento en la ciudad, es necesario contar en la planificación urbanística con las necesidades de este tipo de transporte.

La simulación podría ser una buena herramienta de ayuda en la toma de decisiones sobre la planificación del transporte de mercancías dentro del entramado del tráfico urbano y el estudio de la problemática de éste.

En este proyecto, se lleva a cabo la aplicación de esta herramienta al caso concreto de la Zona de la Encarnación, situada en el Centro de Sevilla y con una larga tradición comercial, ligada íntimamente a la presencia de su mercado permanente y de los locales comerciales que alberga.

Este proyecto consta de dos fases diferenciadas:

FASE I. Logística :. Se ha realizado un trabajo de campo encaminado a la caracterización del tráfico y el transporte de mercancías en Zona de la Encarnación. Los comercios han sido clasificados en sectores según su actividad principal. Mediante la realización de encuestas a comerciantes y transportistas se han evaluado las necesidades de transporte de mercancías para cada sector, además de sus tiempos y hábitos de carga y descarga. Para conocer el flujo de tráfico en la zona, se ha realizado una toma manual de datos en diversos puntos de la misma.

FASE II. Simulación. Se realiza la aplicación del paquete general *Arena* al transporte de mercancías. Se desarrolla un modelo que representa la situación de la zona caracterizada en el estudio logístico.

1.2 OBJETIVOS.

Se tratará de obtener un modelo que represente de manera suficientemente precisa la realidad de la situación actual de la zona elegida, validándolo con los datos reales obtenidos mediante el análisis de la misma.

Este modelo se utilizará como punto de partida para poder comparar la situación actual con un nuevo escenario. (Basado en el Proyecto de Reurbanización de la Encarnación aprobado por la Gerencia de Urbanismo).Esta nueva situación modificada se caracterizará por la presencia de un parking subterráneo, justo debajo de ambas plazas, que posibilitaría la organización coherente de la zona, de manera directa sobre el tráfico, transporte público, carga y descarga de mercancías y aparcamiento de vehículos privados.

Se analizará también una situación intermedia basada en el Plan de Urbanismo PERI C-7, caracterizada por la existencia de dos parkings subterráneos de uso exclusivo para ciertos proveedores de la zona y por el corte al tráfico de la plaza situada al Sur.

Las conclusiones de esta comparación se basarán en tres aspectos principales: utilización de aparcamientos, tiempos en ruta y niveles de congestión, que permitirán valorar las ventajas e inconvenientes de la nueva situación.

2. TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ZONAS URBANAS.

2.1 PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ZONAS URBANAS.

La evolución en los últimos años de la densidad del tráfico en las ciudades provocada tanto por un rápido incremento de vehículos, (privados y de mercancías), junto con el cambio en las costumbres de los consumidores, que demandan zonas de aparcamiento próximas a las zonas comerciales, y una población, cada vez más concienciada con el tráfico como amenaza para el medio ambiente y la vida en la ciudad, se hace necesario la búsqueda de políticas que garanticen la solución de los problemas identificados y una apuesta de los distintos sectores afectados para mantener y mejorar el nivel de vida en las ciudades junto con un desarrollo económico sostenible de los centros históricos de las mismas.

Este es un problema generalizado en ciudades de toda Europa donde se están llevando a cabo proyectos conjuntos. Esta puesta en común de diferentes experiencias ha identificado una misma problemática para el transporte de mercancías en zonas urbanas:

- El rápido aumento del volumen de tráfico de mercancías en las ciudades, que ha generado problemas de polución, congestión y ruido.
- El número y tipo de vehículos dentro del núcleo urbano no son controlados, siendo necesaria la definición de zonas de acceso restringido para ciertos tipos de vehículos y una regulación del número de ellos que acceden al núcleo urbano.
- Necesidad de un mayor y mejor control por parte de las autoridades locales de las operaciones de carga y descarga y la logística en las ciudades.

- Una mayor eficiencia en el uso de los vehículos de transporte de mercancías utilizados: tipo de vehículo utilizado en función de las características de la zona, mayor utilización de su volumen de carga, políticas que reduzcan el número excesivo de vehículos utilizados.
- Favorecer otros modos de transporte, en decremento de la actual dominación del transporte de mercancías por carretera.

Los distintos sectores que participan en la utilización de las infraestructuras de la ciudad tienen diferentes necesidades. Estas necesidades presentan puntos contrapuestos en los que es necesario llegar a acuerdos. La satisfacción de estas necesidades contrapuestas puede clasificarse en los siguientes puntos:

1. Los transportistas:
   - Más zonas de carga y descarga.
   - Mejor adecuación del acceso al centro de la ciudad con los horarios comerciales.
   - Mayor control del funcionamiento de las zonas de carga y descarga.
   - Mejor acceso desde el exterior al interior, accesos más rápidos.
   - Reducción de los costes.
2. Los establecimientos y comercios:
   - Menor tiempo entre pedido y llegada de mercancías.
   - Menor coste de los portes.
   - Mayor número de compañías de transporte.
   - Mayores frecuencias de transporte.
   - Menores frecuencias de pérdidas o mercancías dañadas.
   - Menor densidad del tráfico.
3. La comunidad: peatones, consumidores, ciclistas, etc.
   - Mas zonas de aparcamiento.

- Aparcamientos de fácil acceso y más cercanos a las zonas comerciales.
- Más comercios en el centro de las ciudades.
- Más zonas peatonales.
- Mayor calidad de vida en el centro de las ciudades.
- Menor ruido y polución..
- Menor número de vehículos en el centro.

2.2 TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN SEVILLA.

Hasta hace unos años, Sevilla presentaba un sistema viario caracterizado por una estructura básicamente radial y arborescente, cuyas principales avenidas estaban trazadas sobre los caminos de salida del recinto amurallado y arroyos cegados.

La tercera parte de los desplazamientos tenían su origen y/o destino en el centro, el cual tenía y tiene un elevado peso específico en la vida económica, comercial y administrativa de la ciudad, debido a la falta de equipamientos y servicios en los barrios periféricos.

Por otra parte el desarrollo de las barriadas periféricas y sus interrelaciones necesitaban elementos de unión: vías transversales que comuniquen sus diferentes partes, y nuevos elementos distribuidores del tráfico. El hecho de la única existencia de la ronda histórica como elemento distribuidor de los diferentes tráficos, tanto de los desplazamientos desde la periferia al centro, así como unión de las distintas periferias e incluso de ciertos tráficos interurbarnos, daba lugar a una sobrecarga y deterioro provocada por la elevada intensidad del tráfico soportado.

Este resultado fue el fruto del crecimiento a saltos y fraccionado de la ciudad, como consecuencia de la falta de un proyecto que asegurara la interconexión y la accesibilidad entre las distintas zonas de que estaba compuesta, tras el periodo de revolución urbanística vivido en los años sesenta y setenta.

Era pues necesario la reordenación del uso viario mediante distribuidores que conectasen e hicieran más accesibles las distintas zonas, disminuyendo en la estructura arborescente los tramos conflictivos y sobrecargados. Fue la Exposición Universal de 1992 el motor que impulsó el cambio definitivo en la estructura de la ciudad, con la aprobación del Plan General de Ordenación Urbana en 1987. Este Plan remodelaría la red viaria y ferroviaria de la ciudad, para su transformación en una urbe moderna.

Se construyeron siete nuevas rondas, cuatro avenidas y seis puentes sobre el Guadalquivir. Se eliminó el cinturón ferroviario, constituido por un complejo entramado de instalaciones ferroviarias en el interior de la ciudad, que había estrangulado su crecimiento uniforme, para pasar a una única estación central de pasajeros (Santa Justa) y un trazado interior de la ciudad que discurre bajo túnel, disponiendo dos apeaderos (San Bernardo y Hospital Virgen del Rocío). Se desvió el tráfico de mercancías por ferrocarril por el ramal exterior a la ciudad. Se amplió la estación de la Negrilla, pasando a ser el único centro en la recepción y expedición de mercancías.

Este nuevo entramado viario y ferroviario ha tenido sólo un efecto secundario en los problemas del centro histórico de la ciudad. Junto a la creación de estas nuevas vías de comunicación, el centro ha sufrido un progresivo proceso de peatonalización de algunas de sus calles en orden a reducir el elevado número de vehículos en estas.

Junto a esta medida de protección y desarrollo del centro histórico, se ha potenciado el equipamiento de las zonas periféricas y la utilización del centro como zona residencial, y una nueva definición de la circulación interior.

Se ha dividido el centro en sectores, casi incomunicados entre sí, a los cuales se accede sólo desde la Ronda Histórica. El fin perseguido es la no utilización del centro como elemento transversal de unión entre las distintas zonas de la ciudad. Este hecho, junto a las dimensiones de sus calles y calzadas, limita la posibilidad de movimiento y tipo de vehículo de mercancías utilizable en cada sector.

Los problemas a los que se enfrenta el transporte de mercancías en el centro de la ciudad vienen caracterizados por:

- Colapso de las zonas señalizadas de carga y descarga, tomadas por parte de vehículos privados, imposibilitando las tareas propias de los transportes de mercancías. Es necesaria una mayor labor de regulación de dichas áreas por parte de las autoridades locales y una concienciación de los ciudadanos de la importante función de estas zonas para un tráfico más fluido en las calles de la ciudad.
- Incompatibilidad de los horarios de apertura de los comercios con los horarios definidos para el acceso de vehículos de mercancías al centro histórico, imposibilitando una eficaz gestión de la distribución de la mercancías.
- Congestión de las calles y la accesibilidad al centro de la ciudad. Sería necesario mejorarlas posiblemente con la creación de aparcamientos de uso público y la construcción de un transporte público ligero.

2.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ENCARNACIÓN.

Las zonas Norte y Este de la ciudad (la Encarnación y aledaños; y las calles Santiago-Imperial, respectivamente) tendrían un uso netamente rústico, como zona de "horti", durante el período romano republicano.

Tras el derribo de la manzana del convento de la Encarnación (1810), quedaron integrados en esta plaza distintos espacios hasta entonces diferenciados; el extremo septentrional era conocido, al menos desde 1850, como plaza de Regina, por el convento de los dominicos de igual advocación, y un tramo del mismo, hasta la actual José Gestoso, por Cabeza del Perro, a decir de González de León (1839) por una piedra que había en la misma pared del convento; su flanco occidental era denominado calle del Correo, al menos desde 1771, porque allí estaba situado el edificio central de Correos, y entre 1517 y 1628 hay referencias a una calle de la Almona, de la Almona del Jabón o de la Almona Vieja, que podría identificarse con esta misma; el flanco oriental era nombrado calle del Aire; por último en el extremo meridional se abría una plazuela conocida desde el s. XVI como plaza de Don Pedro Ponce, por situarse allí las casas de este noble; desde finales de s. XVII esta denominación es sustituida por la de plaza de la Encarnación al construirse allí el convento de religiosas agustinas (1591). Los topónimos antes dichos

(Regina, Correos, Aire y Encarnación) persistieron del derribo del convento y construcción del mercado central, pero en la reforma general del callejero de 1845 se refundieron bajo la denominación de plaza de la Encarnación, originándose una situación toponímicamente atípica al designarse bajo la denominación de "plaza de...." al espacio que bordea un edificio. Según González de León, y recogen otros cronistas, la plaza de Don Pedro Ponce fue llamada desde el s. XIII barrios de los Morillos, pero es históricamente falso que allí se produjese una concentración de esta población. Ocasionalmente, a principios del XIX, una vez derribado el convento, se le denomina por sus dimensiones Plaza Mayor.

La plaza de la Encarnación posee una planta de considerables dimensiones y de trazado sensiblemente rectangular, como resultado de las alineaciones a las que ha sido sometida, salvo en el frente septentrional. La formación de este espacio libre en el núcleo del casco histórico de la ciudad es resultado de distintas operaciones urbanísticas que se prolongan desde el s. XVI hasta prácticamente nuestros días. Hasta finales del s. XVI la mayor parte del espacio que hoy corresponde a la plaza de la Encarnación estaba ocupado por edificaciones, rodeadas de estrechas calles, y el único ensanche era el existente en el extremo norte, correspondiente a la antigua plaza de Regina.

A finales de dicho siglo (1587-88) el Ayuntamiento procedió a la adquisición y derribo de unas casas en el extremo opuesto, entre la plaza de Don Pedro Ponce y la actual calle Laraña, con la intención de que "*todas las personas de a pie y a cavallo que pasaren por allí, por ser como es el paso de mayor concurso y pasaje que ay en la ciudad, lo puedan haser de mucha comodidad, y los coches y literas que ordinariamente van de la gente principal desta ciudad a la dicha casa de la Compañía, pueda estar y rebolber sin estorvar el paso como se hase agora en la calle y puerta principal, que es ocasión de mucha yncomodidad para los que van a la dicha yglesia...*" ***(Sec. 10, 8-VI-1587)***. Esto dio origen a un pleito con doña Catalina de Ribera, viuda de don Pedro Ponce, quien argumentaba que la plaza era de su propiedad. De todos modos, a juzgar por el texto citado, la originaria plazuela de Don Pedro Ponce debería ser de pequeñas dimensiones; la construcción del convento de las agustinas (1591) pudo ser, asimismo, motivo de la remodelación e incluso

ampliación de esta plaza, de la que con frecuencia hay quejas de estar ocupada por escombros o convertida en un muladar. En 1720 se procede a una reforma general de la plaza, se empiedra y se construye una fuente central de mármol, adquiriendo posiblemente entonces las dimensiones que se aprecian en el plano de Olavide (1771).

En 1810 durante la ocupación francesa fue derribada toda la manzana con el objeto de construir un mercado de abastos, pero el terreno permaneció sin edificar durante diez años, único período en el que la plaza de la Encarnación constituyó un espacio abierto. El mercado que se construyó en 1820 no sólo ocupó los terrenos de la manzana derribada, sino que incluso se extendió a parte de las primitivas plazas de Regina y sobre todo de la Encarnación, de forma que el espacio libre entre el mercado y la entrada de Puente y Pellón quedó reducido a una calle ancha. La Encarnación no va a experimentar grandes cambios morfológicos durante más de un siglo, salvo alineaciones (1853, 1863 y 1879) y modificaciones en el sistema de pavimentación, sucediéndose empedrado (1821-28), embaldosado (1855-57), adoquinado y cemento (desde el último cuarto del XIX), y la construcción del acerado, que se realiza a lo largo de las dos primeras décadas de este siglo.

En 1948, dentro del proyecto de creación de un gran eje de comunicación Osario-La Campana, se derribó el tercio meridional del mercado, y los terrenos resultantes se utilizaron para poner en comunicación directa Laraña e Imagen y se urbanizó la plaza con la disposición y elementos que han llegado hasta hoy. A partir de este momento se crea una clara división morfológica, que lo es también funcional, entre el sector de la plaza situado al norte del eje Laraña-Imagen, presidido hasta hace unos años por el edificio del mercado de abastos, y el que se sitúa al sur del mismo, la plaza propiamente dicha.

El primero, el solar del antiguo mercado, que fue derribado en 1973, se encuentra rodeado de vallas publicitarias, aceras en mal estado de conservación, robinias en alcorques también muy descuidadas, y el espacio libre reproduce en tres de sus lados el antiguo viario de Correo, Regina y Aire, aunque alineados. El ensanche existente en la confluencia con José Gestoso se encuentra urbanizado a modo de placita, con un basamento central elevado,

rodeado por varios naranjos de buen porte, un banco de piedra, farolas sevillanas de pie, un urinario y uno de los quioscos de flores de mayor tradición de la ciudad. La edificación circundante es absolutamente dispar en fechas de construcción, tipologías edificatorias y alturas, que oscilan entre dos y siete plantas, con predominio de las de tres y cinco; en términos generales, salvo los bloques de pisos de reciente construcción, la edificación presenta un estado de deterioro variado.

Existen un gran número de comercios de carácter tradicional y variado: el propio mercado provisional de la Encarnación instalado desde 1973 en el extremo nororiental, establecimientos de alimentación, confección, calzado, cestería, bares, ...

La plaza, por su parte, se dispone con un basamento circular ordenado en torno a la histórica fuente de mármol instalada originariamente en la plazuela de la Encarnación en 1720, trasladada al interior del mercado cuando éste fue construido un siglo más tarde, y de nuevo recuperada como elemento central de la plaza que se construye entre 1948 y 1950. En torno a la fuente se disponen varios bancos con asiento de piedra y respaldo de hierro y cuatro parterres, separados por calles que confluyen en la fuente. Quiosco de prensa, estanco, lotería, y de información al público, cabinas de teléfono, buzón de correos e incluso una pequeña zona dedicada al aparcamiento de motocicletas son dotaciones de esta plaza que se explican en función de la centralidad, sobre todo como punto neurálgico del transporte público. Posee pavimento de terrazo en tonos grisáceos y blancos, farolas de pie, tipo jardín en el centro de la plaza, y de báculo en los extremos. Algunos árboles de buen porte, particularmente dos grandes ficus, crean una atmósfera de tranquilidad en el centro de plaza, a pesar del continuo trasiego que registra. En la edificación circundante destaca la fachada lateral de la Iglesia de la Anunciación, o de la antigua Universidad, construida en el segundo tercio del s. XVI, a la que se adosó una casa de dos plantas; en el resto de sus frentes la edificación primitiva ha sido sustituida por bloques de seis y siete plantas, salvo unas casas esquina a Puente y Pellón.

Aún conservando cierta vida comercial, la actividad se ha orientado más hacia locales bancarios y de oficinas, destacando el edificio de las oficinas

municipales. Pero sobre todo, la principal función de la plaza, es el ser uno de los principales nudos de enlace de servicio de transportes públicos urbanos; todo su perímetro está ocupado por paradas de las distintas líneas de autobuses, registrando permanentemente un considerable movimiento de transeúntes.

2.4 TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN LA ENCARNACIÓN.

La plaza de la Encarnación se ha convertido en el lugar de acceso de la zona comercial que se extiende hasta la Plaza Nueva desde la Alfalfa al Duque. La atracción de esta zona sobre la aglomeración sevillana genera un elevado número de viajes que junto a las restricciones al tráfico en su interior convierten el vacío en un gran terminal de transportes.

En torno a la Plaza se suceden las operaciones de carga y descarga de mercancías, distribución de viajeros del transporte público y estacionamiento de vehículos. La intensidad de estas acciones junto con la falta de espacio y la anarquía en la que se desarrolla provocan un permanente colapso circulatorio con la consiguiente degradación ambiental.

La nueva ubicación de mercado, desplazado en 1973.,junto con la aparición de nuevos hábitos de compra en centros integrados y la localización de los grandes almacenes, Corte Inglés y Galerías Preciados, produjo un desplazamiento del comercio detallista hacia el Oeste y un languidecimiento de la actividad del núcleo de la Encarnación. Este declive es más acusado en la zona Norte (Regina-Feria).

A la plaza del Mercado se accede desde el Oeste por la calle Misericordia, con un flujo bajo de vehículos privados y mayor de mercancías y taxis. El otro acceso se sitúa en el Este por C/Imagen, con la posibilidad de salida por la C/ Alcázares hacia Sor Ángela de la Cruz (que desemboca de nuevo en Imagen) o a rodeando la Plaza con salida a Laraña.

Al otro lado, en la Plaza 2, el flujo mayoritario es de transporte público. Existen dos accesos, uno por la C/Santillana, que presenta un flujo discontinuo de vehículos y otro a través de Laraña.

A continuación se presenta un plano ilustrativo de la zona:

Fig.1 Plano de la Encarnación.

2.5 ANÁLISIS DE COMERCIOS EN LA ENCARNACIÓN.

Para conocer el flujo de vehículos de mercancías en la Encarnación, la demanda de mercancías de los establecimientos en dicha zona, y sus características en cuanto a horarios de llegada, utilización de las zonas de carga y descarga, operaciones de carga y descarga, etc., se ha realizado un estudio mediante encuestas tanto a comerciantes como a transportistas.

En primer lugar se ha realizado un censo de los establecimientos ubicados en al zona de influencia de la Encarnación. En este censo se recogían los siguientes datos para cada establecimiento:

- Nombre del comercio
- Número
- Manzana
- Tamaño
- Actividad principal
- Observaciones.

Los establecimientos se han clasificado en una serie de sectores, según su actividad principal. El número de sectores es tal que los establecimientos asociados a cada sector presentan unas características similares en función de su tamaño, hábitos de pedido y volumen de mercancías. Esta clasificación se hace necesaria dado el volumen total de establecimientos ubicados en la zona, que imposibilita un estudio pormenorizado de cada uno de ellos. Así todos los establecimientos de un mismo sector presentarán los mismos parámetros de volumen de mercancías y tiempos de pedido.

En algunos casos se han definido subsectores que aglutinan establecimientos de similares características, pero diferentes del resto de subsectores creados. Así por ejemplo el sector muebles incluye un sector Mimbres con mercancía de menor volumen, y un sector Muebles que comercian con género de mayor volumen y cuyas características de horario, carga y descarga son distintas.

Existe además un sector Antigüedades en el cual la venta se hace por pedido y son los propios clientes quienes se acercan a la tienda a por el mueble. El camión que trae la mercancía interrumpe el tráfico en la misma puerta solo el tiempo de descargar.

En el caso de tiendas de regalo o de todo a cien existen también diferencias según el tamaño del comercio, en las más pequeñas son ellos mismos los que descargan la mercancía desde su propio garaje cercano a la tienda, la llegada se los artículos es a primera hora, y en otro caso, la existencia de dos comercios de la misma Empresa reduce el estudio únicamente al comercio principal al cual llega la mercancía.

Esto último ocurre también en la cafetería Universal, situada en la esquina con la calle Laraña, puesto que existe otra en la Campana y ciertos alimentos se traen desde allí con carretilla.

Una vez censados los establecimientos y clasificados según su actividad principal, se ha realizado una encuesta a comerciantes y transportistas. A continuación se muestran ejemplos de los formatos utilizados para la realización de estas encuestas.

Encuestas a comercios:

Día: Zona:

Hora: Sector:

1.- Con que frecuencia le llega mercancía:

a) ☐ por día ☐ por semana ☐ por mes

b) ☐ continua ☐ esporádica

2.- Cuál es el horario habitual de llegada:

3.- La empresa que hace el transporte y reparto de mercancía es:

☐ El propio proveedor con su flota. Producto _____

☐ Una empresa de transporte/reparto. ¿Cuál? _____

☐ Usted mismo

4.- Qué tipo de vehículo utilizan para el transporte/reparto:

☐ moto

☐ turismo

☐ furgón (C-15)

☐ furgoneta

☐ camión

5.- Dónde suelen aparcar

☐ zona carga/descarga

☐ doble fila

☐ en acera

6.- Cómo hacen llegar la mercancía a su establecimiento

☐ a mano

☐ con carretilla

☐ otros _____

7.- Cuánto tiempo suelen tardar en descargar:

Día: Vehículo:

Hora: Tipo mercancía

Encuestas a transportistas

1.- Cuál es su ruta en la Encarnación (calle de entrada y salida).Horario.

2.- Con qué frecuencia hace esta ruta.

☐ por día ☐ por semana ☐ por mes ☐ esporádica

Horario

3.- Qué tiempo le lleva hacer esta ruta.

☐ tiempo desde pto entrada hasta pto salida

4.- Cuál es el número de descargas que realiza y el tiempo medio de cada descarga.

☐ descargas ☐ tiempo medio

5.- Dónde aparca normalmente.

Se han realizado un total de 38 encuestas a comerciantes y 50 a transportistas.

Los resultados de las encuestas se reflejan en la siguiente tabla.

CÓDIGO	SECTOR	Nº COMERCIOS	FRECUENCIA(dia)
HORA DE LLEGADA		TIEMPO DE DESCARGA(minutos)	
Observaciones			
1	**Tienda de todo a 100**	**3**	**1/2**
Antes de las 12:00		30	
Cada establecimiento tiene su propio proveedor. La llegada es antes de las 12 de la mañana, y en el caso de existir dos pedidos(dado que otra tienda cercana es servida desde la tienda de la Encarnación) puede llegar más tarde. En las dos situadas en la calle Regina y J.Gestoso interrumpen el tráfico al descargar.			
2	**Kioscos**	**5**	**4**
Durante toda la mañana.		2-3	
Varias Empresas distribuyen prensa a todos los kioscos. El reparto es a horas tempranas, la descarga a mano y con gran puntualidad en la ruta.			
3	**Farmacias**	**3**	**1**
De 9:00 a 12:00		2-5	
Son los propios proveedores de productos farmacéuticos quienes sirven la mercancía. Rápida descarga, incluso dejan el vehículo en marcha sobre la acera o en doble fila.			
4	**Ópticas**	**2**	**1**
De 11:00 a 13:00		5	
Existe un reparto adicional de mercancía que se trae en motocicleta. Son agencias de transporte.			

CÓDIGO	SECTOR	Nº COMERCIOS	FRECUENCIA(dia)
HORA DE LLEGADA		TIEMPO DE DESCARGA(minutos)	
Observaciones			
5	**Cafeterías**	**9**	**3/2**
Durante toda la mañana		5-10	
Son distintos proveedores que van a los establecimientos a lo largo de la mañana. Existe un proveedor por producto: barriles, refrescos, hielo, etc... Aparcan el camión en zonas señalizadas o en calles laterales desde donde sirven a los establecimientos con carretilla. Elevado tiempo de ruta.			
6	**Floristerías**	**3**	**1**
De 10:00 a 12:00		5-6	
Existen agencias y proveedores dependiendo del comercio. El reparto es diario y con poco tiempo de ruta.			
7	**Mimbres**	**2**	**0.1**
A cualquier hora		15-20	
Suelen ir a la fábrica con su propia furgoneta. A veces los carpinteros llegan hasta el establecimiento. Muebles de gran volumen y alto tiempo de descarga. Son agencias quienes sirven la mercancía-			
8	**Antigüedades**	**1**	**.0.2**
De 10:00 a 12:00		5-7	
Sirven la mercancía varias Agencias como son TDM o SEUR			

CÓDIGO	SECTOR	Nº COMERCIOS	FRECUENCIA(dia)
HORA DE LLEGADA		TIEMPO DE DESCARGA(minutos)	
Observaciones			
9	**Muebles**	**5**	**1/0.1**
Durante toda la mañana		5-7	
Sirven la mercancías agencias tales como AZCAR o SEUR y proveedores de muebles. Gran volumen y bajo tiempo de descarga.			
10	**Textil**	**4**	**1**
A partir de las 9:30		10	
Tambien se descarga por la tarde . No se consideran los cambios de temporada. Son agencias tales como AZCAR; MAGAL; EXPRES, etc...			
11	**Cuchillería**	**1**	**0.2**
Durante toda la mañana		20-30	
Es una agencia la que sirve la mercancía, y a veces se realiza por la tarde.			
12	**Pequeña alimentación**	**4**	**1**
A diferentes horas según el comercio.		30-60	
Ellos mismos hacen a veces el reparto muy temprano.			
13	**Colchones**	**2**	**0.2**
De 9:00 a 11:00		10	
Agencias y proveedores sirven la mercancía. También antes de las 9:00			
14	**Zapaterías**	**3**	**0.15/0.2**
De 9:00 a 11:00		15	
Proveedores y agencias, con más afluencia en cambios de temporada.			

CÓDIGO	SECTOR	Nº COMERCIOS	FRECUENCIA(dia)
HORA DE LLEGADA		TIEMPO DE DESCARGA(minutos)	
Observaciones			
15	**Textil Ropa**	**5**	**1/0.1**
Durante toda la mañana		5-10	
16	**Dietética**	**3**	**0.4**
A partir de las 11:00.		5	
Algunos proveedores y agencia.			
17	**Joyerías**	**2**	**1**
Durante la mañana.		5	
18	**Mercado**	**10**	**1**
De 10:00 a 13:00, con pico a las 11:00.		10-30	
La mayoría llega a las 6:00 o 7:00 de la mañana con su propio vehículo y lo aparca en zona del mercado para toda la mañana. Se considera solo una parte de proveedores con hora de llegada a partir de las 9:00.			

Al ser Regina una calle de acceso muy difícil por el alto volumen de coches que están aparcados durante toda la mañana, es imposible maniobrar, los proveedores dejan el vehículo en la zona exterior, o como en el caso de pequeña alimentación, traen la mercancía a primera hora de la mañana. Solo una parte de los comercios de la parte peatonal de Regina, que linda con la calle Jerónimo Hernández, han sido considerados, puesto que tal y como se refleja en las encuestas, el resto son servidos desde la calle mencionada.

Fig. C/ Regina bloqueada.

En la calle Puente Pellón, al otro lado de la Encarnación ocurre algo similar, se descarga a los comercios más cercanos desde la plaza, pero de una forma rápida, estacionando en las pocas zonas libres de carga y descarga, o haciendo uso de la zona de aparcamiento de autobuses. Los vehículos que ocupan la calle C/J.L Luque, en doble fila, son la mayoría privados, con destino al Ministerio de Hacienda.

Establecimientos pertenecientes a sectores como: administraciones de lotería, agencias inmobiliarias, peluquerías, etcétera, no han sido considerados. Esto se debe a que utilizan de forma muy esporádica vehículos de mercancía, o en algunos casos, no lo hacen..Sin embargo se puede afirmar que no afectarán a los resultados finales del modelo, el no considerar este tipo de establecimientos, al ser el flujo de vehículos de mercancía despreciable frente al resto de sectores.

Por ejemplo, agencias inmobiliarias, las únicas mercancías necesarias son los materiales de oficina. Pero por tratarse de pequeños establecimientos, su compra se realiza a papelerías de la zona o bien no necesitan vehículos de transporte, se puede hacer a mano.

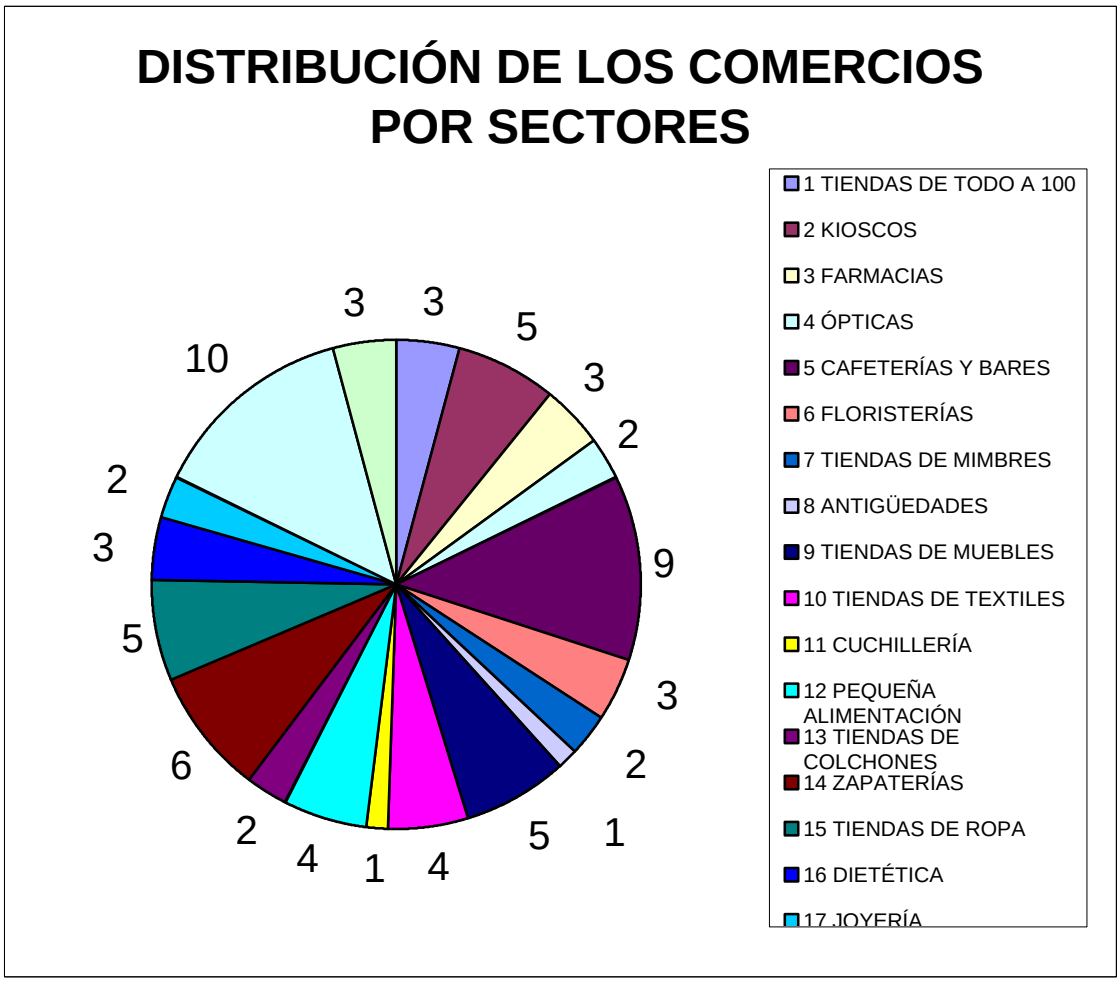
Fig. C/ Puente y Pellón.

Fig. Mercado

Como conclusiones se obtienen los siguientes gráficos sobre la distribución de los establecimientos, junto a la aportación de cada sector al tráfico de mercancías en la calle. En la documentación gráfica se adjunta el plano “distribución por sectores” que da una idea sobre la distribución física de los establecimientos pertenecientes a cada sector,

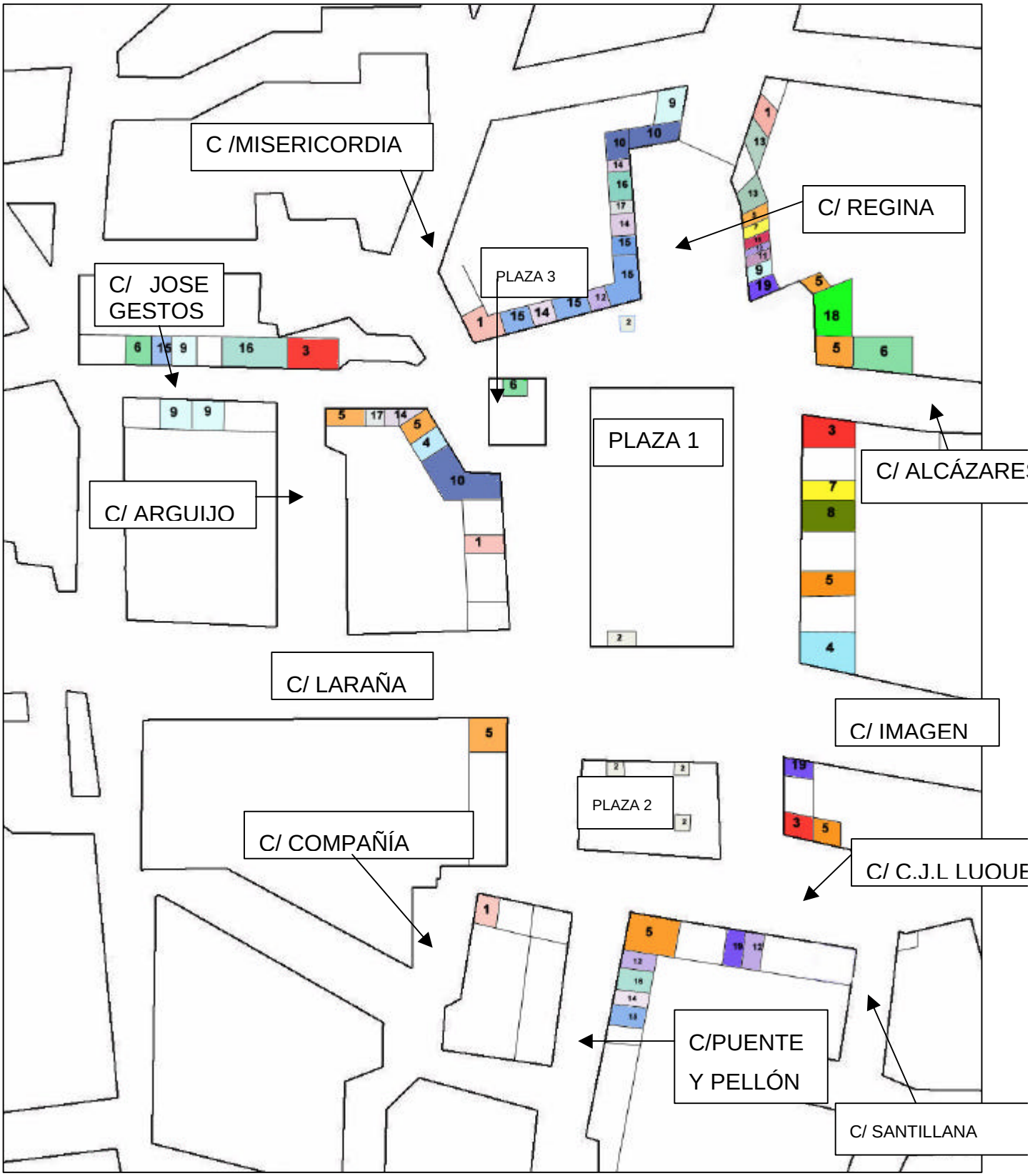
DISTRIBUCIÓN POR SECTORES			
CÓDIGO	**SECTOR**	**NºCOMERCIOS**	**PORCENTAJE**
1	TIENDAS DE TODO A 100	3	4,11
2	KIOSCOS	5	6,85
3	FARMACIAS	3	4,11
4	ÓPTICAS	2	2,74
5	CAFETERÍAS Y BARES	9	12,33
6	FLORISTERÍAS	3	4,11
7	TIENDAS DE MIMBRES	2	2,74
8	ANTIGÜEDADES	1	1,37
9	TIENDAS DE MUEBLES	5	6,85
10	TIENDAS DE TEXTILES	4	5,48
11	CUCHILLERÍA	1	1,37
12	PEQUEÑA ALIMENTACIÓN	4	5,48
13	TIENDAS DE COLCHONES	2	2,74
14	ZAPATERÍAS	6	8,22
15	TIENDAS DE ROPA	5	6,85
16	DIETÉTICA	3	4,11
17	JOYERÍA	2	2,74
18	MERCADO	10	13,70
19	BANCOS	3	4,11
	TOTAL	**73**	**100,00**

APORTACIÓN DE CADA SECTOR AL FLUJO DE MERCANCÍAS			
CÓDIGO	**SECTOR**	**VEHÍCULOS**	**PORCENTAJE**
1	TIENDAS DE TODO A 100	5	8,17
2	KIOSCOS	4	6,54
3	FARMACIAS	1	1,63
4	ÓPTICAS	2	3,27
5	CAFETERÍAS Y BARES	5	8,17
6	FLORISTERÍAS	5	8,17
7	TIENDAS DE MIMBRES	0,1	0,16
8	ANTIGÜEDADES	0,2	0,33
9	TIENDAS DE MUEBLES	4,2	6,86
10	TIENDAS DE TEXTILES	4	6,54
11	CUCHILLERÍA	0,2	0,33
12	PEQUEÑA ALIMENTACIÓN	8	13,07
13	TIENDAS DE COLCHONES	0,4	0,65
14	ZAPATERÍAS	1,6	2,61
15	TIENDAS DE ROPA	3,2	5,23
16	DIETÉTICA	1,2	1,96
17	JOYERÍA	2	3,27
18	MERCADO	14	22,88
19	BANCOS	0,1	0,16
	TOTAL	**61,2**	**100,00**



El número de comercios de cada sector aparece en cada porción del plano.

DISTRIBUCIÓN POR SECTORES.



3. SIMULACIÓN CON ARENA.

3.1 SIMULACIÓN. SISTEMA. MODELO.

"Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con el mismo con la finalidad sea de aprehender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o un conjunto de ellos) para entender el funcionamiento del sistema." *Robert Shannon, 1975*.

La capacidad del ser humano, sobre otros animales, de poder *abstraer* los aspectos principales de una realidad y sus interrelaciones, pudiendo crear modelos reales o imaginarios que representen esa realidad, le proporciona la herramienta necesaria para la comprensión del mundo que le rodea, ejercitándose con parcelas reducidas y evolucionando progresivamente a una visión unificada de sistemas cada vez más complejos.

La Simulación, haciendo uso de esta capacidad, es el diseño de un modelo a partir de un sistema "*real*" que permite experimentar sobre dicho modelo para describir, explicar y predecir el comportamiento del sistema real. En la mayoría de los casos, las interrelaciones que componen el sistema serán lo suficientemente complicadas y complejas que hará inviable la obtención de soluciones analíticas exactas con métodos matemáticos. Es pues la simulación una buena herramienta para el estudio de estos sistemas. No se aspira a encontrar soluciones analíticas y exactas del problema, sino a la mejor compresión de los sistemas en estudio.

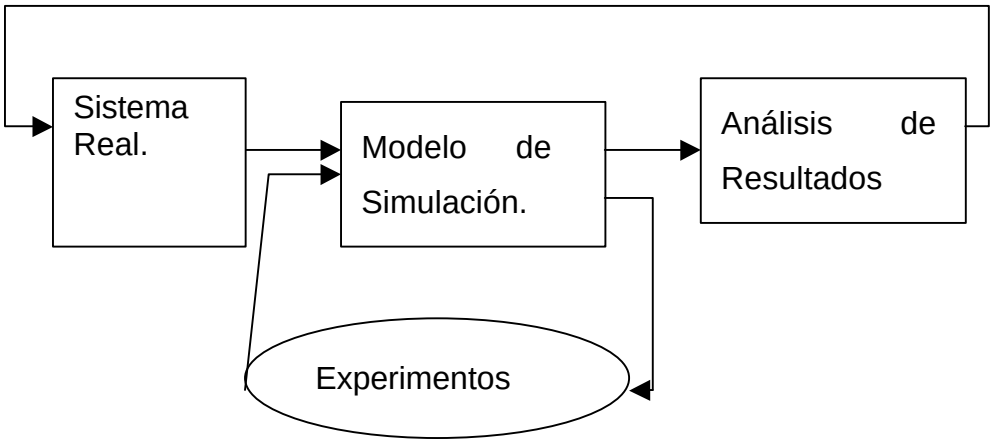
La llegada del ordenador y su aplicación en simulación ha hecho posible el desarrollo de estas técnicas, y su aplicación en campos muy diversos.

- Sistemas de producción: planificación, control de inventarios, líneas de productos, programación.
- Sistemas de servicios: admisión de hospitales, operaciones en ventanillas de bancos, grandes superficies, restaurantes de comida rápida.
- Sistemas de distribución: almacenes, red de distribución.

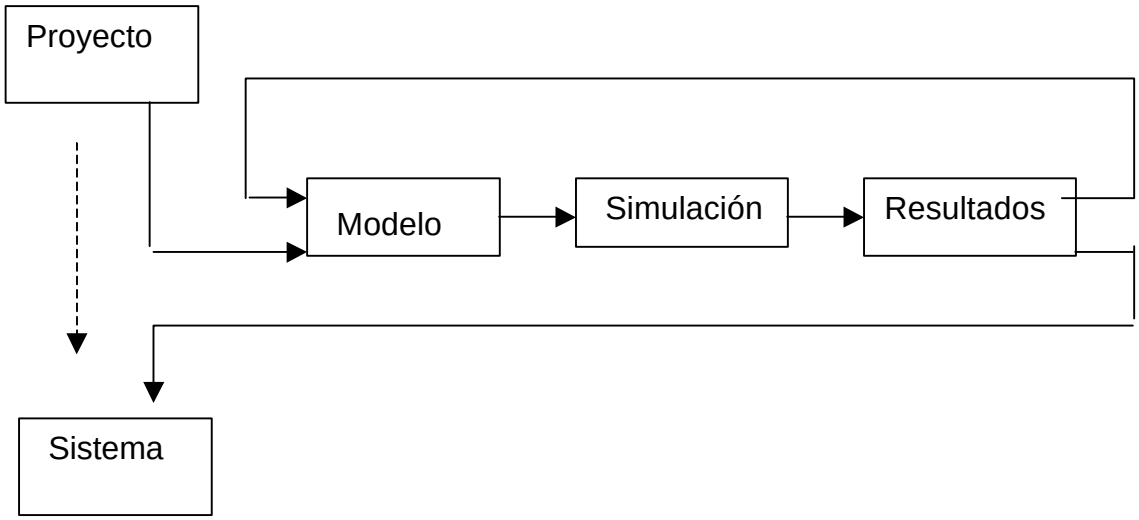
- Sistemas informáticos: redes de comunicación, ordenadores, software y hardware, protocolos.
- Sistemas económicos y financieros.
- Otros: teoría de juegos, situaciones de emergencia por catástrofes.

