

# Desarrollo de un Sistema de Ayuda a la Conducción (SAC)

Rafael Roset i Arissó  
Institut Cartogràfic de Catalunya  
Parc de Montjuïc  
08038 Barcelona

**Palabras clave:** cartografía, navegación

**Resumen:** conversión de cartografía para la generación de mapas navegables, a utilizar en un sistema inteligente de guiado.

## **1 Introducción**

El Institut Cartogràfic de Catalunya, junto con la Fundación Airtel Móvil, en el marco del convenio nº 456 firmado por ambas organizaciones, empezó en febrero de 1998 el desarrollo de un prototipo de Sistema de Ayuda a la Conducción.

Partiendo de la base cartográfica 1:5 000 propiedad del ICC, y centrándose en el área de la ciudad de Barcelona, se propuso el diseño de un prototipo de sistema capaz de utilizar la cartografía navegable para el guiado de vehículos.

Para ello se creó conjunto de herramientas para la conversión y edición de cartografía navegable en formato GDF, estándar utilizado en el ámbito de la Comunidad Europea impulsado por Ertico, que posteriormente fueron exportadas a formato RMF, para ser interpretadas por una aplicación para el entorno Windows que se desarrolló en el marco del mismo convenio para demostrar la viabilidad del proyecto.

El resultado ha sido una aplicación de demostración capaz de interpretar la cartografía navegable, y sobre ella generar una ruta entre un origen y un destino, acompañada por una lista de maniobras, en formato texto, para seguir dicha ruta. A su vez es capaz de visualizar en el mapa la posición de un vehículo, a partir de los datos recibidos por el GPS, trabajando en modo diferencial con las correcciones del sistema Rasant del ICC, para obtener una precisión de 5 m aproximadamente.

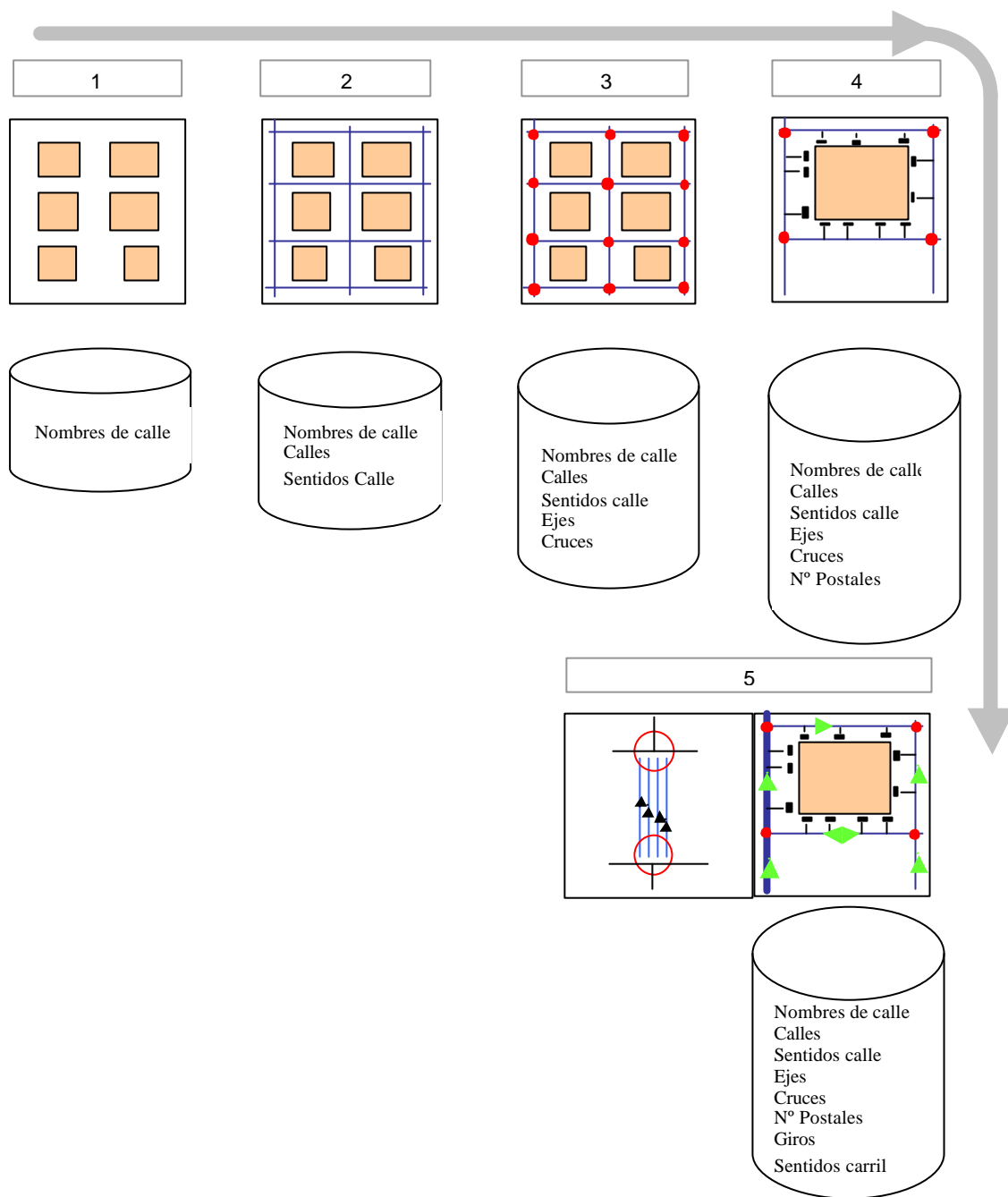
En subsiguientes fases de este proyecto se espera obtener un producto comercial que proporcionará guiado y posicionamiento sobre cualquier punto del territorio del que se pueda obtener cartografía a una escala 1:5 000 o menor, pues la cadena de producción se diseñó para la toma de datos a partir de archivos DGN de Microstation.

