

## **INNOVACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN URBANA DE MERCANCÍAS. CASO PRÁCTICO: SUPERMERCADOS CAPRABO**

**Guillem Sanz Marzá** <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Caprabo, S.A. Calle Ciències, 135, 08908 L'Hospitalet de Llobregat. gsanz@caprabo.es

<sup>2</sup> Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales. Universidad Politécnica de Catalunya. Avda. Diagonal, 647, Planta 11, 08028 Barcelona.

**Palabras clave:** Distribución Urbana de Mercancías, Transporte Urbano de Mercancías, Logística Urbana de Mercancías

### **1. Introducción**

Actualmente la distribución urbana de mercancías en las grandes ciudades afronta una serie de problemas que tienen un gran impacto tanto en las empresas como en la sociedad. Estos impactos son derivados, en su mayor parte, por la congestión del tráfico en las urbes y la contaminación tanto ambiental como acústica que se generan. Si se une este hecho con la tipología de tiendas de que dispone Caprabo en las ciudades, con una red extensa de supermercados pequeños y medianos, llevaron a Caprabo a realizar una reingeniería de la distribución urbana de mercancías y un paso adelante hacia la innovación en la misma.

La reingeniería de la distribución en Caprabo nació con el principal objetivo reducir el número de kilómetros recorridos por nuestros vehículos, poniendo especial hincapié en los kilómetros en vacío. Aunque, en el caso de la distribución urbana, siendo esta menos eficiente, se buscaron soluciones orientadas de forma casi exclusiva a optimizarla. Todas las acciones y proyectos que se pusieron en marcha, no sólo pretendían reducir los kilómetros y hacer más eficiente la distribución urbana, sino que se centraron también en mejorar el nivel de servicio a nuestra red de supermercados asegurando siempre el cumplimiento de las franjas horarias de entrega pactadas, demostrando así una clara vocación de servicio, así como el respeto a los valores deseados por la sociedad que afectan a la calidad de vida de los ciudadanos como son la reducción de la emisión de CO<sub>2</sub>, de la congestión del tráfico y del ruido. Con todo ello se logró mejorar notablemente la disponibilidad de recursos de distribución incrementando las capacidades de los recursos de los que se disponían y una mejora integral en todos los procesos de la organización.

Este artículo pretende explicar los puntos clave de esta reingeniería de la distribución realizada en Caprabo. También se pretende explicar los motivos que llevaron a implantar cada uno de ellos, los principales pasos para ejecutarlos y lo que aportó cada uno de ellos, tanto a la empresa como a la Sociedad.

### **2. Puntos clave de la reingeniería de la distribución urbana de mercancías**

#### **2.1 Apuesta por los Sistemas de Información para la optimización de flujos logísticos – Transport Management System (TMS)**

Desde el planteamiento de la reingeniería de la distribución se consideró como un punto clave la implantación de una aplicación informática con la que se consiguiera diseñar rutas dinámicas en función del volumen a transportar. El motivo por el cual se pensó en un sistema de este tipo fue la gran cantidad de supermercados de que dispone Caprabo en una

extensión relativamente pequeña, así como que el volumen unitario a transportar no es de carga completa por la tipología de tiendas (supermercados pequeños y medianos). Se era consciente de que el proyecto no sólo se debería centrar en su implantación sino que conllevaría una reestructuración del modelo de negocio de transporte y cambios en procesos y organización.

El TMS es una aplicación informática que realiza una planificación de los flujos logísticos de transporte, optimizando los kilómetros recorridos, cargado y especialmente en vacío, medios de transporte y volúmenes de carga.

El primer paso para su implantación fue seleccionar la herramienta con la que se trabajaría. Este es un punto crítico porque en el momento que se apuesta por una aplicación se le debe sacar el rendimiento esperado. Para la implantación con éxito del modelo propuesto se definieron 7 puntos clave que había que desarrollar en el proyecto de implementación:

### **2.1.1. Análisis, definición e implantación de una nueva estructura tarifaria**

El hecho de pasar a distribuir mediante rutas dinámicas provocó que existiese un número muy elevado de combinaciones posibles de ruta, a diferencia del modelo de distribución con ruta fija. Por este motivo se consideró necesario diseñar una nueva forma de tarifar las rutas para no tener que mantener un número tan elevado de tarifas para cada combinación posible.