La aplicación de la simulación a sistemas tan diversos persigue unos objetivos que se pueden clasificar en:

1. Análisis de sistemas ya existentes, para su mejor comprensión y optimizado de los mismos y la evaluación de distintas estrategias ante un mismo problema en el sistema. El esquema en este tipo de simulación sería:



2. Como etapa previa al diseño de nuevos sistemas, intentando minimizar los aspectos negativos del modelo y su adecuación al proyecto. El esquema sería el siguiente:



3. Con fines de educación o adiestramiento, para obtener experiencia en la toma de decisiones o adquirir ciertas rutinas o hábitos.

Un *sistema* se define por el conjunto de componentes o entidades que lo forman y las relaciones que existen entre sus componentes. Cada entidad o componente tiene sus características propias, definidas por un conjunto de variables.

El *entorno* o *medio ambiente* define el resto de componentes que no forman parte del sistema pero que pueden influir en el mismo.

El *estado del sistema* se define por el conjunto de valores que toman cada una de las variables que caracterizan a cada componente del sistema

Hay dos tipos de sistemas, discretos y continuos. En los sistemas *discretos* el valor de las variables cambia en instantes determinados y separados en el tiempo, como por ejemplo el número de coches en un tramo de calle cambia sólo cuando entra o sale un nuevo coche del tramo. Mientras que en los sistemas *continuos* el valor de las variables que definen el estado del sistema cambian continuamente con respecto al tiempo, como por ejemplo la velocidad de un coche en el proceso de incorporación al tráfico. Como se puede observar, un sistema casi nunca es completamente discreto o completamente continuo. Pero al clasificarlo como discreto, por ejemplo, se denota que el cambio de valor en las variables es predominantemente discreto frente al posible cambio continuo de esa u otras variables del sistema.

Dado un sistema para su estudio, se podrá experimentar sobre el propio sistema, si este es accesible y los experimentos son no destructivos. Sin embargo, si este sistema real aún no existe físicamente o no es accesible por otras razones, se necesitará recurrir a la realización de un modelo sobre el que experimentar para estudiar el sistema.

Estos modelos que representan al sistema pueden asemejarse físicamente más o menos al sistema dado, dependiendo del grado de abstracción que se realice. En función de esta abstracción se tendrán:

- Modelos *físicos* o *icónicos*, representan físicamente al modelo real pero a distintas escalas, como el caso de reactores químicos o túneles de aire.
- Modelos *matemáticos* o *lógicos*, representan al sistema por medio de símbolos matemáticos y diagramas de flujos.

La experimentación que se realice sobre el modelo para responder a las cuestiones planteadas sobre el sistema, dependerá de la complejidad de dicho modelo. Si el modelo es lo suficientemente simple como para admitir trabajar con relaciones matemáticas cuantitativas, se obtendrán soluciones analíticas y exactas para el sistema. Sin embargo si no es posible un tratamiento de este tipo debido a la complejidad del modelo, será necesario recurrir a la simulación para poder estudiar el sistema.

Definidos los modelos lógicos de simulación, se pueden clasificar en tres direcciones principales:

1. **Estáticos – Dinámicos**: En los modelos estáticos se representa el sistema en un instante concreto del tiempo (ejemplo: localización de almacenes en una región). En los modelos dinámicos las variables del modelo evolucionan con el tiempo, como en los modelos de colas.
2. **Deterministas – Estocásticos**: Modelos donde todas las variables de entrada no puedan tomar valores aleatorios son deterministas, como por ejemplo los sistemas definidos con ecuaciones diferenciales (utilizados para representar reacciones químicas). Modelos donde algunas de sus variables de entrada puedan tomar valores aleatorios serán modelos estocásticos. Esta aleatoriedad en los valores de entrada al sistema producirá una aleatoriedad también en los valores de salida.
3. **Continuos – Discretos**: Depende de los valores que pueda tomar el tiempo en la simulación. El tiempo de simulación es una variable continua en los modelos continuos (ejemplo: procesos químicos), pudiéndose integrar con respecto al tiempo. Mientras en los discretos el tiempo de simulación está definido para instantes concretos.

3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA SIMULACIÓN.

Ventajas:

- Experimentación sobre el modelo, menos costosa que sobre el sistema.
- Compresión del tiempo, operaciones que ocurren en horas o días, pueden simularse en segundos. Igualmente es posible el efecto contrario, estiramiento del tiempo.
- Ambiente controlado y posibilidad de modificación. Los experimentos pueden ser mejor definidos y específicos que los realizados sobre el sistema real.
- Mayor y mejor comprensión de la realidad.
- Alternativa para el diseño de nuevos sistemas y su evaluación.
- Estimación de rendimientos de sistemas reales en diversas condiciones y situaciones, permiten comprobar la eficacia de los sistemas reales.

Inconvenientes:

- Herramienta aproximada e imprecisa, se trabaja sobre un modelo de la realidad, donde se desprecian y simplifican los componente y sus relaciones.
- Necesaria una validación del modelo, a través de experimentos. Con una simulación se pueden obtener gran cantidad de resultados, incluso una animación del modelo ayuda a un mayor impacto de confianza en los resultados del modelo, que pueden estar respaldados sólo por una deficiente validación del mismo, llevando a conclusiones erróneas.
- Precisión y simplicidad del modelo son objetivos contrapuestos. A mayor precisión se necesitará un modelo más complejo en la mayoría de los casos.
- La simulación es un proceso costoso: el tiempo empleado, el software utilizado, necesaria una experiencia en el modelado de sistemas.

3.3 ETAPAS DEL PROCESO DE SIMULACIÓN:

En la realización de un proyecto de simulación se pueden definir una serie de etapas que faciliten y aumenten las posibilidades de éxito del mismo. Sin embargo, el uso de nuevas herramientas de programación más potentes, han facilitado algunas de ellas, e incluso su agrupación en una sola. Estas etapas son:

1. **Formulación del problema.**

   Definición detallada de los objetivos, de las restricciones e hipótesis de trabajo y de las variables que se van a utilizar para el definir el estado del sistema y el control del mismo. Será necesario definir el grado de precisión requerido.

   La elaboración de un modelo preliminar puede ayudar a poner de manifiesto de forma más clara y precisa, los objetivos del estudio, las variables y parámetros necesarios para el desarrollo del modelo y para el control del mismo.

2. **Formulación del modelo.**

   Elaboración del modelo matemático a utilizar, mediante técnicas o herramientas específicas de modelado: Grafo de Eventos y Diagrama de Ciclos de Actividades.

   La formulación hecha debe ser simple, flexible, efectiva y eficiente, pudiéndose adaptar a cambios durante el proyecto de simulación y el tiempo de computación sea razonable.

3. **Análisis y recogida de datos.**

   Se suele realizar en paralelo con el punto anterior, ya que un buen modelo es fruto del conocimiento del sistema a modelar y de los datos experimentales procedentes de la observación de las entradas y salidas del mismo.

   Los datos empíricos obtenidos, requieren un proceso de filtrado por parte del analista de forma que elimine interferencias debidas al propio proceso de recogida o agentes no presentes en el modelo.

4. Codificación.

Consiste en trasladar el modelo a un lenguaje de programación para introducirlo en el ordenador. Se pueden utilizar lenguajes de propósito general o bien lenguajes orientados a la simulación.

5. Verificación y validación.

La verificación es el proceso de revisión del programa para comprobar que este representa fielmente el modelo que hemos implementado. Se utilizan distintas técnicas como: verificación manual de lógica, test modular, test de soluciones conocidas, análisis de sensibilidad, test de estrés, animación gráfica.

La validación asegura la correcta representación de la realidad por parte del modelo. Al realizar el modelo se suelen emplear una serie de hipótesis simplificativas como son:

- Se ignora el exterior.
- Aproximación de funciones no lineales.
- Aproximación de distribuciones empíricas.
- Independencia entre los componentes.
- Agregación de componentes.
- Estacionaridad.

Las técnicas de validación más utilizadas son

- *Experimentos de campo*: a partir de unos datos de entrada y salida obtenidos del sistema real, y se comparan con los datos de salida obtenidos del modelo para los mismos datos de entrada.
- *Test de Turing*: a personas con experiencia sobre el sistema real modelado, se le aportan resultados obtenidos a través de la simulación y otros inventados, para ver si son reconocidos.

6. Diseño de experimentos.

A la hora de realizar experimentos con el modelo hay que tomar decisiones respecto a aspectos relacionados con:

- Las condiciones iniciales que existan: es necesario fijar las condiciones de partida de cada iteración realice y su posible influencia en los resultados.
- Las iteraciones necesarias para obtener las precisiones definidas, ya que se obtienen datos de tipo estadístico.
- Consideraciones realizadas respecto al valor escogido para los parámetros utilizados y la relación entre estos.

7. Análisis de sensibilidad.

Efecto de las variaciones de los parámetros sobre las variables de salida definidas.

8. Experimentación y análisis de los resultados.

Se puede diferenciar entre sistemas que terminan y sistemas que alcanzan un estado estable en el tiempo.

Los sistemas que terminan son aquellos que representan procesos que tienen lugar en un periodo de tiempo determinado, acabado este termina el proceso. La experimentación se realiza por lotes de experimentos que se consideran independientes entre sí. Normalmente el tiempo de ejecución de estos modelos es pequeño.

Sin embargo en sistemas que alcanzan un estado estable en el tiempo, lo que interesa es definir a que estado estable tienden, y estudiar los valores de las variables en este estado. La experimentación se realiza a través de largas ejecuciones del modelo, divididas en trozos respecto al tiempo tal que estos puedan ser considerados como procedentes de experimentos independientes entre sí.

9. Documentación.

Elaboración de un documento que refleje los resultados obtenidos y como se ha ido realizando el proceso de simulación: variaciones introducidas en el modelo, datos de entrada, etc.

10. Presentación de resultados.

Una adecuada elección de la presentación de resultados puede dar lugar a una mayor confianza en el modelo realizado por parte de personas ajenas al modelo y por tanto en las conclusiones obtenidas.

3.4 LENGUAJES DE SIMULACIÓN.

Para llevar a cabo la ejecución de una simulación en el ordenador, se debe elegir el lenguaje donde programar el modelo creado. Bien un lenguaje de propósito general como pueden ser C, BASIC, FORTRAN o bien lenguajes específicos de simulación.

La utilización de lenguajes de propósito general permite una mayor flexibilidad que ciertos lenguajes específicos de simulación. Estos lenguajes de propósito general, de menor costo, crean un eficiente código del modelo que requiere de un tiempo de ejecución muy inferior al de lenguajes específicos de simulación. Sin embargo la construcción del modelo es más tediosa y con mayor probabilidad de errores al tener que trabajar en niveles de programación demasiado bajos.

Los lenguajes de simulación permitirán un menor tiempo de codificación, al proveer de elementos orientados a la simulación. Sin embargo el tiempo de ejecución será mayor. También proveen de buenas herramientas de detección de errores de forma automática, haciendo más fácil y segura la escritura del código. Su flexibilidad sin embargo es mucho menor que en un lenguaje de propósito general, al trabajar a un más alto nivel en programación. Así como el coste del software de estos lenguajes. Algunos de estos lenguajes son:

- *GPSS*(General Purpose Simulation System), desarrollado por Geoffrey Gordeon en el seno de la corporación IBM en 1961.
- *SIMSCRIPT II.5*, desarrollado por Markowitz y otros en la Corporación Rand en 1962.
- *SLAM II* (Simulation Language for Alternative Modeling), desarrollado por Dennis Pegden y Alan Pritsker en 1979.
- *SIMAN* (SIMulation Analysis), desarrollado por Dennis Pegden en 1982.

Los lenguajes de simulación son paquetes informáticos que incluyen elementos frecuentemente utilizados en cualquier tipo de aplicaciones de simulación. También existe otra posibilidad a la hora de desarrollar la codificación del modelo, son los simuladores, son paquetes informáticos igualmente, pero que proporcionan elementos de simulación utilizados normalmente en un tipo específico de aplicaciones de simulación, como por ejemplo los procesos de fabricación en una determinada pieza, requiriendo una programación muy reducida o casi nula. Se pierde flexibilidad, pero se gana eficacia y rapidez en el modelado.

3.5 LA SIMULACIÓN CON ARENA.

Arena es un lenguaje de simulación para ser utilizado en entorno Windows 95 o posterior. Se maneja como cualquier otro programa con entorno de ventanas. Se utilizará la versión 3.0. Esta versión cuenta con un modo académico, que presenta restricciones a la hora de trabajar con modelos, como son el número de entidades creadas, el de variables utilizadas, el número de módulos utilizados y otros que limitan su potencia. El modelo profesional permite desplegar todas las utilidades del lenguaje de simulación Arena. Será el modo profesional el utilizado, dado el número de módulos a utilizar.

La principal característica de Arena es la posibilidad de adecuación al nivel de programación necesario en cada caso, incluso dentro de un mismo modelo. Esto permite que Arena no pierda flexibilidad, al incluir la posibilidad de utilización de lenguajes de propósito general. Se tienen pues todas las facilidades de una programación de alto nivel con la flexibilidad de un lenguaje de programación general. Incluso la utilización como simulador con la creación de módulos y conjuntos de estos destinados a simulaciones de sectores específicos como restaurantes, procesos de empresas, etc.

Junto a esta flexibilidad, Arena aporta todos los elementos generales de otros lenguajes de simulación como: la utilización de distribuciones estándar, la ejecución de varias iteraciones independientes en un solo lote, la utilización de periodos de eliminación de los efectos de condiciones iniciales, en los cuales las variables no guardan valores para posteriores análisis estadísticos.

Arena incorpora una biblioteca con multitud de ejemplos que ayudan en la codificación y modelado del sistema. Para al depuración del modelo se tiene la posibilidad de escoger entre diferentes tipos de trazas posibles, incluyendo las distintas causas de error y solución ante cualquier problema.

En ejecución permite la utilización de un modo rápido de ejecución para la obtención de resultados y otro modo donde se tiene acceso a la animación del modelo. La animación incluye multitud de posibilidades, incluso la importación desde otros programas como AUTOCAD.

Otras herramientas de interés son los analizadores de datos, tanto de entrada como de salida, para modelos estocásticos, que incluyen las más frecuentes técnicas estadísticas de tratamiento de datos: test de comparación de medias, comparación de varianzas, correlogramas, intervalos de confianza de media y de desviación estándar, ajuste de distribuciones estadísticas estándar a un conjunto de datos, gráficos de barras, histogramas, gráficos XY, etc.

Por último destacar la interfaz con otros programas compatibles con Windows, como son Excel, Word, Visual Basic, PowerPoint.

3.6 CONCEPTOS BÁSICOS EN SIMULACIÓN CON ARENA.

- **Entidades y atributos.**

Entidades es el término utilizado para representar cualquier persona, objeto, o cualquier otra cosa, real o imaginaria, que se mueva a través del modelo, pudiendo causar cambios en el estado del sistema o afectar a otras entidades. Son objetos dinámicos en la simulación, son creadas, pasan a través una sucesión de procesos y luego desaparecen, en el caso de los modelos de ciclo abierto.

- **Recursos.**

Para que sobre una entidad se realice un proceso determinado será necesaria la presencia de uno o varios recursos que presten ese servicio. Los recursos representan todo aquello necesario para realizar un proceso: personas, máquinas, herramientas, etc. Son elementos estáticos del modelo y

en ellos son alojadas las entidades, presentando posibles estados distintos definidos por el usuario: ocupados, libres, en fallo, etc.

- **Colas.**

Colas son espacios de espera para las entidades en su movimiento por el sistema, cuando estas han sido detenidas por causa del estado del sistema. Por ejemplo, un determinado recurso está ocupado y la entidad que quiere acceder a ella ha de esperar hasta que esté disponible. Son elementos pasivos del modelo, no se pueden crear durante la ejecución del programa.

- **Estaciones.**

Arena representa los sistemas dividiéndolos en subsistemas. Estos subsistemas son llamados estaciones. De esta forma el modelo se hace más manejable y se proporciona una forma fácil de definición del movimiento de entidades entre partes del sistema.

- **Conveyors y Transporters.**

Una entidad puede ser transferida de una estación a otra de diferentes formas:

a) *Una conexión directa:* la entidad no ha de esperar a que esté disponible ningún medio de transporte. En el camino se invierte un tiempo fijado por el usuario, pudiendo especificarse como cero.

b) *Conveyors:* funcionan como cintas transportadoras. Una vez que la entidad pide el acceso desde una estación para dirigirse a otra, ha de esperar a que exista sitio en la cinta para comenzar el transporte. Se detallarán más características de este transporte en puntos sucesivos del proyecto.

c) *Transporters*: en este caso existe un número de vehículos encargados de realizar el transporte. La entidad tras solicitar un vehículo ha de esperar a que este esté disponible para poder realizar el transporte.

- **Reloj de Simulación.**

El tiempo actual en la simulación es guardado en una variable llamada Reloj de Simulación. El transcurso de este tiempo no tiene que coincidir con el real, se puede acelerar o retardar. Este reloj marca el transcurso de los eventos del calendario.

4. MODELADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y APROXIMACIÓN AL MODELO REALIZADO.

Como se ha comentado con anterioridad en la introducción, los objetivos de la simulación que se va a realizar es la creación y desarrollo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en el problema que se genera en el transporte de mercancías en la Zona de la Encarnación.

Se parte de un estudio de funcionamiento “real” en las zonas de carga y descarga, en el que se apoyará la validación del modelo, para proseguir con el de funcionamiento que teóricamente debería observarse en estas zonas. Este último estudio podrá poner de manifiesto el potencial y la adecuación de las zonas de carga y descarga en la resolución del problema del transporte de mercancías en la zona en cuestión. En el caso de que resultasen ineficaces, la simulación constituye una herramienta para la valoración de las posibles propuestas de mejora según sus efectos sobre le sistema.

Este sistema estará formado por los tramos del viario definidos en la documentación gráfica (plano de definición del sistema actual) y los elementos siguientes contenidos dentro de los límites definidos en dicho plano: comerciantes, zonas de carga y descarga, espacios utilizados como zonas de carga y descarga, como son algunos tramos de acerado o calles cercanas, elementos de ordenación del tráfico, como semáforos y señales de circulación, y paradas de autobuses.

Se considerará un estado “*normal”* del sistema, aquel caracterizado por:

- La situación del tráfico y transporte de mercancías entre los lunes y viernes no festivos. No se consideran las épocas de una mayor afluencia en el transporte de mercancías en la zona, como son el caso de los cambios de temporada en las tiendas textiles, o las fiestas de Navidad, Semana Santa u otras que produzcan una alteración tanto del nivel de tráfico como del nivel medio de mercancías en la Zona.

- Unos niveles de tráfico tales que hagan que se respeten las señales de circulación, como los ceda el paso y semáforos. Se descartan pues situaciones de atascos prolongados que afecten a los cruces.
- Un número fijo de comerciantes y una distribución fija por sectores. No se incluye la posibilidad de la creación o desaparición neta de establecimientos comerciales o la modificación de los hábitos de pedidos de estos.

Estas hipótesis sobre el sistema se podrán ver modificadas a lo largo de la realización del modelo por necesidades propias del proceso de modelado, indicándose en tal caso. Así también se indicarán nuevas hipótesis necesarias que pudieran surgir.

Dentro del modelo se pueden distinguir dos actividades bien diferenciadas: el tráfico de vehículos y el transporte de mercancías. Estas actividades han sido divididas en procesos y elementos necesarios para la realización de un mejor modelado, más estructurado y comprensible. Así se tiene:

- EL TRÁFICO: flujo de vehículos por la Zona de la Encarnación, desde algún punto de entrada en esta zona hasta cualquier punto de salida de la misma.
    - Tipo de vehículos.
    - Movimiento de vehículos por el viario.
    - Entradas y salidas de vehículos.
    - Cruces y semáforos.
    - Paradas de autobuses.
- EL TRANSPORTE: carga y descarga de mercancías necesaria para cubrir la actual demanda de pedidos de los establecimientos ubicados en la zona.
    - Tipo de establecimientos. Sectores.
    - Repartidores. Clasificación.
    - Generación y entrada de repartidores.

- Aparcamientos. Zonas de carga y descarga.
- Operaciones de carga y descarga.

Estos elementos van a ser desarrollados de forma más detallada, indicando la idea base del modelado escogida, las variables necesarias, los valores que adquieren, las hipótesis aplicadas y las condiciones de validez.

En el Anexo II (Cálculos) se incluye la relación de datos tomados y los cálculos necesarios para obtener las variables de entrada al modelo y los parámetros necesarios. Se intenta con esta división una mejor comprensión y seguimiento del modelo realizado.

4.2 PERIODO DE SIMULACIÓN.

La simulación se realizará en aquella franja horaria en donde se concentra el mayor tráfico de mercancías y por tanto cuando surge el problema de la lucha por el espacio en la calle. Éste se produce durante el horario habitual de apertura de los comercios, donde clientes y transportistas se disputan las plazas de aparcamiento, principalmente en horario de mañana donde se concentra el mayor volumen de tráfico de mercancías.

Se considerará como periodo de simulación desde las 9:00 horas de la mañana hasta las 14:00 horas de la tarde. Se determinará un periodo inicial de transición (600 segundos) o tiempo necesario para alcanzar las condiciones iniciales de flujo de tráfico y ocupación de plazas de aparcamiento..

No se considera la simulación durante la tarde debido a las siguientes causas:

- El Mercado actualmente sólo está abierto al público durante la mañana, concentrando la mayor afluencia de vehículos de reparto de 7:00 a 8:00 de la mañana y en torno a las 11:00 horas. Durante el resto de la mañana, se produce la llegada y salida de vehículos de reparto, pero con menor intensidad.
- En el sector de alimentación y bares el transporte de mercancías se realiza principalmente en las horas de la mañana. El sector de alimentación aglutina, junto con el mercado, la mayor parte del tráfico de mercancías en la zona.

- Por otro lado, otros sectores, como tiendas de veinte duros, estancos y otros, son servidos en esta franja horaria.

Estas causas hacen que se produzca una desigual intensidad de tráfico de mercancías de la mañana con respecto de la tarde. Esta intensidad se manifiesta de forma sesgada hacia las horas centrales de la mañana, pues antes de la apertura de los comercios sólo son los vehículos correspondientes al mercado quien hace el reparto.

La experimentación se realizará para un día tipo, sin diferenciar que día de la semana se trata. Existen ciertos repartos que están concentrados en unos días y otros de la semana, estando concentrada la mayor representación de este caso en proveedores del sector de alimentación. No obstante se puede estimar un número medio de proveedores durante cada día, independientemente que sea el proveedor de lácteos o el de conservas, o bien se trate de un Lunes o un Viernes.

Por otra parte el incluir la diferenciación entre los días de la semana en el modelo, necesitaría una costosa recogida de información y un modelo excesivamente complejo, sin obtener diferencias apreciables en los resultados buscados.

Así mismo, se considerará cada experimento con independencia el uno del otro. El modelo no guarda memoria de lo que ocurrió el día anterior o hace dos días. Esto afectará al número de repartidores para algunos comercios, cuyas frecuencias de llegada son pequeñas, inferiores a una por día. El hecho de no haberse producido un día reparto de mercancía no implicará una mayor probabilidad al día siguiente.

4.3 LOS VEHÍCULOS. TIPOS DE VEHÍCULOS.

Las entidades en el modelo serán exclusivamente los vehículos. Estos se crearán en los puntos de entrada a la calle, seguirán una serie de procesos, para posteriormente desaparecer del modelo en algún punto de salida de la misma. No existirán otros elementos dinámicos en el sistema.

Se apreciarán diferentes tipos de vehículos, clasificándolos en función de su relación con el transporte de mercancías y sus efectos sobre su flujo por

la calle. Así se distinguirá entre autobuses y coches privados, no haciéndose distinción entre turismos y vehículos de mercancías con distinto destino del de la zona, pues el comportamiento de estos dos últimos es similar frente a las necesidades de plazas de aparcamiento en dicha calle.

Se utilizará la siguiente clasificación y nomenclatura de los vehículos:

- **Mercancías Encarnación:** vehículos que realizan el transporte de mercancías relacionadas con los establecimientos ubicados en la zona de la Encarnación. Serán aquellos vehículos que realicen acciones de carga o descarga de mercancías de los citados establecimientos. En puntos a desarrollar con posterioridad, estos vehículos se dividirán en proveedores y agencias de transporte. En relación con sus tamaño se distinguirá entre vehículos pesados y ligeros.
- **Viajeros**: vehículos que realizan el transporte de viajeros con paradas en la Zona de la Encarnación y por tanto afectan al movimiento de vehículos. No se consideran autobuses distintos de los urbanos que pudieran circular y no tengan parada en esta calle, como autobuses escolares u otros. Se diferenciará así, entre taxi y autobús urbano.
- **Vehículos de Paso**: vehículos que circulan por la Zona de la Encarnación, pero que no realizan operaciones de carga y descarga en establecimientos de la zona. También se denominan de esta forma aquellos vehículos de transporte público de viajeros que no tienen paradas habituales en esta calle. Se distinguirá entre los vehículos privados y vehículos de mercancías no destinadas a la Zona.

En el modelado realizado, la distinción del tipo de vehículo en cada entidad se realiza mediante dos atributos. Uno indica el tipo de vehículo de que se trata, identificándolo por un número y otro atributo indica la longitud característica de ese tipo de vehículos. Esta longitud viene definida para dos posibles situaciones. Una situación de circulación normal y otra en colas y colapsos.

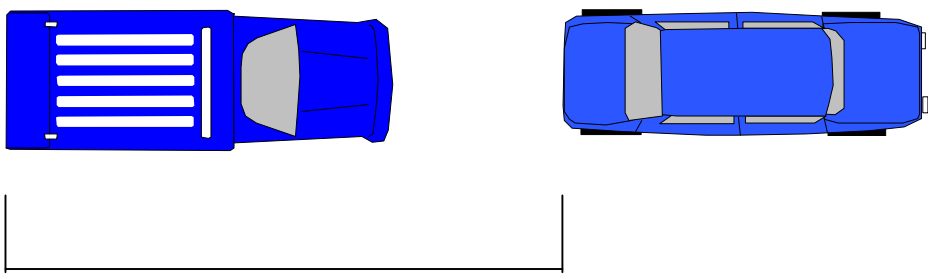
4.4 EL VIARIO. MOVIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS.

Para describir el movimiento de los vehículos por las calles del viario, se han utilizado los módulos *conveyors*. Los *conveyors* se pueden visualizar como cintas transportadoras cuyo movimiento en un único sentido entre dos estaciones se produce a una velocidad constante.

Cuando un vehículo decide incorporarse en un punto concreto al flujo de vehículos definido en un tramo de calle, lo primero que hace es esperar a que exista un espacio libre suficiente entre dos vehículos sucesivos como para que se pueda incorporar. Tras esta acción adaptará su velocidad a la velocidad el convoy al que se acaba de incorporar.

Estas cintas transportadoras, *conveyors*, se encuentran fragmentadas en una sucesión de celdas de igual longitud que albergarán a las entidades transportadas. La longitud necesaria para que un vehículo sea albergado en un *conveyor* para su transporte a otra estación será la suma de la longitud del vehículo más el espacio entre este y el vehículo anterior o posterior, según se muestra en la figura adjunta. Esta longitud será mayor cuando el vehículo se encuentre en movimiento. Por el contrario será menor cuando se encuentra en situación de espera en una cola ante un semáforo o en un cruce.

Por otro lado los vehículos que circulan por la calle no ven afectado su movimiento hasta que llegan a la altura del final de la cola de espera ante un semáforo o cruce, donde se detienen e incorporan a la misma. Se eligen pues para el modelo los *conveyors* tipo *accumulating*, que permiten modelar estas dos situaciones. El otro tipo posible de *conveyor*, los *non-accumulating*, no son apropiados pues detienen el movimiento en todo el *conveyor* cuando alguna entidad se encuentra en situación de bloqueo. Además estos *conveyors* no permiten que la longitud necesaria para albergar una entidad sea diferente en las dos situaciones descritas anteriormente.



Longitud necesaria para albergar el vehículo en el conveyor.

La definición de los distintos *conveyors* que dividen y definen los diferentes tramos del viario se realiza en función a :

- Existencia de un cruce donde existe la posibilidad de dos o más puntos de salida,
- Existencia de varios carriles en una misma dirección entre dos puntos.
- La variación sustancial de la velocidad media entre dos tramos de una misma calle.

4.4.1 Longitud de las celdas de los *conveyors*.

Los distintos *conveyors* se encuentran definidos en el plano de elementos del modelo actual. La longitud definida para cada uno debe ser un múltiplo entero de la longitud adoptada para las celdas unidad, al igual que ocurre con las longitudes definidas para las entidades del modelo. La unidad adoptada será el **metro**, siendo por tanto la longitud de una celda igual a un metro. Con esta unidad se consiguen valores suficientemente precisos, en relación a los datos que se tienen de otras variables, como tiempos de carga y descarga o velocidades de los *conveyors*, obteniendo un tiempo de ejecución del programa razonable. También se evita la probabilidad de errores en la lectura o introducción de datos de longitud.

Un menor tamaño de las celdas implica un mayor número de éstas para una misma distancia real y por tanto un mayor tiempo de ejecución del programa. La elección del tamaño de la celda debe ser un compromiso entre la precisión requerida y el tiempo de ejecución. Por ejemplo para la ejecución de un simple modelo que consta de un *conveyor* de 900 metros, una entidad de cinco metros , y una velocidad de 25 metros por segundo, el tiempo requerido en modo *play* de ejecución del programa para el mismo factor de velocidad, es 3,5 veces superior para celdas de medio metro que para aquellas de un metro. Este resultado no es extrapolable al modelo desarrollado en este proyecto, pero deja intuir el orden de magnitud que podría obtenerse en el tiempo de ejecución del programa.

4.4.2 Velocidad de los *conveyors*.

La velocidad de los *conveyors* se expresará en metros por segundo. Se adopta una velocidad media para cada *conveyor* que representará la velocidad media de los vehículos en el tramo en condiciones de flujo sin bloqueo o atasco. Esta velocidad no se verá influenciada por el número de vehículos en movimiento en el *conveyor,* aunque esta situación podría tenerse en cuenta en un futuro. Tampoco se modela la desaceleración al llegar a una cola ante un semáforo cerrado. La transición de la velocidad de una entidad en movimiento en un *conveyor* a una velocidad nula ante un cola es instantáneo. Igual ocurre al salir de los semáforos, al pasar desde una velocidad nula hasta la velocidad del *conveyor*.

La siguiente tabla muestra los *conveyors* definidos y sus características:

Nº CONVEYOR	DESCRIPCIÓN	COMIENZO	FINAL	METROS	VELOCIDAD
1	PLAZA 1 (ESTE)	IMAGEN	ALCÁZARES	72,8	8
2	SALIDA C/ALCÁZARES			35	4,66
3	MERCADO	ALCÁZARES	PLAZA3	21	3,5
8	PLAZA 3 (NORTE)	PLAZA3	MISERICORDIA	21	5,25
10	PLAZA 3 (ESTE)			29,4	5,88
6	ENTRADA MISERICORDIA			20	5
11	PLAZA 3 (ESTE)			26,6	3,5
12	LATERAL OESTE PLAZA1		LARAÑA	50,4	6
15	PLAZA 2 (OESTE) 1 CARRIL	LARAÑA	IGLESIA	40,6	5
16	PLAZA 2 (OESTE) 1 CARRIL	LARAÑA	IGLESIA	40,6	5
30	PLAZA 2 (SUR)			35	5
17	PLAZA 2 (ESTE)	SANTILLANA	IMAGEN	35	7
18	PLAZA 2 (ESTE)	SANTILLANA	IMAGEN	35	7
19	PLAZA 2 (ESTE)	SANTILLANA	IMAGEN	35	6
25	C/SANTILLANA ENTRADA			29,14	4
26	C/SANTILLANA SALIDA			29,14	4
22	PLAZA 1 (SUR) 1 CARRIL TRAMO 1	IMAGEN	LARAÑA	22	8
23	PLAZA 1 (SUR) 1 CARRIL TRAMO 1	IMAGEN	LARAÑA	22	9
24	PLAZA 2 (NORTE)	LARAÑA	IMAGEN	35	9
13	ENTRADA LARAÑA			14	9
14	SALIDA LARAÑA			14	9
27	ENTRADA IMAGEN 1 CARRIL			12	9
28	ENTRADA IMAGEN 1 CARRIL			12	9
29	SALIDA IMAGEN			12	9
20	ENTRADA SANTILLANA			10	4
50	PLAZA 1 (SUR) 1 CARRIL TRAMO 2			13	9
60	PLAZA 1 (SUR) 1 CARRIL TRAMO 2			13	9
70	UNIÓN CRUCE 1			2	7

A continuación se presenta un plano con la situación de los distintos conveyors:

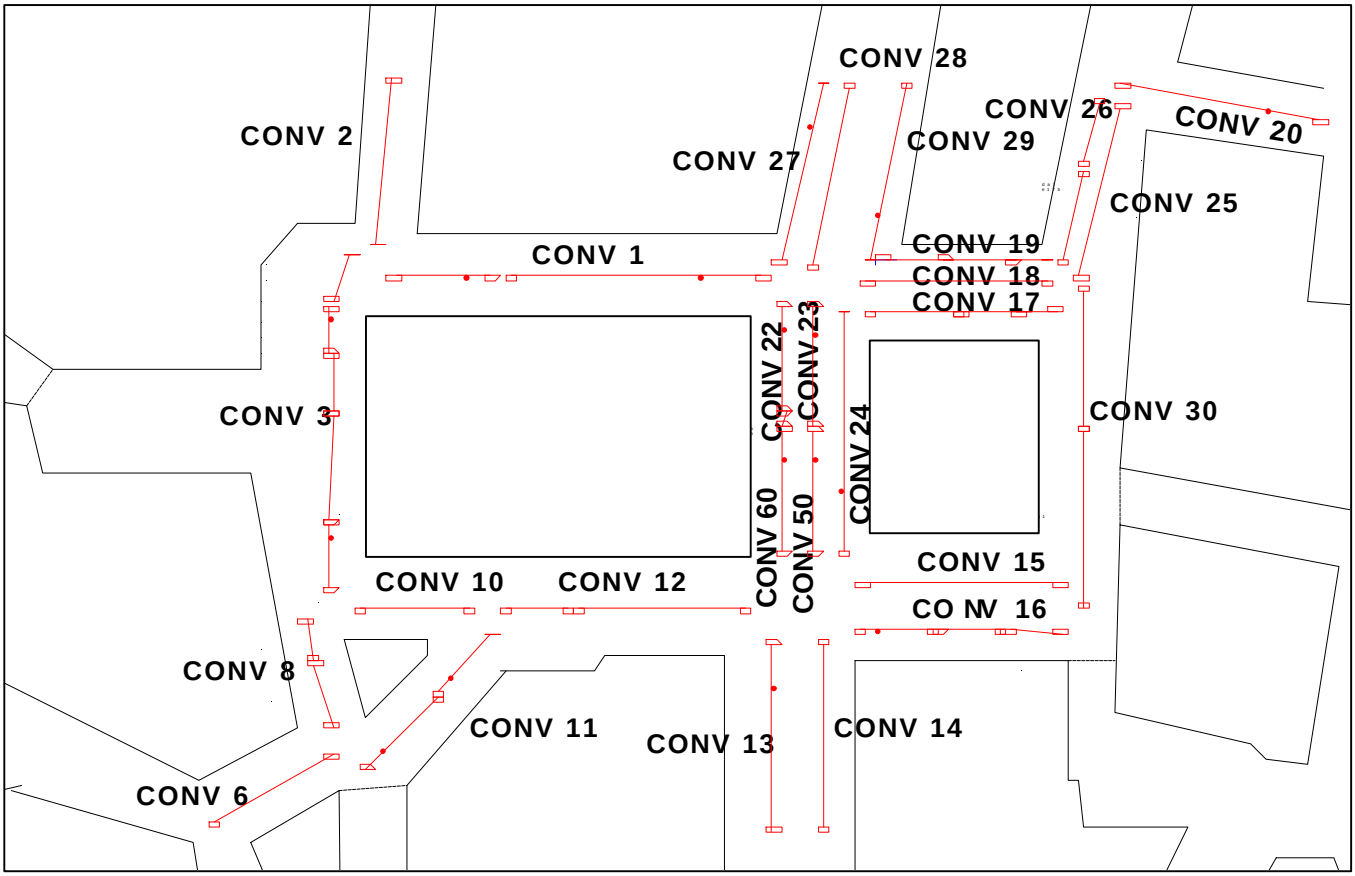


Fig. Distribución de conveyors

4.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE VEHÍCULOS DE PASO.

En este punto se tratará la creación y el movimiento de los vehículos clasificados como VEHÍCULOS DE PASO, que están formados por los vehículos que no intervienen en el transporte de mercancías por la zona de la Encarnación y aquellos de pasajeros que no tienen paradas en dicha calle. Los módulos y funciones que describen la llegada de vehículos de pasajeros y de mercancías se tratan de forma independiente y se verán con posterioridad.

En el modelo se definen cuatro puntos de entrada a la zona, a través de cinco *conveyors*, que corresponden a los accesos por distintas calles. De igual forma se consideran cuatro puntos de salida con entidad suficiente para ser tenidos en cuenta, obviando el resto de salidas existentes, así, no se considera la salida por la C/ Compañía por ser el paso restringido sólo a residentes.

Fig. C/ Compañía

Existen además tres importantes calles de comercio, Puente Pellón, José Gestoso, y Regina en su parte exterior, que al ser peatonales no presentan flujo de vehículos, lo que hace aún mas complicado el uso de zonas de Carga y Descarga en las calles más cercanas.

La siguiente tabla muestra los puntos de entrada y salida del modelo para cada uno de los diferentes tipos de vehículos definidos.

Lugar	Descripción	Mercancías	Bus	Taxis	Veh. Paso
C/ Imagen (2 carriles).	Entrada	Sí	Sí	Sí	Sí
C/ Laraña.	Entrada	Sí	Sí	Sí	Sí
C/ Misericordia.	Entrada	Sí	No	Sí	Sí
C/ Santillana.	Entrada	Sí	No	Sí	Sí
C/ Imagen.(1 carril)	Salida	Sí	Sí	Sí	Sí
C/ Laraña.	Salida	Sí	Sí	Sí	Sí
C/ Alcázares.	Salida	Sí	No	Sí	Sí

En cada punto de entrada de vehículos tipo De Paso se coloca un módulo *create*, encargado de definir y asignarles los atributos que los caracterizan. Este módulo asigna igualmente, el gráfico utilizado para el tipo de vehículo, mercancías salida o privados, en la animación gráfica.

4.5.1 Tiempo entre llegadas. Modelado.

La llegada de vehículos cumple las dos siguientes propiedades:

1. Los vehículos llegan de uno en uno.
2. $N(t+s) - N(t)$ es independiente de $\{N(u), t \geq u \geq 0\}$

   Donde $N(t)=\max\{i: t \geq t_i\}$, número de eventos ocurridos en el tiempo t ó antes, para $t \geq 0$

   i evento de alguna clase ocurrido en el tiempo t_i

   ... $t_2 \geq t_1 \geq t_0 = 0$ secuencia de puntos aleatorios en el tiempo

Se modela pues la llegada de vehículos como un proceso de Poisson no estacionario, donde el tiempo entre llegadas de vehículos viene dado por una exponencial de parámetro λ que es función del tiempo $\lambda=\lambda(t)$.

Para la estimación del valor de $\lambda(t)$ se divide el periodo de observación en intervalos de media hora. La longitud de estos intervalos es de treinta minutos, `para obtener unos seis puntos de medida en cada intervalo para la estimación de $\lambda(t)$. Para intervalos menores, de veinte o quince minutos, no se tendría puntos de medida suficientes, y para intervalos mayores, una hora o cuarenta y cinco minutos, se obtendría una pobre representación de la evolución de la función de llegadas.

En la siguiente tabla se muestra el número de vehículos que se incorporan a la zona por cada entrada. Los datos han sido obtenidos a partir de las medidas reales, y el cálculo para diferenciar el número de vehículos “De Paso” frente a los que paran a descargar, se detallan en el Anexo II.

Entrada 1	TURISMOS	TAXIS	AUTOBÚS	MERCANCÍAS	MERCANCÍAS DE PASO	VEHÍCULOS DE PASO	TOTAL	%	%(medio)
9:00-9:30	60	36	6	2	70	130	174	0,461538462	
9:30-10:00	68	46	8	1	45	113	168	0,601769912	
10:00-10:30	63	30	5	1	69	132	168	0,477272727	
10:30-11:00	78	21	3	0	81	159	183	0,490566038	
11:00-11:30	51	78	0	2	52	103	183	0,495145631	
11:30-12:00	42	58	4	0	36	78	140	0,538461538	
12:00-12:30	48	63	0	0	30	78	141	0,615384615	
12:30-13:00	48	66	0	0	9	57	123	0,842105263	
13:00-13:30	60	66	3	0	30	90	159	0,666666667	
13:30-14:00	48	50	2	0	20	68	120	0,705882353	
						TOTAL VEHÍCULOS	**1559**		**0,589**
Entrada 2									
9:00-9:30	126	42	36	6	18	144	228	0,875	
9:30-10:00	75	57	42	2	37	112	213	0,669642857	
10:00-10:30	90	60	18	4	26	116	198	0,775862069	
10:30-11:00	93	66	30	9	33	126	231	0,738095238	
11:00-11:30	88	48	40	5	29	117	210	0,752136752	
11:30-12:00	93	39	33	8	4	97	177	0,958762887	
12:00-12:30	84	33	33	1	29	113	180	0,743362832	
12:30-13:00	102	30	48	4	26	128	210	0,796875	
13:00-13:30	84	30	42	3	21	105	180	0,8	
13:30-14:00	60	18	33	0	12	72	123	0,833333333	
						TOTAL VEHÍCULOS	**1950**		**0,794**
Entrada 3									
9:00-9:30	21	3	0	1	11	32	36	0,65625	
9:30-10:00	21	3	0	0	12	33	36	0,636363636	
10:00-10:30	21	3	0	0	12	33	36	0,636363636	
10:30-11:00	21	9	0	1	14	35	45	0,6	
11:00-11:30	30	18	0	0	18	48	66	0,625	
11:30-12:00	12	3	0	0	15	27	30	0,444444444	
12:00-12:30	12	3	0	0	24	36	39	0,333333333	
12:30-13:00	18	3	0	0	24	42	45	0,428571429	
13:00-13:30	9	0	0	0	18	27	27	0,333333333	
13:30-14:00	9	0	0	0	15	24	24	0,375	
						TOTAL VEHÍCULOS	**384**		**0,5068**
Entrada 4									
9:00-9:30	8	0	0	0	0	8	8	1	
9:30-10:00	9	0	0	1	2	11	12	0,818181818	
10:00-10:30	12	0	0	0	0	12	12	1	
10:30-11:00	10	0	0	0	3	13	13	0,769230769	
11:00-11:30	10	0	0	0	9	19	19	0,526315789	
11:30-12:00	12	0	0	2	3	15	17	0,8	
12:00-12:30	8	0	0	0	12	20	20	0,4	
12:30-13:00	9	0	0	0	9	18	18	0,5	
13:00-13:30	10	0	0	0	4	14	14	0,714285714	
13:30-14:00	10	0	0	0	0	10	10	1	
						TOTAL VEHÍCULOS	**143**		**0,752**

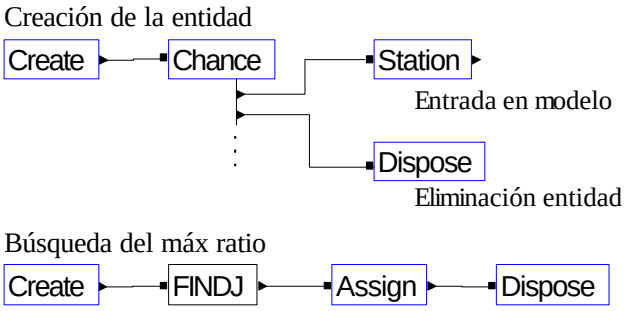
Fig. Tabla 1 (entrada)

De la tabla anterior se deducen las diferencias entre los *ratios* de periodos sucesivos, siendo del orden en muchos casos superiores a un veinte por ciento. Esto hace que la implementación directa mediante simples funciones exponenciales que gobiernen la llegada de vehículos puedan producir errores. Por ejemplo, si se consideran dos periodos sucesivos y el *ratio* en el segundo periodo es suficientemente inferior que el primero se producirá un decremento de las llegadas en el segundo periodo. En el caso contrario se produciría un incremento de éstas en el segundo periodo.