## **2 Desarrollo del sistema**

Como objetivos principales de la primera implementación del sistema de generación de información viaria en formato GDF, se fijó la versatilidad del sistema, utilización de herramientas de base estándar como CAD + Base de datos, y la codificación de la información en un formato de datos propietario con el fin de independizar el almacén de datos origen del formato de salida deseado.

En esta sección del documento se ilustra brevemente las líneas generales que se han seguido para cumplir dichos objetivos.

Como guión del flujo de trabajo, el gráfico que sigue ilustra las diferentes fases de carga y generación de los datos viarios en formato interno antes de ser exportados a formato estándar.



**Ilustración 1: flujo de trabajo**

## 2.1 Carga de datos inicial en el sistema

La carga inicial de datos en el sistema ha consistido en estructurar el conjunto de ficheros gráficos (CAD) utilizados como base cartográfica, de acuerdo con una nomenclatura única dentro del proyecto y un formato de hoja cortada. Esto ha permitido en las fases iniciales de carga masiva, trabajar en paralelo sobre diferentes zonas del territorio.

La segunda parte de la carga inicial ha consistido en introducir en la base de datos el conjunto de nombres oficiales de las calles de Barcelona con un código identificativo. Dicha carga se ha realizado respetando la estructuración de los nombres en Tipo de vía, Artículos o complementos del nombre y Nombre (ej. Plaza / de / España)

En esta fase se ha desarrollado el sistema para la generación de las geometrías de las calles. La herramienta diseñada tiene como objetivo dar gran interacción al usuario con el conjunto de nombres y conjunto de calles ya introducidas en el fichero que trata. De este modo, la introducción manual de nombres y consiguiente posibilidad de error y la incongruencia de las geometrías (repetición, no correspondencia entre diferentes hojas, etc.) ha sido reducida.

Para la carga de datos inicial se ha pensado en permitir la introducción de datos de forma concurrente sobre diferentes zonas del territorio, procurando que la producción de datos se realice en modo multiusuario.

El sistema se compone por un conjunto de ficheros CAD + un Base de Datos que contendrá información de cada calle a nivel de nombre de la calle.

Los nombres de las calles pueden ser precargados a partir de un listado o fichero de DBs convenientemente estructurado en "Nombre de calle", "Tipo de calle" y "Artículos" ("Calle" "de" "España"). De no disponer de este listado, el sistema permite introducir cada nombre de forma interactiva en tiempo de generación de la geometría para cada calle.