Se analizaron diferentes alternativas de estructura tarifaria en la búsqueda de una tarifa única para todo Caprabo, aunque con posibilidad de adaptarse a las singularidades de cada zona de planificación, y sencilla para que facilitara las actualizaciones y tareas administrativas asociadas. La estructura tarifaria debía seguir las siguientes directrices: ser justa, fácil y entendible para los colaboradores transportistas de Caprabo; debía ser comparable con la tarifa anterior y de fácil implantación en la herramienta elegida.

Después de analizar 6 modelos de tarifas con un método de ventajas e inconvenientes, y teniendo en cuenta que según AECOC los dos principales drivers de coste son kilómetros (consumo de combustible) y tiempo, se eligió que el coste por viaje contara con distancia (kilómetros recorridos) y tiempo (complejidad y paradas).

### **2.1.2 Horarios de pedido y servicio**

Con la revisión exhaustiva de este factor y el replanteamiento del mismo se buscaba, ante todo, un incremento del nivel de servicio a tiendas, así como una mayor optimización de las cargas y de la capacidad productiva de los centros de distribución. Para ello era importante tener en cuenta que las tiendas combinables (por proximidad y horario) debían estar en la misma ola de pedidos a preparar para facilitar la creación de las rutas lógicas. Aparte, se buscaba con este objetivo equilibrar tanto la producción de los centros de distribución como la necesidad de vehículos para las entregas a lo largo del día y de la semana.

La premisa principal para la definición de los nuevos horarios es que el horario de servicio a tienda es una condición inviolable por parte de TMS, teniendo en cuenta que en el horario de servicio se debe contar con el tiempo de llegada del camión (ponderando los tramos de circulación urbana el tiempo correspondiente), recepción y descarga del mismo. TMS también debía tener en cuenta para calcular la flota disponible durante el día las restricciones de tiempo máximo de conducción y las restricciones impuestas por la administración pública competente que se dan en la distribución urbana como son la tipología del vehículo que puede circular por una zona concreta, calles peatonales o ubicación de las zonas de carga o descarga.

### **2.1.3. Cálculo de la Unidad de Transporte Equivalente (U.T.E)**

Para cualquier herramienta de optimización del grado de carga de los camiones es un dato básico es el cálculo de la volumetría. Este cálculo tiene un impacto directo en la

consolidación de cargas y en la planificación de rutas pues estas dependen fundamentalmente del volumen a transportar.

La unidad de optimización que se utilizó en TMS fue la media paleta. Para todas las unidades de manipulación posibles (paleta, roll, etc.) se puede buscar la equivalencia en medias paletas. El mantenimiento de una base de datos de volumetría de todas las cajas de la plataforma es una condición indispensable para el éxito.

#### **2.1.4. Organización – Equipo Humano**

Para gestionar la flota y la distribución, así como optimizar las cargas y planificar las rutas mediante la explotación de TMS se decidió organizar un equipo centralizado de gestores de transporte por los siguientes motivos:

- Unificación de procesos de transporte y homogeneidad entre plataformas
- Estrategia global única para todas las plataformas
- Separación de los procesos de planificación y ejecución del transporte
- Mayor control de los procesos de facturación y análisis de costes
- Compensación de flujos de transporte entre plataformas y búsqueda de sinergias

Este equipo de gestores de transporte centralizado tiene como principal responsabilidad la planificación correcta de todas las rutas diaria y requiere de una gran interlocución con las plataformas para su correcta ejecución.

#### **2.1.5. Flujos logísticos de TMS**

Habiendo elegido ya la herramienta con la que se trabajaría era necesario definir el alcance de la reingeniería, para ello hay que revisar todos los flujos de distribución que existen en cada una de las plataformas: entregas mono-parada, multi-parada, trasposos entre plataformas, etc.