Para evitar estos problemas se utilizará el método de *"Thinning"* (Lewis y Shedler, 1979). Este método busca el máximo *ratio* de llegadas y lo utiliza como parámetro de llegada en un proceso estacionario de Poisson, para todos los periodos definidos. La probabilidad de que un vehículo creado usando el máximo *ratio* entre en el sistema viene dada por el del periodo actual dividido por el máximo *ratio* hallado.

4.5.2 Implementación en Arena

La implementación en Arena viene dada por el siguiente esquema de módulos:



Este esquema correspondería a la creación de un tipo de vehículos para una sola entrada en el modelo mediante el módulo *Station*. La búsqueda entre los diferentes *ratios* correspondientes a los intervalos en que se ha dividido el periodo de simulación se realiza en el módulo *FINDJ*. Este módulo utiliza la variable global J para buscar entre los valores de un conjunto definido en el módulo *Set*, aquel que cumple la condición especificada en *FINDJ*. Es importante que las búsquedas se hagan una a una; todos los módulos *FINDJ*

del modelo utilizan la misma variable J para realizar la búsqueda. Especial cuidado requiere la utilización de esta variable pues es utilizada para varias tareas por programa.

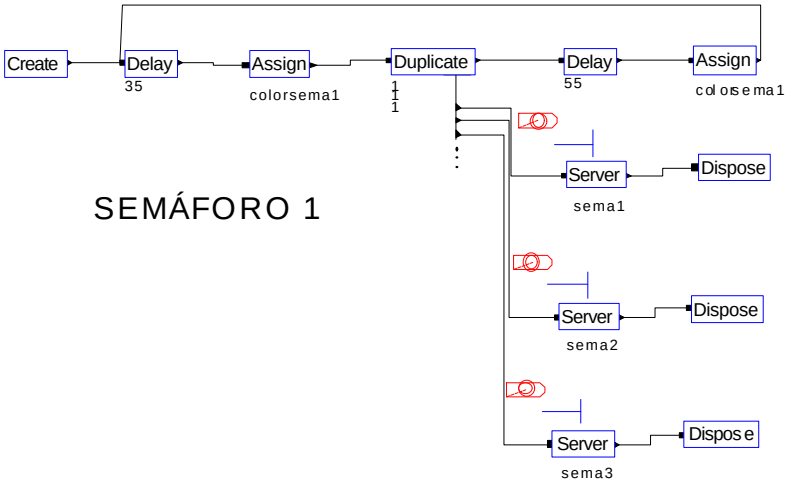
Para la animación se tiene en cuenta que en Vehículos de Paso existen vehículos privados y vehículos de mercancías salida. Este porcentaje se estima mediante el modelo, una vez obtenido el flujo de mercancías que paran en la Encarnación y se muestra en la última columna de la tabla anterior. Del total de furgonetas, furgones y camiones obtenidos en datos de campo, y por diferencia con los proveedores y agencias que paran, se obtiene el flujo de mercancías de paso, que junto a los turísmos, engloban los vehículos de paso.

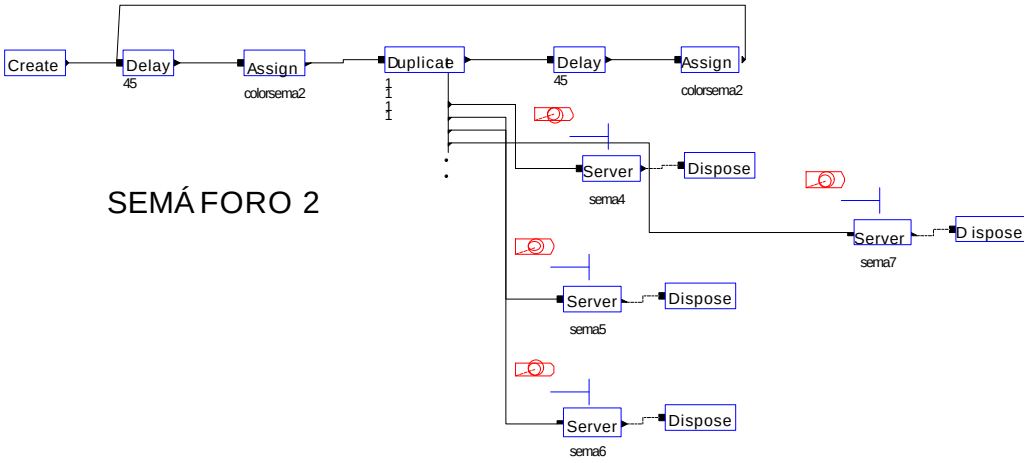
4.6 LAS INTERSECCIONES Y LOS SEMÁFOROS.

Se parte de la idea base de modelado que considera el cruce como un recurso de capacidad limitada, el cual tiene que tomar la entidad entrante para pasar al siguiente tramo. Se podrá por tanto gestionar la preferencia de cada entidad para tomar el recurso en función de múltiples aspectos. En el modelo se consideran el tramo de llegada al cruce y la señales de regulación del tráfico en el mismo. La elección del tramo de salida del cruce se hará de forma aleatoria entre los posibles tramos de salida o bien dirigida hacia un determinado tramo de salida en función del tipo de entidad.

Los semáforos se consideran como sistemas adjuntos donde se gestiona una variable binaria que indicará el estado del semáforo: abierto o cerrado. El semáforo se considera cerrado durante el tiempo en que está en rojo y abierto durante el resto del ciclo. El color ámbar, que indica precaución, se considera como estado de semáforo abierto en el semáforo, pues permite el paso de vehículos, al igual que ocurre en la realidad con este color.

El sistema de semáforos en la Encarnación se modela con dos bloques, **(Semáforos 1(salida Laraña) y 2(entrada Imagen))**,tal y como se muestra en el siguiente gráfico:





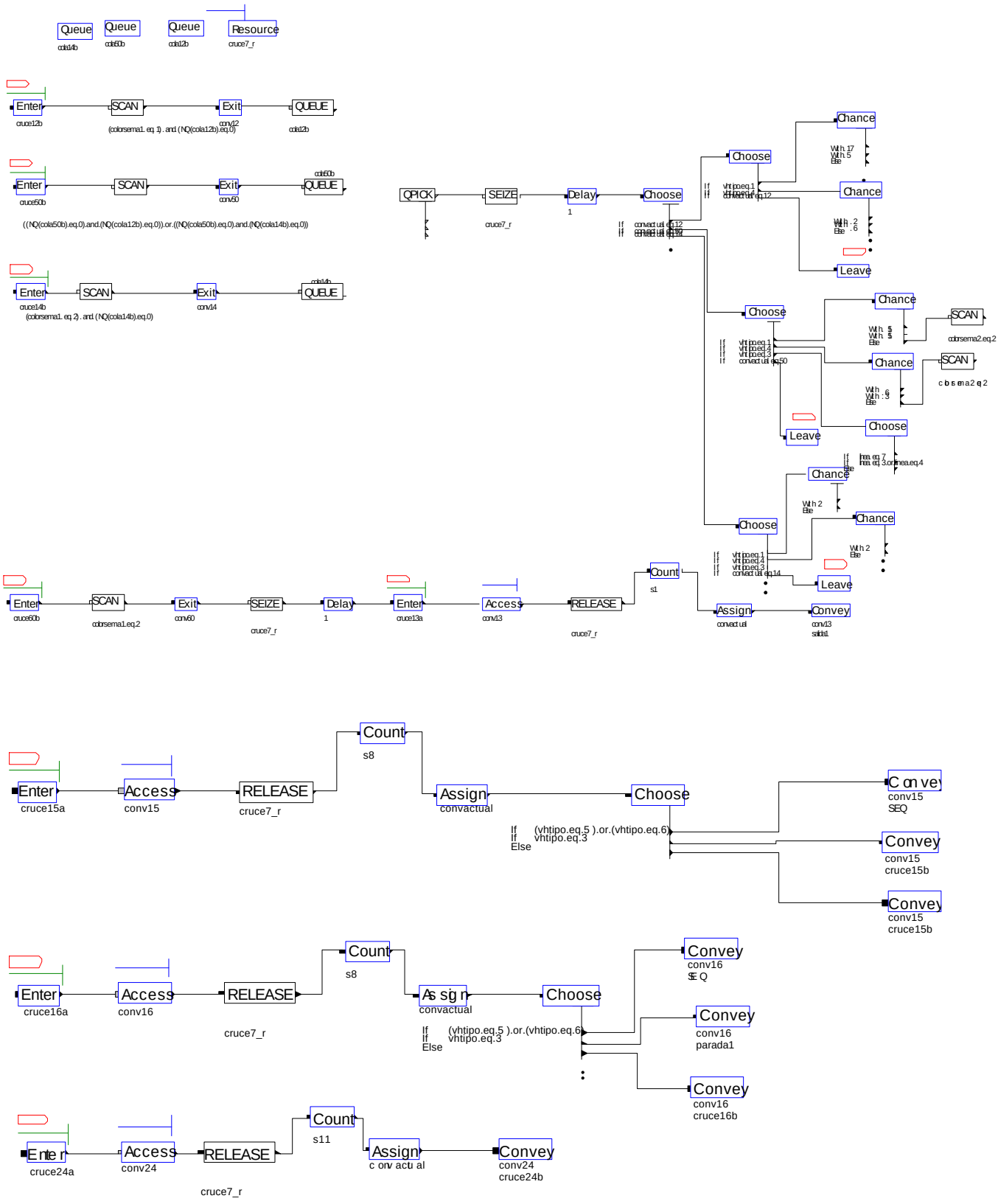
Se modela el semáforo por un ciclo cerrado donde una entidad realiza el bucle durante toda la simulación. La entidad adicional creada en cada iteración del bucle en el módulo *Duplicate* es utilizada para la animación gráfica del semáforo dentro del modelo. Se tiene en cuenta la sincronización de los semáforos en los distintos cruces.

El primero simula los semáforos de los cruces 1 y 11 , de gran importancia pues regula el acceso de los vehículos a la zona por la calle Imagen, permitiendo la conexión con los diferentes comercios que se encuentran tanto en las cercanías de la plazas 1 y 3.

El segundo regula la salida por la calle Laraña (en el cruce 7) y permite el acceso a la plaza 2.

El sistema cuenta con once cruces. Dada la diversidad de casos se estudiará cada cruce de forma individual.

- **Cruce Entrada Laraña:**



Descripción: Existen cuatro entradas y tres salidas, gobernadas por tres semáforos sincronizados.

El modelado del *cruce7_r* se realiza mediante cuatro módulos *Enter* de acceso a las estaciones de entrada (cruce 12b, 14b, 50b y 60b), y tres de acceso a las estaciones de salida (cruce 15 a, 16 a, y 24 a). Las tres primeras entradas se modelan conjuntamente por existir preferencias entre ellas. Cuando un vehículo llega al cruce, ha de esperar a que éste quede libre para ocuparlo. La espera se modela a través de una cola de capacidad uno, la cual es controlada por los módulos *SCAN.* Desde el módulo *QUEUE* se puede definir la capacidad de la cola, pero si siguen llegando entidades a dicha cola, hay que decidir que hacer con estas entidades que no pueden ser albergadas. Arena proporciona dos opciones desde el módulo *QUEUE*, una es eliminarlas del sistema y otra mandarlas a otra estación. En el modelo se necesita que solo lleguen entidades a la cola cuando ésta esté vacía. Así pues, se coloca un módulo *SCAN* que limitará el acceso de entidades desde las estaciones finales de los CONVEYORS a sus colas respectivas. Estos módulos sólo dejarán pasar entidades de una en una y cuando la cola esté libre.

Al llegar la entidad a la cola, debe dejar libre el Conveyor, mediante el módulo *Exit.* Cuando el semáforo lo permite, los vehículos acceden a la cola de espera al cruce, pero existen particularidades como la entrada por el Conveyor 50 , que tiene siempre en ámbar su semáforo y debe esperar únicamente a que las distintas colas de Conveyors de entrada (14 y 12) estén libres.

La preferencia se materializa mediante el módulo *QPICK*, que indica la secuencia concreta que se sigue para tomar un recurso por entidades que están en colas diferentes. En este cruce, se cogen primero las entidades que esperan en la cola 12, 14 y 50 respectivamente. Cada vez que el recurso cruce esté libre, el módulo *QPICK* hará que se siga esta secuencia para ocupar dicho recurso.

Una vez tomado el recuso en el módulo *SEIZE*, se invierte un tiempo en realizar el cruce, expresado en el módulo *Delay*, que da un tiempo estimado según el comportamiento observado en la zona. Dependiendo del tipo de vehículo, se escogerá uno u otro Conveyor de salida. Como se verá más adelante, cada tipo de entidad gestionará su movimiento por secuencia (caso

de proveedores y agencias) o bien de forma libre (resto de vehículos). Del proceso de clasificación de entidades se encargará el módulo *Choose*.

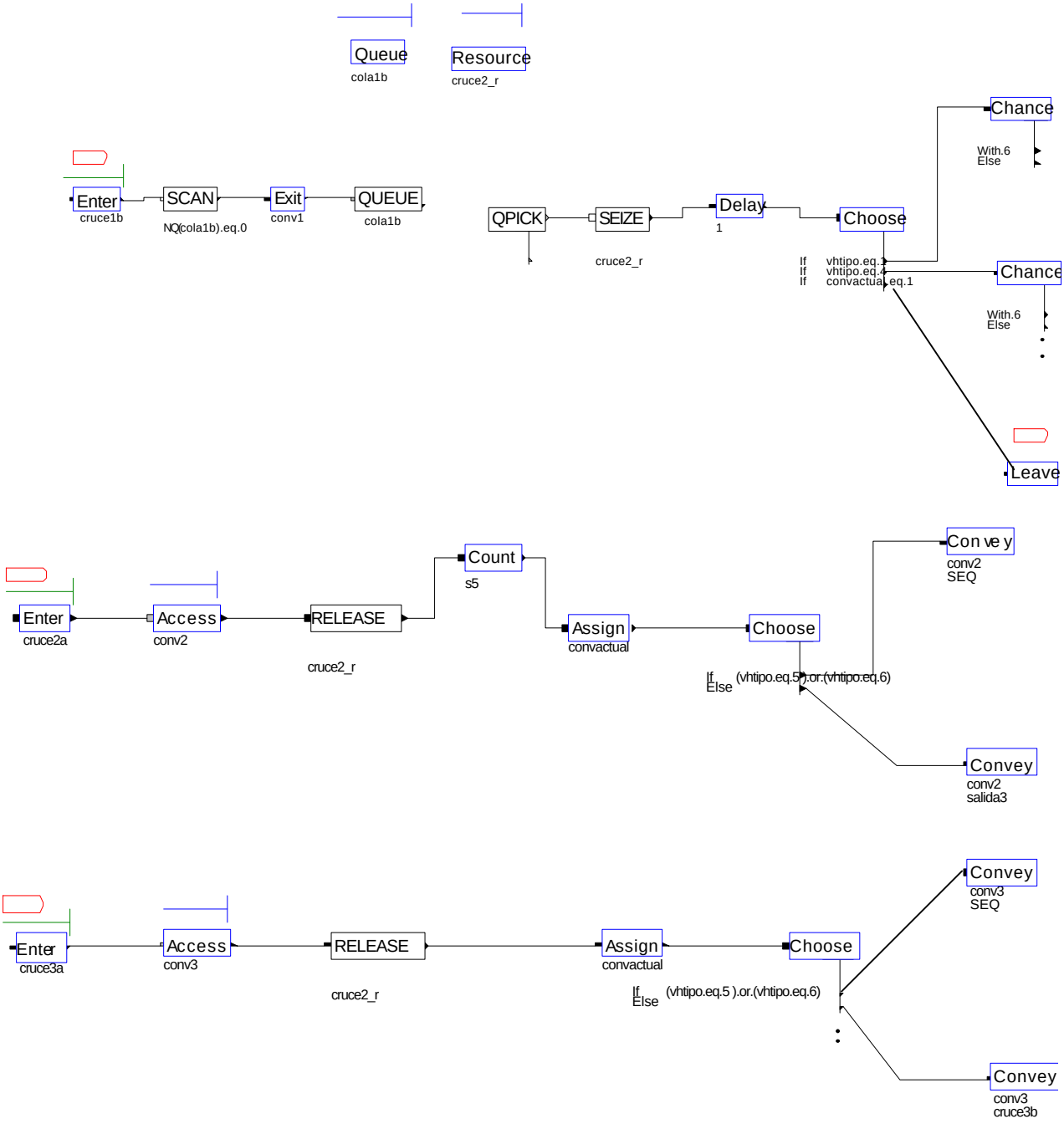
Las entidades regidas por secuencias de estaciones ya tienen predeterminada su salida, mientras que las regidas de forma libre, necesitan de un módulo *Chance* que de forma aleatoria les asigne una probabilidad (siempre de acuerdo a los datos obtenidos).

Una vez elegido el Conveyor de salida, las entidades no dejarán libre el cruce, hasta que no hayan accedido al Conveyor de salida. El módulo *Release* es el encargado de liberar el recurso cuando la entidad comienza a ser transportada a la siguiente estación.

Finalmente y tras asignar el Conveyor actual en el módulo *Assign*, un último *Choose* se encarga de continuar el transporte de la entidad de manera secuencial o libre. De igual manera los autobuses que deban parar tras el cruce, se llevarán hasta su parada.

- **Cruce Mercado-C/ Alcázares.**

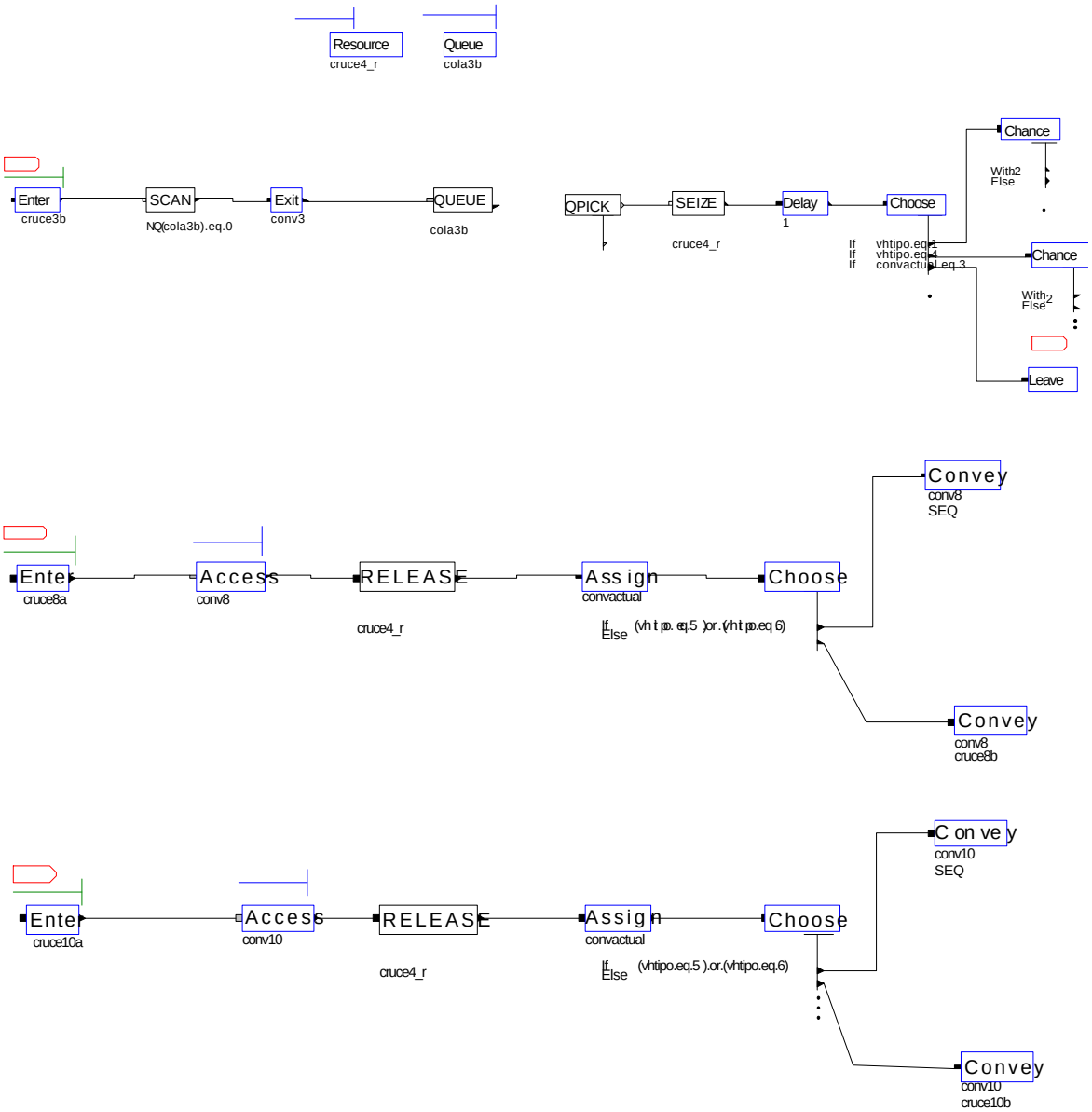
CRUCE 2



Descripción: El cruce tiene un tramo de entrada y dos de salida, no existe preferencia por ninguna de las salidas, siendo la distribución de flujo por ambas muy similares (60% hacia Alcázares y 40% al mercado). Este tanto por ciento se ha calculado de los datos de sensores, y por continuidad en los cruces.

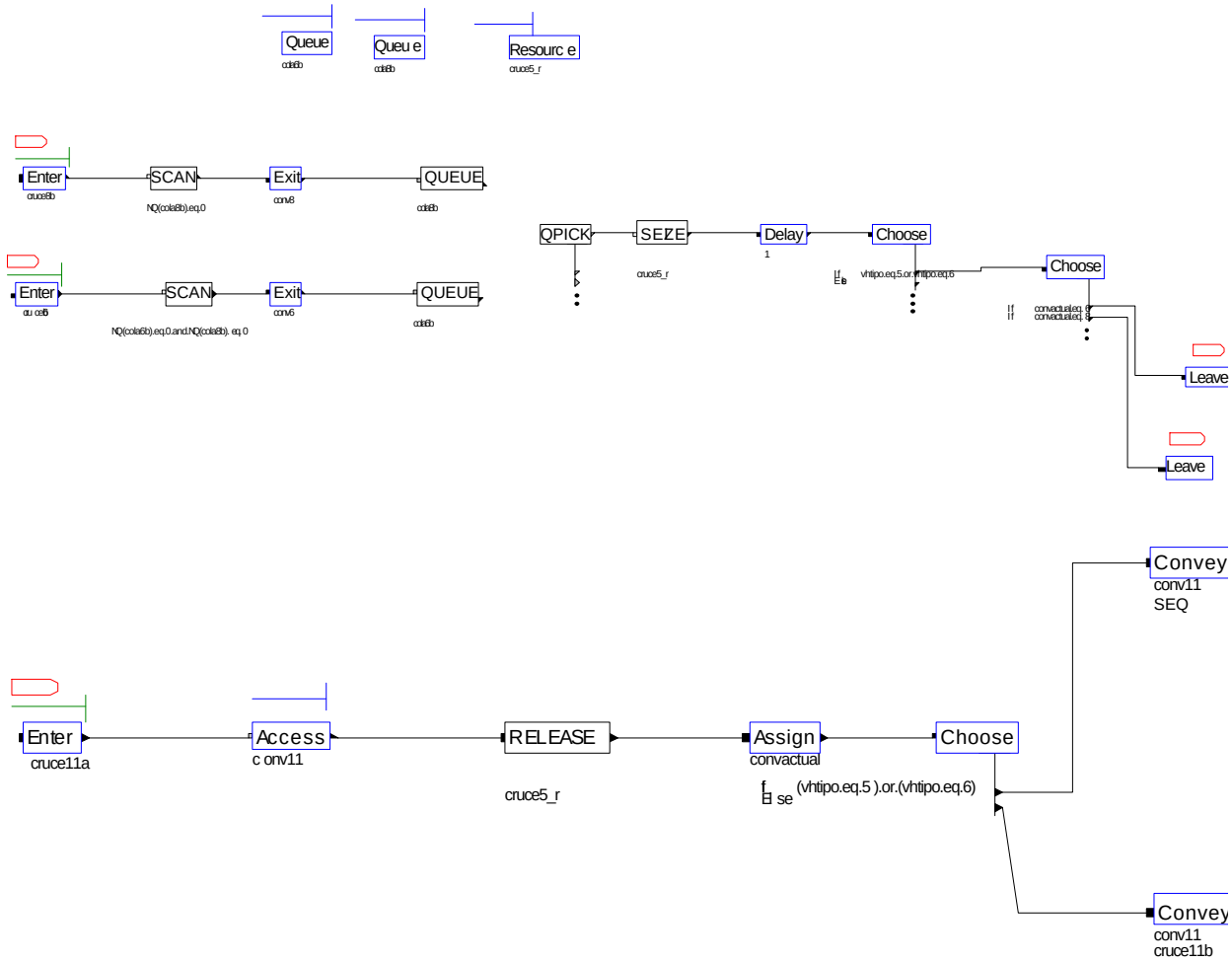
Este cruce es más sencillo que el anterior por existir una única entrada y no estar regulado por grupo semafórico. Es por ello que la secuencia en el módulo *QPICK* es única, es decir siempre se tomarán las entidades que llegan a través del Conveyor 1.

- **Cruce 4 (entrada Plaza 3):**



Este cruce se modela de igual forma al cruce2_r, explicado anteriormente.

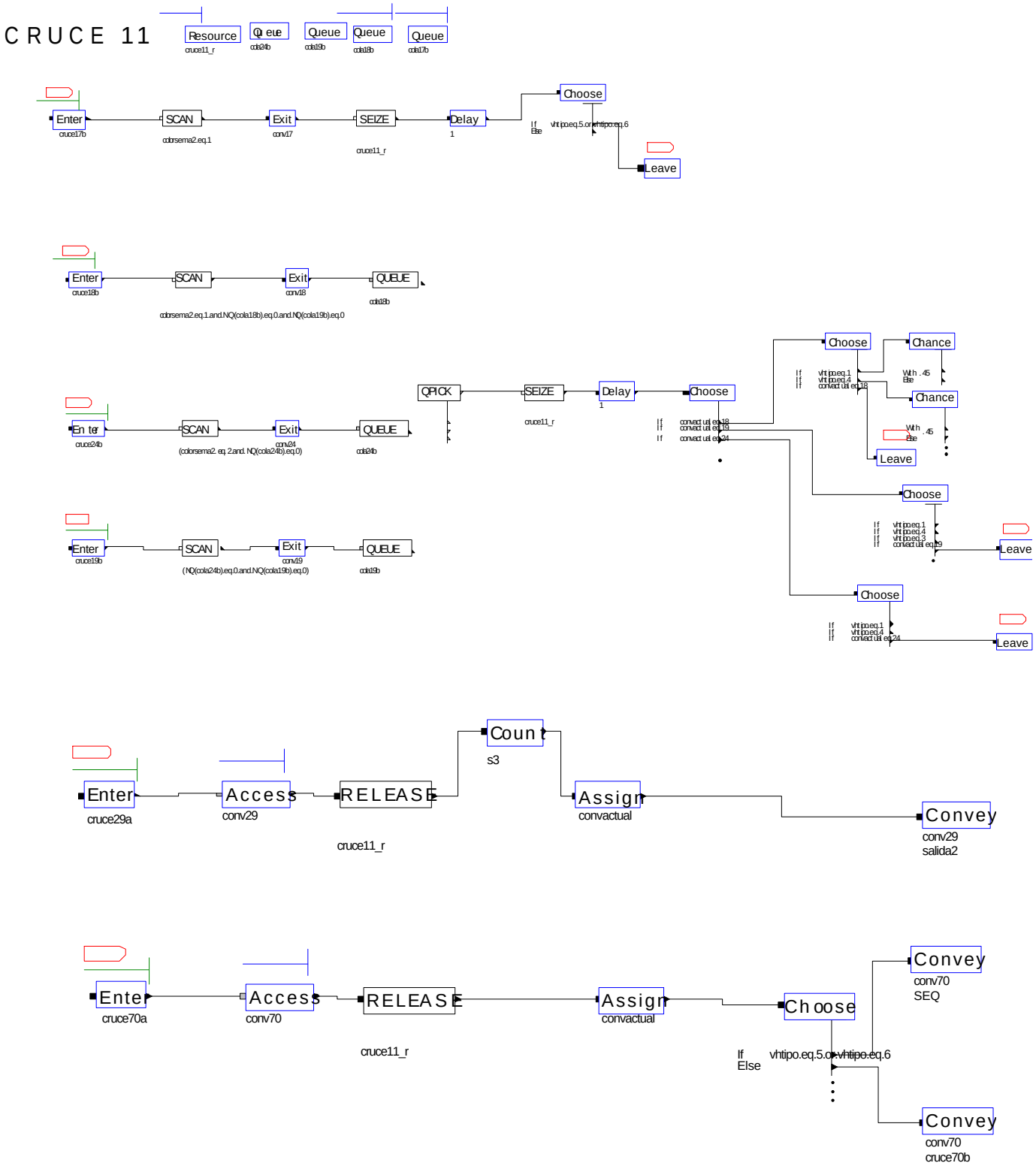
- **Cruce 5 (entrada por Misericordia):**



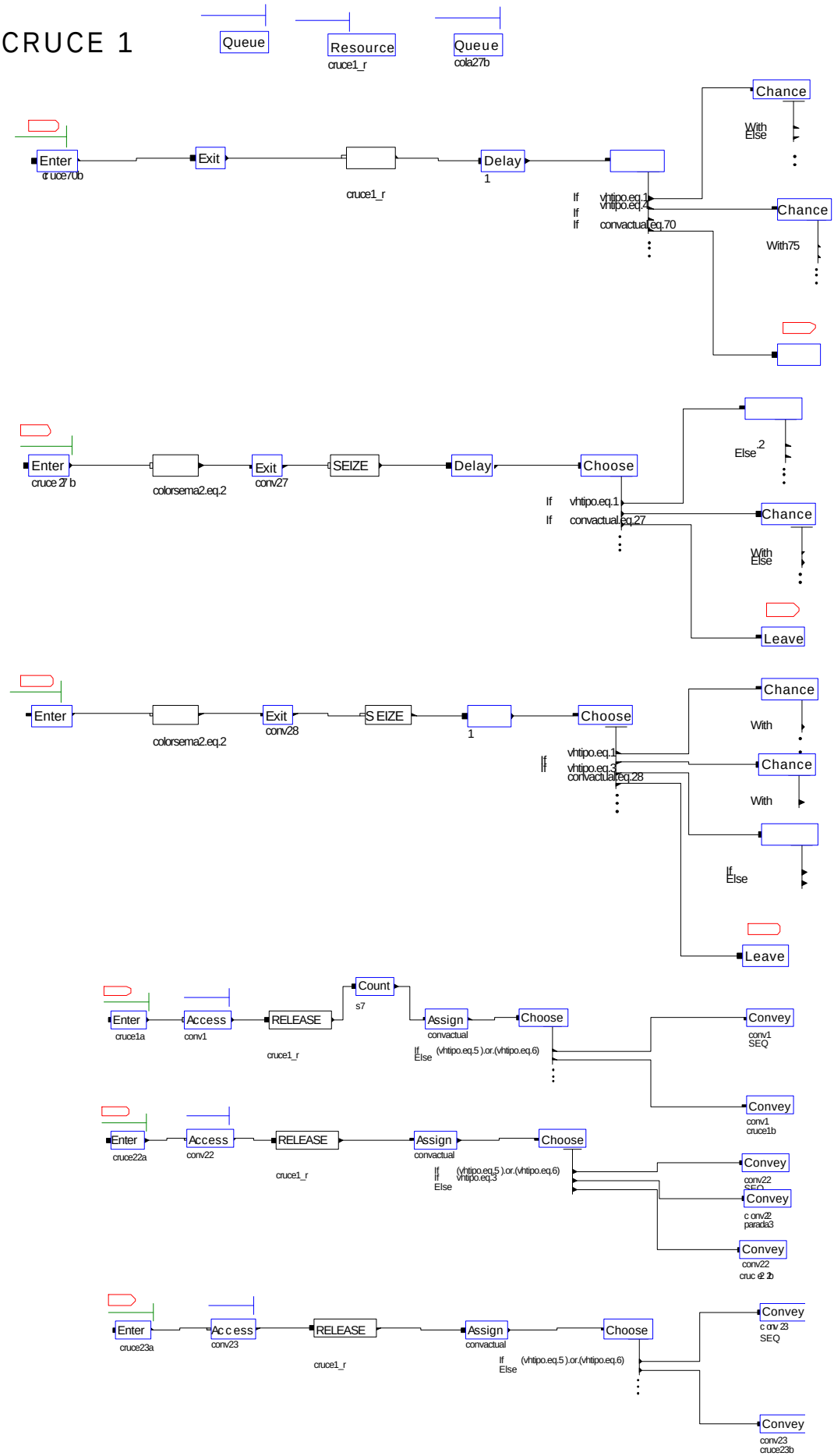
Este cruce a diferencia de los dos anteriores, tiene dos entradas y una salida. Existe preferencia de los vehículos que entran por la calle Misericordia (Conveyor 6) frente a los que proceden del Conveyor 8, en su mayoría vehículos de mercancías que han realizado parada en el aparcamiento número 6.

Es necesario un módulo *QPICK* para regular la preferencia en la cola de acceso al cruce.

- **Cruce 1 y 11 (Entrada Imagen).**



CRUCE 1


Queue
Resource
cruce1_r
Queue
cola27b
Enter
cruce70b
Exit
cruce1_r
Delay
1
Chance
With
Else
If vhtipo.eq.1
If vhtipo.eq.2
If convactual.eq.70
Chance
With75
Enter
cruce27b
colorsema2.eq.2
Exit
conv27
SEIZE
Delay
Choose
Else 2
If vhtipo.eq.1
If convactual.eq.27
Chance
With
Else
Leave
Enter
colorsema2.eq.2
Exit
conv28
SEIZE
1
Choose
Chance
With
If vhtipo.eq.1
If vhtipo.eq.3
convactual.eq.28
Chance
With
If
Else
Leave
Enter
cruce1a
Access
conv1
RELEASE
cruce1_r
Count
s7
Assign
convactual
Choose
If (vhtipo.eq.5).or.(vhtipo.eq.6)
Else
Convey
conv1
SEQ
Convey
conv1
cruce1b
Enter
cruce22a
Access
conv22
RELEASE
cruce1_r
Assign
convactual
Choose
If (vhtipo.eq.5).or.(vhtipo.eq.6)
If vhtipo.eq.3
Else
Convey
conv22
SEQ
Convey
conv2
parada3
Convey
conv22
cruce23b
Enter
cruce23a
Access
conv23
RELEASE
cruce1_r
Assign
convactual
Choose
If (vhtipo.eq.5).or.(vhtipo.eq.6)
Else
Convey
conv23
SEQ
Convey
conv23
cruce23b

El cruce de la calle Imagen, debido a su complejidad y gran flujo de vehículos, a tenido que dividirse en dos (1 y 11), conectados mediante un Conveyor ficticio (de longitud mínima) número 70.

Al igual que en el cruce 7, un grupo semafórico rige el tráfico en este punto (semáforo 1).

El **cruce 1** consta de tres entradas(dos por Imagen y la procedente del cruce 11) y de tres salidas. Los vehículos que acceden a través del cruce a la plaza 2, son en su mayoría vehículos de carga y descarga, habiendo un alto porcentaje de turismos que realizan su salida por la calle Alcázares.

El Conveyor 22 de salida es el más conflictivo, debido al flujo de autobuses que realizan la parada 3, paralizando la circulación por ese carril. Es por ello, por lo que ha sido necesario considerar un cambio de carril que se explicará posteriormente. El resto de autobuses que circularán por la plaza 2 accederán a ella por el Conveyor 23.

El **cruce 11** consta de cuatro entradas (tres procedentes de la plaza 2 y 1 desde Laraña) y dos salidas (una al cruce 1 y la otra directa por Imagen).

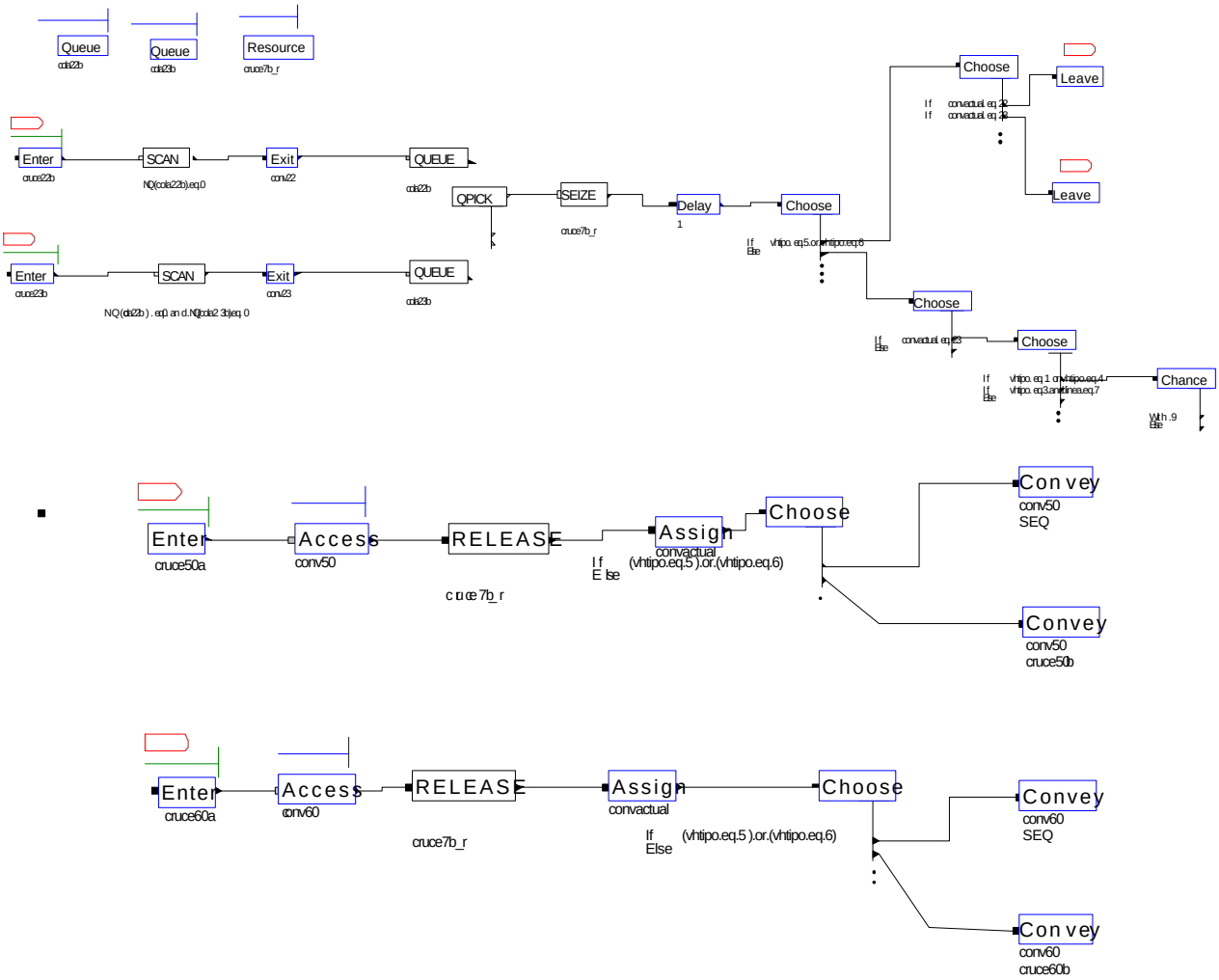
El Conveyor 19 de acceso, con flujo mayoritario de autobuses, conduce de forma obligada a la salida de Imagen de acuerdo ala realidad. Ha sido necesario el estudio exhaustivo de las prioridades en este punto, puesto que para hacer este giro, el semáforo está siempre abierto (ámbar), y los vehículos procedentes del Conveyor 24 tienen preferencia cuando su semáforo está en verde.

Por otra parte, las entidades que acceden al cruce por los Conveyors 17 y 18, han sido convenientemente direccionados al cruce 1, o la salida 29 según lo estudiado.

Las preferencias que se observan en este cruce, están limitadas por el semáforo, atendiendo posteriormente a la siguiente secuencia:

Conveyors 24, 19 y 18. (No ha sido necesario incluir al Conveyor 17 en el *QPICK* puesto que su única limitación es el semáforo).

- **Cruce 50 (cambio de carril):**



Este cruce, como se indicó anteriormente, modela la solución para un cambio de carril. Los vehículos que proceden del Conveyor 23, tienen la posibilidad de incorporarse al carril 22, una vez evitada la parada 3 de autobús que colapsa dicha entrada. El cruce se modela de igual forma que los anteriores.

La preferencia del carril 22 sobre el 23 se expresa en el módulo *QPICK*.

Fig. Vista de parada 3.

Por su sencillez y similutud con los anteriores, los cruces 6, 8, 9 y 10 no han sido descritos, Se pueden analizar en el correspondiente archivo de Arena.

4.7 TRANSPORTE DE VIAJEROS, AUTOBUSES.

El aumento del índice de motorización y el incremento del transporte público en los últimos años, obligan a la racionalización de la red viaria y el espacio público. Se elaboran planes que potencian el uso de transporte público al tiempo que se emprende una gestión del tráfico restrictiva con el vehículo privado. Ambas acciones toman como lugar estratégico para sus intereses los vacíos centrales, entre los que destaca con valor propio el solar de la Encarnación.

Así el antiguo solar del mercado se convierte para el vehículo privado en punto final de acceso desde el Este y en terminal de una red radial de autobuses que riega toda la ciudad.

La plaza de la Encarnación se ha convertido en puerta, lugar de acceso de la zona comercial que se extiende hasta la Plaza Nueva desde la Alfalfa al Duque.

En torno a la plaza se suceden las operaciones de carga y descarga de mercancías, distribución de viajeros del transporte público, y estacionamiento de vehículos. La intensidad de estas acciones, junto con la falta de espacio y la anarquía en la que se desarrolla provocan colapsos circulatorios con la consiguiente degradación ambiental, emisión de humos y ruidos.

Actualmente 7 líneas de Tussam tienen parada en la plaza, las cuales se numeradas en el modelo de la siguiente forma:

Parada 01:

Línea 3-Rochelambert-Encarnación.(A la Plaza León).

Línea 4-Polígono Sur-Encarnación.

Parada 02:

Línea 5-Pino Montano-Encarnación.

Línea 6-Pol. Norte-Encarnación.

Parada 03:

Línea 1--Polígono Sur-Encarnación.

Línea 2- San Jerónimo-Encarnación.