A continuación se ilustra la interficie para la carga de datos de calle en el sistema:

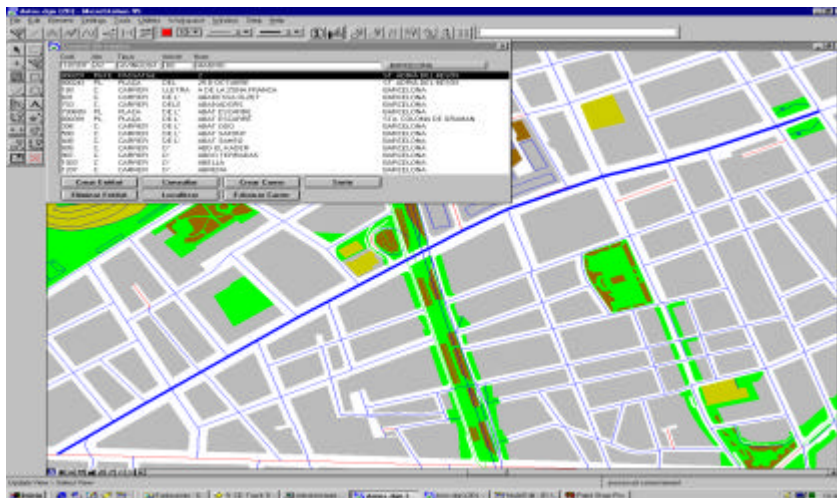


Ilustración 2: carga de datos

## 2.2 Generación de las calles

EL objetivo de la fase 2, ha sido obtener el total de las calles existentes en el territorio, con el NOMBRE y SENTIDO de circulación ya codificado y el etiquetado por medio de un pictograma de la presencia de un túnel o puente.

La herramienta desarrollada en la fase 1 ha cumplido las expectativas y tras la experiencia ha sido mejorada en la interficie con el operador.

La base de nombres de calles cargados inicialmente ha cubierto en un 98% las calles existentes en el territorio procesado.

En esta fase se ha desarrollado la herramienta de fusión de los diferentes ficheros gráficos y la de generación de ejes de calle y cruces. El primer proceso, tiene como objetivo fusionar automáticamente a partir de la matriz de corte del territorio, los diferentes ficheros en uno solo, que a partir de esta fase será tratado en bloque hasta la fase 5. La herramienta de generación de ejes y cruces tiene como objetivo nodalizar el conjunto de líneas que forman el grafo de circulación, y generar los nodos de dicho grafo de forma automática, obteniendo así, un grafo lógico plano en un espacio geométrico 2D. Todos los elementos que componen dicho grafo, tienen un vinculo en la base de datos, que posteriormente servirá para atribuirles propiedades de longitud, giros, dirección, etc.

## 2.3 Generación de ejes de circulación y cruces de calles

El proceso de generación de ejes y cruces ha dado como resultado el mencionado grafo viario direccionado y sin ningún tipo de información de giro permitido.

Para la siguiente fase, se ha desarrollado el proceso de asociación de los números postales existentes en la cartografía a los ejes creados. Dicho proceso tiene dos objetivos. El primero, la creación de una línea entre el número postal existente en el fichero de cartografía de fondo, y el eje de calle más próximo siguiendo la perpendicular al eje generado en el fichero del grafo. El segundo, la actualización de los diferentes ejes de calle con la correspondiente numeración encontrada .