#### **2.1.6. Procesos de optimización**

Se definieron tres bloques de optimización que dependen del horario de servicio de las tiendas. En cada bloque, la herramienta y el Equipo de Planificación del Transporte debe tener en cuenta la flota disponible (ver 2.2. *Garantizar la disponibilidad de flota*) y el volumen que se deberá distribuir.

#### **2.1.7. Integración con los sistemas**

Como cualquier implantación de sistemas de información y gestión, una parte vital para el óptimo funcionamiento de la herramienta es la integración entre todos los sistemas que repercuten en la gestión de plataformas y en la correcta comunicación entre ellos.

En el caso del TMS, el sistema de ha tenido que integrar con los diferentes SGA (Sistema de Gestión de Almacén) y el ERP (en concreto, SAP) de Caprabo, así como a posteriori se ha integrado con el sistema de GPS. Aparte, como ya se ha comentado con anterioridad, el proyecto no sólo consistía en implantar una herramienta informática, sino que se trataba de una reorganización de los flujos logísticos. Por ese motivo, también se tuvieron que adaptar los sistemas ya existentes a los nuevos flujos y conseguir así una mayor optimización.

#### **2.1.8. Gestión de flota**

Para este apartado se ha visto cuanto es de importante conocer la flota disponible en cada optimización. Para mejorar este punto se ha tomado alguna acción posterior a la implantación del TMS como la que tratamos en el punto 2.2. *Garantizar la disponibilidad de flota*.

### **2.1.9. Impactos en resultados de TMS**

TMS se ha implantado ya en la totalidad de plataformas Caprabo y está en proceso de extensión a las plataformas del Grupo Eroski. Esta decisión se sustenta en los excelentes resultados obtenidos, como son la reducción de los kilómetros recorridos en un 10% (1.000.000 km. / año) que equivale a dejar de emitir a la atmósfera unas 250 toneladas de CO2 al año. Para absorber esta cantidad de CO2 haría falta plantar al año más de 20 hectáreas de bosque.

Aparte, se ha conseguido una mejor optimización de la flota, habiendo podido reducir la flota necesaria en aproximadamente 15 camiones menos para las plataformas Caprabo.

### **2.2. Garantizar la disponibilidad de la flota**

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, el hecho de gestionar rutas dinámicas provoca que la herramienta realice todas las rutas con un tiempo estimado, teniendo en cuenta siempre el tiempo estimado hasta la llegada (considerando todos los tramos diferentes por separado y aplicando diferentes velocidades y tiempos a la distribución urbana), así como el tiempo de recepción, descarga y vuelta a la plataforma, pero un factor determinante en la distribución urbana es el tiempo en la entrega y la cantidad de imprevistos que hacen posible un retraso en la misma. Aparte, como se ha visto TMS necesita conocer la flota disponible en cada momento para poder optimizarla mejor.

Por este motivo se apostó por implantar un sistema de geoposicionamiento (GPS) integrado con el TMS que nos permite un control absoluto sobre los tiempos de entrega, la posición de los más de 500 vehículos en circulación que lanzamos de forma diaria y conocer de forma precisa la hora de vuelta del vehículo a la plataforma para poder disponer del mismo en la siguiente entrega.

El sistema de GPS permite también mejorar el control de la mercancía, y el cumplimiento de la cadena del frío gracias al termógrafo introducido en la caja del camión y que reporta on-line la temperatura a la que viaja la mercancía. Aparte, este sistema permite controlar la apertura de puertas en puntos que no sean puntos de entrega y por último y de forma dinámica permite también flexibilizar la carga de los camiones en plataforma si hay algún camión con retrasos. Todo ello conlleva una mayor rotación de los recursos de flota disponibles, con una reducción casi total de los tiempos muertos o de espera para carga y así conseguimos reducir el número de vehículos en circulación.

### **2.3. Reducción de vehículos y tiempos de entrega**

Después de realizar un análisis de la tipología de supermercados de Caprabo y viendo la gran presencia que tiene en zona urbana se tomaron dos acciones orientadas a reducir los tiempos de entrega en las mismas por el impacto que tiene la densidad de tráfico (especialmente en horas punta) y reducir el número de vehículos introducidos en las ciudades, por el gran impacto medio-ambiental y social que tiene:

#### **Distribución nocturna**

La distribución urbana de mercancías está en el punto de mira de los ayuntamientos y demás instituciones. La densidad del tráfico, especialmente en horas punta, la gran cantidad de vehículos circulando, la emisión de gases contaminantes, el ruido generado ... Son problemas de la sociedad actual que se pretenden combatir.