Parada 04:

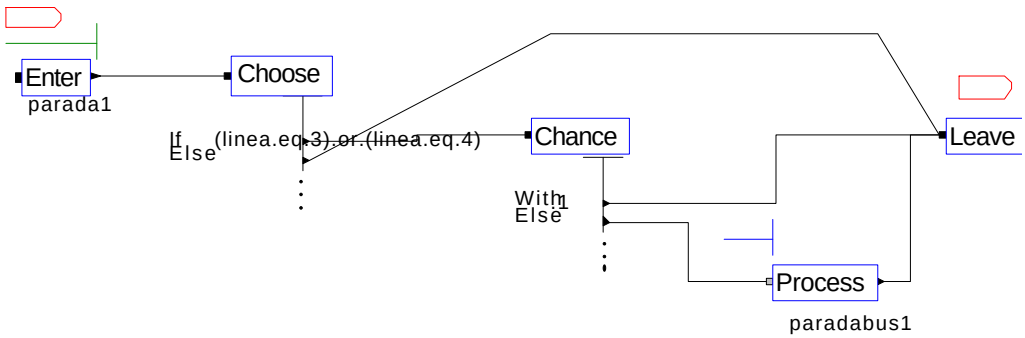
Línea 7-Los Remedios-Encarnación.

El gran conflicto surge de la necesidad de los autobuses procedentes de la Puerta Osario de rodear la plaza para retomar la dirección Este. Por tratarse de líneas terminales y de largo recorrido es frecuente que coincidan varios vehículos de la misma línea, lo que acentúa la congestión.

Modelado:

La creación de autobuses se realiza de forma independiente respecto de otro tipo de vehículos, utilizando el método de Thinning descrito anteriormente. El valor de los parámetros necesarios viene dado en la tabla anterior (Tabla 1), donde se indica el número de autobuses que entran cada media hora. Su cálculo se detalla en el Anexo II (cálculos).

Los bloques en Arena son los siguientes:



Cuando un autobús llega a una parada existe una probabilidad de que suban o bajen pasajeros. Esta probabilidad depende en primer lugar de la parada de que se trate y también de la hora que sea. Sólo se ha tenido en cuenta el primer factor, pues el coste de la información necesaria para el cálculo de la variación de este parámetro respecto al tiempo, es muy superior a los efectos que sobre el modelo podrían tener el considerar estas variaciones.

El porcentaje de parada de los autobuses es alto, según lo observado, puesto que se trata de líneas terminales y solo en los casos de coincidir vehículos de la misma línea, puede darse el caso de no parar. Por consiguiente se considera este parámetro independiente del tiempo.

El tiempo de estacionamiento del autobús en cada parada, podría haberse implementado por un simple módulo *delay*, sin embargo se hace con un módulo *process* para permitir la animación del modelo.

Fig. Tráfico denso de autobuses en Plaza 2

4.8 LOS ESTABLECIMIENTOS Y LOS REPARTIDORES.

Los vehículos a modelar son los denominados “Mercancías Encarnación”. Estos vehículos realizan operaciones de carga o descarga de mercancías para establecimiento ubicados en la zona.

Para el modelado de mercancías es necesario conocer el flujo de estos en cada punto e instante. Una primera aproximación sugiere un modelado similar al realizado para autobuses, es decir, conocer la función flujo en una serie de puntos de la calle, en los cuales se aproxima por una función continua a trozos en el tiempo, caracterizada por los valores tomados en cada uno de estos puntos. Un autobús es fácilmente reconocible, no resulta tan obvio, sin embargo, reconocer los vehículos de mercancías, más aún, si se desconoce si realmente van a realizar el servicio en la propia calle o la utilizan únicamente como vía de salida del centro hacía al ronda. Esta opción se muestra por tanto inviable.

Otra aproximación posible es la determinación de la función flujo de Mercancías Encarnación a través de las necesidades de mercancías de los establecimientos ubicados en la zona, el conocimiento de los repartidores que lo hacen y sus hábitos. Es esta la aproximación escogida. Las necesidades de transporte de mercancías responden tanto a procesos de descarga, como a procesos de carga de dichas mercancías del establecimiento. En ambos casos es necesario que el vehículo de transporte entre en la calle, estacione durante el tiempo que dura la operación y a continuación salga. Por tanto, a partir de ahora en el modelo se hablará únicamente de operaciones de descarga de mercancía, ya que tanto para la descarga como la carga de mercancías el proceso es el mismo respecto al flujo de vehículos de mercancías.

4.8.1 Definiciones:

El sistema a modelar se definirá a partir de la entrada de estos vehículos en la zona, procesos de descarga de mercancías y salida de estos vehículos de dicha calle. No se consideran dentro del sistema los aspectos relativos al

lanzamiento de órdenes de pedido por parte de los comerciantes o los retrasos desde el lanzamiento de estas órdenes hasta la llegada de mercancía.

Se denominarán:

- **Llegada de pedidos**, a la entrada del vehículo de mercancías en la Encarnación.
- **Ruta**, al trayecto del vehículo desde alguno de los puntos de entrada a la zona hasta la salida.
- **Repartidores**, a los vehículos que realizan el transporte de mercancías relacionadas con establecimientos de la zona. Serán por tanto los distintos proveedores de los comerciantes, las agencias de transporte y transportistas, como los propios comerciantes y sus flotas de vehículos.
- **Proveedores**, a los repartidores que trabajen con un solo sector de establecimientos de los definidos en el modelo.
- **Agencias**, a los repartidores que trabajen con varios sectores de establecimientos de los definidos en el modelo.

Como se puede observar, las definiciones dadas de lo que se consideran proveedores y agencias en el modelo, no se corresponden con lo que se entiende normalmente por estos términos. Estas definiciones atienden a la necesidad de crear un modelo que sea simple, efectivo y eficiente.

4.8.2 Parámetros de los establecimientos.

Los establecimientos censados en la zona han sido divididos en sectores según su actividad principal, pudiendo un mismo establecimiento aparecer en dos sectores diferentes y ser tratado como dos establecimientos independientes en el modelo, si se considera necesario por motivos de volumen de flujo de mercancías. Un ejemplo sería el sector de alimentación, donde existe un establecimiento que posee dos actividades, panadería y cafetería. Este establecimiento se considera dividido en dos, uno de pequeña alimentación y otro como bar.

A cada sector se le asigna una frecuencia de llegada de pedidos igual para todos los establecimientos que lo forman. Esto es posible porque se han definido un número suficientemente grande de sectores como para que los establecimientos que forman cada sector posean un nivel similar de flujo de mercancías. Esto evita la necesidad de dividir los establecimientos dentro de un mismo sector en función de su tamaño.

En sectores como el textil se ha diferenciado entre establecimientos dedicados a las prendas de vestir, que presentan todos un tamaño similar, de los dedicados a la decoración textil de hogar.

A cada sector se le asigna un tipo de repartidor, agencia o proveedor, no pudiendo en el modelo trabajar con los dos tipos de repartidores. Esto facilitará el modelado de agencias y de proveedores, representado de forma adecuada lo que ocurre en la realidad. En la realidad, sólo en contadas ocasiones un establecimiento que trabaje con proveedores, como por ejemplo muebles o maquinaria, haría uso de las agencias de transporte, que por tanto, dada su frecuencia no son representativas.

4.8.3 Modelado de vehículos de proveedores.

La entrada de vehículos de mercancías de proveedores se modela de forma diferente a la entrada de vehículos de agencias. En los proveedores se distinguen tres casos posibles para un vehículo de mercancías:

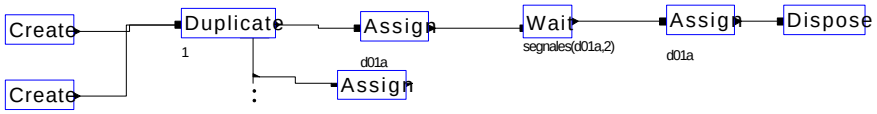
1. Un vehículo por cada establecimiento, es decir un proveedor diferente para cada establecimiento del sector.
2. Un vehículo de mercancías o proveedor para todos los establecimientos del sector.
3. Un vehículo de mercancías o proveedor para cada uno de los grupos de establecimientos definidos dentro de un mismo sector.

En el primer caso existe un módulo *create* por cada establecimiento del sector que genera el vehículo de entrada y lo envía a la estación denominada proveedores, desde donde comienza su ruta. Si la frecuencia en el sector es mayor de una vez al día, y no existe la posibilidad de que dos vehículos de mercancías para un mismo establecimiento se encuentren a la vez en el

modelo, antes de que se produzca la descarga de uno de ellos, se genera el mismo vehículo de mercancías desde otro módulo *create*. Se trata del mismo vehículo a efectos de la gestión de la descarga que posteriormente se describirá. En el caso de que exista la posibilidad de que los dos vehículos descarguen a la vez, se recurre a la creación de dos vehículos distintos, como si se tratase de dos establecimientos diferentes ubicados en el mismo sitio.

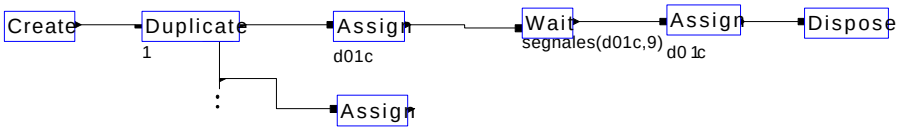
En el segundo y tercer caso, existe un *create* por establecimiento y pedido que indica cuando entra el vehículo en el modelo, pues no existe la probabilidad de que dos vehículos estén descargando a la vez en un mismo establecimiento.

1.a.1



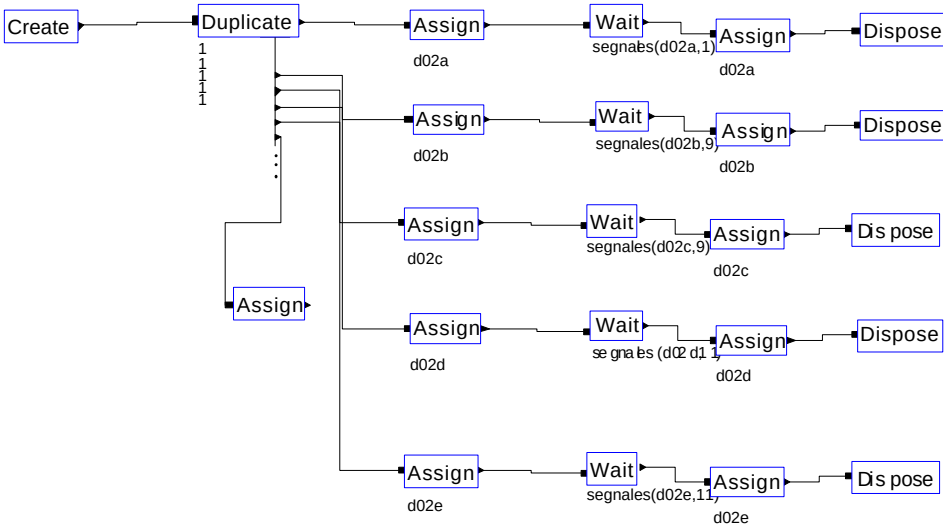
A la tienda **a** de todo a 100 le sirve un proveedor dos veces al día, sin coexistir.

1.c.3



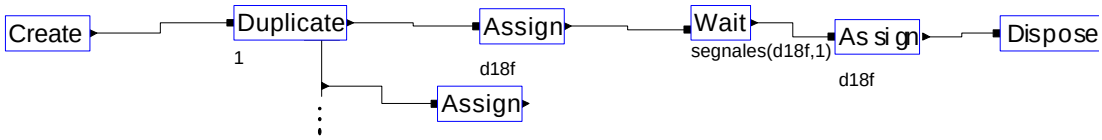
A la tienda **c** del mismo sector le sirven una vez al día.

2.abcde.4



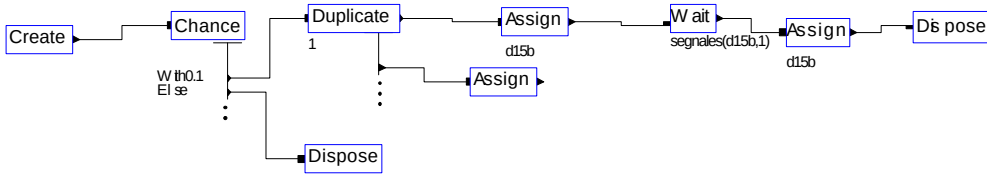
A los kioscos **a,b,c,d y e** les sirve este proveedor de prensa a lo largo de la mañana, realizando varias paradas para descargar a mano a los kioscos más cercanos a la parada.

18.f.39



Cada uno de los proveedores del mercado, descarga su mercancía en el aparcamiento 01,una vez al día y con alto tiempo de permanencia, dándose el caso de vehículos que permanecen toda la mañana .

15.b.30



La tienda **b** de textil ropa tiene una frecuencia de pedido inferior a la unidad, la existencia del módulo *Chance* permite eliminar el vehículo (*Dispose*) en el caso de no ser necesaria la descarga.

Fig. Proveedores del Mercado.

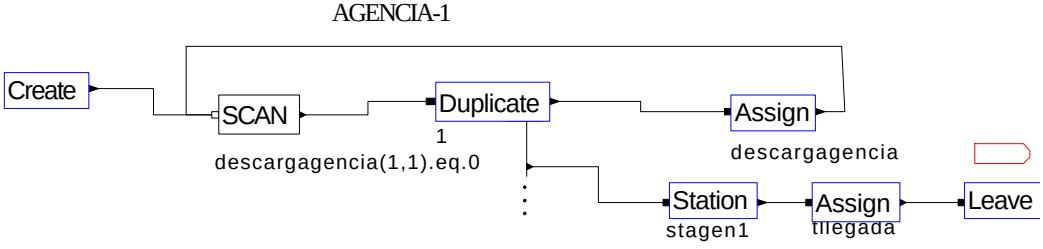
Fig. Proveedores en parking02.

4.8.4 Modelado de vehículos de agencias.

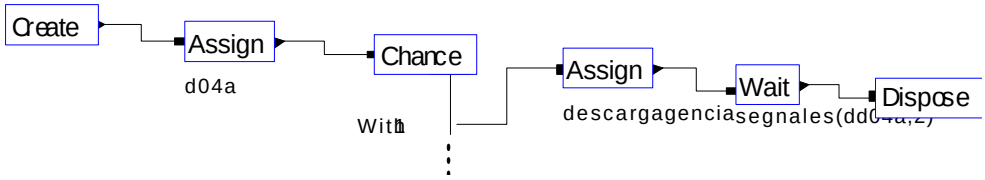
Para el modelado de vehículos de agencias se parte de la idea base de que un vehículo podrá hacer una, dos o tres paradas en la ruta, y no siempre deben ser en los mismos establecimientos, sin estar definido a priori las horas a las que cada vehículo haga su ruta, sino que esta se realice cuando sea necesario.

Los establecimientos, todos ellos con una frecuencia de pedido inferior a una vez por día, deciden cuando hacen el pedido de mercancía de forma independiente unos de otros, a través de un módulo *create* para cada uno. Cada establecimiento una vez ha decidido pedir, elige de forma aleatoria una de las diferentes agencias que en cada momento están disponibles para que le lleven la mercancía. Cada una de las agencias decide de forma aleatoria el número de descargas que realizará el próximo de sus vehículos que entre en la zona para realizar su ruta. Cuando el número de pedidos de esta agencia sea igual al fijado de forma aleatoria para esta ruta, el vehículo comenzará a hacer su ruta, y de nuevo se prepara otro vehículo en esta agencia. De esta forma el número de pedidos que cada vehículo debe servir, puede ser diferente para cada ruta que realice.

En cada momento se tienen disponibles cinco agencias. Este número se ha escogido en función del número de vehículos de agencias que se pueden observar a la misma vez en toda la Encarnación, que serían las agencias que en cada instante están trabajando y por tanto están disponibles. Esté número no representa el total de agencias con las que trabajan los establecimientos, que es sin duda mayor, sino que intenta representar la posibilidad de que varios vehículos de agencias estén a la misma vez realizando su ruta en la calle.



4.a



La óptica **a**, realiza el pedido a la agencia, y ésta, una vez recibido el número necesario de pedidos, entrará en el sistema para abastecer a todos. Cabe destacar, que el comercio tendrá la posibilidad de elegir entre ciertas agencias que estén en su ruta.

Fig. Descarga de Agencia.

La siguiente tabla muestra para cada uno de los sectores la frecuencia de llegada de pedidos, el tipo de repartidor con el que trabaja y el número de establecimientos en el sector.

REPARTO DE PEDIDOS

COD	SECTOR	NºComercios	Frecuencia (día)	Repartidor
1	TIENDAS DE TODO A 100	3	2,00	Proveedor
			2,00	Proveedor
			1,00	Proveedor
2	KIOSCOS	5	4,00	Proveedor
3	FARMACIAS	3	1,00	Proveedor
4	ÓPTICAS	2	1,00	Agencia
5	CAFETERÍAS Y BARES	9	4,00	Proveedor
6	FLORISTERÍAS	3	1,00	Proveedor y agencia
			1,00	Proveedor y agencia
			2,00	Proveedor
7	TIENDAS DE MIMBRES	2	1,00	Proveedor
8	ANTIGÜEDADES	1	0,20	Proveedor y agencia
9	TIENDAS DE MUEBLES	5	1,00	Proveedor
			1,00	Proveedor
			0,6/1	Proveedor y agencia
			0,6/1	Proveedor y agencia
			0,6/1	Proveedor y agencia
10	TIENDAS DE TEXTILES	4	1,00	Agencia
11	CUCHILLERÍA	1	0,20	Agencia
12	PEQUEÑA ALIMENTACIÓN	4	1,00	Proveedor
13	TIENDAS DE COLCHONES	2	0,20	Proveedor y agencia
14	ZAPATERÍAS	6	0,10	Proveedor y agencia
15	TIENDAS DE ROPA	5	1,00	Proveedor
			1,00	Agencia
16	DIETÉTICA	3	0,40	Proveedor y agencia
17	JOYERÍA	2	1,00	Agencia
18	MERCADO	10	1,00	Proveedor

El movimiento de los vehículos de mercancías por la zona se realiza a través de una serie de secuencias, donde se indica por que punto entran en la calle y la secuencia de estaciones que deben visitar hasta llegar a su punto de salida. El visitar una estación que corresponda a un aparcamiento para carga y descarga, no implica que se produzca este hecho, como se explicará posteriormente. Pero esto hace que el número de secuencias a implementar sea muy reducido. De otra forma el número de secuencias sería incluso mayor que el número de comercios.

4.9 CARGA Y DESCARGA DE MERCANCÍAS EN LA ZONA.

El subsistema de carga y descarga de mercancías que se modela comprende la entrada de vehículos de transporte de mercancía, la descarga de dicha mercancía en los establecimientos correspondientes y la salida de la zona.

En la realidad cuando un vehículo de transporte de mercancía, agencia o proveedor entra en la Encarnación, conoce los establecimientos en donde debe descargar, así como los lugares donde puede estacionar para realizar esta tarea. Estos lugares no corresponden normalmente con aparcamientos regulados como se ha descrito con anterioridad. La entrada de vehículos de mercancía corresponde a las necesidades de los comerciantes a través de pedidos a otras empresas.

En el sistema se denominará *llegada de pedidos* a la entrada del vehículo de mercancía correspondiente, sin incluir el proceso de órdenes de pedido y los posibles retrasos asociados a su gestión. Los únicos retrasos que se van a considerar, desde que se genera la necesidad de mercancía en el establecimiento hasta que el vehículo entra, son los correspondientes a la espera en cualquier punto de entrada en la calle porque exista una cola debido a la intensidad de tráfico en ese punto y momento, o bien en el caso de agencias, el debido a la necesidad de completar con los pedidos el vehículo de transporte antes de entrar.

La necesidad de mercancía en un establecimiento se gestiona a través de variables aleatorias, funciones uniformes o triangulares, con las cuales se modela la frecuencia y el instante de llegada de mercancías al establecimiento, y la llegada de vehículos de mercancía.

4.9.1 Establecimientos que trabajan con proveedores.

Para establecimientos que trabajen con proveedores el proceso que se sigue es el siguiente: en el módulo *create* se genera una entidad según una distribución de probabilidad que indica la necesidad de mercancía por parte del establecimiento en ese momento, es decir, en qué instante de la mañana llega habitualmente el vehículo de mercancía al establecimiento. Si la frecuencia de

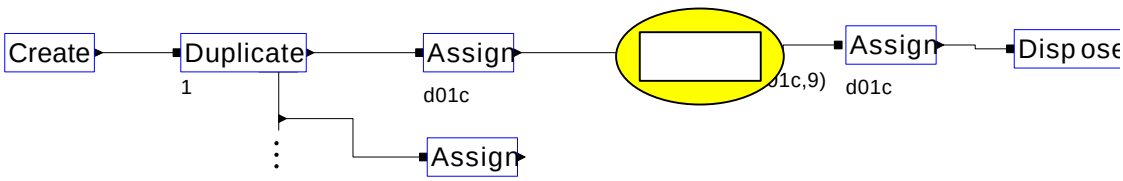
llegada es menor de una vez por día, se incluirá un módulo *chance* que mandará a un módulo *dispose* la entidad con una probabilidad igual a uno menos la frecuencia de veces por día de llegada de mercancía. Esto ocurre en sectores como zapaterías o textil ropa . Para el resto de sectores el problema radica en que la frecuencia de llegada es igual o mayor de una vez por día, pudiendo estar descargando mercancía dos vehículos a la vez en un mismo establecimiento.

En el caso de que se tenga una frecuencia mayor de un vez al día, y los vehículos de los repartidores para un mismo establecimiento no pueden encontrarse a la vez descargando; en este caso se utiliza un módulo *create* para cada proveedor y una única variable para definir la carga y descarga en el establecimiento.

Cuando dos proveedores si puedan subsistir descargando a la misma vez en el mismo establecimiento, caso del sector de kioscos, o cafeterías, se utiliza un módulo *create* para cada proveedor y una variable de carga y descarga por cada proveedor y por cada establecimiento en el que se de esta probabilidad, asimilándose a la existencia de varios indicadores de carga y descarga en un mismo establecimiento.

Estas variables de carga y descarga asociadas a establecimientos aparecen tras haber creado una entidad en el módulo *create.* Esta entidad se duplicará respondiendo una de ellas al vehículo de mercancías que debe entrar en la Encarnación, mientras que la otra, representará el establecimiento o grupo de establecimientos donde ese vehículo debe descargar, desapareciendo esta entidad del modelo una vez que el vehículo descargue en el establecimiento o bien no lo pueda hacer. Mientras tanto la entidad es retenida en el modelo mediante un módulo *Wait* en el que espera la señal de descarga del vehículo.

1.c.3



La señal le vendrá dada desde el aparcamiento y se explicará posteriormente.

4.9.2 Establecimientos que trabajan con agencias.

Para establecimientos que trabajen con agencias el proceso es diferente. Se tienen por una parte cinco módulos que representan los vehículos de agencias que pueden coexistir a la vez en el modelo y la gestión de los pedidos que estos vehículos habrán de servir en cada una de sus rutas, y por otra parte se tienen los módulos que modelan los comercios que trabajan con agencias.

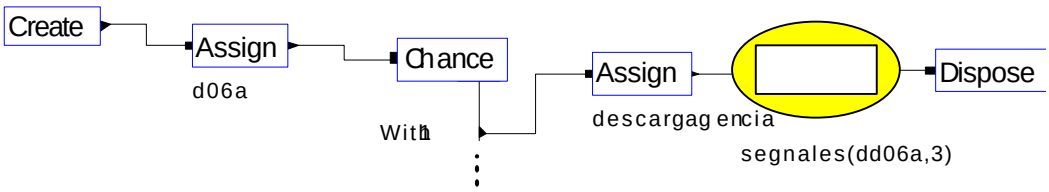
El modelo empleado para los comercios que trabajan con agencias es el mismo que el empleado para proveedores, siendo sus frecuencias de llegada de mercancía menor a una vez por día en todos ellos, incluyendo por esta causa el módulo *chance*. La única diferencia estriba en el módulo *create* donde además de controlar el momento de la necesidad de mercancía se elige un vehículo de una agencia según una distribución triangular que modela la elección sesgada de los establecimientos hacia unas agencias frente a otras.

Las agencias se modelan a través de una única entidad por cada una, que trabaja en un bucle cerrado y que en cada vuelta crea un vehículo para entrar en calle. La creación de este vehículo viene condicionada por dos variables:

La primera desde el interior de la propia agencia que indica cuantos pedidos ha de recibir dicho vehículo para que comience su ruta, siendo una función triangular entre uno y cuatro.

La segunda es otra variable que indica el número de establecimientos que han elegido esa agencia para que la sirvan desde que salió su último vehículo hasta el instante actual. De esta forma los establecimientos pueden trabajar con distintas agencias, y el vehículo de ésta, no siempre distribuirá a los mismos comercios ni tendrá el mismo número de repartos en cada ruta.

6.a



4.9.3 La carga y descarga de mercancías.

Para realizar la carga o descarga de mercancías el vehículo de transporte debe estacionar en una plaza libre de los aparcamientos asociados al establecimiento donde va a realizar la operación.

Los aparcamientos están formados por todas las plazas que son utilizadas habitualmente por los transportistas. Estas plazas de aparcamiento suelen estar en segunda fila, sobre la acera, en calles laterales, etc. La situación irregular de estos estacionamientos hace que sólo sean utilizados por los transportistas pues conocen bien en que momentos pueden utilizar cada una, sin riesgo de posibles multas o interrupción del tráfico. Por esta razón se considera que estas plazas de aparcamiento son utilizadas únicamente por transportistas y no por vehículos privados.

Se considerará que cada una de estas plazas está asociada a un único aparcamiento. Este aparcamiento tendrá un único punto tanto de entrada como de salida, situado en el punto medio de las plazas de estacionamiento que lo forman. El tratamiento de estos aparcamientos a modo de *parkings* responde a la necesidad de definir un número limitado de estaciones que representen las plazas de aparcamiento, debido al modelado que se ha escogido para la identificación de los lugares donde un transportista debe descargar.

Los establecimientos tendrán asociados uno o dos aparcamientos posibles, donde pueden estacionar los transportistas para realizar la carga y descarga.

El número de plazas definidas en cada aparcamiento es fijo, estimado a través de la observación de las distintas plazas que han sido utilizadas por los transportistas. Algunos de ellos utilizan siempre la misma, pues dadas la

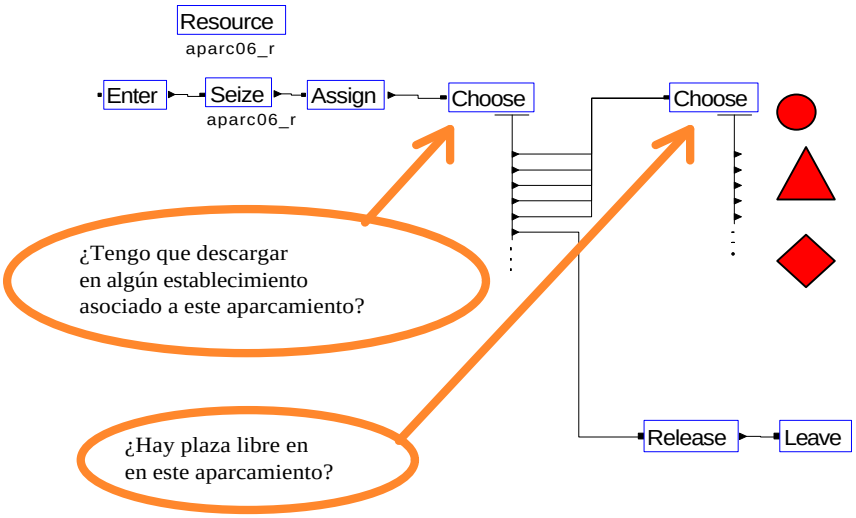
características de dimensiones de la plaza o su situación y tiempo de descarga, ésta sólo es utilizable por este transportista. Esto hace que el número de plazas en cada aparcamiento sea elevado frente al número de plazas que podrían observarse a priori, atendiendo a la señalización de tráfico realizada en la calle.

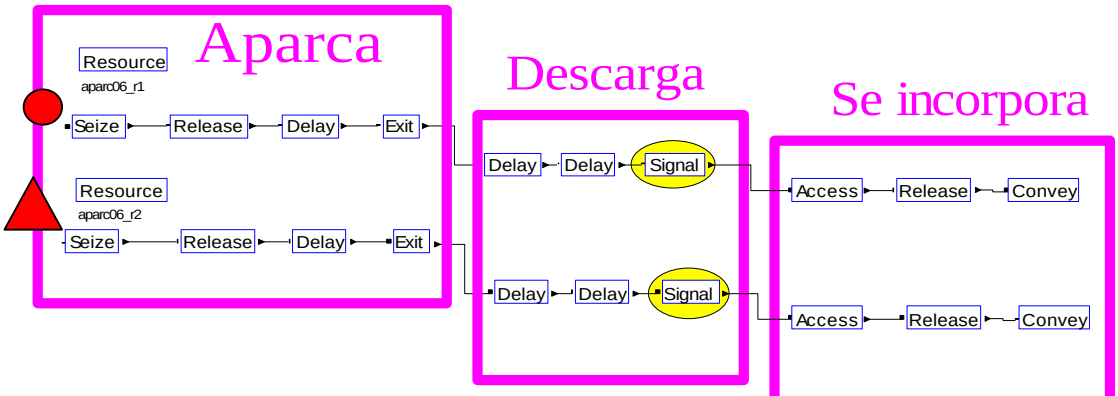
Cuando un transportista accede a la calle para realizar la ruta, entra en cada aparcamiento y pregunta si debe descargar en algún establecimiento asociado a ese aparcamiento. Si no es así, sigue su camino, pues la operación de entrar en la estación asociada al aparcamiento y preguntar, se hace sin salir del *conveyor* y en un tiempo nulo. Si por el contrario debe descargar preguntará si existe sitio en ese aparcamiento.

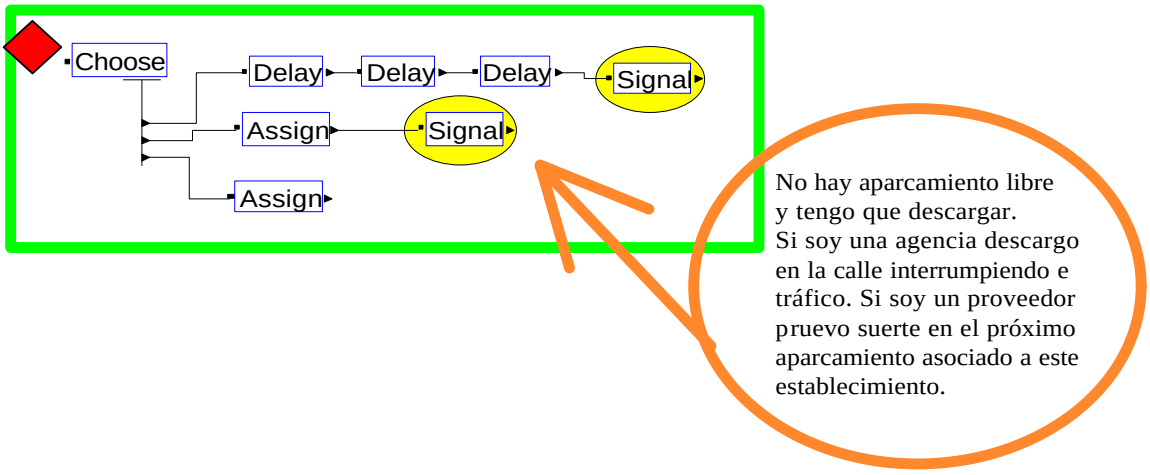
Si existe sitio aparca en la plaza libre que le corresponda tras un tiempo de interrupción del tráfico igual al tiempo en que tarda en aparcar. Una vez en su plaza permite que otro transportista acceda a la entrada del aparcamiento. Esta plaza es ocupada por el transportista el tiempo considerado de descarga para todos los establecimientos asociados a este aparcamiento.

Fig. Descarga en José Gestoso.

Aparcamiento







Si no existe plaza libre y se trata de un proveedor, el transportista sigue su ruta hasta el próximo aparcamiento. Si se trata de una agencia, estacionará el vehículo en la calle interrumpiendo el tráfico el tiempo necesario para realizar su o sus descargas en esa zona.

4.9.4 Tiempo de carga y descarga.

El tiempo de descarga dependerá de dos factores principalmente: el sector o tipo de mercancía que lleve y la distancia de la plaza de estacionamiento al establecimiento. Generalmente, la descarga se realiza con carretilla.

Fig. Descarga con carretilla.

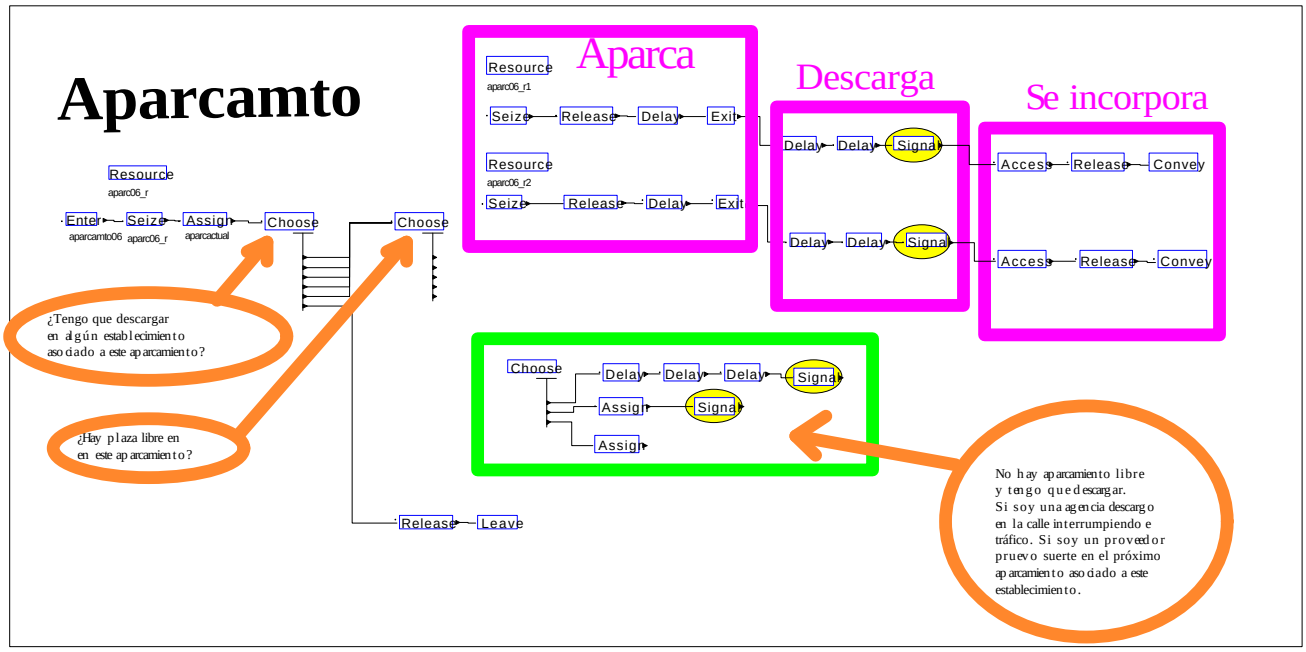
Para cada sector se ha establecido un tiempo aleatorio de descarga a través de una uniforme entre los valores obtenidos a través de las encuestas realizadas a comerciantes y transportistas. Para sectores donde el tiempo de descarga depende del tipo de mercancía y no del sector (como en supermercados o bares y cafeterías), se ha establecido un tiempo aleatorio de descarga en función de la carga que contenga el vehículo.

No se tiene en cuenta en este modelo la dependencia del tiempo de descarga con el lugar de aparcamiento, salvo en las agencias que estacionan en la calzada interrumpiendo el tráfico. En un primer momento se incluyó este factor, agrupándose los comercios en torno a una serie limitada de puntos

denominados centros comerciales. Por otro lado se tenían las plazas de aparcamiento agrupadas. Esto hizo que cada centro comercial tuviera asociado un aparcamiento o como máximo dos que casi eran equidistantes, pues un transportista nunca elegiría una plaza tan lejana al establecimiento como para que ésta se encontrara asociada a otro distinto. Los diferenciales de tiempo asociados a escoger uno u otro aparcamiento frente al tiempo que tardaba en descargar, mas el tiempo medio empleado en hacer el trayecto idóneo, más corto, se consideraron que no eran representativos. Así pues en el modelo no se tendrá en cuenta este factor.

Si el transportista debe descargar a varios establecimientos asociados a un mismo aparcamiento el tiempo de descarga es igual a la suma de los tiempos de descarga de cada uno de ellos.

Al llegar al final del circuito, antes de salir del modelo, se comprueba si el proveedor ha realizado todas las descargas que debía hacer, pues las agencias es seguro que sí las han realizado. Si el proveedor lo ha hecho sale del sistema, y de no ser así, pasados cinco minutos vuelve a entrar a la zona, por el acceso oportuno, para realizar de nuevo la ruta. Si tras dos rutas no ha logrado descargar el proveedor sale del modelo sin volver a entrar, considerándose que ha aparcado en una calle lateral para hacer el resto de su reparto.



5. EJECUCIÓN DEL MODELO. RESULTADOS.

5.1 DATOS DE SALIDA.

Una vez realizado el modelo, las variables de salida que se pueden definir son múltiples, en función de la información que se necesite obtener. En este proyecto se obtendrán datos en tres ejes de información, a partir de las siguientes variables:

1. Necesidades de aparcamiento.
2. Tiempos de ruta.
3. Congestión del tráfico.

Necesidades de aparcamiento.

Para el estudio de las necesidades de aparcamiento, la zona ha sido dividida en tramos:

Tramo	Conveyors	Aparcamientos	Plazas totales
1	1	P02	5
2	3	P01,P03,P04,P05	18
5	8	P06	3
6	11	P07	4
7	10	No	0
8	12	P08	3
9	15 y 16	P09	4
10	30	P11	5
11	17,18 y 19	P13, P14	6
12	26 y 25	P12	4
13	22 y 60	No	0
14	24	No	0

Las variables utilizadas para definir las necesidades de aparcamientos en cada instante son:

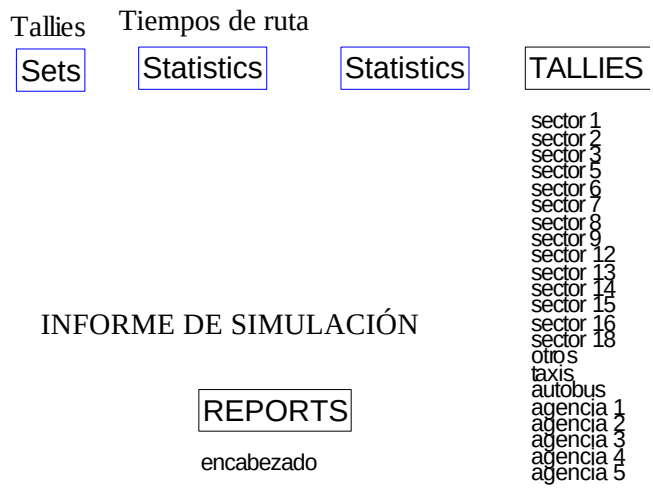
Aparcamientos de mercancías ocupados en cada zona: es la suma de las plazas ocupadas en cada instante de tiempo. Se da la media de este valor y los valores extremos que alcanza esta variable. El Final *Value* que se incluye carece de interés en este estudio.

UTILIZACIÓN DE APARCAMIENTOS

Expressions	Expressions	Expressions	Statistics
vehtramo1	pktramo1	parkt1	
vehtramo2	pktramo2	parkt2	
vehtramo5	pktramo5	parkt5	
vehtramo6	pktramo6	parkt6	
vehtramo7	pktramo8	parkt8	
vehtramo8	pktramo9	parkt9	
vehtramo9	pktramo10	parkt10	
vehtramo10	pktramo11	parkt11	
vehtramo11	pktramo12	parkt12	
vehtramo12			
vehtramo13			
vehtramo14			

5.1.1 Tiempos en ruta.

El tiempo en ruta de vehículos se recoge en otra variable que se obtiene como la diferencia entre el tiempo de salida del vehículo y el tiempo de entrada. Estas variables se agrupan en función del sector al que pertenece el vehículo y calculando a continuación su media. El número de vehículos que se tienen de cada sector se puede leer directamente en la columna de *Observation*s. Las columnas *Minumum* y *Maximum* dan los valores extremos que ha alcanzado cada variable. La columna *Half Width* da la mitad de la longitud del intervalo de confianza del 0.95 en que se encontraría el valor exacto de la variable. Cuando el número de observaciones no es suficiente en esta columna se puede leer *Insuf*.

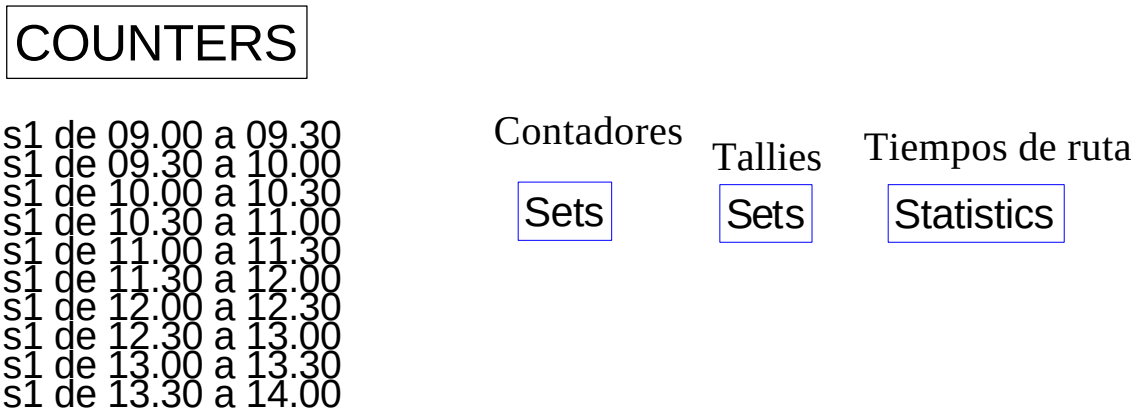


Congestión del tráfico.

La congestión se expresa a través de dos medidas. Una primera sería el número de vehículos definidos en cada uno de los tramos que se indican. Estaríamos en el caso de una foto de cada momento. La segunda mediría la fluidez del tráfico a partir del número de vehículos que pasan en media hora por delante de cada uno de los sensores colocados a lo largo de la calle.

El número de vehículos en cada tramo se expresa a través de una variable continua en el tiempo que mide en cada instante los vehículos que existen en los *conveyor* que integran cada tramo. Se incluyen los vehículos que están moviéndose por el *conveyor* y los vehículos que se encuentran bloqueados en él, bien sea por semáforos cerrados o por descarga de agencias. El significado de las distintas columnas es el mismo que el explicado en las variables utilizadas anteriormente. La columna de *Final Value* representa el número de vehículos que una vez terminada la simulación existen en los *conveyors*, ya que la simulación acaba cuando llegan las 14:00 horas, no cuando han salido todos lo vehículos.

Por otro lado la fluidez del tráfico se intenta medir a través de la evolución del número de vehículos que pasan ante los sensores colocados. Se realiza por medio de contadores y su valor se expresa en la columna *Count*, mientras la columna *Limit* no es necesaria en este caso.

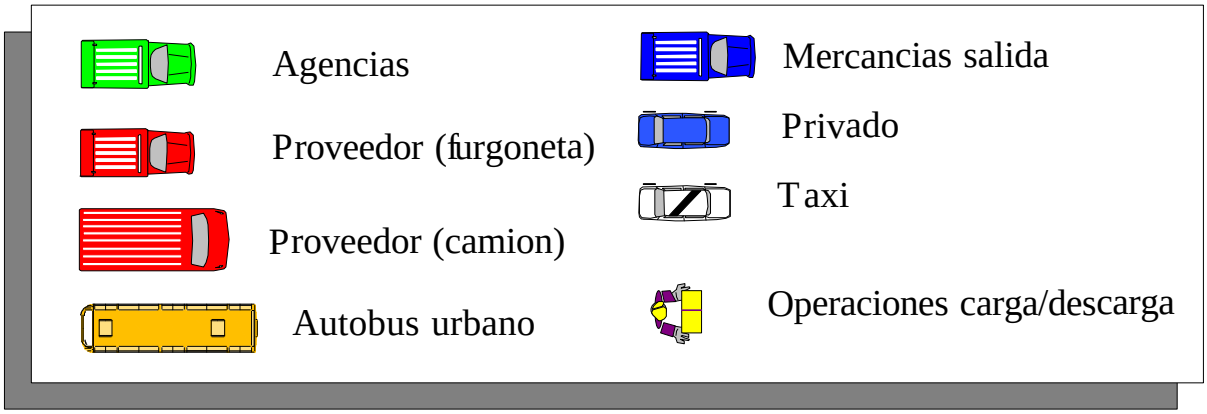


5.2 ANIMACIÓN GRÁFICA.

El programa Arena incorpora la posibilidad de utilizar animación gráfica en su ejecución en modo *play*. La animación utilizada pone de manifiesto el contraste premeditado en el uso de una gama cromática definida, diferenciando de manera precisa los vehículos y el fondo en el que éstos circulan.