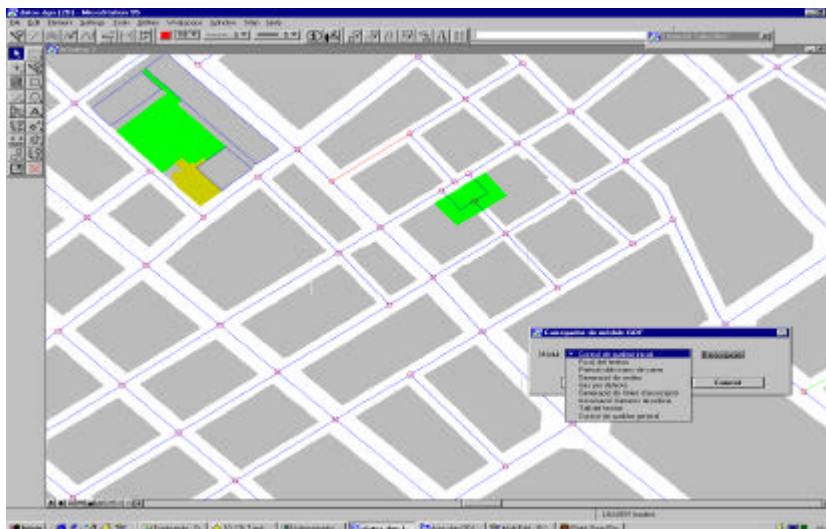


Ilustración 3: generación de ejes

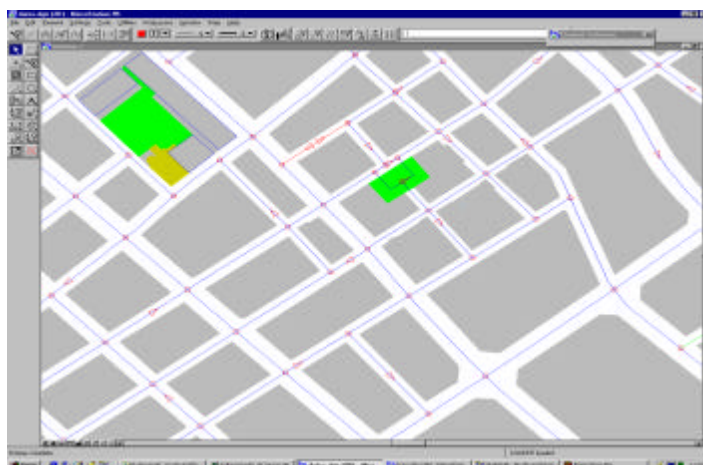
#### 2.4 Codificación de direcciones postales

El proceso de asociación ha sido un éxito y permite ser aplicado a cualquier cartografía estándar existente.

En esta fase se ha desarrollado el software de generación automática de los giros por defecto de los cruces y el software de posterior control de calidad e introducción de giros particulares por carril.

El primer proceso debe generar los giros que podrían ser deducidos al observar la cartografía y el sentido de circulación de los diferentes ejes. Es decir los posibles en caso de no existir ni obligaciones ni prohibiciones. Esto permite generar una primera aproximación al conjunto de datos buscado de forma automática. El algoritmo desarrollado tiene en cuenta los carriles de circulación el sentido de circulación de cada uno de ellos y el ángulo de incidencia de los ejes examinados para cada cruce.

El segundo proceso tiene como objetivo permitir al operador, realizar un control de calidad exhaustivo de toda la información introducida de forma esquemática y sencilla. Se ha diseñado un software con capacidad de generar un croquis de los giros permitidos y prohibidos para cada carril gráficamente. A la vez, se ha procurado que la misma aplicación permita recorrer una calle de forma ordenada, eje por eje, con el fin de poder realizar el control de calidad de los diferentes ejes de forma ordenada y controlada.

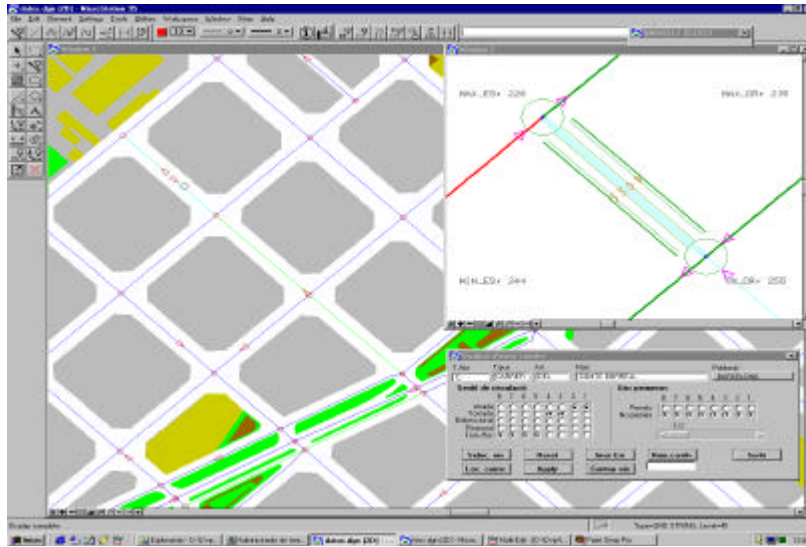


**Ilustración 4: revisión de sentidos**

#### 2.5 Generación giros por defecto y posterior control de calidad

La generación de los giros por defecto ha dado problemas en el afinado de los parámetros utilizados por el software (ángulos de incidencias y distribución de los carriles) pero tras un periodo de ajuste, el resultado ha sido muy satisfactorio.