Una solución posible consiste en realizar la distribución nocturna a las tiendas de la ciudad. En las horas de noche es cuando no hay densidad de tráfico en las grandes ciudades y es cuando las entregas pueden hacerse de una forma más rápida y eficiente (menos densidad, disponibilidad de zonas de carga y descarga, etc.). Aparte, el camión por la noche, generalmente está parado, con lo que dar rotación a los vehículos de noche es una ventaja para los colaboradores transportistas de Caprabo y se reduce considerablemente el número

de camiones introducidos en horas conflictivas para el tráfico en la ciudad. La distribución nocturna, aunque está orientada a la optimización del transporte urbano, también ofrece grandes ventajas para la cadena de suministro integral, puesto que permite aplanar la capacidad productiva de las plataformas, ya que el volumen de producción que actualmente se centra especialmente en el servicio a primera hora de la mañana se diluye en las horas valle, y permite además que la tienda disponga de todo el producto a reponer en el lineal antes de la apertura de la misma, con el beneficio que aporta el hecho de que en el horario comercial la tienda esté totalmente orientada a la venta, sin necesidad de recepcionar camiones.

Para poder realizar la distribución nocturna, el principal problema que hay que salvar es la generación de contaminación acústica. Hay que tener en cuenta que las restricciones legales en la generación de ruido en horario nocturno son muy severas.

El primer punto que se ha abordado es el de elegir un vehículo que cumpla con las restricciones de ruido. En segundo lugar, se ha investigado qué tipos de elementos de manipulación se pueden utilizar para descargar los camiones y mover la mercancía hasta la tienda y que cumplan las mismas restricciones. Los elementos que se suelen añadir a estos elementos están orientados a la dureza de las ruedas y a la eliminación de vibraciones.

Por último, se ha desarrollado un código de buenas prácticas, con formación a los colaboradores transportistas, basado en las recomendaciones de AECOC, en las que existen procedimientos básicos como son apagar el motor del camión en cuanto se haya llegado al destino, cargar el camión de forma que en la salida se tengan que mover el mínimo número de paletas o extender una alfombra de plástico en la acera para evitar ruidos con las rugosidades.

### **Entregas multi-sección**

Caprabo dispone en Cataluña de 2 plataformas propias y 4 operadores logísticos para gestionar todas las secciones de que dispone la tienda. Este hecho provocaba históricamente que las tiendas recibieran siempre un mínimo de 4 vehículos cada día hasta un máximo de 6, para el suministro de la mercancía centralizada.

Con el objetivo de reducir este número de vehículos introducidos en la ciudad y mejorar el servicio las tiendas se apostó por un modelo de unificación de todas las secciones en un único vehículo respetando las temperaturas de la cadena de frío que requiere cada sección.

La clave para poder realizar estas entregas únicas multi-sección ha sido el analizar los flujos logísticos existentes y horarios para alinear tanto la producción como la distribución. A partir de aquí, se separa la distribución entre las 2 plataformas propias utilizando el criterio de 1 de ellas dedicada a distribución de AMB (Área Metropolitana de Barcelona) y la otra al resto de Cataluña. Aparte, es necesario organizar una red de lanzaderas que permita que la mercancía preparada en diferentes centros llegue al punto de distribución final.

Para conseguir este objetivo se apostó por disponer de parte de flota con camiones bi-temperatura (frío positivo y negativo) que disponen de un compartimento que al cerrarlo herméticamente mantiene el frío negativo y el resto de la caja mantiene el frío positivo. Como no se disponía de flota bi-temperatura suficiente se implantó un modelo de contenedor isotérmico con sistema de frío criogénico pionero e innovador a nivel nacional que permite distribuir con garantías el producto congelado con vehículos que no disponen de frío negativo.