Para el **plano base** se ha elegido una representación a escala de la zona.

Para diferenciar los distintos **tipos de vehículos** representados en la simulación, se opta por la utilización de la paleta de colores básicos, que mediante el contraste con el fondo (tonos más claros y apagados) acentúan el efecto dinámico pretendido. A continuación representamos los vehículos utilizados:



Para las **operaciones de carga y descarga** junto al dibujo del vehículo correspondiente se representa esta acción mediante un icono fácilmente asimilable a este acto de carga y descarga.

La ubicación de **aparcamientos** en el plano no sigue una correspondencia exacta con la realidad dado al desfase existente entre las escalas utilizadas por los vehículos y el fondo por donde éstos circulan. Este desfase se hace a todas luces necesario para hacer más clara y comprensible la representación. Se opta así por multiplicar la escala de aquellos elementos que se quiere remarcar dentro del modelo representado (vehículos, iconos de representación de acciones, semáforos...)

Se incluye dentro de la animación la posibilidad de ver la evolución de algunas variables que conforman el modelo: la ocupación de plazas en aparcamientos por zonas y el número de vehículos en *los conveyors*. Los aparcamientos representados son los utilizados por los vehículos de mercancías, es decir, en segunda fila, sobre la acera, etc. No se refieren a las zonas de carga y descarga señalizadas. La constatación de esta evolución puede observarse en dos ventanas gráficas que incluyen un reloj en donde se indica el instante de tiempo actual en la ejecución del programa.

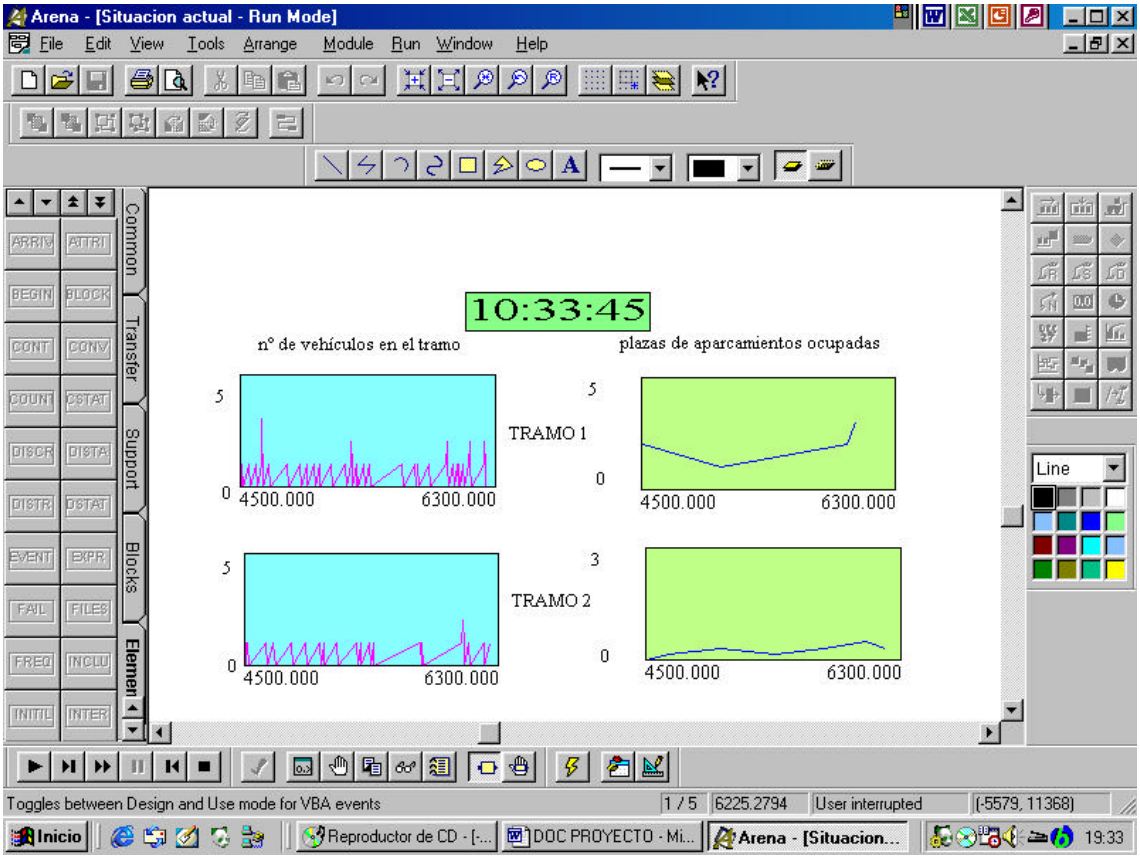


Fig. Gráficos de resultados.

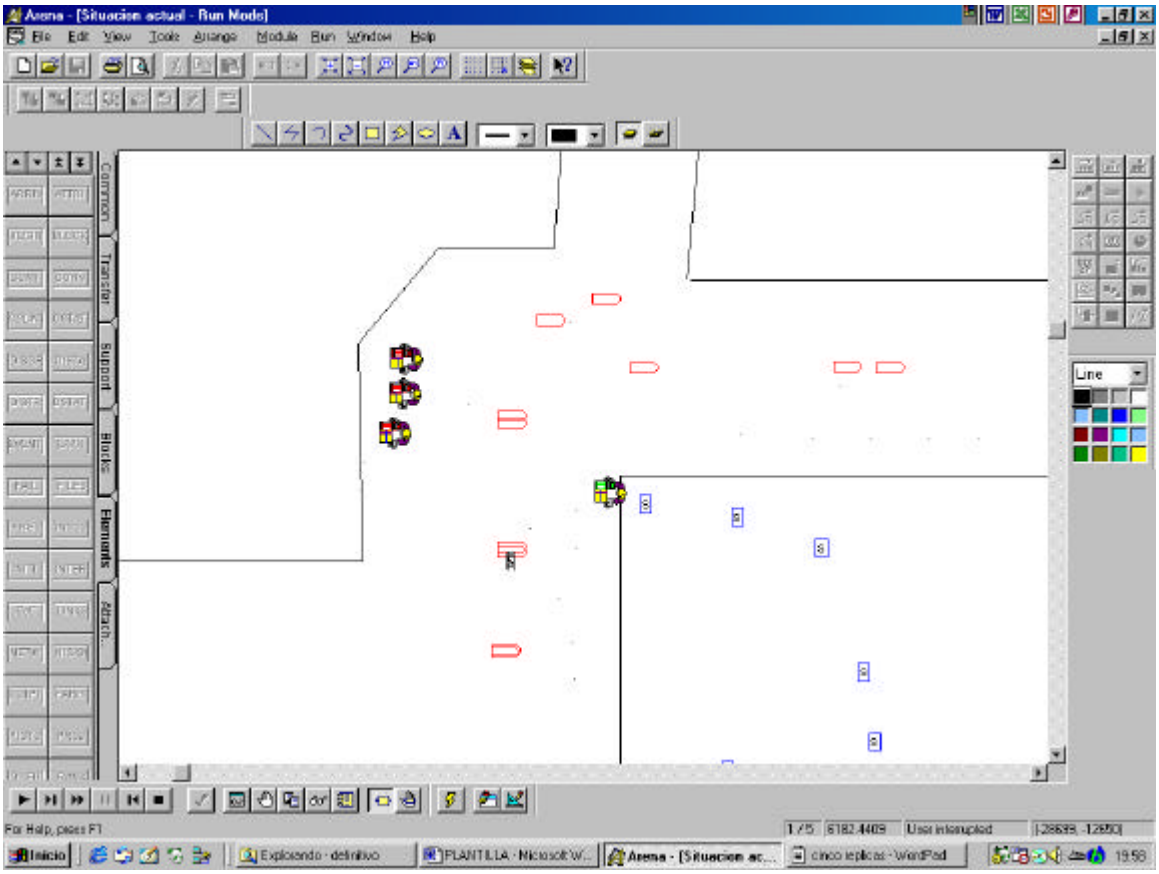


Fig. Descarga en la zona del mercado.

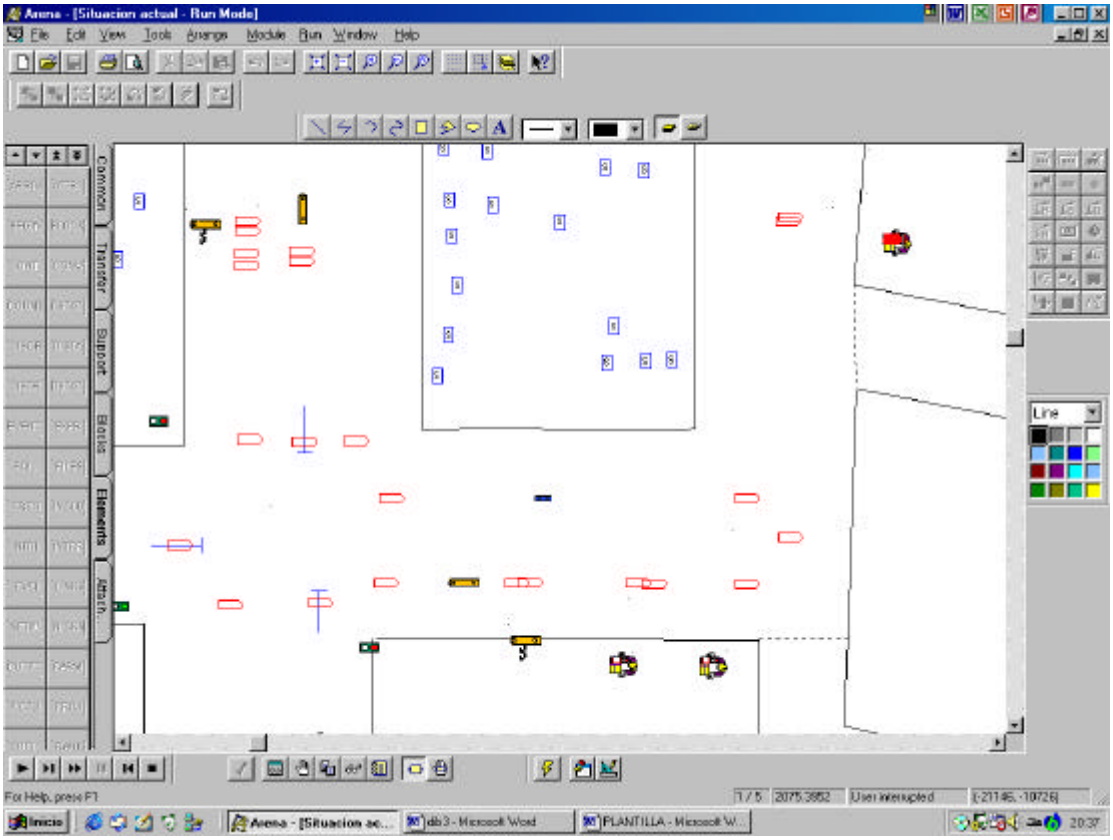


Fig. Descarga a Plaza y Puente y Pellón.

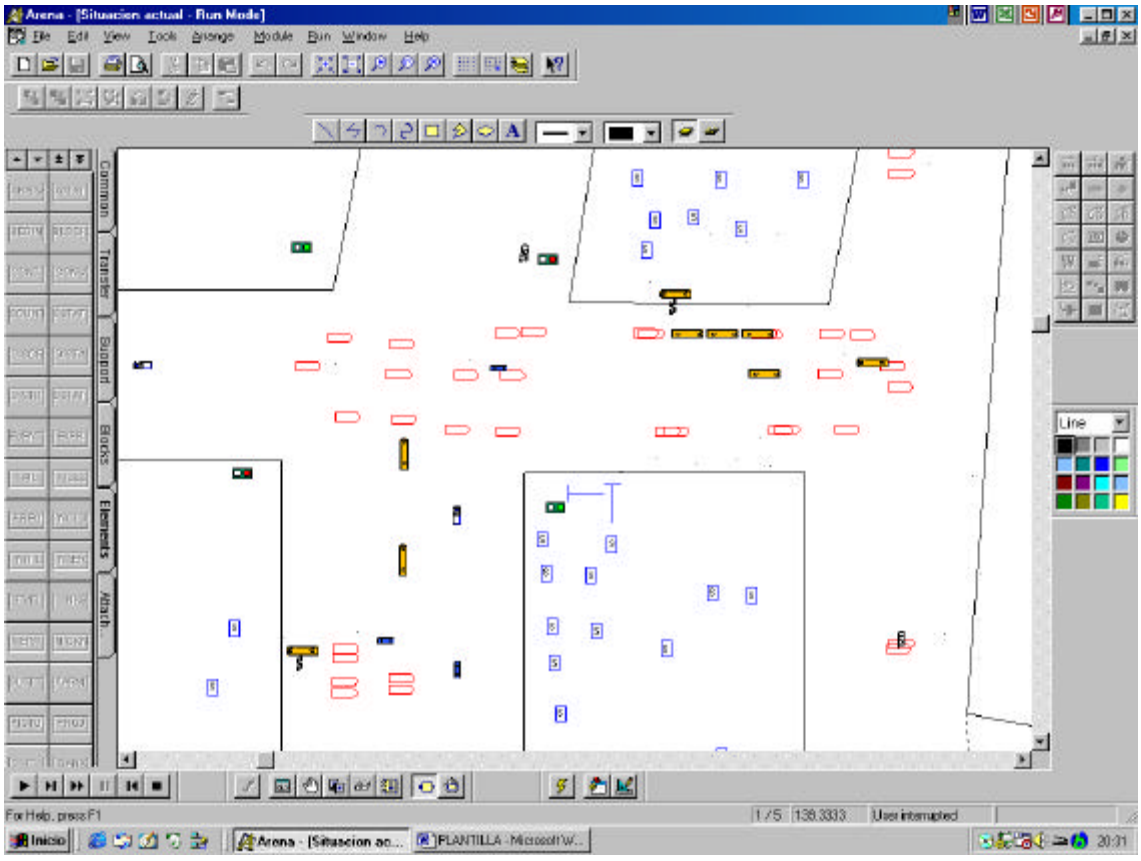


Fig. Tráfico de autobuses en la Plaza 2.

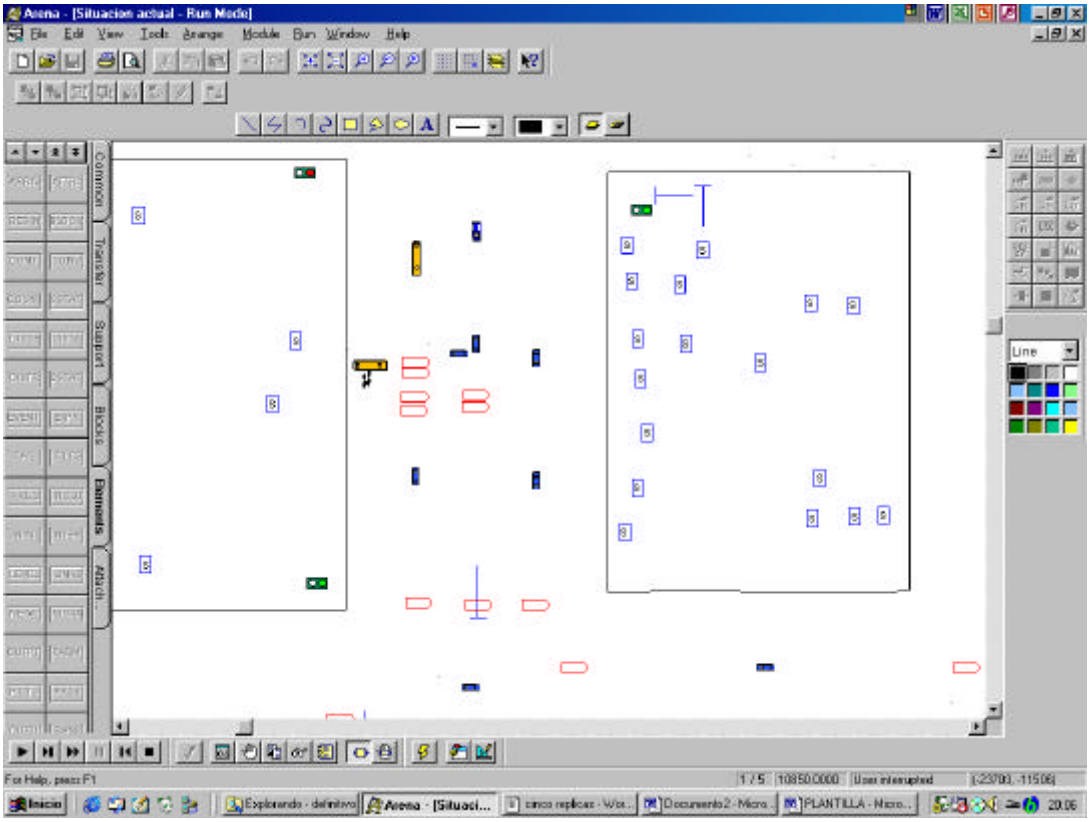


Fig. Unión Imagen-Laraña y cambio de carril.

5.3 VERIFICACIÓN DEL PROGRAMA Y VALIDACIÓN DEL MODELO.

Para la implementación del programa, éste ha sido divido en subsistemas básicos que han sido verificados independientemente, para luego ser engarzados obteniendo así el modelo completo.

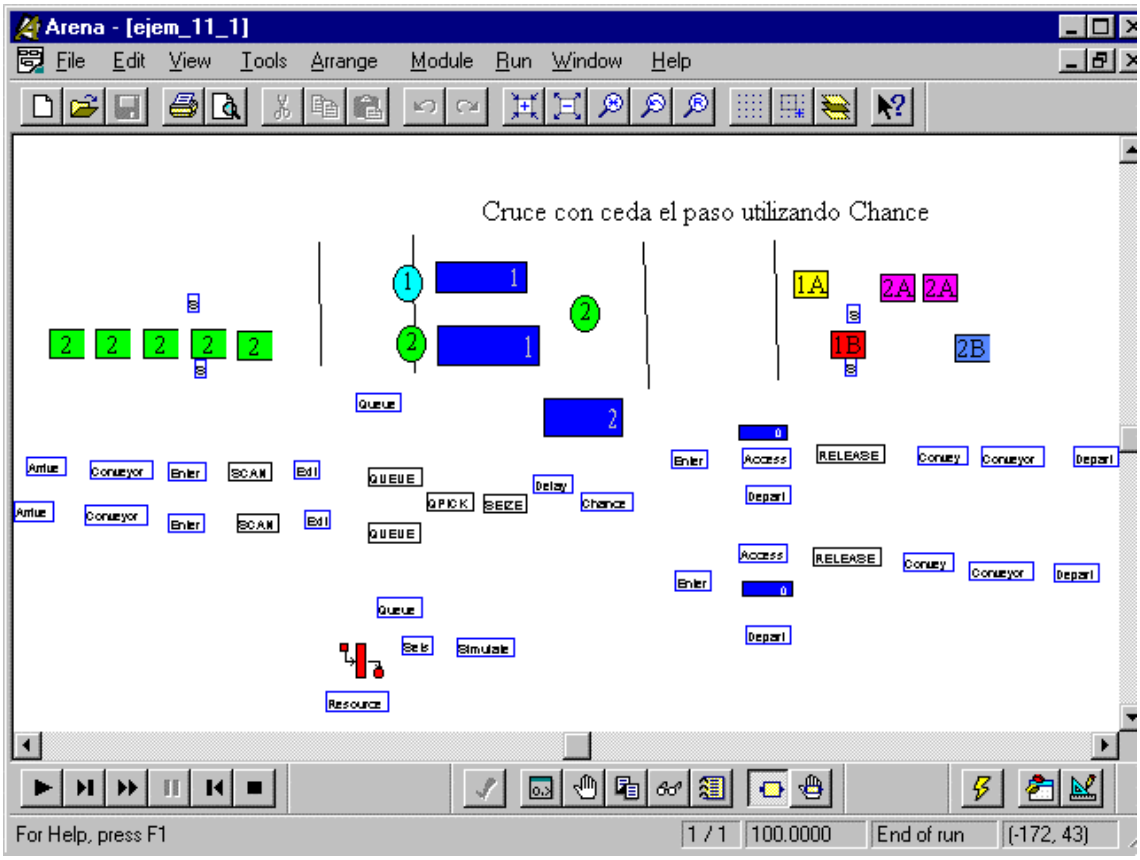
Por ejemplo, para los cruces se trabajó en el modelado de un cruce tipo con dos entradas y dos salida. Este programa fue sometido a valores límites de variables como la velocidad de cada uno de los *conveyors* de entrada y salida para estudiar su efecto sobre le modelo realizado. El estudio era fundamentalmente de tipo gráfico, utilizando una animación diferente para cada estado posible de una entidad en el cruce y la modificación del factor de velocidad de ejecución del programa, lo que permite observar gráficamente la evolución de cada entidad en el modelo sin necesidad de recurrir a otros métodos. Este subsistema fue luego adaptado para realizar la simulación el cruce con semáforo y el cruce con una salida con tres carriles.

Otros subsistemas realizados han sido:

- Elección del cambio de carril en la conexión Imagen-Laraña.
- El aparcamiento y la incorporación de nuevo al tráfico.
- La descarga de viajeros por parte de los autobuses.
- Los cruces con una sola salida.(propios de la plaza 2 e incorporación a plaza 1)
- La división de *conveyors* en varias partes a lo largo de una calle para contemplar los parkings, y las paradas de autobuses.
- Las llegadas de proveedores y agencias.(con el auxilio de una matriz "*segnales"* que da la orden de parada en los parkings asociados.
- La gestión de carga y descarga. Es importante destacar que se ha considerado un número de aparcamientos inicial menor al que se puede observar a priori, dado que se constató la ocupación inicial de varias plazas por parte de algunos proveedores, que conociendo la mala situación de la

zona, se adelantaban al horario habitual y ocupaban la plaza por la tarde, o bien a muy tempranas horas.

5.3.1 Solape entre *conveyors* y recursos.



En el modelado de los tramos de una misma calle en la que se incluyen diferentes *conveyors* ha sido importante tener en cuenta el solape de un *conveyor* y el siguiente, o bien entre un recurso (como los cruces), y el siguiente *conveyor*. Este solape es relevante, pues impide el hecho que las entidades del *conveyor* entrante al llegar al final de éste y pedir el acceso al siguiente, puedan dejar libre a su homólogo entrante sin bloquearlo, mientras esperan en la cola del módulo de acceso al *conveyor* de salida. Esto produciría una acumulación de entidades en esta cola que no refleja la situación real. Esta cola puede ser definida con una capacidad infinita, donde se acumularía las entidades indefinidamente, o bien con una capacidad limitada, siendo necesario entonces decidir que pasaría cuando la cola estuviese llena. Las

opciones que permite Arena en este módulo son eliminar la entidad, como si se tratase de un módulo *dispose* o bien enviarlas a algún punto.

Igualmente ocurre con el solape de los recursos *cruce* con los *conveyors* de salida del cruce, es decir, una entidad no puede dejar libre el recurso *cruce*, hasta que no ha encontrado sitio en el *conveyor* de salida deseado y ha comenzado a ser enviada hacia la siguiente estación.

También este fenómeno se produce cuando un vehículo debe incorporarse al tráfico desde una plaza de un aparcamiento, no puede dejar libre su plaza, y por tanto el recurso que la representa, hasta que no ha conseguido "engancharse" en el *conveyor* de salida y ha comenzado a ser enviada.

En el modelado de los aparcamientos los puntos más interesantes son el solape del recurso *entrada al aparcamiento* con alguno de los recursos que representan las plazas de ese aparcamiento. Cuando una entidad llega a la estación que define el aparcamiento, coge un recurso llamado *park01* (El uno se utiliza para denominar al aparcamiento donde se encuentra). Este recurso quedará libre sólo si no tiene que descargar para proseguir su camino, o bien si tiene que descargar y encuentra una plaza libre. Por el contrario si tiene que descargar y no tiene una plaza libre, el comportamiento de proveedores sería dejar el aparcamiento y por tanto liberar el recurso park*1*. Sin embargo en el caso de agencias, éstas estacionan en la calzada y descargan, dejando libre dicho recurso una vez hayan realizado esta función.

La verificación de estas acciones y solapes se llevó a cabo también de forma gráfica con la animación diferenciada para cada entidad y recurso, sometiendo al modelo a valores extremos de algunas de sus variables, para comprobar que su comportamiento se ajustaba al deseado.

5.3.2 Depuración del modelo.

Una vez el modelo completo, se procedió a la depuración de éste no presentando problemas, salvo errores debidos a erratas en la escritura del nombre de variables. Ciertas incidencias ocurrieron durante el desarrollo del modelado, así, el sincronismo entre semáforos tuvo que ser ajustado con el seguimiento de entidades, faltaban algunas colas que producían colapsos en

los cruces, eliminación de vehículos cuando un proveedor o agencia ocupaba el recurso cruce .

Se fueron solventando mediante las herramientas de seguimiento de Arena, que indicó la falta de módulos *leave* que permitieran moverse secuencialmente a los proveedores, dejando libre el tráfico de otros vehículos.

Se observó que ciertas agencias no realizaban la salida durante el periodo de simulación, debido a un fallo en la escritura de la distribución que no permitía que fuera elegida de entre los proveedores que requerían su servicio.

Se necesitó de un arduo trabajo de conexión entre los vehículos y aparcamientos, pues fue necesario el seguimiento individual para asignar el lugar concreto de descarga y los parkings auxiliares donde pudiera aparcar. Esto se solucionó mediante la incorporación de la matriz (*segnales*).

5.3.3 Validación del modelo.

Verificado y depurado el programa, el siguiente paso era comprobar que el modelo se adaptaba a la realidad suficientemente. Los indicadores utilizados han sido:

- Nivel de vehículos de mercancías en la zona.
- Nivel de utilización de aparcamientos.
- Longitud de colas en semáforos.
- La animación gráfica.

El flujo total de vehículos en la zona no ha sido considerado como indicador pues ha sido el dato utilizado para obtener los flujos de entrada de vehículos en calle y por tanto no se tendrán desviaciones respecto de la realidad para este indicador.

La longitud de colas en los semáforos sirve como indicador de que la gestión de cruces representa correctamente la realidad, observándose gran similitud entre la longitud de colas de vehículos alcanzada en el semáforo de acceso Imagen y Laraña. Existen puntos conflictivos en el modelo que también se observan en la realidad, como es el giro a la izquierda de los autobuses para entrar en la plaza.

El nivel de utilización de aparcamientos posteriormente se tratará en el capítulo de resultados. Indicar que el nivel de utilización obtenido responde a la realidad actual de la utilización de las zonas de carga y descarga.

5.3.4 Nivel de mercancías en la Encarnación.

El principal indicador utilizado para la validación del modelo ha sido el nivel de mercancías. Este flujo ha sido calculado mediante las encuestas a comerciantes y transportistas. En este momento se quiere comprobar que el nivel de información obtenido a través de estas encuestas se corresponde con el flujo de mercancías medido en la calle a partir de los sensores. Esto servirá por un lado para validar el modelo y por otro para comprobar el nivel de precisión en los datos obtenidos a través de las encuestas. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 1.

Puede observarse un porcentaje alto de vehículos de paso, y la razón es que Imagen y Laraña son utilizadas por un buen número de transportistas para acceder a distintas zonas del casco histórico de Sevilla, así como de salida a través de la ronda.

La situación de la Encarnación, en el centro neurálgico del casco histórico y en el eje formados por las calles tradicionalmente dedicadas a actividades mercantiles y de comercios (Feria, Puente Pellón, Alcaicería, Plaza del Pan,) ha contribuido como centro difusor de actividad, y este recorrido principal de acceso a las zonas mencionadas así como a la Campana, el Duque, Amor de Dios, etc.. absorbe un alto índice de tráfico.

En las encuestas realizadas se observa el alto número de agencias que abandonan la plaza por Laraña, habiendo accedido por Imagen. Otros tantos, sobre todo los proveedores, realizan el circuito contrario, hacia la Ronda, para huir de la zona más céntrica.

5.4 CÁLCULO DEL TIEMPO TRANSITORIO.

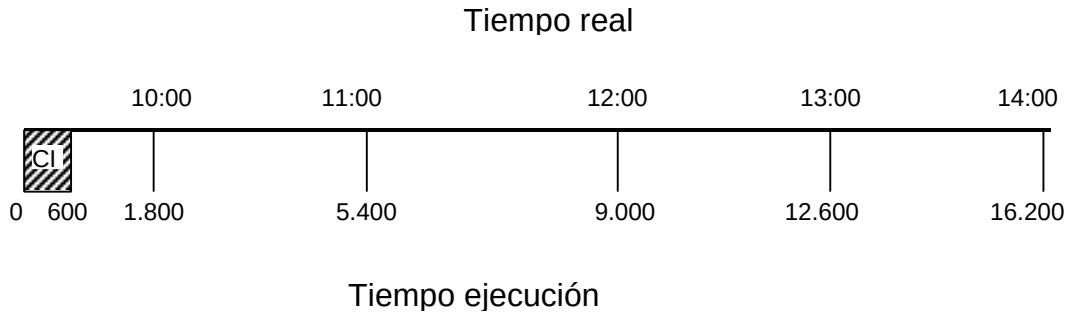
El tiempo de ejecución del modelo comienza a las 9:00 horas de la mañana. En este momento, por las calles existe ya un flujo de vehículos determinado. En el modelo las calles de encuentran desiertas en los primeros

instantes y es necesario alcanzar un flujo igual al encontrado en esta hora de la mañana.

Arena permite incorporar un tiempo de transición, denominado *warm up*, durante el cual las variables d salida del modelo no acumulan datos, y hace posible alcanzar las condiciones iniciales. Se procede a ejecutar el programa durante 15 minutos, y se observa el tiempo en que alcanza el régimen de flujo real (datos de casmpo). Tras cinco iteraciones, se puede ver como para tres minutos las condiciones son alcanzadas. Finalmente se adopta un margen de seguridad de siete minutos, con lo cual, el *warm up*resulta ser de diez minutos.

5.5 PRUEBA Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS.

Para la obtención de resultados se realizarán veinte iteraciones del programa, mediante las cuales se calcularán las medias de las variables de salida utilizadas. Cada iteración se consideran como un experimento independiente, en la cual se incluye el tiempo de periodo transitorio calculado anteriormente. El final de cada iteración vendrá dado al alcanzar los 18600 segundos (las 14:00 horas en tiempo real).



5.5.1 Informe de la simulación.

Los valores de estas variables tras cada ejecución del programa son recopiladas en un informe general que ha sido laboriosamente creado, huyendo expresamente del informe estándar que sirve Arena, ya que éste es complicado de comprender y excesivamente denso. Por otro lado, estos valores de variables también son guardados en los archivos indicados en el anexo del manual del usuario para posibles tratamientos estadísticos con otras

herramientas, como el *OutAnalyzer*, para poder ser utilizado si se considera necesario.

También se pueden observar la evolución de algunas de estas variables en las gráficas incluidas en la animación del modelo: utilización de aparcamientos y número de vehículos en cada tramo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de una iteración de cinco realizadas, El Output Analizer permite el tratamiento de todas las simulaciones conjuntamente, cuyos gráficos se mostrarán más adelante.

RESULTADOS DE LA SIMULACION ACTUAL

Proyecto: Transporte de mercancias en la Encarnacion.
Analista: Raquel Arnaud Garrido.
Fecha de la ejecucion: 0.000000

Informe de la ejecucion numero 2 de 5 ejecuciones.
Ejecucion realizada para 18600 segundos.

Numero de vehiculos que han pasado en media hora por cada punto de medida

Identifier	Count	Limit
s1 de 09.00 a 09.30	194	Infinite
s1 de 09.30 a 10.00	205	Infinite
s1 de 10.00 a 10.30	213	Infinite
s1 de 10.30 a 11.00	233	Infinite
s1 de 11.00 a 11.30	196	Infinite
s1 de 11.30 a 12.00	177	Infinite
s1 de 12.00 a 12.30	150	Infinite
s1 de 12.30 a 13.00	179	Infinite
s1 de 13.00 a 13.30	149	Infinite
s1 de 13.30 a 14.00	118	Infinite
s10 de 09.00 a 09.30	34	Infinite
s10 de 09.30 a 10.00	37	Infinite
s10 de 10.00 a 10.30	41	Infinite
s10 de 10.30 a 11.00	45	Infinite
s10 de 11.00 a 11.30	57	Infinite
s10 de 11.30 a 12.00	21	Infinite
s10 de 12.00 a 12.30	43	Infinite
s10 de 12.30 a 13.00	37	Infinite
s10 de 13.00 a 13.30	24	Infinite
s10 de 13.30 a 14.00	17	Infinite
s11 de 09.00 a 09.30	146	Infinite
s11 de 09.30 a 10.00	142	Infinite
s11 de 10.00 a 10.30	154	Infinite
s11 de 10.30 a 11.00	188	Infinite
s11 de 11.00 a 11.30	162	Infinite
s11 de 11.30 a 12.00	109	Infinite
s11 de 12.00 a 12.30	140	Infinite
s11 de 12.30 a 13.00	113	Infinite
s11 de 13.00 a 13.30	128	Infinite
s11 de 13.30 a 14.00	102	Infinite
s12 de 09.00 a 09.30	7	Infinite
s12 de 09.30 a 10.00	8	Infinite
s12 de 10.00 a 10.30	13	Infinite
s12 de 10.30 a 11.00	10	Infinite

s12 de 11.00 a 11.30	32	Infinite
s12 de 11.30 a 12.00	12	Infinite
s12 de 12.00 a 12.30	16	Infinite
s12 de 12.30 a 13.00	19	Infinite
s12 de 13.00 a 13.30	15	Infinite
s12 de 13.30 a 14.00	11	Infinite
s2 de 09.00 a 09.30	158	Infinite
s2 de 09.30 a 10.00	159	Infinite
s2 de 10.00 a 10.30	170	Infinite
s2 de 10.30 a 11.00	203	Infinite
s2 de 11.00 a 11.30	175	Infinite
s2 de 11.30 a 12.00	130	Infinite
s2 de 12.00 a 12.30	142	Infinite
s2 de 12.30 a 13.00	114	Infinite
s2 de 13.00 a 13.30	144	Infinite
s2 de 13.30 a 14.00	117	Infinite
s3 de 09.00 a 09.30	201	Infinite
s3 de 09.30 a 10.00	194	Infinite
s3 de 10.00 a 10.30	212	Infinite
s3 de 10.30 a 11.00	256	Infinite
s3 de 11.00 a 11.30	238	Infinite
s3 de 11.30 a 12.00	160	Infinite
s3 de 12.00 a 12.30	198	Infinite
s3 de 12.30 a 13.00	183	Infinite
s3 de 13.00 a 13.30	183	Infinite
s3 de 13.30 a 14.00	150	Infinite
s4 de 09.00 a 09.30	121	Infinite
s4 de 09.30 a 10.00	118	Infinite
s4 de 10.00 a 10.30	107	Infinite
s4 de 10.30 a 11.00	132	Infinite
s4 de 11.00 a 11.30	98	Infinite
s4 de 11.30 a 12.00	102	Infinite
s4 de 12.00 a 12.30	96	Infinite
s4 de 12.30 a 13.00	108	Infinite
s4 de 13.00 a 13.30	95	Infinite
s4 de 13.30 a 14.00	85	Infinite
s41 de 09.00 a 09.30	97	Infinite
s41 de 09.30 a 10.00	88	Infinite
s41 de 10.00 a 10.30	109	Infinite
s41 de 10.30 a 11.00	131	Infinite
s41 de 11.00 a 11.30	93	Infinite
s41 de 11.30 a 12.00	84	Infinite
s41 de 12.00 a 12.30	73	Infinite
s41 de 12.30 a 13.00	93	Infinite
s41 de 13.00 a 13.30	58	Infinite
s41 de 13.30 a 14.00	45	Infinite
s5 de 09.00 a 09.30	21	Infinite
s5 de 09.30 a 10.00	11	Infinite
s5 de 10.00 a 10.30	18	Infinite
s5 de 10.30 a 11.00	30	Infinite
s5 de 11.00 a 11.30	24	Infinite
s5 de 11.30 a 12.00	14	Infinite
s5 de 12.00 a 12.30	17	Infinite
s5 de 12.30 a 13.00	15	Infinite
s5 de 13.00 a 13.30	5	Infinite
s5 de 13.30 a 14.00	7	Infinite
s6 de 09.00 a 09.30	48	Infinite
s6 de 09.30 a 10.00	49	Infinite
s6 de 10.00 a 10.30	60	Infinite
s6 de 10.30 a 11.00	72	Infinite
s6 de 11.00 a 11.30	75	Infinite
s6 de 11.30 a 12.00	38	Infinite
s6 de 12.00 a 12.30	52	Infinite
s6 de 12.30 a 13.00	51	Infinite
s6 de 13.00 a 13.30	32	Infinite
s6 de 13.30 a 14.00	25	Infinite
s7 de 09.00 a 09.30	38	Infinite
s7 de 09.30 a 10.00	21	Infinite

s7 de 10.00 a 10.30	39	Infinite
s7 de 10.30 a 11.00	60	Infinite
s7 de 11.00 a 11.30	40	Infinite
s7 de 11.30 a 12.00	27	Infinite
s7 de 12.00 a 12.30	30	Infinite
s7 de 12.30 a 13.00	26	Infinite
s7 de 13.00 a 13.30	12	Infinite
s7 de 13.30 a 14.00	15	Infinite
s8 de 09.00 a 09.30	94	Infinite
s8 de 09.30 a 10.00	87	Infinite
s8 de 10.00 a 10.30	106	Infinite
s8 de 10.30 a 11.00	109	Infinite
s8 de 11.00 a 11.30	111	Infinite
s8 de 11.30 a 12.00	80	Infinite
s8 de 12.00 a 12.30	89	Infinite
s8 de 12.30 a 13.00	90	Infinite
s8 de 13.00 a 13.30	84	Infinite
s8 de 13.30 a 14.00	63	Infinite
s9 de 09.00 a 09.30	101	Infinite
s9 de 09.30 a 10.00	95	Infinite
s9 de 10.00 a 10.30	121	Infinite
s9 de 10.30 a 11.00	119	Infinite
s9 de 11.00 a 11.30	143	Infinite
s9 de 11.30 a 12.00	94	Infinite
s9 de 12.00 a 12.30	101	Infinite
s9 de 12.30 a 13.00	110	Infinite
s9 de 13.00 a 13.30	101	Infinite
s9 de 13.00 a 14.00	74	Infinite

Numero de vehiculos en cada tramo

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Vehiculos en el tramo1	.15625	(Corr)	.00000	4.0000	.00000
Vehiculos en el tramo10	.35614	.03082	.00000	5.0000	.00000
Vehiculos en el tramo11	1.5657	.17247	.00000	10.000	2.0000
Vehiculos en el tramo12	.06014	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Vehiculos en el tramo13	1.2290	.10520	.00000	7.0000	2.0000
Vehiculos en el tramo1	.94455	(Corr)	.00000	7.0000	.00000
Vehiculos en el tramo2	.09319	.01953	.00000	3.0000	.00000
Vehiculos en el tramo5	.00589	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Vehiculos en el tramo6	.16633	(Corr)	.00000	3.0000	.00000
Vehiculos en el tramo7	.03288	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Vehiculos en el tramo8	.79094	(Corr)	.00000	8.0000	1.0000
Vehiculos en el tramo9	.86743	.15362	.00000	6.0000	.00000

Numero de aparcamientos ocupados en cada uno de los tramos

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Ocupados en el tramo1	.75947	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Ocupados en el tramo10	.35745	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Ocupados en el tramo11	.11992	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo12	.21703	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo2	2.4707	(Insuf)	.00000	7.0000	1.0000
Ocupados en el tramo5	.10328	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo6	.36301	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Ocupados en el tramo8	.41240	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Ocupados en el tramo9	.33595	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000

Frecuencia de ocupacion de los aparcamientos

Restricted Identifier	Category	--Occurrences-- Number	AvgTime	Standard Percent	Percent
Aparcamientos tramo1	cero	5	1446.5	40.18	40.18
	uno	9	916.59	45.83	45.83
	dos	6	355.45	11.85	11.85
	tres	2	192.61	2.14	2.14
Aparcamientos tramo10	cero	3	4306.6	71.78	71.78
	uno	4	960.30	21.34	21.34
	dos	2	561.89	6.24	6.24
	tres	1	115.08	0.64	0.64
Aparcamientos tramo11	cero	2	7920.6	88.01	88.01
	uno	2	1079.3	11.99	11.99
Aparcamientos tramo12	cero	2	7046.7	78.30	78.30
	uno	2	1953.2	21.70	21.70
Aparcamientos tramo2	cero	1	895.12	4.97	4.97
	uno	8	453.70	20.16	20.16
	dos	22	217.49	26.58	26.58
	tres	21	257.38	30.03	30.03
	cuatro	8	265.35	11.79	11.79
	cinco	6	101.08	3.37	3.37
	seis	5	71.436	1.98	1.98
	siete	2	99.338	1.10	1.10
Aparcamientos tramo5	cero	2	8070.4	89.67	89.67
	uno	2	929.50	10.33	10.33
Aparcamientos tramo6	cero	5	2649.6	73.60	73.60
	uno	6	494.96	16.50	16.50
	dos	1	1782.1	9.90	9.90
Aparcamientos tramo8	cero	2	6690.1	74.33	74.33
	uno	4	454.04	10.09	10.09
	dos	2	1401.7	15.58	15.58
Aparcamientos tramo9	cero	4	3144.8	69.88	69.88
	uno	5	958.88	26.64	26.64
	dos	1	626.35	3.48	3.48

Tiempo que emplea en el recorrido

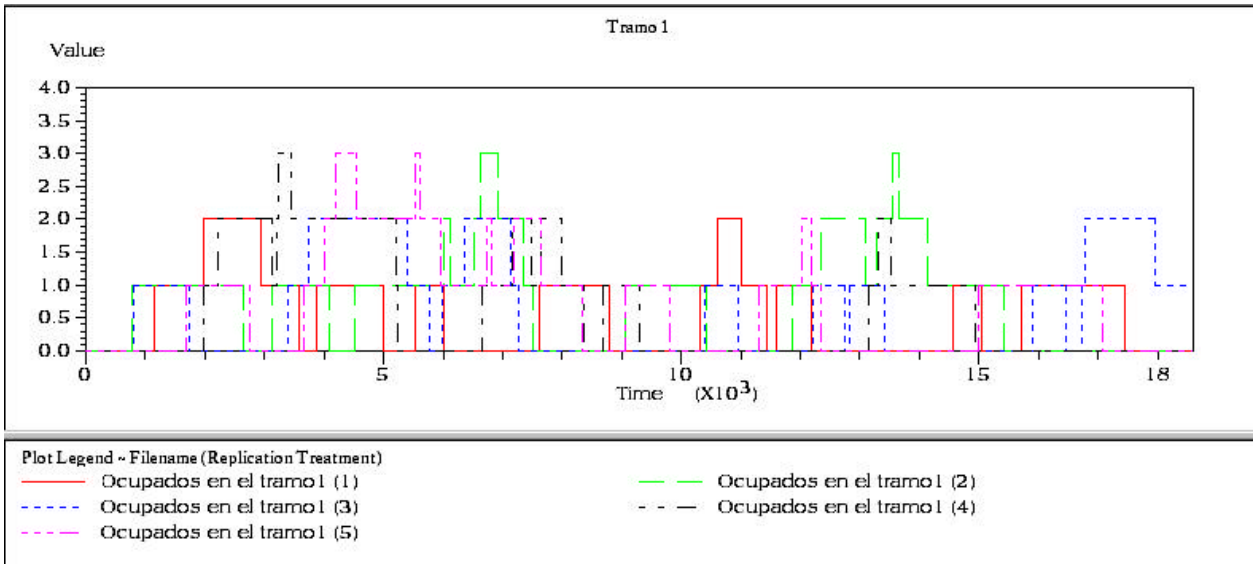
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
agencia 1	4279.2	(Insuf)	2096.9	5603.8	5
agencia 2	800.88	(Insuf)	800.88	800.88	1
agencia 3	--	--	--	--	0
agencia 4	1409.6	(Insuf)	1309.2	1510.0	2
agencia 5	5630.4	(Insuf)	5630.4	5630.4	1
autobus	126.10	6.5303	33.612	279.44	345
otros	39.826	1.7352	8.5539	235.82	2573
sector 1	1058.4	(Insuf)	941.10	1253.6	5
sector 12	1486.9	(Insuf)	51.253	2028.2	8
sector 13	--	--	--	--	0
sector 14	1020.9	(Insuf)	1020.9	1020.9	1

