

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 211**

51 Int. Cl.:

**G08G 1/01** (2006.01)

**G08G 1/0968** (2006.01)

**G08G 1/00** (2006.01)

**G01C 21/34** (2006.01)

**G08G 1/0967** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2003 E 09172372 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2015 EP 2136184**

54 Título: **Sistema de planificación de tráfico**

30 Prioridad:

**29.08.2002 GB 0220062**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**21.09.2015**

73 Titular/es:

**INRIX UK LIMITED (100.0%)  
Fifth Floor, Station House, Stamford New Road  
Altrincham, Cheshire WA14 1EP, GB**

72 Inventor/es:

**BURR, JONATHAN CHARLES;  
GATES, GARY y  
SLATER, ALAN GEORGE**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 546 211 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de planificación de tráfico

**Campo de la invención**

5 La presente invención versa sobre métodos y aparatos para la planificación del tráfico y, en particular, para la planificación de vehículos en viajes por carretera. Sin embargo, también se aplica a operaciones de fletes marítimos, viajes en aeronave así como por ferrocarril y viajes multimodales que combinen el desplazamiento en dos o más modos de tránsito.

10 La realización preferente de la presente invención usa dos formas de datos de planificación del tráfico para planificar viajes de vehículos. En primer lugar, se usan datos de planificación de tráfico previos al evento en forma de previsión de la velocidad probable del vehículo en un tramo particular de carretera en un momento particular, por ejemplo una hora particular del día en un día particular de la semana. Tales datos se basan en el análisis de tiempos reales de viaje obtenidos de los vehículos que atraviesan un tramo particular de carretera y del conocimiento de que pueden tener lugar circunstancias similares. En segundo lugar, un sistema de notificación de retenciones de tráfico actuales proporciona datos en tiempo real en términos de velocidades reales del vehículo en un tramo particular de carretera en un momento particular, por ejemplo una hora particular en un día predeterminado. Además, un bucle de realimentación compara datos de velocidad de tráfico real con los datos de planificación de tráfico previos al evento ya proporcionados para mejorar la calidad de los datos previos al evento. Esta información es útil tanto para los planificadores de tráfico como para los conductores que planean y emprenden viajes para poder calcular con precisión sus tiempos de viaje específicos.

20 Para los fines de esta memoria, la expresión "planificador de tráfico" incluye cualquier persona o aparato capaz de planear o emprender un viaje o múltiples viajes. La capacidad de obtener datos de retenciones de tráfico en directo también permite que los que planean y emprenden viajes replanteen la ruta y desvíen los vehículos para evitar puntos conocidos de retenciones. La expresión "punto en tránsito" usada en la presente memoria significa un lugar de parada en un viaje, por ejemplo para cargar o descargar cargas contratadas y elementos objeto de entrega.

**Técnica antecedente**

25 Los métodos de asignación de ruta y planificación de vehículos comerciales llevan muchos años en existencia, proporcionando una estimación mínima de kilometraje para viajes individuales o múltiples de vehículos de una o más entregas o lugares de parada. Se da a conocer un sistema conocido tal en un documento titulado "Scheduling Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points", Clark, G., y Wright, J. W., Operations Research (1963), 11, 568-581. Los métodos conocidos, por complejos que sean, se basan en la determinación de la velocidad media del vehículo para un tipo particular de vehículo (por ejemplo, un vehículo articulado) por un tipo definido de carretera (por ejemplo, una autopista). Sistemas más sofisticados aplican factores de congestión a las velocidades potenciales de viaje como reducciones porcentuales en la velocidad definida entre momentos específicos en un día particular.

35 En la práctica, los vehículos viajan por los diferentes tramos de cualquier carretera a velocidades diferentes, dependiendo de la hora del día, del tipo de vehículo, del volumen del tráfico, de restricciones tales como obras en la carretera, o de incidentes específicos de tráfico tales como accidentes o averías. Dado que las velocidades reales del tráfico se ven afectadas por la congestión del tráfico de uno u otro tipo, las previsiones de tiempos de viaje usadas en las técnicas de asignación de ruta y planificación de vehículos son inexactas.

40 En el sector comercial, los resultados de las previsiones inexactas son particularmente significativas en la productividad tanto de los recursos como del personal que emprende un viaje. En los últimos años, los métodos de asignación de ruta y planificación de vehículos han perdido aceptación entre los gerentes de operaciones debido a la diferencia entre los tiempos planeados de viaje y los tiempos reales de viaje. Por ejemplo, en una operación comercial que entrega pedidos a clientes dentro de las ventanas temporales requeridas, se estima que se incorpora una contingencia temporal de más del 18% al plan de tráfico diario para garantizar una probabilidad de éxito del 98% en la consecución de todas las entregas dentro de las ventanas temporales deseadas. Además, la prolongación de la jornada laboral (que a menudo da como resultado el pago de horas extra tanto a los conductores como al personal de almacén) puede ser otra consecuencia si la hora de entrega se posterga debido a la congestión del tráfico. Los planificadores de viajes también son criticados, porque la contingencia temporal del 18% incorporada en el horario de la planificación de tráfico da como resultado que se malgaste tiempo productivo en un buen día.