El sistema criogénico es un sistema completo para la gestión industrial de los transportes a temperatura controlada, basado en contenedores isotérmicos dotados de un acumulador de nieve carbónica y permite mantener el frío negativo (de -26° C a -18° C) hasta un máximo de 36 horas.

Todas estas acciones han conseguido que las tiendas pasen a recibir un solo camión, con la consiguiente optimización de los recursos en los supermercados, y la disminución considerable de vehículos en las ciudades.

#### **2.4. Backhauling**

Pese a la optimización que ofrece TMS para las entregas a tienda, es imposible eliminar totalmente los kilómetros recorridos en vacío ya que siempre quedan algunos kilómetros por recorrer en vacío en los retornos a las plataformas. Es por ello que se aprovecharon estos retornos en vacío para que los vehículos después de la entrega a tienda recojan mercancía en las plataformas de los proveedores de Caprabo. A esta acción se la denomina *backhauling*. Esta acción, no solo permite optimizar el transporte capilar del distribuidor sino que es un claro ejemplo de eficiencia de la cadena de suministro integral y un ejemplo de integración de los proveedores con los distribuidores. Esta acción permite reducir los impactos socio-ambientales de la cadena de suministro global, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y reduciendo considerablemente los vehículos en circulación.

#### **2.5. Nuevo modelo e-commerce**

Este negocio, aparte de todas las virtudes que ofrece a los clientes, como son comodidad y tiempo invertido en la compra, provoca también un descenso de los vehículos particulares que circulan por las ciudades puesto que para realizar la compra fuerte del mes la mayoría de los clientes se desplazan en su vehículo particular.

El nuevo modelo logístico consiste en centralizar toda la preparación del negocio on-line en plataforma exclusiva fuera de la ciudad. Con este hito se consigue reducir el volumen transportado en camión a la ciudad y posibilita diseñar rutas de reparto a domicilio más óptimas. Este modelo es una clara apuesta para potenciar el negocio on-line que desde Caprabo se considera beneficioso para la sociedad.

#### **2.6. Metodología para la definición de un sistema logístico orientado a lograr una distribución urbana de mercancías eficiente**

Para determinar cual es la óptima forma de suministrar cada tienda, en Caprabo se está aplicando la metodología explicada en el CIO 2008 “Metodología para la definición de un sistema logístico para una distribución urbana de mercancías eficiente” [Sanz y Pastor, 2008].

Esta metodología estandarizada, mediante el análisis de una serie de variables, tiene como principal objetivo elegir el sistema logístico más eficiente en términos de distribución urbana de mercancías, tanto desde el punto de vista de la empresa (a nivel de costes y de servicio) como desde el punto de vista de la Sociedad.

Con objeto de mostrar su funcionamiento, se procede a realizar una aplicación real (supermercado Caprabo sito en Santa Coloma de Gramanet).

Los pasos a seguir son:

##### **2.6.1. Análisis del entorno urbano:**

###### **2.6.1.1. Ciudad**

Santa Coloma de Gramanet cuenta con una población de 117.336 habitantes y tiene una superficie urbanizada de 4,2 kilómetros cuadrados. Está situada entre Badalona, Sant Adrià de Besòs i Montcada i Reixach, y está separada de Barcelona por el río Besòs.

Existen 3 diferentes alternativas de trayecto a Santa Coloma desde L’Hospitalet de Llobregat. Estos son: la Ronda de Dalt, la Ronda Litoral, y cruzando la ciudad de Barcelona. Los tres trayectos están congestionados durante las horas punta de circulación (de 6 a 10 h y de 17 a 21h). Fuera de las horas punta, las rondas presentan un tráfico bastante fluido, mientras que Barcelona permanece bastante congestionada. No existe peaje alguno.

Santa Coloma presenta principalmente 2 accesos. El nivel de congestión del tráfico dentro de Santa Coloma es elevado. Este nivel de congestión se mantiene uniforme al largo de todo el año, tan solo desciende desde mediados de Julio hasta finales de Agosto.

Las restricciones municipales acerca de la distribución urbana de mercancías solo permiten esta actividad en Santa Coloma desde las 8 hasta las 21 h.