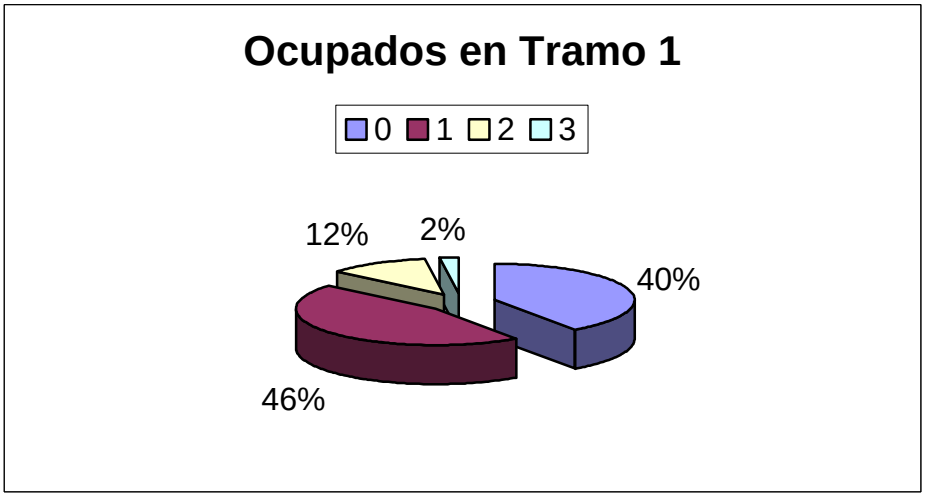
sector 15	776.57	(Insuf)	610.22	942.92	2
sector 16	--	--	--	--	0
sector 18	774.44	(Insuf)	33.860	1175.4	13
sector 2	1855.2	(Insuf)	757.47	4108.3	4
sector 3	966.14	(Insuf)	966.14	966.14	1
sector 5	3775.3	(Insuf)	88.062	7926.3	4
sector 6	863.85	(Insuf)	396.71	1709.7	3
sector 7	--	--	--	--	0
sector 8	--	--	--	--	0
sector 9	1423.0	(Insuf)	1418.2	1427.8	2
taxis	33.644	2.9868	8.5555	253.39	981

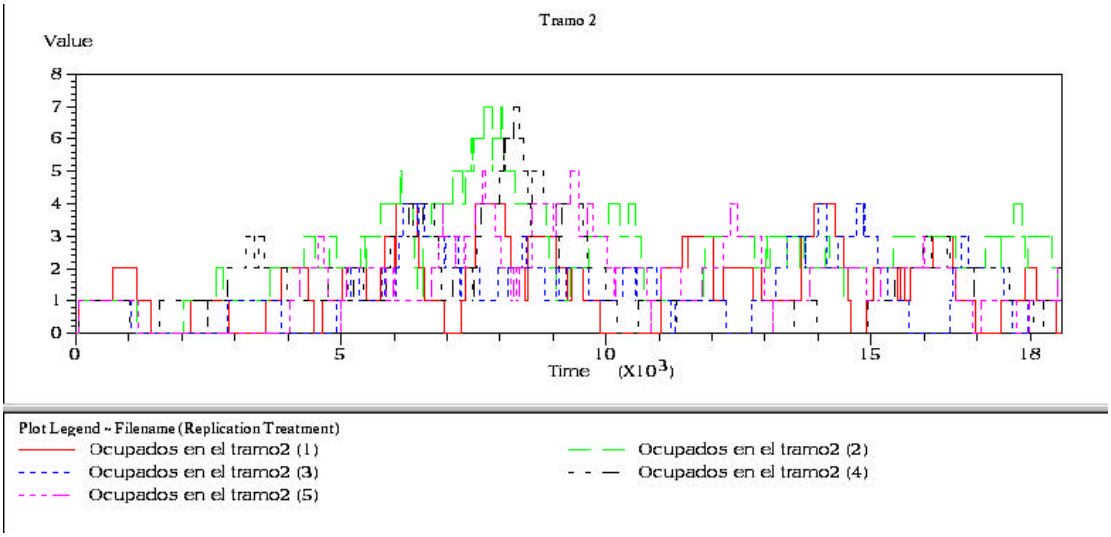
5.5.2 Nivel de ocupación de los aparcamientos:

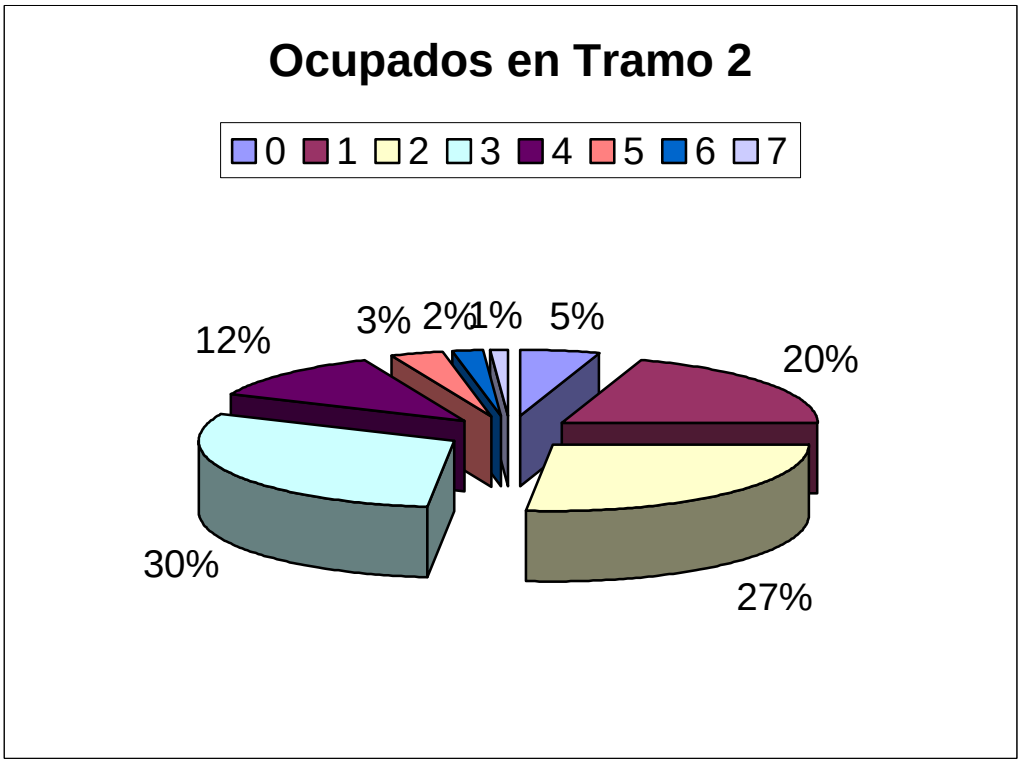
La utilización de aparcamientos viene reflejada en los siguientes gráficos correspondientes a las plazas ocupadas por los parkings que abarca cada zona.Se adjunta igualmente la frecuencia del estado de ocupación de estas plazas para cada zona.

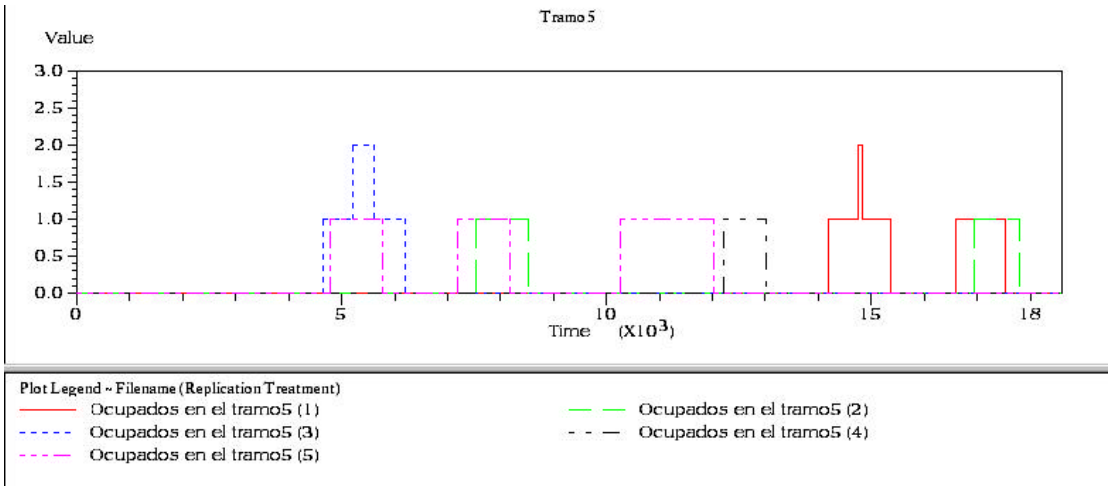
Nivel de ocupación de aparcamientos:

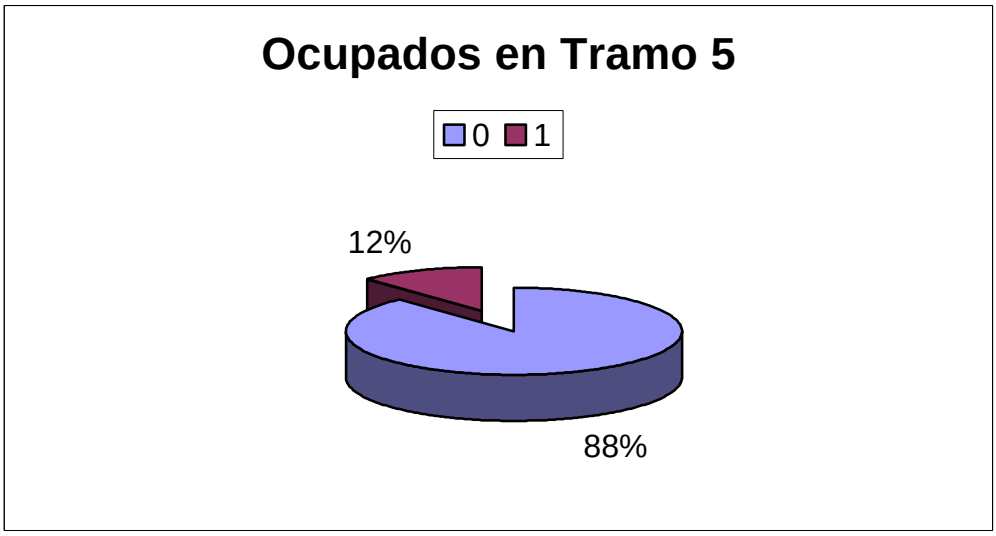


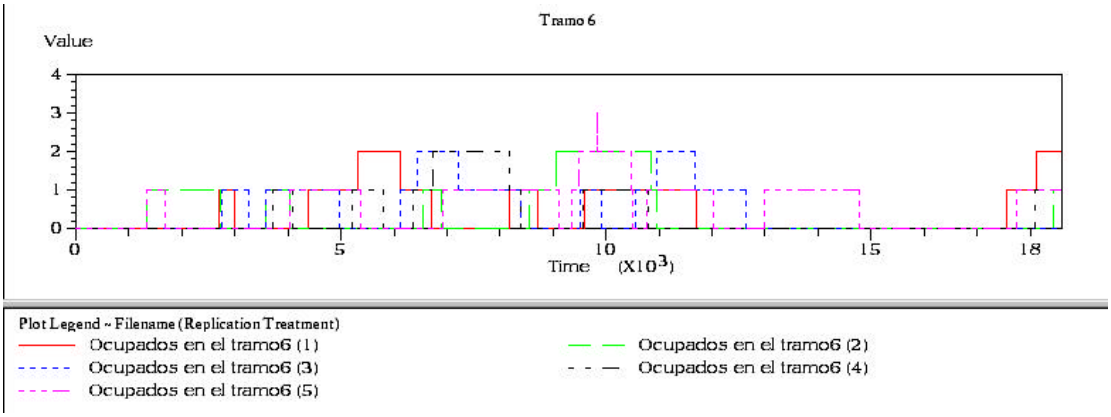


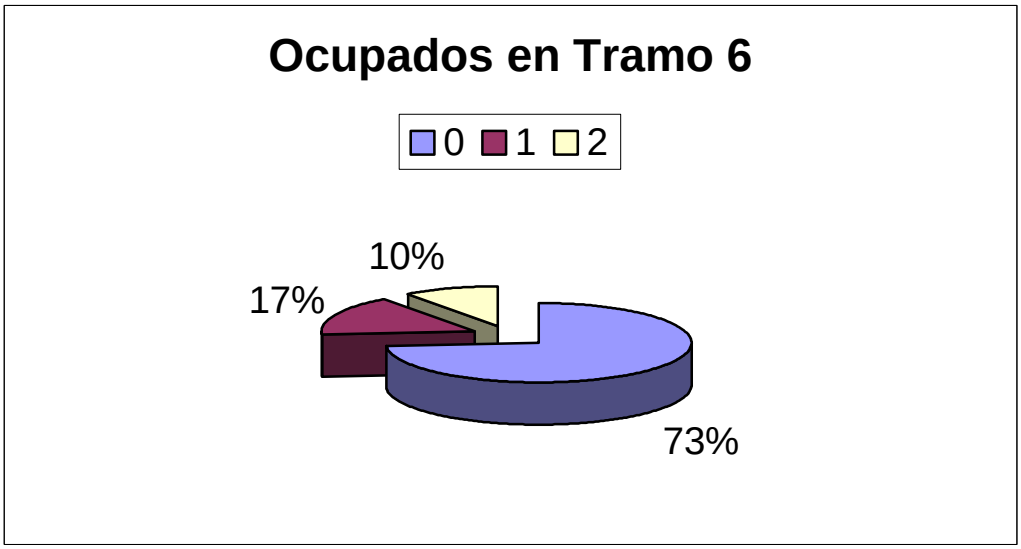

Tramo 2
Value
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo2 (1)
Ocupados en el tramo2 (2)
Ocupados en el tramo2 (3)
Ocupados en el tramo2 (4)
Ocupados en el tramo2 (5)

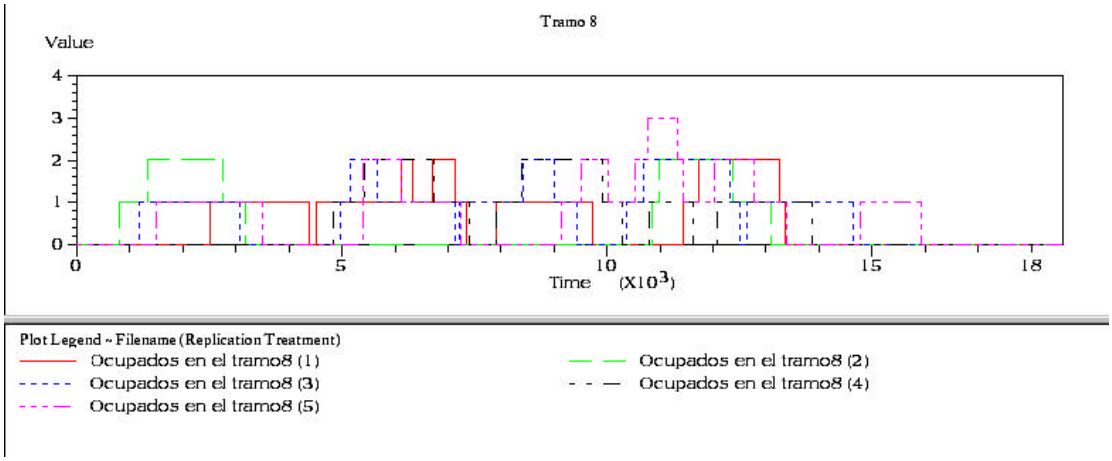

Ocupados en Tramo 2
0
1
2
3
4
5
6
7
12%
3%
2%
1%
5%
20%
30%
27%

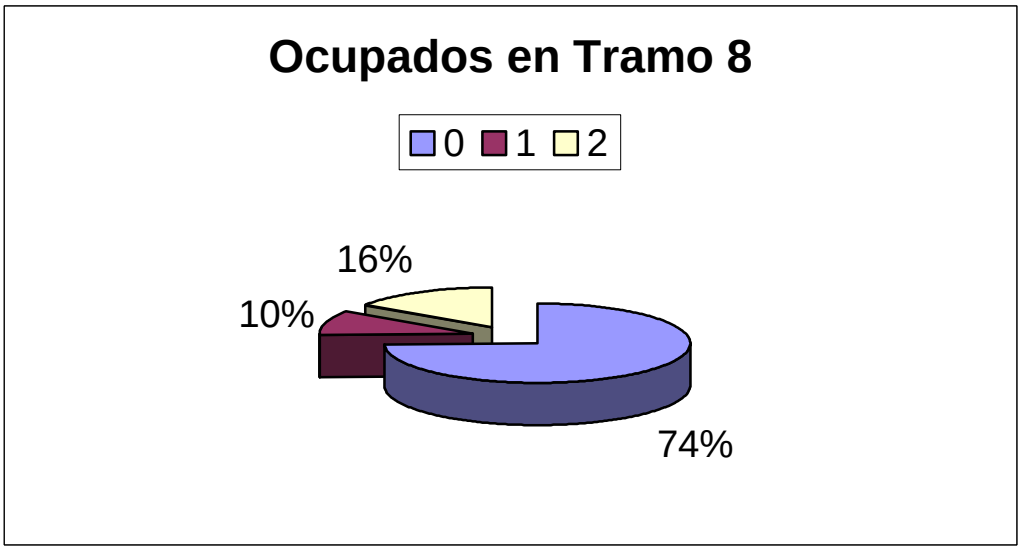

Tramo 5
Value
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo5 (1)
Ocupados en el tramo5 (2)
Ocupados en el tramo5 (3)
Ocupados en el tramo5 (4)
Ocupados en el tramo5 (5)

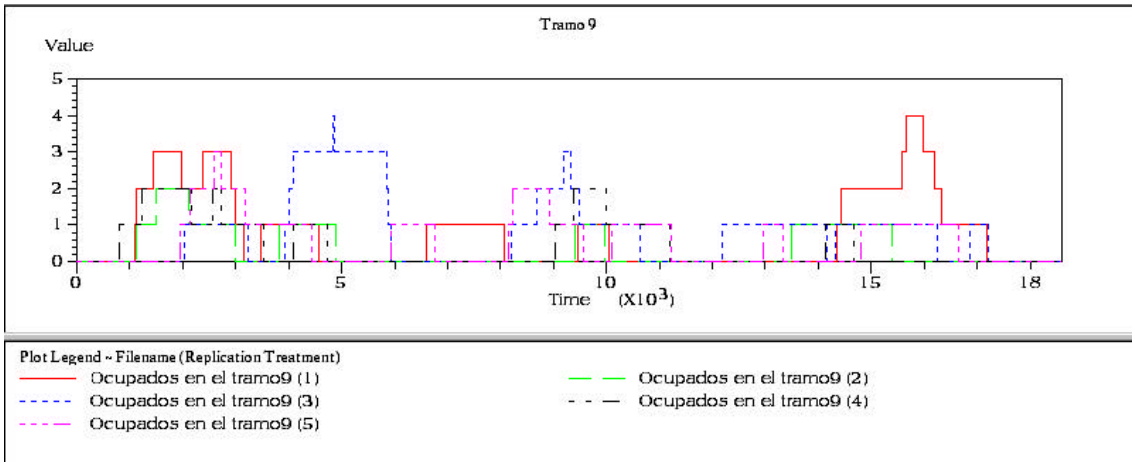

Ocupados en Tramo 5
0
1
12%
88%

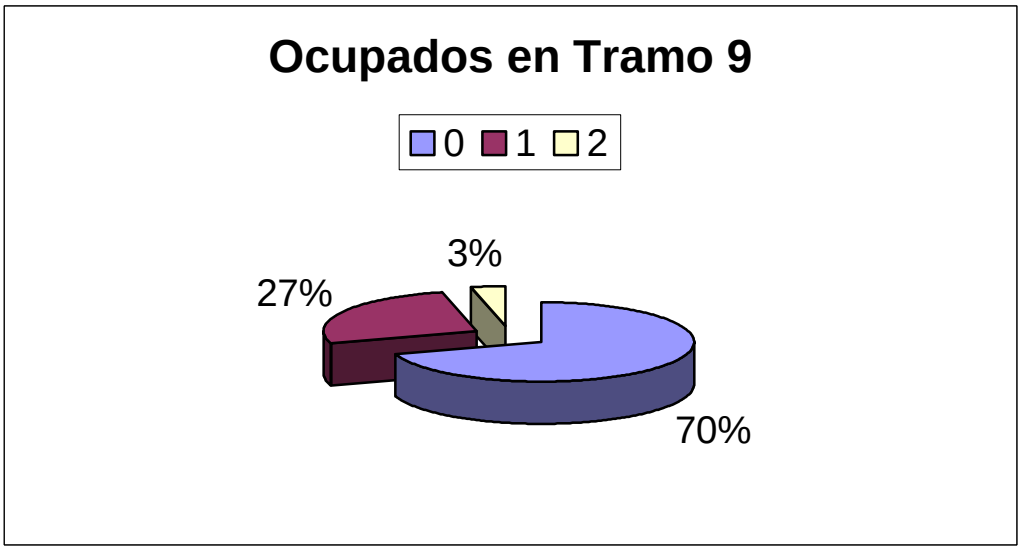

Tramo 6
Value
4
3
2
1
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo6 (1)
Ocupados en el tramo6 (2)
Ocupados en el tramo6 (3)
Ocupados en el tramo6 (4)
Ocupados en el tramo6 (5)

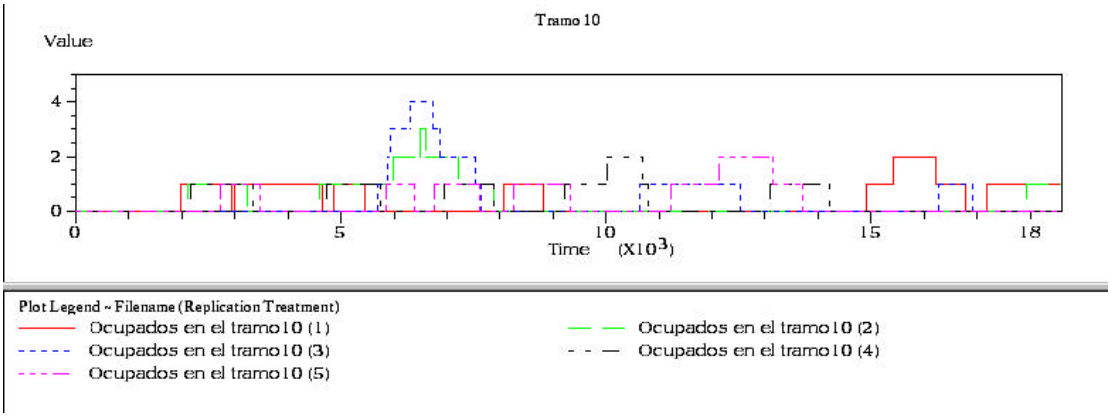

Ocupados en Tramo 6
0
1
2
10%
17%
73%

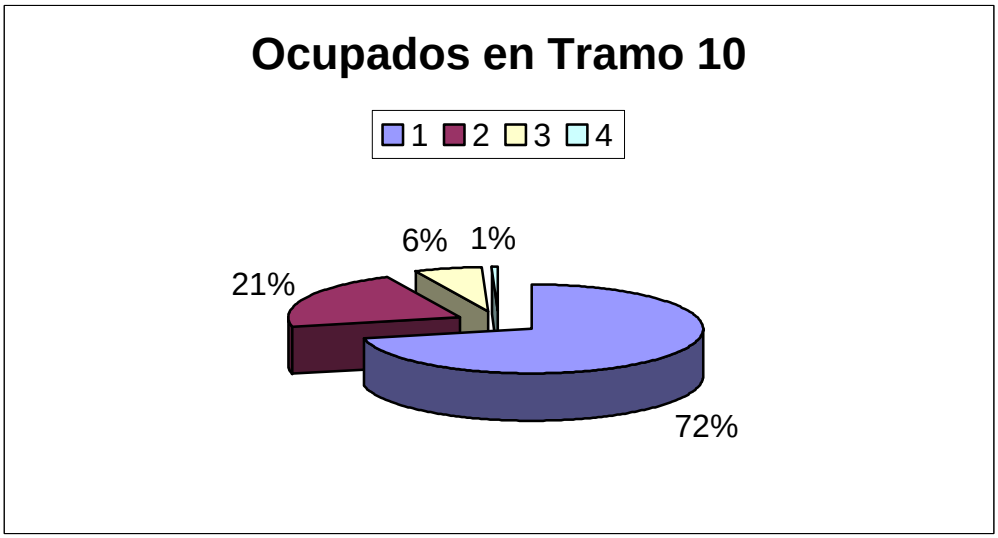

Tramo 8
Value
4
3
2
1
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo8 (1)
Ocupados en el tramo8 (2)
Ocupados en el tramo8 (3)
Ocupados en el tramo8 (4)
Ocupados en el tramo8 (5)

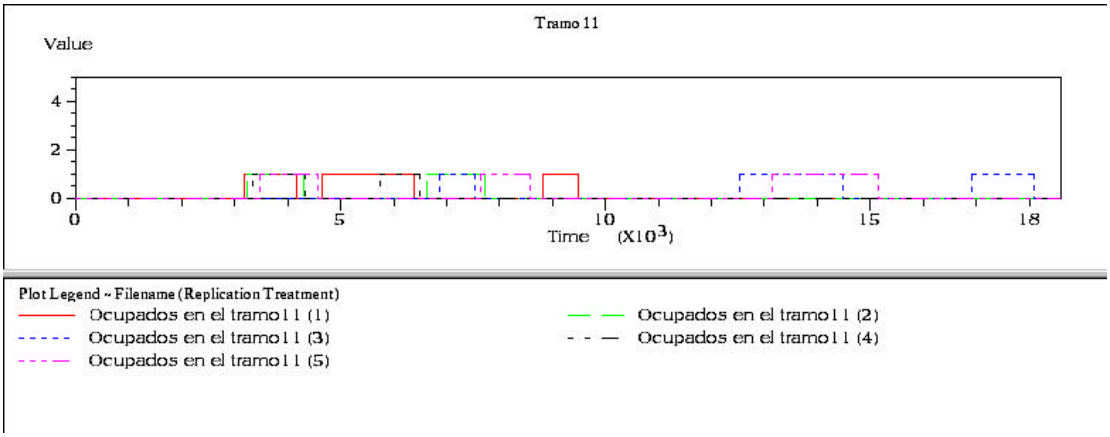

Ocupados en Tramo 8
0
1
2
16%
10%
74%

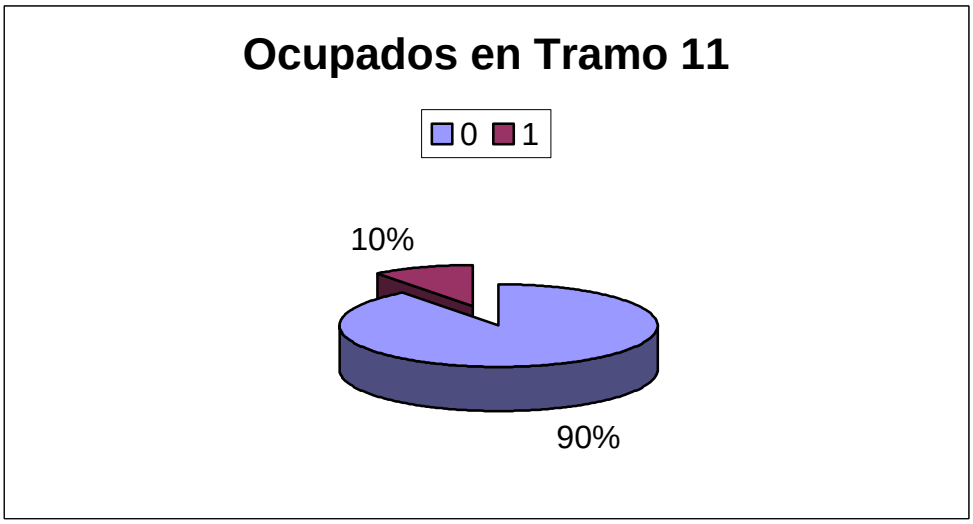

Tramo 9
Value
5
4
3
2
1
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo9 (1)
Ocupados en el tramo9 (2)
Ocupados en el tramo9 (3)
Ocupados en el tramo9 (4)
Ocupados en el tramo9 (5)

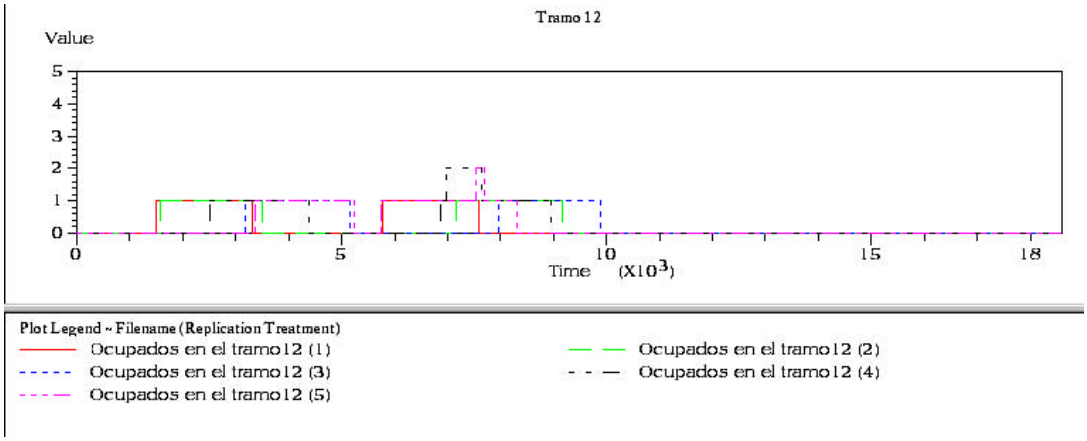

Ocupados en Tramo 9
0
1
2
3%
27%
70%

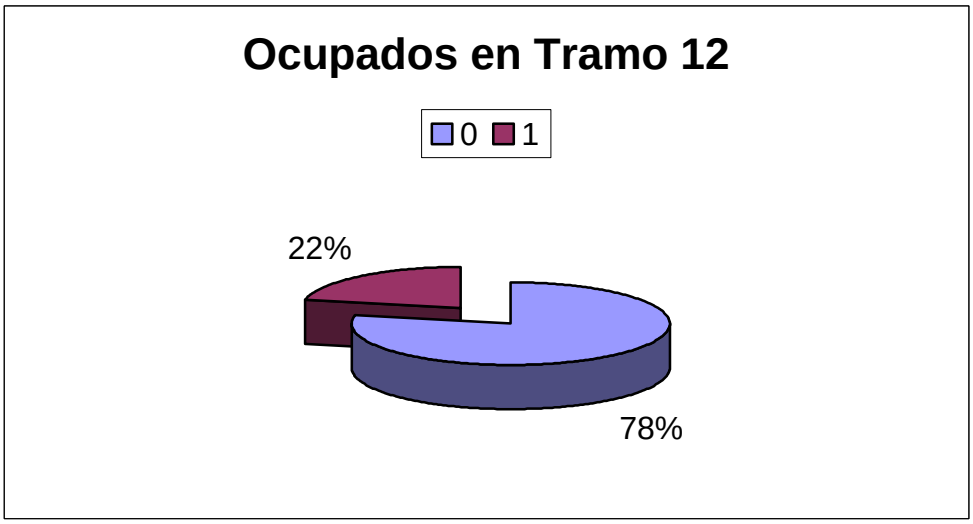

Tramo 10
Value
4
2
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo10 (1)
Ocupados en el tramo10 (2)
Ocupados en el tramo10 (3)
Ocupados en el tramo10 (4)
Ocupados en el tramo10 (5)


Ocupados en Tramo 10
1
2
3
4
6%
1%
21%
72%


Tramo 11
Value
4
2
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo 11 (1)
Ocupados en el tramo 11 (2)
Ocupados en el tramo 11 (3)
Ocupados en el tramo 11 (4)
Ocupados en el tramo 11 (5)


Ocupados en Tramo 11
0
1
10%
90%


Tramo 12
Value
5
4
3
2
1
0
0
5
10
15
18
Time (X10^3)
Plot Legend ~ Filename (Replication Treatment)
Ocupados en el tramo12 (1)
Ocupados en el tramo12 (2)
Ocupados en el tramo12 (3)
Ocupados en el tramo12 (4)
Ocupados en el tramo12 (5)


Ocupados en Tramo 12
0
1
22%
78%

Como se observa el nivel medio de utilización de los aparcamientos es bajo, alcanzando el máximo nivel para pequeños intervalos de tiempos. Una simple observación de la realidad, podría poner en duda la veracidad de estos resultados pues el número de vehículos de mercancías estacionados (furgonetas, camiones,...), es muy superior al que reflejan estos gráficos. Sin embargo una observación más profunda revelará que sólo una pequeña parte de estos vehículos están realmente realizando tareas de carga y descarga de mercancía, utilizando el resto estas zonas como plazas de estacionamiento.

Esto se hace evidente en la utilización de las plazas de aparcamiento, permitidas o no, en la zona del mercado. En ésta, los comerciantes llegan con sus vehículos a una temprana hora de la mañana, no encontrando problemas para estacionar en zona de carga y descarga. Una vez efectuada la descarga, dejan sus vehículos allí estacionados hasta la hora del cierre del comercio. Por esta razón se podrá observa una gran acumulación de vehículos de transporte de mercancías en dichas zonas. Se reflejó en las encuestas que otros muchos comerciantes utilizaban horarios de la tarde o muy temprano por la mañana para realizar la descarga, huyendo así de los horarios habituales.

Se hace evidente el descontento general que existe en la zona, con quejas no solo en lo referente a plazas de carga y descarga, también el mal reparto (con prisas para evitar la multa) incomoda a los comerciantes.

En cuanto a los datos obtenidos, los máximos corresponden a siete vehículos para la zona del Mercado o cuatro para el aparcamiento del tramo 10, todos ellos con frecuencias del uno por ciento. Los máximos para frecuencias iguales o mayores al uno por ciento, descienden hasta los valores de seis y tres respectivamente. Esto hace suponer que las zonas de carga y descarga podrían perfectamente absorber todo el flujo de carga y descarga de mercancías en cada una de las áreas estudiadas, que será objeto de un estudio más detallado en el siguiente punto.

5.5.3 Tiempos en ruta.

Los tiempos en ruta obtenidos en el modelo reflejan los resultados obtenidos mediante el trabajo de campo, a través de las encuestas, más el tiempo necesario en recorrer la calle. Esto puede observarse haciendo la suma de la media del tiempo de descarga de cada sector y la media del tiempo que necesitan los vehículos en recorrerla. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos a través de variables de Arena:

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
sector 1	1.09e+003	70.5	39.1	897	1.23e+003	15
sector 2	3.29e+003	849	470	1.8e+003	4.34e+003	15
sector 3	1.26e+003	396	219	440	1.8e+003	15
sector 5	3.26e+003	366	202	2.69e+003	3.86e+003	15
sector 6	843	94.4	52.3	727	1.04e+003	15
sector 7	105	408	226	0	1.58e+003	15
sector 8	120	207	114	0	514	15
sector 9	1.47e+003	491	272	773	2.4e+003	15
sector 12	1.85e+003	149	82.7	1.48e+003	1.98e+003	15
sector13	599	1.06e+003	586	0	2.81e+003	15
sector 14	363	504	279	0	1.08e+003	15
sector 15	856	59.8	33.1	782	966	15
sector 16	688	492	273	0	1.7e+003	15
sector 18	807	50.7	28.1	720	915	15
otros	39.2	0.745	0.413	37.6	40.2	15
autobuses	131	5.55	3.07	124	145	15
taxis	35	1.43	0.792	32.1	37.3	15
agencia1	2.7e+003	1.23e+003	680	430	5.51e+003	15
agencia 2	231	525	291	0	1.81e+003	15
agencia 4	1.75e+003	655	363	991	3.17e+003	15
agencia 5	4.18e+003	906	502	2.55e+003	5.73e+003	15

Como es de esperar, el tiempo de ruta de agencias es alto por termino medio, debido a las varias tareas de carga y descarga que realizan, sin embargo, la mayor parte de estos pedidos son servidos desde la plaza 2 donde se estaciona el camión para atender a todos los comercios. En sectores como cuchillería, u otros igualmente especializados, el tiempo de ruta es reducido aún tratándose de agencias.

Existen dos tipos de proveedores bien diferenciados. Un primer tipo se caracteriza por un tiempo reducido de estancia, pues realiza una única parada, es el caso de tiendas de mimbres, floristerías o antigüedades.

Un segundo tipo, con tiempo de ruta elevado, se caracteriza por el reparto de mercancías a todos los establecimientos del sector, como son kioscos, cafeterías y pequeña alimentación. El caso de los muebles es bien distinto, pues el tiempo de descarga es elevado debido al tamaño de la mercancía.

6. SIMULACIÓN DE LAS SITUACIONES MODIFICADAS.

6.1 PRIMERA MODIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

6.1.1 Descripción e hipótesis utilizadas:

La primera de las modificaciones a realizar en el modelo actual estará basada en el Plan Especial PERI-C-7 "Encarnación" que fue aprobado definitivamente el 12 de Septiembre de 1.993 por la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla.

6.1.1.1 Antecedentes generales

El solar de la plaza de la Encarnación, objeto de este Proyecto surge tras las demolición en 1972 del Antiguo Mercado de Abastos, como consecuencia de su deterioro.

El citado mercado se traslada de forma provisional a una de las calles situadas en el extremo Noroeste de la plaza, hasta tanto se procediera a la construcción de un nuevo Mercado.

Más tarde se suceden diversas iniciativas encaminadas a sacar adelante el proyecto, con el acuerdo de la Cooperativa de Comerciantes del Mercado de la Encarnación.

El Ayuntamiento de Sevilla concede concesión administrativa a la citada Cooperativa para la construcción del Complejo Comercial.

No obstante y como consecuencia, de las dificultades que se producen para hacer efectivas las cláusulas de la concesión, con el consiguiente retraso en el inicio de las obras, el Ayuntamiento de Sevilla recupera la concesión administrativa.

Posteriormente, se inicia la redacción del proyecto por el Departamento de Proyectos, Obras y Conservación de la Gerencia de Urbanismo.

6.1.1.2 Descripción de la solución adoptada

El Proyecto dispone la construcción de un mercado y aparcamiento subterráneo en el solar de la Plaza de la Encarnación. Asimismo, se contempla las obras de reurbanización del citado solar y su entorno inmediato, acordes con la nueva ordenación del mismo en cuanto a viario, áreas libres e infraestructuras.

Se construiría una nueva plaza arbolada, cuya superficie sería 2,5 veces mayor a la pequeña plaza existente y se implantaría un edificio destinado a equipamiento urbano, en la zona Norte del solar de la Encarnación.

La nueva plaza ocuparía la actual, al ancho del eje Laraña-Imagen y parte del solar actual, de frente y en continuidad con el edificio del mercado. El aumento de las dimensiones de la Plaza –isleta central es aprovechada para reordenar el tráfico, sentido de circulación y paradas de autobús.

El edificio de equipamiento situado en el sector Norte se destina fundamentalmente a mercados y centro comercial. Se pretende con ello revitalizar el eje de comercio tradicional Norte-Sur (Puente y Pellón-Feria)

Se hace verdadero hincapié en resolver el problema de estacionamiento de vehículos con los criterios de mejora de la calidad ambiental (recuperando espacios actualmente utilizados para estacionar), facilitar el tráfico peatonal ,cubrir la demanda de estacionamiento por parte de residentes fuera de la vía pública, así como favorecer el acceso a los lugares más atractivos con medios colectivos de transporte.

El estacionamiento en la vía pública se limitaría en algunas zonas mediante la peatonalización y dejando otras para carga/descarga. Se liberarían así las zonas limítrofes al actual mercado y el tramo entre Imagen y C/ Alcázares.

La zona de C/ Jose Luis Luque y la calle Regina se dejaría únicamente para C/D.

El tramo de C/Laraña quedaría prácticamente exclusivo para el transporte público en horas laborables y el de Imagen muy reducido: salidas del parking y para acceder al mismo por la entrada situada en el margen oeste del edificio

.La segunda entrada se situaría en la plazoleta existente entre Regina y Gestoso. Las salidas se organizan a C/Imagen con salida rápida hacia Puerta Osario.

Las mercancías del centro comercial tienen el mismo sistema de accesos, mientras que las del mercado lo hacen por la rampa de entrada próxima a Imagen y tienen una salida independiente por la calle del lado Este del Edificio.

6.1.2 Modificaciones en el Modelo:

Así pues, considerando los aspectos del Plan de Urbanismo, se ha procedido a la simulación de la nueva situación, cuya distribución en planta se muestra, y que supone ciertos cambios radicales, como son:

Los cruces se reducen a los de las cuatro esquinas de la única plaza y a los propios de entrada y salida del parking.

Al eliminar el tráfico por la plaza 2, se desplazan las líneas terminales de autobuses fuera de la zona, dejando únicamente dos paradas en el eje Laraña-Imagen. Se evita así la invasión del carril opuesto en los giros que realizan actualmente. Para el cálculo del flujo de turismos que acceden a la zona por Imagen no se tiene datos. Se ha estimado en base a la demanda de plazas en el aparcamiento y se han añadido un porcentaje de residentes que pueden tener salida por Alcázares o Laraña.

Sólo se permite cruzar a Laraña a los vehículos de paso, autobuses y a los residentes, quedando restringido el paso al resto de vehículos privados.

En lo referente a aparcamientos, se mantienen los de la C/Regina y laterales de la plaza. Los proveedores del Mercado y algunos de la zona Sur del solar, dispondrán del parking en exclusiva para sus labores de carga y descarga. El recorrido está especificado en el punto anterior. Como hipótesis, se ha considerado una segunda zona de parking para carga y descarga al que accederán los proveedores de Puente y Pellón y resto de comercios colindantes.