El funcionamiento del software de control de calidad ha sido mejorado en interficie para agilizar el proceso. Se ha añadido la capacidad de etiquetar gráficamente aquellos ejes que han sido revisados, de modo que visualmente se identifican las zonas que han sido controladas. Ha sido revisada el 100% de la información de giros y carriles 2 veces.



**Ilustración 5: giros y carriles**

## 2.6 Procesado de datos

La segunda parte del proyecto, ha consistido en exportar la información generada a un formato estándar dentro del sector de cartografía para navegación terrestre.

El formato escogido como estándar abierto ha sido GDF 3.0. La norma contempla dos definiciones claramente diferenciadas, la definición de la estructura de los datos, y la norma que especifica el formato del fichero.

Definición:

La definición trata la información a tres niveles básicos:

Nivel 0: Grafo plano de ejes y geometrías simples.

Nivel 1: Etiquetado y atributos de las geometrías

Nivel 2: Asociación de varias entidades en una sola.

## 2.7 Formato de fichero

El formato de fichero consiste en un fichero ASCII con estructura de secciones y para cada sección códigos de etiquetas que permiten definir la misma estructura de datos descrita en el apartado anterior.

Para la generación del fichero GDF, se ha desarrollado un primer software responsable de acceder a las geometrías y la Base de Datos de la fase de generación de información viaria, y volcado de esta información en las diferentes entidades de la base de datos, llamada Intermedia, que plasma la definición recogida por GDF.

El segundo aplicativo desarrollado se encarga de generar el fichero de salida en formato GDF.

## 2.8 Traducción a RMF

La traducción a RMF se realizó a partir de las librerías de base suministradas por la compañía Telcontar.

Dichas librerías contemplan la codificación estándar de la información básica viaria. A partir de esta base se han traducido los atributos de carriles y giros por carril.

Para la visualización embellecida de la cartografía y la información viaria, se ha realizado una depuración y simplificación de la geometría existente en la cartografía de base.

### 3 Desarrollo del prototipo

El prototipo de la aplicación se desarrolló sobre el código de muestra proporcionado por Telcontar, y modificado convenientemente disponía de las siguientes funcionalidades:

- selección manual sobre el grafo del origen de la ruta, utilizando el ratón para seleccionar el tramo de calle.
- selección automática del origen de la ruta según la posición actual proporcionada por el GPS, que permitía proyectar la posición recibida sobre el tramo de calle mas próximo.
- selección alfanumérica del destino a partir de una lista, tanto por calles, como por direcciones como por intersecciones.
- soporte para GPS diferencial, y obtención de una posición con un error aproximado de 5 m.
- visualización de la posición actual del vehículo mediante un icono en pantalla.
- histórico de las posiciones del vehículo, a pantalla, que permite ver el recorrido del vehículo sobre el grafo de los últimos 15 minutos, aproximadamente.
- cartografía de la ciudad de Barcelona, con calles, parques, manzanas de edificios y masas de agua.