#### 2.6.1.2. Barrio o distrito

El supermercado está ubicado en pleno centro comercial de Santa Coloma (en la zona más comercial de la ciudad). Todos los trayectos y accesos al barrio tienen un elevado nivel de congestión.

Las limitaciones físicas del barrio no son destacables. Los ángulos de giro son mayoritariamente adecuados y las calles de este barrio son suficientemente anchas.

#### 2.6.1.3. Calle

El supermercado está ubicado en una calle de libre circulación. Los accesos a la calle una vez dentro del barrio tienen un nivel de congestión elevado. Las limitaciones físicas de la calle son destacables, puesto que aún siendo una calle ancha, el ángulo de giro de acceso a esta calle es pequeño, lo que hace que sea imposible el acceso con tráiler a esta calle

El nivel de congestión del tráfico de la calle es muy elevado. No se debe bloquear la circulación de la calle para realizar la operación de carga y descarga. El sentido de circulación de la calle es único en todos sus diferentes tramos, tengan un carril o dos.

#### 2.6.1.4. Exterior público tienda

La tienda sólo dispone de una zona de carga y descarga de uso común, es decir compartida por muchos comercios. Esta zona de carga y descarga está ubicada justo delante de la tienda pero en el lado contrario de la calzada, por lo que se debe cruzar la calzada en el proceso de descarga, y en horas punta, y por la congestión de tráfico es complejo realizar esta operación. El horario permitido de uso de esta zona de carga y descarga es de 8 a 18 h, lo que impide las entregas a última hora de la tarde.

La mercancía va directa al almacén de la tienda, puesto que existe una zona habilitada para la entrada directa de mercancía al almacén sin necesidad de que ésta circule por la tienda

### **2.6.2. Instalaciones y necesidades del punto de venta**

#### 2.6.2.1. Instalaciones interiores del punto de venta

La superficie útil de la sala de ventas es de 499,06 m<sup>2</sup>, es decir, es un supermercado urbano de tamaño pequeño y dispone de una superficie en la zona de entrada a la tienda es de 25 m<sup>2</sup> aproximadamente. La superficie útil de almacén es de 50 m<sup>2</sup> a temperatura ambiente. Adicionalmente se dispone de 20 m<sup>2</sup> de cámaras frigoríficas, siendo la mayoría de temperatura positiva y tan solo un mínimo espacio de temperatura negativa (almacenaje de productos congelados).

No hay rampas ni desniveles dentro de la tienda. Y cuando se descarga la mercancía en la tienda, ésta no debe cambiar de nivel de piso.

El horario permitido de actividad en el punto de venta es de 8 a 21 h, empezando el horario comercial a las 9.

#### 2.6.2.2. Características modelo comercial y comportamiento de la demanda

Este punto de venta tiene un claro rol de proximidad. Esta tienda explota todas las secciones de venta de productos frescos.

El comportamiento de la demanda según la época del año es bastante estable, con una ligera disminución en verano. La demanda según día de la semana es también bastante estable, con puntas los viernes y los sábados, como es habitual en el sector. La demanda según tramo horario es diferente, siendo mayor de 11 a 14 h y de 17 a 21h.

#### 2.6.2.3. Disponibilidad de los empleados

Los empleados son 100% polivalentes a excepción de los especialistas de producto fresco.

Dispone de 14 empleados y el horario es rotativo de mañana y tarde ( 6,5 horas jornadas de lunes a sábado) de 7 a 21:00 h.

### **2.6.3. Ubicación y necesidades de la competencia**

En la zona no existe otro punto de venta de la distribución comercial organizada, así que es la de mayor cuota de la zona. Ahora bien, vale la pena saber que en Santa Coloma, las enseñas que conforman el mercado son Sorli Discau, Dia, Condis, Carrefour express y Mercadona

### **2.6.4. Generación de soluciones alternativas**

#### 2.6.4.1. Generación de soluciones conocidas

Tras el análisis de los inputs recogidos en las tres primeras fases, el universo de soluciones pasa de 38 soluciones a explorar a tan solo 18 soluciones factibles.