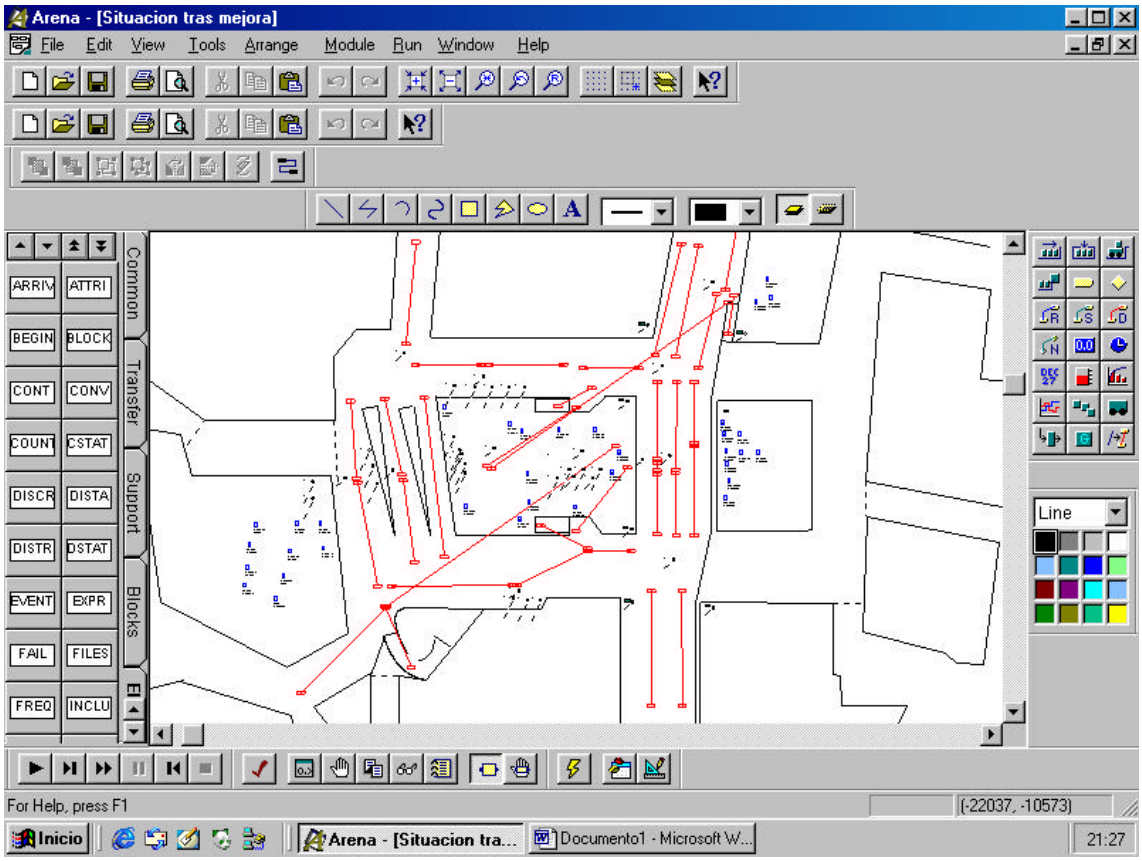


Fig. Plano de la primera mejora.

6.1.3 Resultados:

A continuación se presenta el informe de simulación del presente modelo:

```
Proyecto: Transporte de mercancias en la Encarnacion.
 Analista: Raquel Arnaud Garrido.
 Fecha de la ejecucion: 0.000000

 Informe de la ejecucion numero 3 de 15 ejecuciones.
 Ejecucion realizada para 18600 segundos.
```

Numero de vehiculos que han pasado en media hora por cada punto de medida

Identifier	Count	Limit
s1 de 09.00 a 09.30	94	Infinite
s1 de 09.30 a 10.00	108	Infinite
s1 de 10.00 a 10.30	98	Infinite
s1 de 10.30 a 11.00	123	Infinite
s1 de 11.00 a 11.30	107	Infinite
s1 de 11.30 a 12.00	91	Infinite
s1 de 12.00 a 12.30	70	Infinite
s1 de 12.30 a 13.00	84	Infinite
s1 de 13.00 a 13.30	70	Infinite
s1 de 13.30 a 14.00	63	Infinite
s10 de 09.00 a 09.30	36	Infinite
s10 de 09.30 a 10.00	35	Infinite
s10 de 10.00 a 10.30	44	Infinite
s10 de 10.30 a 11.00	46	Infinite
s10 de 11.00 a 11.30	55	Infinite
s10 de 11.30 a 12.00	31	Infinite
s10 de 12.00 a 12.30	41	Infinite
s10 de 12.30 a 13.00	46	Infinite
s10 de 13.00 a 13.30	18	Infinite
s10 de 13.30 a 14.00	25	Infinite
s11 de 09.00 a 09.30	180	Infinite
s11 de 09.30 a 10.00	183	Infinite
s11 de 10.00 a 10.30	193	Infinite
s11 de 10.30 a 11.00	211	Infinite
s11 de 11.00 a 11.30	205	Infinite
s11 de 11.30 a 12.00	175	Infinite
s11 de 12.00 a 12.30	169	Infinite
s11 de 12.30 a 13.00	135	Infinite
s11 de 13.00 a 13.30	205	Infinite
s11 de 13.30 a 14.00	138	Infinite
s12 de 09.00 a 09.30	4	Infinite
s12 de 09.30 a 10.00	7	Infinite
s12 de 10.00 a 10.30	5	Infinite
s12 de 10.30 a 11.00	10	Infinite
s12 de 11.00 a 11.30	13	Infinite
s12 de 11.30 a 12.00	23	Infinite
s12 de 12.00 a 12.30	15	Infinite
s12 de 12.30 a 13.00	9	Infinite
s12 de 13.00 a 13.30	8	Infinite
s12 de 13.30 a 14.00	8	Infinite
s2 de 09.00 a 09.30	171	Infinite
s2 de 09.30 a 10.00	166	Infinite
s2 de 10.00 a 10.30	171	Infinite
s2 de 10.30 a 11.00	181	Infinite
s2 de 11.00 a 11.30	182	Infinite
s2 de 11.30 a 12.00	155	Infinite
s2 de 12.00 a 12.30	149	Infinite
s2 de 12.30 a 13.00	112	Infinite

s2 de 13.00 a 13.30	192	Infinite
s2 de 13.30 a 14.00	123	Infinite
s3 de 09.00 a 09.30	180	Infinite
s3 de 09.30 a 10.00	183	Infinite
s3 de 10.00 a 10.30	193	Infinite
s3 de 10.30 a 11.00	207	Infinite
s3 de 11.00 a 11.30	209	Infinite
s3 de 11.30 a 12.00	175	Infinite
s3 de 12.00 a 12.30	168	Infinite
s3 de 12.30 a 13.00	135	Infinite
s3 de 13.00 a 13.30	204	Infinite
s3 de 13.30 a 14.00	140	Infinite
s4 de 09.00 a 09.30	96	Infinite
s4 de 09.30 a 10.00	81	Infinite
s4 de 10.00 a 10.30	97	Infinite
s4 de 10.30 a 11.00	84	Infinite
s4 de 11.00 a 11.30	78	Infinite
s4 de 11.30 a 12.00	62	Infinite
s4 de 12.00 a 12.30	73	Infinite
s4 de 12.30 a 13.00	78	Infinite
s4 de 13.00 a 13.30	63	Infinite
s4 de 13.30 a 14.00	60	Infinite
s5 de 09.00 a 09.30	23	Infinite
s5 de 09.30 a 10.00	16	Infinite
s5 de 10.00 a 10.30	22	Infinite
s5 de 10.30 a 11.00	23	Infinite
s5 de 11.00 a 11.30	18	Infinite
s5 de 11.30 a 12.00	8	Infinite
s5 de 12.00 a 12.30	20	Infinite
s5 de 12.30 a 13.00	16	Infinite
s5 de 13.00 a 13.30	13	Infinite
s5 de 13.30 a 14.00	11	Infinite
s6 de 09.00 a 09.30	26	Infinite
s6 de 09.30 a 10.00	29	Infinite
s6 de 10.00 a 10.30	30	Infinite
s6 de 10.30 a 11.00	34	Infinite
s6 de 11.00 a 11.30	43	Infinite
s6 de 11.30 a 12.00	25	Infinite
s6 de 12.00 a 12.30	40	Infinite
s6 de 12.30 a 13.00	36	Infinite
s6 de 13.00 a 13.30	13	Infinite
s6 de 13.30 a 14.00	21	Infinite
s7 de 09.00 a 09.30	70	Infinite
s7 de 09.30 a 10.00	55	Infinite
s7 de 10.00 a 10.30	64	Infinite
s7 de 10.30 a 11.00	61	Infinite
s7 de 11.00 a 11.30	63	Infinite
s7 de 11.30 a 12.00	43	Infinite
s7 de 12.00 a 12.30	63	Infinite
s7 de 12.30 a 13.00	61	Infinite
s7 de 13.00 a 13.30	42	Infinite
s7 de 13.30 a 14.00	47	Infinite
s8 de 09.00 a 09.30	3	Infinite
s8 de 09.30 a 10.00	2	Infinite
s8 de 10.00 a 10.30	6	Infinite
s8 de 10.30 a 11.00	13	Infinite
s8 de 11.00 a 11.30	11	Infinite
s8 de 11.30 a 12.00	13	Infinite
s8 de 12.00 a 12.30	14	Infinite
s8 de 12.30 a 13.00	9	Infinite
s8 de 13.00 a 13.30	6	Infinite
s8 de 13.30 a 14.00	8	Infinite
s9 de 09.00 a 09.30	18	Infinite
s9 de 09.30 a 10.00	19	Infinite
s9 de 10.00 a 10.30	27	Infinite
s9 de 10.30 a 11.00	36	Infinite
s9 de 11.00 a 11.30	29	Infinite
s9 de 11.30 a 12.00	28	Infinite

s9 de 12.00 a 12.30	22	Infinite
s9 de 12.30 a 13.00	25	Infinite
s9 de 13.00 a 13.30	16	Infinite
s9 de 13.30 a 14.00	14	Infinite

Numero de vehiculos en cada tramo

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Vehiculos en el tramo1	.25612	.02445	.00000	5.0000	1.0000
Vehiculos en el tramo13	.70319	(Corr)	.00000	6.0000	.00000
Vehiculos en el tramo14	1.1282	.08359	.00000	7.0000	.00000
Vehiculos en el tramo2	.03884	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Vehiculos en el tramo5	.40083	.06586	.00000	6.0000	.00000
Vehiculos en el tramo6	.01111	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Vehiculos en el tramo7	.03306	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000

Numero de aparcamientos ocupados en cada uno de los tramos

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Ocupados en el tramo1	.30065	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo2	.11038	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo5	.72883	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Ocupados en el tramo6	.63713	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Ocupados en el tramo7	2.4693	(Insuf)	.00000	8.0000	3.0000

Frecuencia de ocupacion de los aparcamientos

Restricted Identifier	Category	--Occurrences-- Number	AvgTime	Percent	Standard Percent
Aparcamientos tramo1	cero	5	2517.6	69.94	69.94
	uno	5	1082.3	30.06	30.06
Aparcamientos tramo2	cero	2	8006.6	88.96	88.96
	uno	2	993.37	11.04	11.04
Aparcamientos tramo5	cero	5	1699.4	47.21	47.21
	uno	10	613.04	34.06	34.06
	dos	6	521.29	17.38	17.38
	tres	1	244.31	1.36	1.36
Aparcamientos tramo6	cero	4	2428.2	53.96	53.96
	uno	6	946.36	31.55	31.55
	dos	4	509.09	11.31	11.31
	tres	2	286.23	3.18	3.18
Aparcamientos tramo7	cero	2	1753.6	19.48	19.48
	uno	4	1067.8	23.73	23.73
	dos	6	206.41	6.88	6.88
	tres	8	364.31	16.19	16.19
	cuatro	8	355.60	15.80	15.80
	cinco	9	234.01	11.70	11.70
	seis	7	117.30	4.56	4.56
	siete	3	83.697	1.39	1.39
	ocho	1	45.178	0.25	0.25

Tiempo que emplea en el recorrido

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
agencia 1	20.493	(Insuf)	20.466	20.520	2
agencia 2	--	--	--	--	0
agencia 3	--	--	--	--	0
agencia 4	1355.3	(Insuf)	741.42	2119.0	3
agencia 5	1312.2	(Insuf)	1312.2	1312.2	1
autobus	47.638	(Corr)	10.888	279.59	368
otros	28.517	1.3999	5.2500	129.69	2174
sector 1	1131.3	(Insuf)	1000.3	1283.3	5
sector 12	2025.5	(Insuf)	1883.3	2128.4	8
sector 13	1559.4	(Insuf)	1559.4	1559.4	1
sector 14	--	--	--	--	0
sector 15	893.85	(Insuf)	893.85	893.85	1
sector 16	1943.7	(Insuf)	1943.7	1943.7	1
sector 18	849.03	(Insuf)	575.28	1052.3	13
sector 2	4409.6	(Insuf)	3787.8	4781.1	3
sector 3	1348.1	(Insuf)	1348.1	1348.1	1
sector 5	2462.8	(Insuf)	1033.8	5508.2	4
sector 6	831.86	(Insuf)	438.98	1470.0	3
sector 7	--	--	--	--	0
sector 8	--	--	--	--	0
sector 9	1261.2	(Insuf)	943.73	1578.8	2
taxis	30.075	1.6301	10.888	151.72	1005

Tras 15 simulaciones se han observado los siguientes aspectos de interés:

- El flujo en la zona se ve reducido aproximadamente un 50%, cumpliendo con uno de los objetivos de los planes urbanísticos para el centro de Sevilla.
- Las zonas de carga y descarga de la zona se ven claramente desahogadas, en particular en la zona norte de la Plaza 1,que descarga a Regina y José Gestoso. Esto podría contribuir a cambio de hábitos de los comercios a la hora de hacer sus pedidos.
- Comercios como los de la parte peatonal de Regina, C/Jerónimo y colindantes, no presentes en la situación actual del modelo, podrían cubrir su demanda con aparcamientos de la zona.
- El tiempo de permanencia de los autobuses en la zona se reduce considerablemente, sin embargo, hay que tener en cuenta los

posibles problemas que el traslado de las terminales a otros puntos podría ocasionar.

La frecuencia de ocupación de aparcamientos es la siguiente:

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Tramo 1						
cero	81.7	5.21	2.89	69.9	88.8	15
uno	16.1	6.4	3.54	6.59	30.1	15
dos	2.15	2.12	1.18	0	5.48	15
Tramo 2						
cero	75.5	6.87	3.81	62.2	89	15
uno	21	7.41	4.1	11	33	15
dos	2.94	2.95	1.63	0	9.89	15
tres	0.489	1.36	0.754	0	5.22	15
Tramo 5						
cero	46.7	7.71	4.27	34.7	58.7	15
uno	34.6	10.2	5.65	18.4	50.9	15
dos	14.2	7.77	4.3	3.32	35.3	15
tres	4.55	3.77	2.09	0.42	12.3	15
Tramo 6						
cero	58.4	6.11	3.38	50.4	70.4	15
uno	24.7	10.1	5.57	4.8	37.7	15
dos	12.6	4.64	2.57	4.75	17.9	15
tres	3.93	2.74	1.52	0	8.71	15
cuatro	0.376	0.744	0.412	0	2.67	15
Tramo 7						
cero	10.4	4.11	2.28	5.15	19.5	15
uno	20.1	7.87	4.36	6.33	33.4	15
dos	24.4	8.05	4.46	6.88	37.4	15
tres	20.8	8.51	4.71	5.19	42.8	15
cuatro	14.7	5.78	3.2	6.74	27.8	15
cinco	7.07	2.61	1.44	2.15	11.7	15
seis	1.83	1.5	0.83	0	4.56	15
siete	0.612	0.996	0.551	0	2.8	15
ocho	0.177	0.494	0.274	0	1.89	15

Los nuevos resultados de tiempos de ruta son:

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
sector 1	1.14e+003	63.9	35.4	945	1.21e+003	15
sector 2	3.81e+003	773	428	2.74e+003	4.84e+003	15
sector 3	1.31e+003	98.5	54.5	1.09e+003	1.49e+003	15
sector 5	2.65e+003	306	169	2.21e+003	3.25e+003	15
sector 6	893	112	62.3	642	1.07e+003	15
sector 7	104	401	222	0	1.55e+003	15
sector 8	113	234	130	0	612	15
sector 9	1.35e+003	167	92.7	1.03e+003	1.56e+003	15
sector 12	1.98e+003	100	55.5	1.72e+003	2.05e+003	15
sector13	322	667	369	0	1.68e+003	15
sector 14	641	543	301	0	1.13e+003	15
sector 15	865	123	68	597	1.03e+003	15
sector 16	1.1e+003	816	452	0	1.94e+003	15
sector 18	817	40.2	22.3	725	886	15
agencia1	425	448	248	20.5	991	15
agencia 2	9.47	21.6	11.9	0	72	15
agencia 4	1.22e+003	195	108	897	1.54e+003	15
agencia 5	1.97e+003	650	360	522	3.13e+003	15
autobuses	50.9	4.49	2.49	42.9	60.3	15
otros	28.8	0.675	0.374	27.8	30.4	15
taxis	30.3	0.908	0.503	29.3	32.9	15

NOTA: El análisis de estos resultados se realizará en conjunto en el siguiente capítulo de ANÁLISIS DE RESULTADOS.

6.2 SEGUNDA MODIFICACIÓN AL MODELO ACTUAL.

Esta última modificación está basada en el Proyecto de Reordenación Urbanística para la Encarnación , de reciente aprobación.

El proyecto trata de poner punto final a la situación que se originó como consecuencia de la demolición del Mercado de la Encarnación en el año 1973. Este hecho motivado por el pésimo estado del edificio original, ha llevado aparejadas con el transcurso de los años otra serie de secuelas a las que se intenta poner fin ahora. El vacío preexistente ha dificultado la conexión urbana y funcional entre las zonas comerciales de las calles Puente y Pellón y calle Regina. Asimismo la inexistencia de un Mercado de Abastos moderno y convenientemente dotado en cuanto a servicios y plazas de aparcamiento no ha contribuido a equilibrar la demanda comercial, inclinándose esta a otros sectores del casco en los que la presencia de Grandes Almacenes tenían un peso fundamental.

Se proyecta la construcción de un aparcamiento subterráneo en los sótanos -2 y -3 y de un mercado de abastos en el 1er. sótano. Todo ello, cumpliendo con las determinaciones del Planeamiento vigente.(PERI C-7).

El aparcamiento subterráneo se proyecta intentando segregar los distintos tipos de tráfico, de forma que éstos se encaucen con la máxima antelación. Así, la entrada y salida de vehículos particulares se produce a través del carril exclusivo que comienza en la esquina de la calle Imagen con la de Sor Angela de la Cruz.

El acceso y salida de vehículos de carga y descarga al mercado se prevé a través de rampas existentes en los lados Este y Oeste del solar, que conducen al 1er. sótano donde se sitúan los muelles proyectados con ese fin.

En total se proyectan 430 plazas de aparcamiento para coches y 40 para motocicletas, cifra que se sitúa entre los topes que el Plan Especial fija (350-600 plazas), con ello se asegura que el mismo absorba la oferta del aparcamiento en superficie anteriormente existente y la de parte del viario próximo. Las calles de circulación serán de sentido único y se proyectan senderos peatonales señalizados.

El mercado de abastos se organiza en base a una retícula de 8x10 m. En ella se localiza el vestíbulo principal en el extremo Sur, con un espacio de doble altura en el que se sitúan las rampas mecánicas. Desde él parten 3 calles longitudinales que albergan junto con el propio vestíbulo los 60 módulos del mercado.

En la planta de superficie se proyecta la construcción de una plaza ajardinada, con independencia de la posibilidad en el futuro de construir el edificio comercial contemplado en el Plan Especial.

La zona de c/ José Luis Luque se dejaría exclusivamente para carga y descarga y la de c/ Regina con uso alternativo.

En cuanto a los accesos al aparcamiento se proyectan, como se ha indicado, dos independientes, uno por c/ Imagen, encauzado desde la esquina de c/ Sor Ángela de la Cruz; y otro, de uso preferente, para vehículos de suministro al mercado, por el lindero Este del solar. La salida de vehículos particulares se produce directamente a c/ Imagen, con lo cual el perímetro de la plaza se libera del paso de estos automóviles, mientras que la de los vehículos comerciales se hace a través del lindero Oeste del solar.

A título orientativo, el TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA, será de 22.028,6 m^2

Con todo lo expuesto, se entiende que la formación de colas en horas punta de acceso o salida del aparcamiento, afectaría en menor medida al funcionamiento del tráfico en la zona.

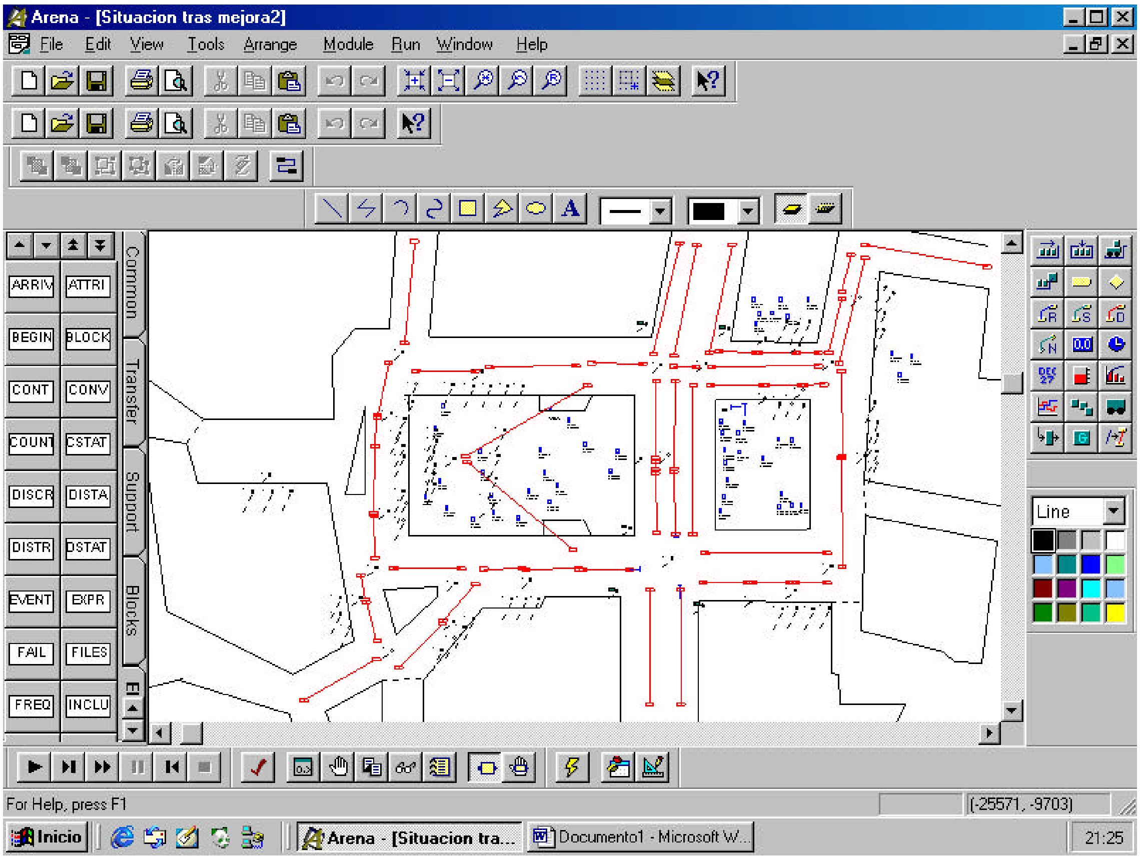


Fig. Plano de la mejora 2

6.2.1 Resultados:

A continuación se presenta el informe de simulación del presente modelo:

```
Proyecto: Transporte de mercancias en la Encarnacion.
 Analista: Raquel Arnaud Garrido.
 Fecha de la ejecucion: 0.000000

 Informe de la ejecucion numero 12 de 15 ejecuciones.
 Ejecucion realizada para 18600 segundos.


   Numero de vehiculos que han pasado en media hora por cada punto de medida
```

Identifier	Count	Limit
s1 de 09.00 a 09.30	106	Infinite
s1 de 09.30 a 10.00	122	Infinite
s1 de 10.00 a 10.30	118	Infinite

s1 de 10.30 a 11.00	130	Infinite
s1 de 11.00 a 11.30	132	Infinite
s1 de 11.30 a 12.00	101	Infinite
s1 de 12.00 a 12.30	109	Infinite
s1 de 12.30 a 13.00	102	Infinite
s1 de 13.00 a 13.30	108	Infinite
s1 de 13.30 a 14.00	78	Infinite
s10 de 09.00 a 09.30	34	Infinite
s10 de 09.30 a 10.00	34	Infinite
s10 de 10.00 a 10.30	32	Infinite
s10 de 10.30 a 11.00	41	Infinite
s10 de 11.00 a 11.30	46	Infinite
s10 de 11.30 a 12.00	36	Infinite
s10 de 12.00 a 12.30	48	Infinite
s10 de 12.30 a 13.00	52	Infinite
s10 de 13.00 a 13.30	23	Infinite
s10 de 13.30 a 14.00	25	Infinite
s11 de 09.00 a 09.30	88	Infinite
s11 de 09.30 a 10.00	75	Infinite
s11 de 10.00 a 10.30	72	Infinite
s11 de 10.30 a 11.00	96	Infinite
s11 de 11.00 a 11.30	127	Infinite
s11 de 11.30 a 12.00	84	Infinite
s11 de 12.00 a 12.30	91	Infinite
s11 de 12.30 a 13.00	112	Infinite
s11 de 13.00 a 13.30	105	Infinite
s11 de 13.30 a 14.00	60	Infinite
s12 de 09.00 a 09.30	5	Infinite
s12 de 09.30 a 10.00	5	Infinite
s12 de 10.00 a 10.30	13	Infinite
s12 de 10.30 a 11.00	12	Infinite
s12 de 11.00 a 11.30	25	Infinite
s12 de 11.30 a 12.00	15	Infinite
s12 de 12.00 a 12.30	16	Infinite
s12 de 12.30 a 13.00	19	Infinite
s12 de 13.00 a 13.30	13	Infinite
s12 de 13.30 a 14.00	13	Infinite
s2 de 09.00 a 09.30	81	Infinite
s2 de 09.30 a 10.00	83	Infinite
s2 de 10.00 a 10.30	56	Infinite
s2 de 10.30 a 11.00	70	Infinite
s2 de 11.00 a 11.30	110	Infinite
s2 de 11.30 a 12.00	81	Infinite
s2 de 12.00 a 12.30	84	Infinite
s2 de 12.30 a 13.00	97	Infinite
s2 de 13.00 a 13.30	118	Infinite
s2 de 13.30 a 14.00	67	Infinite
s3 de 09.00 a 09.30	146	Infinite
s3 de 09.30 a 10.00	125	Infinite
s3 de 10.00 a 10.30	100	Infinite
s3 de 10.30 a 11.00	143	Infinite
s3 de 11.00 a 11.30	172	Infinite
s3 de 11.30 a 12.00	142	Infinite
s3 de 12.00 a 12.30	151	Infinite
s3 de 12.30 a 13.00	168	Infinite
s3 de 13.00 a 13.30	169	Infinite
s3 de 13.30 a 14.00	105	Infinite
s4 de 09.00 a 09.30	76	Infinite
s4 de 09.30 a 10.00	71	Infinite
s4 de 10.00 a 10.30	61	Infinite
s4 de 10.30 a 11.00	77	Infinite
s4 de 11.00 a 11.30	64	Infinite
s4 de 11.30 a 12.00	64	Infinite
s4 de 12.00 a 12.30	62	Infinite
s4 de 12.30 a 13.00	60	Infinite
s4 de 13.00 a 13.30	70	Infinite
s4 de 13.30 a 14.00	51	Infinite
s41 de 09.00 a 09.30	69	Infinite

s41 de 09.30 a 10.00	67	Infinite
s41 de 10.00 a 10.30	71	Infinite
s41 de 10.30 a 11.00	79	Infinite
s41 de 11.00 a 11.30	74	Infinite
s41 de 11.30 a 12.00	51	Infinite
s41 de 12.00 a 12.30	57	Infinite
s41 de 12.30 a 13.00	56	Infinite
s41 de 13.00 a 13.30	57	Infinite
s41 de 13.30 a 14.00	41	Infinite
s5 de 09.00 a 09.30	9	Infinite
s5 de 09.30 a 10.00	13	Infinite
s5 de 10.00 a 10.30	10	Infinite
s5 de 10.30 a 11.00	6	Infinite
s5 de 11.00 a 11.30	16	Infinite
s5 de 11.30 a 12.00	7	Infinite
s5 de 12.00 a 12.30	10	Infinite
s5 de 12.30 a 13.00	6	Infinite
s5 de 13.00 a 13.30	15	Infinite
s5 de 13.30 a 14.00	11	Infinite
s6 de 09.00 a 09.30	41	Infinite
s6 de 09.30 a 10.00	45	Infinite
s6 de 10.00 a 10.30	45	Infinite
s6 de 10.30 a 11.00	53	Infinite
s6 de 11.00 a 11.30	64	Infinite
s6 de 11.30 a 12.00	45	Infinite
s6 de 12.00 a 12.30	58	Infinite
s6 de 12.30 a 13.00	65	Infinite
s6 de 13.00 a 13.30	29	Infinite
s6 de 13.30 a 14.00	29	Infinite
s7 de 09.00 a 09.30	21	Infinite
s7 de 09.30 a 10.00	25	Infinite
s7 de 10.00 a 10.30	31	Infinite
s7 de 10.30 a 11.00	22	Infinite
s7 de 11.00 a 11.30	34	Infinite
s7 de 11.30 a 12.00	20	Infinite
s7 de 12.00 a 12.30	20	Infinite
s7 de 12.30 a 13.00	24	Infinite
s7 de 13.00 a 13.30	24	Infinite
s7 de 13.30 a 14.00	17	Infinite
s8 de 09.00 a 09.30	80	Infinite
s8 de 09.30 a 10.00	83	Infinite
s8 de 10.00 a 10.30	36	Infinite
s8 de 10.30 a 11.00	60	Infinite
s8 de 11.00 a 11.30	64	Infinite
s8 de 11.30 a 12.00	71	Infinite
s8 de 12.00 a 12.30	76	Infinite
s8 de 12.30 a 13.00	84	Infinite
s8 de 13.00 a 13.30	84	Infinite
s8 de 13.30 a 14.00	65	Infinite
s9 de 09.00 a 09.30	82	Infinite
s9 de 09.30 a 10.00	89	Infinite
s9 de 10.00 a 10.30	50	Infinite
s9 de 10.30 a 11.00	71	Infinite
s9 de 11.00 a 11.30	88	Infinite
s9 de 11.30 a 12.00	89	Infinite
s9 de 12.00 a 12.30	93	Infinite
s9 de 12.30 a 13.00	99	Infinite
s9 de 13.00 a 13.30	100	Infinite
s9 de 13.30 a 14.00	77	Infinite

Numero de vehiculos en cada tramo

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Vehiculos en el tramo1	.10912	.01389	.00000	3.0000	.00000
Vehiculos en el tramo1	.27316	(Corr)	.00000	5.0000	.00000
Vehiculos en el tramo1	1.2847	(Corr)	.00000	8.0000	.00000
Vehiculos en el tramo1	.05750	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Vehiculos en el tramo1	.90500	.09698	.00000	6.0000	.00000
Vehiculos en el tramo1	.77357	.09964	.00000	7.0000	.00000
Vehiculos en el tramo2	.06768	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Vehiculos en el tramo4	.02850	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Vehiculos en el tramo5	.00630	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Vehiculos en el tramo6	.17304	.02080	.00000	4.0000	.00000
Vehiculos en el tramo7	.02126	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Vehiculos en el tramo8	.70491	.08274	.00000	5.0000	1.0000
Vehiculos en el tramo9	.78852	.14418	.00000	6.0000	2.0000

Numero de aparcamientos ocupados en cada uno de los tramos

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Ocupados en el tramo1	.52545	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Ocupados en el tramo10	.23954	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo11	.09772	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ocupados en el tramo12	.25983	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Ocupados en el tramo2	.56635	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Ocupados en el tramo4	1.2859	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Ocupados en el tramo5	.24865	(Insuf)	.00000	2.0000	1.0000
Ocupados en el tramo6	.68190	(Insuf)	.00000	3.0000	1.0000
Ocupados en el tramo8	.75829	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Ocupados en el tramo9	.42591	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000

Frecuencia de ocupacion de los aparcamientos

Restricted Identifier	Category	--Occurrences-- Number	AvgTime	Standard Percent	Percent
Aparcamientos tramo1	cero	5	1934.6	53.74	53.74
	uno	8	899.43	39.97	39.97
	dos	3	377.10	6.29	6.29
Aparcamientos tramo10	cero	7	1955.4	76.05	76.05
	uno	6	718.62	23.95	23.95
Aparcamientos tramo11	cero	2	8120.5	90.23	90.23
	uno	2	879.46	9.77	9.77
Aparcamientos tramo12	cero	2	7061.4	78.46	78.46
	uno	3	1025.8	17.10	17.10
	dos	1	799.71	4.44	4.44
Aparcamientos tramo2	cero	5	2094.7	58.19	58.19
	uno	10	486.80	27.04	27.04
	dos	6	441.28	14.71	14.71
	tres	1	10.283	0.06	0.06
Aparcamientos tramo4	cero	9	654.02	32.70	32.70
	uno	17	331.18	31.28	31.28
	dos	15	221.76	18.48	18.48
	tres	11	179.37	10.96	10.96

	cuatro	7	139.39	5.42	5.42
	cinco	2	104.16	1.16	1.16
Aparcamientos tramo5	cero	2	6798.2	75.54	75.54
	uno	4	1082.8	24.06	24.06
	dos	1	72.215	0.40	0.40
Aparcamientos tramo6	cero	4	2152.1	47.83	47.83
	uno	8	877.46	39.00	39.00
	dos	5	372.06	10.34	10.34
	tres	1	511.25	2.84	2.84
Aparcamientos tramo8	cero	3	2563.8	42.73	42.73
	uno	6	1270.6	42.35	42.35
	dos	4	507.26	11.27	11.27
	tres	1	655.83	3.64	3.64
Aparcamientos tramo9	cero	5	2222.4	61.73	61.73
	uno	6	1018.1	33.94	33.94
	dos	1	778.60	4.33	4.33

Tiempo que emplea en el recorrido

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
agencia 1	812.88	(Insuf)	812.88	812.88	1
agencia 2	--	--	--	--	0
agencia 3	--	--	--	--	0
agencia 4	1856.3	(Insuf)	1591.0	2309.0	3
agencia 5	5189.5	(Insuf)	4477.2	5901.7	2
autobus	124.09	6.6681	33.640	322.38	339
otros	46.335	2.2346	8.5538	227.28	1274
sector 1	1077.0	(Insuf)	992.60	1198.7	5
sector 12	1991.6	(Insuf)	1926.0	2060.2	8
sector 13	--	--	--	--	0
sector 14	--	--	--	--	0
sector 15	962.02	(Insuf)	863.50	1060.5	2
sector 16	815.15	(Insuf)	815.15	815.15	1
sector 18	825.71	(Insuf)	548.85	1158.7	30
sector 2	1264.2	(Insuf)	695.05	1995.6	4
sector 3	1058.1	(Insuf)	1058.1	1058.1	1
sector 5	4265.4	(Insuf)	2694.7	6974.6	4
sector 6	520.76	(Insuf)	458.93	567.93	3
sector 7	--	--	--	--	0
sector 8	501.35	(Insuf)	501.35	501.35	1
sector 9	1560.2	(Insuf)	1560.2	1560.2	1
taxis	35.031	2.4618	8.5555	336.73	952

Tras la simulación, se observan los siguientes puntos de interés.

- De igual manera que en la mejora anterior, la presencia del aparcamiento reduce considerablemente el flujo de turismos en la zona.
- La zona de carga y descarga cercana a la antigua ubicación del mercado,queda más desahogada debido a que los proveedores

del mercado realizarán su actividad en la zona habilitada para ello en el interior del aparcamiento subterráneo.

- Los terminales de autobuses no se modificarían respecto a la situación inicial, con la ventaje de que estos vehículos realizarían sus rutas sin los inconvenientes de los colapsos.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la frecuencia de ocupación de los aparcamientos:

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
Tramo 1						
cero	53.2	8.7	4.82	36.6	66.3	15
uno	33.5	8.98	4.98	16.3	49	15
dos	9.89	3.62	2.01	4.93	17.6	15
tres	2.99	2.58	1.43	0	7.62	15
cuatro	0.322	0.78	0.432	0	2.94	15
cinco	0.106	0.412	0.228	0	1.6	15
Tramo 2						
cero	40.1	12.8	7.11	16.6	58.2	15
uno	36.7	8.09	4.48	27	53.2	15
dos	17.7	6.58	3.65	7.5	27.7	15
tres	4.45	3.52	1.95	0	11.6	15
cuatro	0.915	1.41	0.779	0	3.73	15
cinco	0.145	0.391	0.217	0	1.29	15
Tramo 4						
cero	26.5	5.9	3.27	17.9	35.9	15
uno	36.6	6.6	3.65	25.1	45.9	15
dos	24.4	5.77	3.19	16.6	35.8	15
tres	8.22	2.73	1.51	3.44	12.3	15
cuatro	3.86	2.5	1.38	0	8.29	15
cinco	0.447	0.732	0.405	0	2.41	15
Tramo 5						
cero	84.2	6.37	3.53	73.7	94.2	15
uno	15	6.74	3.73	4.27	26.3	15
dos	0.711	1.26	0.696	0	3.75	15
tres	0.101	0.39	0.216	0	1.51	15
Tramo 6						
cero	59.4	10.1	5.59	43.1	79.8	15
uno	30.2	12.4	6.86	9.21	48.8	15
dos	8.56	4.55	2.52	1.34	17	15
tres	1.61	1.81	1	0	6.88	15
cuatro	0.195	0.703	0.389	0	2.73	15
Tramo 8						
cero	52.7	9.44	5.23	35.8	70.8	15
uno	33.4	10.3	5.7	14.5	53.4	15
dos	11.7	5.49	3.04	1.71	22.3	15
tres	2.18	2.36	1.31	0	7.75	15
Tramo 9						
cero	51.7	9.72	5.38	34.6	66.9	15
uno	34.8	7.69	4.26	18.5	45.9	15
dos	10.6	5.52	3.06	3.96	19.6	15
tres	2.75	2.23	1.23	0	8.2	15
cuatro	0.17	0.66	0.365	0	2.55	15
Tramo 10						
cero	67.5	11.8	6.52	47.1	86.3	15
uno	25.8	10.9	6.05	8.93	45	15
dos	6.22	3.82	2.12	0	13.9	15
tres	0.44	1.16	0.643	0	3.35	15
Tramo 11						
cero	86.8	9.62	5.33	68.4	100	15
uno	12.8	9.88	5.47	0	31.6	15
dos	0.362	1.4	0.776	0	5.43	15
Tramo 12						
cero	77.4	2.06	1.14	74.2	79.6	15
uno	21.9	2.89	1.6	16.7	25.8	15
dos	0.742	1.64	0.908	0	4.95	15

Los tiempos de ruta son los siguientes:

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
sector 1	1.09e+003	70.7	39.1	923	1.17e+003	15
sector 2	2.95e+003	1.4e+003	774	1.1e+003	4.97e+003	15
sector 3	1.26e+003	391	217	561	1.88e+003	15
sector 5	3.18e+003	569	315	1.97e+003	4.27e+003	15
sector 6	775	163	90.3	468	1.01e+003	15
sector 7	426	733	406	0	1.69e+003	15
sector 8	89.3	186	103	0	501	15
sector 9	1.53e+003	405	224	814	2.26e+003	15
sector 12	1.92e+003	143	79.4	1.46e+003	2.01e+003	15
sector13	159	617	342	0	2.39e+003	15
sector 14	325	473	262	0	1.07e+003	15
sector 15	823	150	83.2	620	1.02e+003	15
sector 16	913	482	267	0	1.62e+003	15
sector 18	843	27.2	15.1	798	892	15
agencia1	1.97e+003	981	543	665	3.61e+003	15
agencia 2	163	473	262	0	1.74e+003	15
agencia 4	1.96e+003	770	427	1.05e+003	3.76e+003	15
agencia 5	4.21e+003	1.24e+003	689	2.22e+003	6.77e+003	15
otros	46.4	1.17	0.651	44.7	48.5	15
autobuses	127	3.32	1.84	121	134	15
taxis	35	0.93	0.515	33.7	36.9	15

NOTA: El análisis de estos resultados se realizará en conjunto en el siguiente capítulo de ANÁLISIS DE RESULTADOS

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

7.1 SIMULACIÓN CON ARENA Y LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE.

En la aplicación de la simulación como herramienta de ayuda en la toma de decisiones en el problema del transporte de mercancías, se concluye diciendo que esta técnica se muestra adecuada para el estudio de este tipo de problemas:

La posibilidad de experimentación sobre el modelo realizado permite la valoración de distintas propuestas a un bajo coste. Decisiones relativas a la ubicación de la zonas de carga y descarga, peatonalización de calles, modificación del numero de carriles y sentido del tráfico en las distintas calles tienen un elevado coste económico y social. Este se traduce fundamentalmente en obras en la calzada, modificación de los comportamientos de transportistas y comerciantes de la zona, nuevos flujos de tráfico, y otras regulaciones metropolitanas.

La validación en el modelo realizado del sistema es relativamente simple debido a la accesibilidad de éste y el conocimiento que se tiene de su funcionamiento. Los flujos de tráfico, los hábitos de los proveedores y agencias, el volumen de mercancías, son datos que pueden ser obtenidos de la realidad con facilidad y pueden ser utilizados para la validación del modelo. Se asegura de esta forma la calidad de los resultados obtenidos.

Sin embargo, dado el carácter inmediato de índole visual del sistema de transporte de mercancías y su complejidad, para que el modelo sea aceptado por parte de las personas que toman decisiones relativas a este tema (personas que normalmente no están relacionadas con aspectos de programación de simulaciones) y se apueste por los resultados obtenidos del modelo, es necesario que éste sea intuitivo y el programa de simulación empleado incorpore una potente animación gráfica, la cual permita observar de forma visual los efectos descritos en los resultados numéricos.

El programa de simulación Arena permite de forma rápida y simple la animación gráfica de los modelos implementados, incorporando posibilidades como la de modificar la velocidad del tiempo de ejecución del programa durante el proceso, distintos modos de ejecución (gráfica o rápida), distintas vistas del modelo, etc.

Pero la elección de Arena se ha realizado debido a la flexibilidad que muestra para la utilización del nivel de programación requerido en cada caso, incluso dentro de un mismo modelo. Esto hace que Arena no pierda la flexibilidad de los lenguajes de programación de propósito general, manteniendo todas las facilidades de una programación de alto nivel, pudiéndose incluso utilizarse como simulador con la creación de bibliotecas de módulos definidas por el usuario, destinadas al desarrollo de soluciones verticales.

Así esta primera experiencia en la aplicación del programa de Simulación con Arena a sistemas de transporte urbano de mercancías muestra que es posible el desarrollo de bibliotecas de módulos que representen las operaciones más habituales en estos sistemas.

En estas bibliotecas se distinguirían dos tipos de módulos: los destinados a modelar la circulación de los vehículos y los destinados a controlar y gestionar el transporte de mercancía para los establecimientos y la descarga en éstos.

En el modelado de la circulación de vehículos se ha partido de un proyecto anterior, realizándose un importante esfuerzo de mejora de éste. Se ha conservado la idea fundamental de modelar un carril o calle por un *conveyor*, realizándose una modificación en los modelos de semáforo, cruce y la entrada y salida de vehículos. En el cruce se ha partido de la idea base de modelarlo como un recurso, al que tienen que acceder las entidades para poder tomar una salida. Esta idea, y la implementación realizada, presentan una gran flexibilidad para la adaptación del módulo creado a cualquier tipo de cruce: con varias entradas y salidas, controlado por un ceda el paso, controlado por semáforo, con diversos carriles en cada sentido, etc.

En la implementación de la calle como *conveyor*, se ha permitido que el espacio necesario por cada vehículo sea diferente en situación normal de marcha que en situación de parado en una cola. Para la entrada de vehículos se ha realizado un módulo con parámetro variable en el tiempo y la eliminación de los efectos de esta variación en el cambio de periodos.

La gestión del transporte y la carga y descarga, se controla con dos variables o atributos principales (en el modelo, de forma genérica, reciben los nombres de vm y d00a), que representan al vehículo de mercancías y al establecimiento donde debe descargar respectivamente. Esto crea un modelo simple e intuitivo, pero sin embargo, con un largo código. Este hecho hace que para sistemas con mayor número de establecimientos la gestión de estas dos variables se haga a través de subíndices y de forma matricial, haciéndose el modelo menos intuitivo. Sin embargo para sistemas con un número de establecimientos menor a 150 puede implementarse de forma fácil y simple, obteniendo un modelo eficaz.