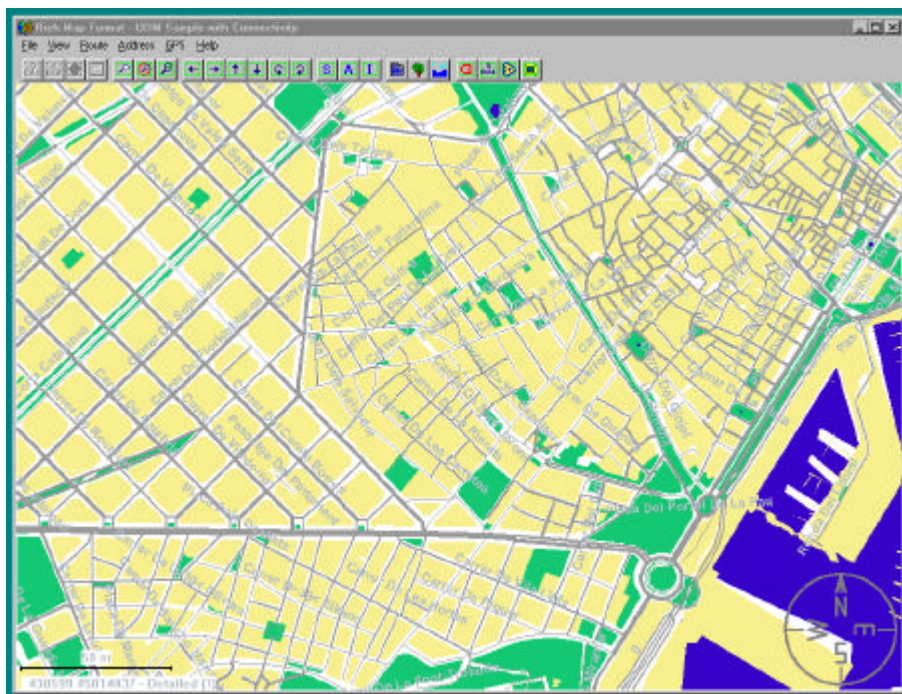


Ilustración 6: visualización en el prototipo

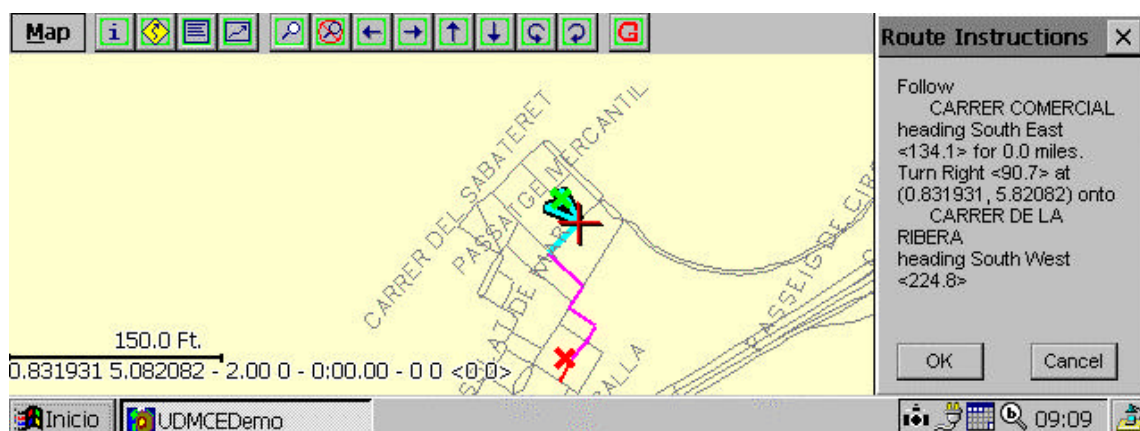


Este conjunto de datos navegables en formato GDF se puede portar prácticamente a cualquier otro formato de datos navegables de los que existen actualmente. En este aspecto se escogió el formato RMF (Rich Map Format), de la empresa Telcontar, por ser binario, y por tanto de un tamaño reducido, y por el conjunto de herramientas que esta empresa ha desarrollado para la creación de aplicaciones.



**Ilustración 7: núcleo urbano de Barcelona**

A pesar de que inicialmente se pretendía demostrar la funcionalidad del proyecto en el entorno Windows CE, finalmente se llevaron a cabo las demostraciones sobre máquinas equipadas con Windows 95, por falta de tiempo en la migración de la aplicación definitiva, aunque existe una demostración de la aplicación, con funcionalidades reducidas, sobre Windows CE.



**Ilustración 8: lista de maniobras en Windows CE**

En cualquier caso el entorno escogido continua siendo válido, y las futuras adaptaciones de la aplicación ha sido pensadas para ser demostradas en el entorno Windows CE. Puesto que Windows CE es un sistema operativo hijo de Windows 95, el código desarrollado sirve para las dos plataformas, con pequeñas modificaciones. Y a su vez la versión para Windows CE se puede migrar al entorno AutoPc, pensado para los sistemas embarcados en vehículos, adaptándolo convenientemente. Con este planteamiento es posible generar código para tres plataformas distintas.