#### 2.6.4.2. Generación de soluciones conocidas agregadas

Al combinar de forma múltiple las soluciones básicas no factibles con el resto de soluciones, no se obtiene ninguna solución agregada factible resultante de dicha combinación

#### 2.6.4.3. Generación de soluciones novedosas

No se diseñan soluciones novedosas factibles

### **2.6.5. Evaluación aproximada de las soluciones propuestas y selección de soluciones**

#### 2.6.5.1. Foco en la distribución urbana

Se cuantifican todas las ventajas e inconvenientes desde el punto de vista social y desde el punto de vista empresarial.

Se detecta una solución no factible, por no superar un umbral preestablecido: “Uso de aparcamientos públicos y privados”. Destacar que esta solución no se puede convertir en factible combinándola con ninguna otra solución ni conjunto de soluciones

Se sigue la ponderación numérica, con pesos, de las ventajas e inconvenientes propuesta en la Tesis Doctoral “Metodología para la definición de un sistema logístico orientado a lograr una distribución urbana de mercancías eficiente” [Sanz, 2009] y se obtiene una puntuación final de cada solución factible.

#### 2.6.5.2. Impactos de la cadena de suministro aguas arriba

La solución “Contenedores logísticos fácilmente manejables” se descarta debido a la estructura logística disponible en la empresa, que imposibilita la utilización de sistemas diferentes a las paletas debido a la rigidez de la automatización de los centros de distribución y, también, al layout de los mismos.

#### 2.6.5.3. Procedimiento de decisión multicriterio

Se tienen 16 soluciones factibles de las 38 disponibles pero, según la puntuación anterior, se puede concluir que son 6 soluciones las que destacan sobre las demás, así que se descarta aplicar un procedimiento de decisión multicriterio

### **2.6.6. Evaluación detallada de las soluciones seleccionadas y solución**

Se analizan al máximo detalle las 6 soluciones seleccionadas como buenas resultantes de la fase anterior, y se ordenan según su bondad en orden decreciente. A continuación se exponen ordenadamente las soluciones:

- Sistemas avanzados de gestión del transporte
- Centralización proveedores en Centros de Distribución
- Integración eficiente de la logística inversa
- Cuadrantes horarios en zonas de carga y descarga
- Equipos de comunicación en vehículos



- Equipos apropiados para la carga y descarga

Se combinan de forma múltiple las mejores soluciones para obtener la mejor solución. Tras esta combinación se obtiene que la solución preferida es la solución agregada que aglutina las 5 mejores soluciones de las 6 anteriores. Esto es: Sistemas avanzados de gestión del transporte + Centralización proveedores en Centros de Distribución + Integración eficiente de la logística inversa + Cuadrantes horarios en zonas de carga y descarga + Equipos de comunicación en vehículos.

Destacar que las 2 últimas soluciones (Cuadrantes horarios en zonas de carga y descarga y Equipos de comunicación en vehículos) no conllevan grandes mejoras pero se ha decidido incluirlas por su facilidad de aplicación.

Si aplicamos el procedimiento de *What-If analysis* obtenemos que si relajáramos una de las restricciones como es la de los horarios de reparto por la ciudad, obtendríamos una solución más buena: la distribución nocturna.

#### **2.6.7. Validación de la solución elegida**

Se debe implantar la solución elegida mediante una prueba piloto en real. Se realiza dicha prueba piloto en real durante un periodo de 2 meses.

La aplicación de la Metodología propuesta ha diseñado una solución que aporta grandes beneficios para la empresa, Caprabo, tales como ahorro de costes (en torno al 18%), incremento del nivel de servicio, y mejora del control de la operación, pero también para la Sociedad puesto que reduce significativamente la emisión de CO<sub>2</sub> y reduce los impactos molestos de la distribución urbana de mercancías, sobre todo para los vecinos de los bloques adyacentes a la tienda. Está claro que solo con la aplicación de esta solución a una tienda los impactos mediambientales no son globalmente significativos, pero si se aplican soluciones beneficiosas como esta a la mayoría de comercios, los beneficios llegarían a ser muy significativos para la Sociedad.