7.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

A la vista de los resultados obtenidos, se puede afirmar que la reurbanización prevista para la zona es de vital importancia, ya que la actual plaza se considera “puerta”de entrada al área comercial del centro histórico sevillano, funcionando como zona de entrada y salida sin otro tipo de actividad complementaria que potencie sus cualidades de centralidad y aproveche sus grandes posibilidades urbanas.

Las consecuencias negativas que una implantación de tipo comercial a nivel ciudad tiene: mayor nivel de atracción y por tanto incremento del tráfico, saturación del viario, aumento de la demanda de estacionamiento, terciarización del sector, etc...parecen de menor entidad en el caso que nos ocupa, debido a su excelente localización.

En la situación modificada 1 se realizan cambios y mejoras en base al Plan Especial PERI C-7 ciñéndose exclusivamente a los que se proponen en el mismo. La modificación 2 por el contrario, está basada en el Plan Urbanístico que se llevará a cabo próximamente y se observan cambios positivos respecto al primero.

Así. se reubican las paradas de autobús respecto al emplazamiento previsto en el Plan Especial. En este se localizaban las mismas en el extremo Sur del solar, mientras que en el proyecto se mantienen en su actual emplazamiento, que tiene calificación de espacio libre con posibilidad de tráfico restringido. Este hecho, acompañado de la posible restricción al tráfico privado en la actual plaza y al aumento de la latitud de los acerados, conllevaría la mejora en la maniobrabilidad de los vehículos de transporte público y en un mayor espacio para el peatón.

Asimismo, el acceso previsto en la plaza de esquina a c/ José Gestoso se traslada a calle Imagen, con el objetivo, ya indicado, de encauzar lo antes posible el tráfico de vehículos particulares hacia el aparcamiento subterráneo, limitando con ello el flujo circulatorio en la plaza.

Las dos cuestiones aludidas, no suponen modificación sustancial en las determinaciones del Plan, sino una distinta localización de accesos o servicios en el viario o espacios de uso público, que redundan, eso si, en un aumento de zonas de uso exclusivo peatonal o jardines respecto a los definidos en el Plan. Por ello se estima que no alteran en medida alguna el espíritu del Plan Especial.

7.2.1 Análisis de los tiempos de ruta.

En la siguiente tabla, se muestran los datos de los tres modelos para quince iteraciones, y la variación respecto a la situación actual que presentan las modificaciones:

IDENTIFIER	S.ACTUAL	SITUACION 1	SITUACION 2	AUMENTO S1(%)	AUMENTO S2(%)
sector 1	1090	1140	1090	4,5	0
sector 2	3290	3810	2950	15,8	-10,3
sector 3	1260	1310	1260	3,9	0
sector 5	3260	2650	3180	-18,7	-2,4
sector 6	843	893	775	5,9	-8
sector 7	105	104	426	-0,9	300
sector 8	120	113	89.3	-5,8	-25,6
sector 9	1470	1350	1530	-8,1	9,5
sector 12	1850	1980	1920	7	3,8
sector 13	599	322	159	-46,2	-73,4
sector 14	363	641	325	76,5	-10,4
sector 15	856	865	823	1	-3,7
sector 16	688	1100	913	59,8	32,7
sector 18	807	817	843	1,2	4,4
agencia1	2700	425	1970	-84,2	-27
agencia 2	231	100	163	-56,7	-29,4
agencia 4	1750	1220	1960	-30,3	12
agencia 5	4180	1970	4210	-52,8	0,7
autobuses	131	50,9	127	-61,1	-3
otros	39.2	28	46.4	-28,5	18,3
taxis	35	30,3	35	-13,4	0

Por término medio se observa un decremento de tiempos en los recorridos de proveedores en ambas modificaciones, con algunas excepciones que corresponden a las secuencias más largas.

En la primera modificación, menos realista en cuanto a su realización práctica, los vehículos de mercancías que abastecen a la zona de la plaza cortada al tráfico, así como a la zona del mercado, realizan la descarga en el nuevo aparcamiento. Además de liberar el tráfico por las zonas más conflictivas, como son las cercanas a la calle Regina, se puede afirmar que no existe gran variación en el tiempo de permanencia en el modelo.

En cuanto a las agencias, que antes realizaban muchas paradas a lo largo del circuito, ven reducido su tiempo considerablemente a costa de realizar menos descargas.

Los autobuses reducen el tiempo de ruta en un 60 % ,lógico puesto que las terminales se desplazan a otra ubicación, realizando parada únicamente dos de las siete líneas existentes. Habría que estudiar cada linea por separado para extraer más conclusiones puesto que la media global no es orientativa.

En la segunda modificación los datos no sufren mucha variación respecto a la situación original, ya que los circuitos son los mismos excepto

para los proveedores del mercado. Aún así, como se ha tenido en cuenta un incremento del 300% en el número de vehículos proveedores del mercado, el valor no se ve afectado.

Los ligeros cambios se deben a la liberación de tráfico producida por el menor flujo de turismos en la zona.

7.2.2 Análisis de los aparcamientos ocupados.

Con respecto a la **primera modificación** se observa que con la presencia del parking subterráneo muchas zonas de carga y descarga se desplazan al interior del mismo, con la consiguiente liberación de plazas.

El aparcamiento 02, situado en el tramo 1 (al lado Este de la plaza1) queda liberado de proveedores del mercado. Igual ocurre con la zona de José Gestoso y Regina (tramo 2).

En la zona Oeste se observa un aumento de ocupación (aparcamiento 8), debido a la desaparición de los parkings 5, 6 y 7.En dicha zona existe en la nueva situación un acceso al complejo. Dichos parkings se realizaban en su mayoría en doble fila, o entorpeciendo la circulación de la plaza, por lo cual resulta muy beneficiosa la nueva distribución.

Con la propuesta de cerramiento de la Plaza 2, las zonas de carga y descarga desaparecen y se propone el desplazamiento de ésta al parking subterráneo, habitando una zona especial para ello. Dado el gran número de comercios que se verían afectados con esta medida, con los consiguientes retrasos en la acción de descarga, incremento de distancia a recorrer con carretilla o a mano, etc..la medida es a priori ineficiente.

En el caso de la **segunda modificación**, es el sector del mercado el que más vehículos de mercancías aporta. Ya se daba este hecho en la situación inicial, y ahora, atendiendo a la realidad vista en la zona, se ha aumentado el número de proveedores (El nuevo mercado albergará más comercios) hasta triplicar al actual. La demanda de plazas se puede absorber sin problemas con la oferta de plazas del nuevo parking.

Los parkings 02, 03, 05, 06, 07 y 08 quedan libres para el uso de los comercios de Regina y José Gestoso.

Se observa una redistribución positiva de las plazas que ocupan los proveedores en la zona, lo cual proporciona la seguridad a los transportistas de tener plazas de estacionamiento permitido y en número suficiente en las zonas de carga y descarga señalizadas.

Esto hace que la descarga pueda realizarse en mejores condiciones, ya que los comerciantes se quejan del trato que recibe la mercancía en este proceso y los transportistas de las multas ocasionadas por la necesidad de aparcar en zonas prohibidas para realizar algunos de estos repartos.

La tabla con datos cualitativos es la siguiente:

IDENTIFIER	S.ACTUAL	SITUACION 1	SITUACION 2
Tramo 1			
cero	40,18	81.7	53.2
uno	45,83	16.1	33.5
dos	11,85	2.15	9.89
tres	2,14	0	2.99
cuatro	0	0	0.322
cinco	0	0	0.106
Tramo 2			
cero	4,97	75.5	40.1
uno	20,16	21	36.7
dos	26,58	2.94	17.7
tres	30,03	0.489	4.45
cuatro	11,79	0	0.915
cinco	3,37	0	0.145
seis	1,98	0	0
siete	1,1	0	0
Tramo 4			
cero			26.5
uno			36.6
dos			24.4
tres			8.22
cuatro			3.86
cinco			0.447
Tramo 5			
cero	89,67		84.2
uno	10,33		15
dos	0		0.711
tres	0		0.101
Tramo 6			
cero	73,6		59.4
uno	16,5		30.2
dos	9,9		8.56
tres	0		1.61
cuatro	0		0.195
	Tramo 6 (modif)		
cero		58.4	
uno		24.7	
dos		12.6	
tres		3.93	
cuatro		0.376	
	Tramo 7 (modif)		
cero		10.4	
uno		20.1	
dos		24.4	
tres		20.8	
cuatro		14.7	
cinco		7.07	
seis		1.83	
siete		0.612	
ocho		0.177	

Tramo 8		T5(modif)	
cero	74,33	46.7	52.7
uno	10,09	34.6	33.4
dos	15,58	14.2	11.7
tres	0	4.55	2.18
Tramo 9			
cero	69,88		51.7
uno	26,64		34.8
dos	3,48		10.6
tres			2.75
cuatro			0.17
Tramo 10			
cero	71,78		67.5
uno	21,34		25.8
dos	6,24		6.22
tres	0,064		0.44
Tramo 11			
cero	88		86.8
uno	12		12.8
dos	0		0.362
Tramo 12			
cero	78,3		77.4
uno	21,7		21.9
dos			0.742

7.2.3 Análisis de la congestión de tráfico.

En ambas propuestas se observa una descongestión importante del número de vehículos privados, puesto que sólo se ha permitido la entrada a los residentes de la zona. Esta medida proporciona una mayor velocidad media de circulación y una mayor maniobrabilidad en los cruces.

Esta reducción es menos acusada en el eje Imagen-Laraña, puesto que aún habiendo limitado el paso a particulares, sigue siendo un importante nexo de unión en la zona.

Por otro lado, la existencia del parking subterráneo canalizaría interiormente el flujo de vehículos que abastecen al mercado, conduciéndolos hasta el exterior, sin influir demasiado en el tráfico de la plaza.

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
SITUACIÓN ACTUAL					
Vehiculos en el tramo1	0,15625	(Corr)	0	4	0
Vehiculos en el tramo10	0,35614	0,03082	0	5	0
Vehiculos en el tramo11	1,5657	0,17247	0	10	2
Vehiculos en el tramo12	0,06014	(Insuf)	0	2	0
Vehiculos en el tramo13	1,229	0,1052	0	7	2
Vehiculos en el tramo14	0,94455	(Corr)	0	7	0
Vehiculos en el tramo2	0,09319	0,01953	0	3	0
Vehiculos en el tramo5	0,00589	(Insuf)	0	1	0
Vehiculos en el tramo6	0,16633	(Corr)	0	3	0
Vehiculos en el tramo7	0,03288	(Insuf)	0	2	0
Vehiculos en el tramo8	0,79094	(Corr)	0	8	1
Vehiculos en el tramo9	0,86743	0,15362	0	6	0
MODIFICACIÓN 1					
Vehiculos en el tramo1	0,25612	0,02445	0	5	1
Vehiculos en el tramo13	0,70319	(Corr)	0	6	0
Vehiculos en el tramo14	1,1282	0,08359	0	7	0
Vehiculos en el tramo2	0,03884	(Insuf)	0	2	0
Vehiculos en el tramo5	0,40083	0,06586	0	6	0
Vehiculos en el tramo6	0,01111	(Insuf)	0	1	0
Vehiculos en el tramo7	0,03306	(Insuf)	0	2	0
MODIFICACIÓN 2					
Vehiculos en el tramo1	0,10912	0,01389	0	3	0
Vehiculos en el tramo10	0,27316	(Corr)	0	5	0
Vehiculos en el tramo11	1,2847	(Corr)	0	8	0
Vehiculos en el tramo12	0,0575	(Insuf)	0	3	0
Vehiculos en el tramo13	0,905	0,09698	0	6	0
Vehiculos en el tramo14	0,77357	0,09964	0	7	0
Vehiculos en el tramo2	0,06768	(Insuf)	0	3	0
Vehiculos en el tramo4	0,0285	(Insuf)	0	2	0
Vehiculos en el tramo5	0,0063	(Insuf)	0	1	0
Vehiculos en el tramo6	0,17304	0,0208	0	4	0
Vehiculos en el tramo7	0,02126	(Insuf)	0	2	0
Vehiculos en el tramo8	0,70491	0,08274	0	5	1
Vehiculos en el tramo9	0,78852	0,14418	0	6	2

7.3 CONCLUSIONES.

Con posterioridad al trabajo de campo que ha abarcado la identificación de la actividad global de la zona, tales como la sectorización de los comercios, el flujo de vehículos, el transporte de mercancías y viajeros, etc..., se ha abordado desde la realidad actual el análisis de carencias y dificultades, a fin de mejorar y optimizar el tráfico dentro de las limitaciones del entorno, con ganancias añadidas al medio ambiente.

Se ha observado principalmente la existencia de un descontento generalizado sobre el funcionamiento en todos los elementos implicados. Esto se hace notar en los resultados obtenidos con la simulación de la situación real en la zona y que se concretan en los siguientes aspectos:

- Falta de plazas de carga y descarga autorizadas.
- Cuellos de botella en la circulación, extremadamente agudos en algunas calles del barrio tales como Regina o entrada a José Gestoso.
- En la plaza sur, se producen colapsos debido a las coexistencia de vehículos privados, públicos y de mercancías.
- Tráfico denso en la plaza norte concretado en términos de congestión de vehículos por tramos y tiempos de recorrido.

Y como consecuencia de lo anterior, el impacto psicológico y ambiental es comparativamente discriminatorio con una ciudad que ha experimentado replanteamientos de mejoras muy importantes en los últimos quince años. Basta pensar en Plaza de Armas, Calle Torneo, circunvalaciones urbanas, etc.. para comprender el descontento y el desconcierto que se ha detectado en el trabajo de campo preliminar.

Será lamentable, si continúa la situación actual, el impacto que este desequilibrio tendrá sobre un comercio gremial y artesanal mucho más humano y enriquecedor para el ciudadano que las grandes superficies de venta.

A raíz de estas consideraciones, se estudia la propuesta de solución desarrollada en el Plan PERI C-7(Encarnación) del año 1993, concretado

posteriormente en un proyecto de reurbanización de la zona aprobado este último año.

En la solución intermedia propuesta se opta por:

- Reubicar las plazas de carga y descarga en un parking subterráneo con el fin de liberar la zona externa del solar.
- Cerrar al tráfico la plaza sur con la consiguiente reactivación de la actividad comercial de la zona, apoyada en gran medida por la peatonalización y ampliación de zonas verdes.
- Trasladar terminales de autobuses a otra localización, realizándose únicamente paradas de carga y descarga de viajeros en el eje Imagen-Laraña.
- Permitir a los vehículos privados el acceso al aparcamiento subterráneo, de capacidad 500 plazas, liberando las calles colindantes.

A la vista de los resultados, la propuesta resulta ser muy eficiente pero ciertamente inviable, puesto que los cambios urbanísticos a realizar serían extremadamente complejos. Se eliminaría el acceso por la calle Santillana así como la terminal de autobuses lo que provocaría un gran perjuicio a los ciudadanos.

También ocasionaría un cambio importante, difícil de asumir, en los mecanismos de abastecimiento de los comerciantes de la parte sur de la Encarnación, por que entraña un sobreesfuerzo añadido.

En la segunda modificación se simula el funcionamiento de la Encarnación como si se hubiese llevado a cabo la reurbanización ya mencionada. La Reordenación prevista implica:

- La construcción de un aparcamiento subterráneo en los sótanos -2 y -3 y de un mercado de abastos en el 1er. sótano. Todo ello, cumpliendo con las determinaciones del Planeamiento vigente.(PERI C-7).

- .La entrada y salida de vehículos particulares a través del carril exclusivo que comienza en la esquina de la calle Imagen con la de Sor Angela de la Cruz.
- El acceso y salida de vehículos de carga y descarga al mercado a través de rampas existentes en los lados Este y Oeste del solar, que conducen al 1er. sótano donde se sitúan los muelles proyectados con ese fin.
- Se proyectan 430 plazas de aparcamiento para coches y 40 para motocicletas, cifra que se sitúa entre los topes que el Plan Especial fija (350-600 plazas), asegurando que el mismo absorba la oferta del aparcamiento en superficie anteriormente existente y la de parte del viario próximo.
- Construcción de una plaza ajardinada en la superficie del solar.
- Redistribución de plazas de carga y descarga (C/ Regina y J.L.Luque).

El balance final del modelo propuesto significa fluidez y descongestión de la zona, mayor facilidad en el abastecimiento de los comerciantes y una mejora sustancial en la calidad de vida de los habitantes y visitantes del barrio.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- KELTON W.D.,SADOWSKI R.P., SADOWSKI D.A.; “Simulation with Arena”; McGraw-Hill, 1998.
- LAW A.M, KELTON W:D:;”Simulation Modeling and Analysis”, McGraw-Hill, 2ª Edition, 1991.
- Proyecto de reurbanización de la Encarnación; Gerencia Municipal de Urbanismo de Sevilla, 2000.
- Plan Especial PERI C-7 “Encarnación” de la Gerencia de Urbanismo de Sevilla, 1993.
- Tomás BALBONTIN DE ARCE, SEVILLA EQUIPO 28; “Sevilla 1992. Crónica de una Transformación urbana”; Gerencia Municipal de Urbanismo, Ayuntamiento de Sevilla, 1990.

ANEXO I MANUAL DE USUARIO.

El presente manual tiene por objetivo mostrar algunas indicaciones básicas para la ejecución de los programas que forman parte del proyecto, así como la estructura de directorios y archivos necesaria. Sin embargo no es un manual de utilización del programa Arena.

A partir de la ejecución de los programas del modelo se pueden obtener nuevos resultados, pero no se permitirán cambios en el mismo.

El hardware y software necesario para la ejecución de los modelos incluidos son:

- Programa Arena Standard Edition 3.0.
- PC IBM- compatible Pentium.
- Windows 95 o posterior.
- 16 MB RAM.
- 18 MB de espacio en disco duro.

Junto a la memoria del proyecto se adjunta un CD con los siguientes ficheros:

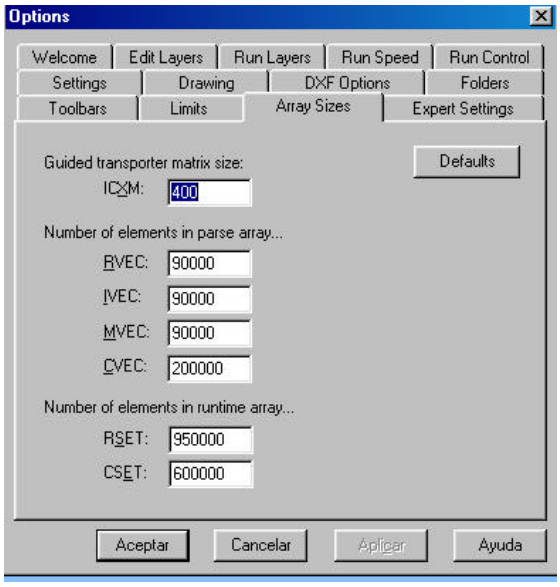
- MEMORIA. (Contiene archivo de WORD)
- PROGRAMAS. Situación Actual (.doe)

  Situación tras mejora (.doe)

  Situación tras mejora2 (.doe)
- RESULTADOS: En este directorio se encuentra la estructura que es necesaria crear en la unidad C:\ del ordenador donde vayan a ejecutarse los programas. Los programas del modelo hacen uso de ficheros externos para la lectura y salida de datos, por lo que es necesario reproducir la misma estructura. La estructura es la siguiente:

  C:\Mis documentos\Raquel\Proyecto F\Resultados(o Resultados1).

Dentro de la aplicación Arena es necesario también, la modificación de las variables RSET y CSET, llevando su valor hasta 950000 y 600000 respectivamente. Su modificación se puede hacer en Tools\Options\Array Sizes\Number of elements in runtime array.

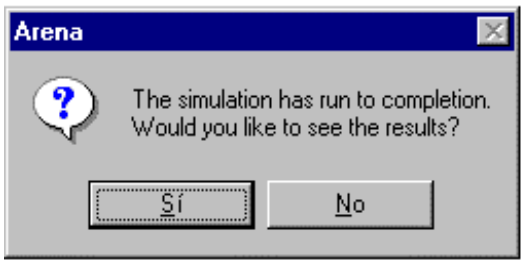


Para la ejecución de los programas del modelo, desde la aplicación Arena, se abre el fichero correspondiente a la situación que se quiera simular. Aparecerá en pantalla el menú principal. Si se pulsa alguna de las teclas señaladas en el menú, se obtendrá una vista de parte del programa. Este juego con las teclas funciona tanto en modo ejecución como en modo edición. Con la tecla "*m*" siempre se volverá al menú principal, aunque no es necesario volver cada vez que se desee ver una vista distinta. También es posible desplazarse por la ventana del modelo con las barras de desplazamiento, tanto en modo ejecución como edición, siendo más lento el desplazamiento que con las teclas asignadas a cada vista.

Arena tiene dos tipos de modos, uno *edición* donde se construye el modelo, donde es posible modificar módulos del modelo, y otro modo de *ejecución* donde se ejecuta el programa, controlada desde el menú de persiana o bien desde la barra de tareas *run*. De izquierda a derecha se tiene, la ejecución normal(>), donde se puede observar la animación gráfica del modelo, la simulación paso a paso(>|), útil para durante la corrección de fallos en el

modelo, la ejecución rápida (>>) para la obtención de resultados, el botón pausa (||) en la ejecución. El botón para volver al comienzo de la ejecución. Y por último el botón para pasar de modo ejecución a modo edición. Si se ha acabado una ejecución del programa, para volver a ejecutarlo es necesario volver al modo edición para volver a ejecutarlo desde allí.

Al término de una ejecución del programa, se puede observar una ventana donde se indica la posibilidad de ver el informe de datos de salida. Si se elige la opción si, se abre automáticamente una nueva ventana con un fichero en modo texto que contiene el informe creado de los datos de salida de la simulación ejecutada.



Arena incluye una herramienta para el análisis estadístico de los datos de salida el Output Analyzer, a través del cual se pueden obtener crear gráficos, histogramas, cálculos de medias e intervalos de confianza, etc. La utilización de esta herramienta requiere que los datos de salida de la ejecución del programa sean almacenados en archivos. Por esta razón se crea la estructura de ficheros de salida dada, y para evitar que los datos de salida de un programa machaquen los de otro se utilizan dos directorios de salida de

datos. Sin embargo, los datos de una ejecución si machacarán los datos de la ejecución anterior si no se realizan lotes de ejecuciones sucesivas indicadas en el módulo simulate.

Para operaciones más complejas se aconseja la utilización de los manuales de Arena especificados en la Bibliografía.

ANEXO II RECOGIDA DE DATOS DE FLUJO DE VEHÍCULOS.

Para la determinación del flujo de vehículos se han realizado una serie de medidas en cinco puntos a lo largo de la calle. Estas medidas corresponden a tomas de cinco minutos, a partir del instante en que se indica en cada toma, realizadas en el mes de Mayo del 2001. Los vehículos han sido clasificados en seis tipos:

- **Turismos:** en esta clasificación se incluyen también los pequeños furgones que no son considerados como transporte de mercancías y realizan su función como si se tratasen de un turismo.
- **Furgones:** responden al modelo de vehículos con pequeño cajón trasero que pueden ser utilizados como turismos o como vehículos de transporte. En esta clasificación se incluyen sólo aquellos vehículos que en esos momentos podían ser considerados como que estaban realizando tareas de transporte de mercancía.
- **Furgonetas:** se incluyen en este apartado las furgonetas y pequeños camiones cuyo volumen de carga esté entorno a los diez metros cúbicos, como son las utilizadas en el reparto de algunas bebidas alcohólicas o refrescos.
- **Camiones:** vehículos cuyo volumen de carga es superior a trece o catorce metros cúbicos.
- **Autobuses:** son en más de un noventa por ciento autobuses urbanos, pues sólo se ha observado el paso de uno o dos autobuses de escolares en toda la mañana.
- **Taxis:** son fácilmente reconocibles. Una característica peculiar es que en horas tempranas de la mañana suelen pasar en grupos de tres o cuatro a la vez.

Esta clasificación tan amplia responde a la necesidad de diferenciar entre:

- Vehículos de mercancías y otros vehículos no de mercancías.
- Dentro de vehículos de mercancías entre los de grandes dimensiones y normales, es decir, entre camiones y otros vehículos de mercancías.

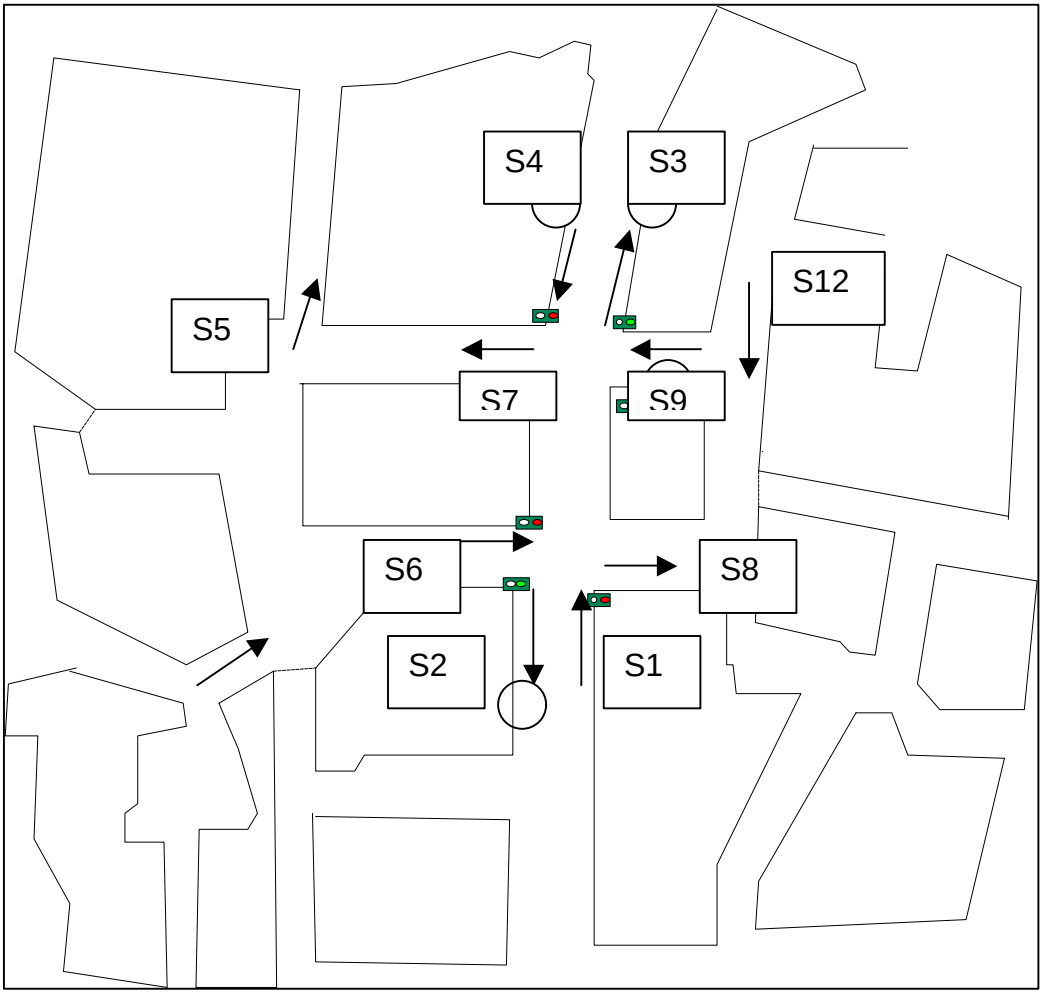
La principal dificultad en esta diferenciación la constituyen los furgones pues pueden ser utilizados como simples turismos o bien como un vehículo de mercancías. Las furgonetas son utilizadas siempre como vehículos de transporte. Por esta razón se han incluido dos apartados uno para furgones y otro para furgonetas, pudiendo si es necesario estudiar la contribución de cada tipo de vehículo a los vehículos de tamaño medio de mercancías.

La diferenciación entre camiones y otro tipo de vehículos de mercancías corresponde a la necesidad dotar de una longitud a cada tipo de vehículo en el modelo. En el modelo se tendrán dos dimensiones diferentes de vehículos de mercancías, una asociada al tamaño medio de furgonetas y furgones y otra asociada al tamaño de los camiones de reparto observados.

Por otro lado resulta casi imposible diferenciar entre vehículos de mercancías que realizan operaciones de carga y descarga en la zona y vehículos de mercancías que utilizan la Encarnación como salida de otras zonas del centro histórico. Sólo se ha realizado en este sentido una lista en los últimos días de toma de datos, donde se indicaba si el vehículo de mercancías que pasaba realizaba descargas en la Encarnación.

Como resumen de esta toma de datos se tiene el siguiente cuadro, donde la mañana, desde las 9:00 horas hasta las 14:00 horas, ha sido dividida en intervalos de una hora para calcular las medias de cada sensor. Estos intervalos son de una hora para que el número de muestras en cada intervalo, que se muestra en los recuadros superiores de cada conjunto, esté en torno a un mínimo de cinco muestras, salvo en los intervalos extremos.

El siguiente plano muestra las localizaciones de los sensores necesarios para la obtención del flujo en la zona:



Formulario de obtención de datos de flujo:

Toma de datos de flujo en la Encarnación.	Sevilla, Mayo 2001

SENSOR Nº	CALLE	ZONA

VEHÍCULO	HORAS						
Turismos							
Furgón							
Furgoneta							
Camión							
Autobús							
Taxi							

Toma de datos de flujo en la Encarnación.	Sevilla, Mayo 2001

SENSOR Nº	CALLE	ZONA

VEHÍCULO	HORAS						
Turismos							
Furgón							
Furgoneta							
Camión							
Autobús							
Taxi							

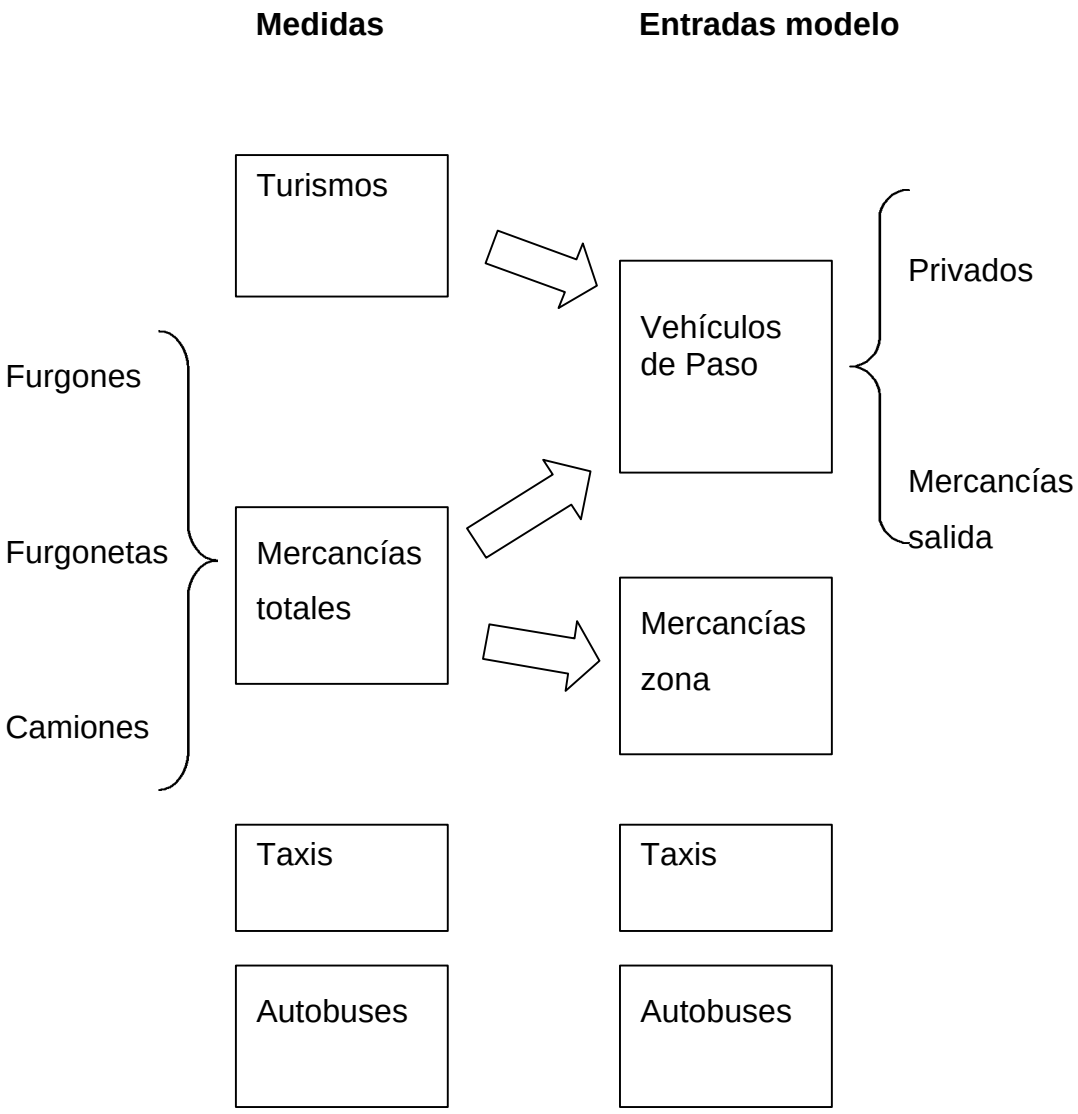
Toma de datos de flujo en la Encarnación.	Sevilla, Mayo 2001

SENSOR Nº	CALLE	ZONA

VEHÍCULO	HORAS						
Turismos							
Furgón							
Furgoneta							
Camión							
Autobús							
Taxi							

CÁLCULO DEL FLUJO DE VEHÍCULOS.

De medición directa del flujo de vehículos se ha obtenido el flujo de taxis, autobuses, turismos en la zona y el flujo total de vehículos de mercancías. Este flujo total de vehículos de mercancías es debido a los propios vehículos que reparten a establecimientos situados en la Encarnación, los vehículos "Mercancías Encarnación", y los vehículos de mercancías que utilizan esta zona como salida del centro u otras zonas, que junto con los turismos son llamados en el modelo "Vehículos de Paso".



Para el modelo se necesita conocer el flujo de vehículos Mercancías Encarnación y el flujo de vehículos denominados Vehículos de Paso. Mediante las encuestas realizadas a comerciantes y transportistas se puede estimar a través del modelo el flujo de vehículos de Mercancías,, y conocido este flujo se calcula el flujo de Vehículos de Paso.

FUENTES	MEDIDAS
Sensores	+ Mercancías totales
Sensores	+Turismos
Encuestas }	- Flujo de Mercancías
Modelo }	de la Encarnación.
	Vehículos de Paso.

Para la realización de los cálculos se considerará el periodo de simulación dividido en intervalos de media hora, refiriendo todos los *ratios* al número de vehículos que pasan en media hora. Para los datos obtenidos a partir de los sensores, donde se tenían muestras de cinco minutos, estos valores se multiplican por seis y se obtendrá una estimación del número de vehículos para media hora. Para las estimaciones mediante el modelo se utilizan métodos estadísticos, colocando puntos de medida en el modelo, al igual que se hiciera en la realidad, y estimando el valor de las medidas de estos sensores mediante intervalos de confianza del 0.95 y una longitud del intervalo menor o igual a una unidad.

En primer lugar se calcula el intervalo obtenido para un número inicial de iteraciones que se ha fijado en 15 iteraciones. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
NC(S1 DE 09.00 A 09.30)	1.73	0.799	0.442	1	4	15
NC(S1 DE 09.30 A 10.00)	3.67	1.76	0.974	1	7	15
NC(S1 DE 10.00 A 10.30)	5.67	2.61	1.45	1	11	15
NC(S1 DE 10.30 A 11.00)	6	1.65	0.912	3	9	15
NC(S1 DE 11.00 A 11.30)	5.8	1.37	0.76	4	8	15
NC(S1 DE 11.30 A 12.00)	5.2	2.04	1.13	2	10	15
NC(S1 DE 12.00 A 12.30)	2.6	1.12	0.621	1	4	15
NC(S1 DE 12.30 A 13.00)	2.4	1.64	0.908	0	5	15
NC(S1 DE 13.00 A 13.30)	2	1.2	0.662	0	5	15
NC(S1 DE 13.30 A 14.00)	1.6	0.986	0.546	0	3	15
NC(S2 DE 09.00 A 09.30)	2.07	1.16	0.644	0	4	15
NC(S2 DE 09.30 A 10.00)	1.47	1.06	0.587	0	3	15
NC(S2 DE 10.00 A 10.30)	0.6	0.632	0.35	0	2	15
NC(S2 DE 10.30 A 11.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S2 DE 11.00 A 11.30)	1.4	0.632	0.35	1	3	15
NC(S2 DE 11.30 A 12.00)	0.333	0.488	0.27	0	1	15
NC(S2 DE 12.00 A 12.30)	0.133	0.352	0.195	0	1	15
NC(S2 DE 12.30 A 13.00)	0.333	0.488	0.27	0	1	15
NC(S2 DE 13.00 A 13.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S2 DE 13.30 A 14.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S3 DE 09.00 A 09.30)	0.0667	0.258	0.143	0	1	15
NC(S3 DE 09.30 A 10.00)	2	1.31	0.725	0	5	15
NC(S3 DE 10.00 A 10.30)	2.27	1.49	0.823	0	6	15
NC(S3 DE 10.30 A 11.00)	1.27	0.884	0.489	0	3	15
NC(S3 DE 11.00 A 11.30)	1.87	1.19	0.657	0	4	15
NC(S3 DE 11.30 A 12.00)	1.87	1.19	0.657	0	5	15
NC(S3 DE 12.00 A 12.30)	1.73	1.1	0.609	0	4	15
NC(S3 DE 12.30 A 13.00)	1.07	0.884	0.489	0	3	15
NC(S3 DE 13.00 A 13.30)	1.4	1.18	0.655	0	4	15
NC(S3 DE 13.30 A 14.00)	0.667	0.724	0.401	0	2	15
NC(S41 DE 09.00 A 09,30)	2.93	1.53	0.849	1	7	15
NC(S41 DE 09.30 A 10,00)	4.6	2.23	1.23	0	9	15
NC(S41 DE 10.00 A 10.30)	7	2.45	1.36	3	11	15
NC(S41 DE 10.30 A 11.00)	6.33	1.95	1.08	3	10	15
NC(S41 DE 11.00 A 11.30)	5.4	1.68	0.931	2	9	15
NC(S41 DE 11.30 A 12.00)	5	2	1.11	2	9	15
NC(S41 DE 12.00 A 12.30)	2.73	1.91	1.06	0	7	15
NC(S41 DE 12.30 A 13.00)	3.2	1.66	0.917	1	7	15
NC(S41 DE 13.00 A 13.30)	2.93	1.39	0.768	1	6	15
NC(S41 DE 13.30 A 14.00)	1.67	1.23	0.684	0	4	15
NC(S5 DE 09.00 A 09.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 09.30 A 10.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 10.00 A 10.30)	0.0667	0.258	0.143	0	1	15
NC(S5 DE 10.30 A 11.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 11.00 A 11.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 11.30 A 12.00)	0.0667	0.258	0.143	0	1	15
NC(S5 DE 12.00 A 12.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 12.30 A 13.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 13.00 A 13.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S5 DE 13.30 A 14.00)	0	0	0	0	0	15

NC(S10 DE 09.00 A 09.30)	0.467	0.516	0.286	0	1	15
NC(S10 DE 09.30 A 10.00)	0.533	0.516	0.286	0	1	15
NC(S10 DE 10.00 A 10.30)	0.4	0.507	0.281	0	1	15
NC(S10 DE 10.30 A 11.00)	0.467	0.516	0.286	0	1	15
NC(S10 DE 11.00 A 11.30)	0.267	0.594	0.329	0	2	15
NC(S10 DE 11.30 A 12.00)	0.0667	0.258	0.143	0	1	15
NC(S10 DE 12.00 A 12.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S10 DE 12.30 A 13.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S10 DE 13.00 A 13.30)	0	0	0	0	0	15
NC(S10 DE 13.30 A 14.00)	0	0	0	0	0	15
NC(S6 DE 09.00 A 09.30)	2.47	1.13	0.623	1	4	15
NC(S6 DE 09.30 A 10.00)	3.93	1.98	1.1	0	7	15
NC(S6 DE 10.00 A 10.30)	6.2	2.48	1.38	1	11	15
NC(S6 DE 10.30 A 11.00)	6.53	1.88	1.04	2	10	15
NC(S6 DE 11.00 A 11.30)	6.93	1.58	0.875	3	9	15
NC(S6 DE 11.30 A 12.00)	6	2.1	1.17	2	9	15
NC(S6 DE 12.00 A 12.30)	2.73	1.22	0.677	1	5	15
NC(S6 DE 12.30 A 13.00)	3.73	2.15	1.19	0	8	15
NC(S6 DE 13.00 A 13.30)	2.73	1.75	0.97	0	6	15
NC(S6 DE 13.30 A 14.00)	1.73	1.22	0.677	0	3	15
NC(S7 DE 09.00 A 09.30)	3	1.51	0.837	1	7	15
NC(S7 DE 09.30 A 10.00)	4.6	2.23	1.23	0	9	15
NC(S7 DE 10.00 A 10.30)	7.07	2.52	1.4	3	11	15
NC(S7 DE 10.30 A 11.00)	6.33	1.95	1.08	3	10	15
NC(S7 DE 11.00 A 11.30)	5.6	1.72	0.955	2	9	15
NC(S7 DE 11.30 A 12.00)	5	2	1.11	2	9	15
NC(S7 DE 12.00 A 12.30)	2.73	1.91	1.06	0	7	15
NC(S7 DE 12.30 A 13.00)	3.2	1.66	0.917	1	7	15
NC(S7 DE 13.00 A 13.30)	2.93	1.39	0.768	1	6	15
NC(S7 DE 13.30 A 14.00)	1.67	1.23	0.684	0	4	15
NC(S8 DE 09.00 A 09.30)	2.4	1.18	0.655	0	4	15
NC(S8 DE 09.30 A 10.00)	1.93	1.28	0.709	0	4	15
NC(S8 DE 10.00 A 10.30)	1.6	0.828	0.459	0	3	15
NC(S8 DE 10.30 A 11.00)	0.867	0.743	0.412	0	2	15
NC(S8 DE 11.00 A 11.30)	2.33	1.18	0.651	1	5	15
NC(S8 DE 11.30 A 12.00)	1.4	0.986	0.546	0	3	15
NC(S8 DE 12.00 A 12.30)	0.667	0.617	0.342	0	2	15
NC(S8 DE 12.30 A 13.00)	1.93	1.33	0.739	0	4	15
NC(S8 DE 13.00 A 13.30)	1.07	1.33	0.739	0	4	15
NC(S8 DE 13.30 A 14.00)	0.133	0.352	0.195	0	1	15
NC(S9 DE 09.00 A 09.30)	0.133	0.352	0.195	0	1	15
NC(S9 DE 09.30 A 10.00)	2.8	1.42	0.789	0	6	15
NC(S9 DE 10.00 A 10.30)	3	1.51	0.837	0	6	15
NC(S9 DE 10.30 A 11.00)	1.6	0.986	0.546	0	3	15
NC(S9 DE 11.00 A 11.30)	2.33	1.29	0.715	0	5	15
NC(S9 DE 11.30 A 12.00)	1.67	0.976	0.54	0	4	15
NC(S9 DE 12.00 A 12.30)	1.67	1.18	0.651	0	4	15
NC(S9 DE 12.30 A 13.00)	1.2	0.941	0.521	0	3	15
NC(S9 DE 13.00 A 13.30)	1.33	1.11	0.616	0	4	15
NC(S9 DE 13.30 A 14.00)	0.8	0.941	0.521	0	3	15

Como se puede observar, la longitud de estos intervalos de confianza son menores o iguales a la unidad, lo cual indica una buena precisión en los datos de salida.

Obtenido el flujo de vehículos de mercancías, y por diferencia con los datos de campo de mercancías totales, se obtiene el flujo de Mercancías de Paso. Para el resto de vehículos se obtienen los valores haciendo la media de los datos para cada media hora y multiplicándolos por 6, que son el número de intervalos de 5 minutos que existen en media hora.

La tabla final (Tabla 1: Entradas) se muestra en el capítulo 4.