50 El documento US 6.317.686 da a conocer un sistema de información de tráfico para predecir tiempos de viaje utilizando la recogida y la diseminación de información basadas en Internet.

55 Por lo tanto, hasta la fecha, la mayoría de los sistemas telemáticos han estado limitados a coches, y las aplicaciones para soportar el tráfico de mercancía pesada y el tráfico de pasajeros han sido ignoradas en buena medida. Las realizaciones preferentes de esta invención se centran en la aplicación de esta tecnología para el tráfico de mercancía pesada y de pasajeros. Sin embargo, la invención no está limitada a esto, teniendo la invención

aplicaciones en otros campos, incluyendo el sector no comercial, tal como servicios de emergencia, u otras aplicaciones comerciales, tales como operaciones de transporte en aeronave, ferrocarril y buque, etcétera.

5 Un objetivo de los sistemas preferentes de planificación de tráfico es minimizar el impacto de las retenciones de tráfico, tanto previstas como imprevistas, para la empresa explotadora de vehículos comerciales. Esta invención busca proporcionar un método mejorado de planificación del tráfico.

10 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de funcionamiento de un sistema informático de planificación del tráfico para planear viajes para recursos de entrega que comprenden múltiples elementos considerados recursos separados, pero interrelacionados, comprendiendo los múltiples elementos uno o más de al menos un remolque, al menos un vehículo y al menos un grupo de conductores del vehículo, teniendo cada viaje varios puntos de parada en tránsito, comprendiendo el método: recibir criterios de planificación, incluyendo datos de puntos de parada en tránsito e incluyendo, además, datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo; recibir datos cartográficos, comprendiendo dichos datos cartográficos una o más rutas, estando definida cada ruta por varias secciones de ruta; recibir información de previsiones de velocidad para una unidad de tráfico en cada una de dichas secciones de ruta, dependiendo la previsión de velocidad para una sección de ruta dada de datos históricos de velocidad para esa sección de ruta en un momento predeterminado en un día particular; y planear un viaje que incluye varios puntos de parada en tránsito dependiendo de los criterios de planificación, incluyendo los datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo, y de la información de previsiones de velocidad.

20 En realizaciones preferentes, los criterios de planificación comprenden uno o más de: datos de disponibilidad de los recursos separados, pero interrelacionados; datos de distancia entre puntos relevantes de parada en tránsito; datos de tiempo que representan una hora del día; datos de almacén; datos de clientes; y datos de productos. Los datos de disponibilidad podrían comprender, por ejemplo, información de disponibilidad para uno o más de una unidad de tracción y un conductor. Las previsiones de velocidades y tiempos de viaje se derivan, al menos en parte, de datos históricos de velocidad obtenidos por medio de unidades de recogida de datos de vehículos móviles u otros medios móviles de recogida de datos. La monitorización del tráfico en directo también puede llevarse a cabo por medio de unidades de recogida de datos de vehículos móviles u otros medios móviles de recogida de datos.

30 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema informático para planificar tráfico capaz de planear viajes para recursos de entrega que comprenden múltiples elementos considerados recursos separados, pero interrelacionados, en el que los múltiples elementos comprenden uno o más de al menos un remolque, al menos un vehículo y al menos un grupo de conductores del vehículo, teniendo cada viaje varios puntos de parada en tránsito, comprendiendo el sistema: medios para recibir criterios de planificación, incluyendo datos de puntos de parada en tránsito y datos cartográficos e incluyendo, además, datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo, comprendiendo dichos datos cartográficos una o más rutas, estando definida cada ruta en términos de varias secciones de ruta; un repositorio de datos que comprende datos históricos de velocidad para cada sección de ruta, datos históricos de velocidad para una sección de ruta particular que se representa para un momento predeterminado en un día particular; medios para generar información de previsiones de velocidad para una unidad de tráfico en cada una de dichas secciones de ruta en función de dichos datos históricos de velocidad; y medios de procesamiento para planear un viaje que incluye varios puntos de parada en tránsito, dependiendo de dichos criterios de planificación, incluyendo los datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo, y de la información de previsiones de velocidad.

45 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un método en el que al menos una porción del viaje planeado es replanificada según criterios de replanificación después de que la unidad de tráfico haya emprendido el viaje. Preferentemente, dicha etapa de replanificación se desencadena en respuesta a un incidente imprevisto de tráfico o a un fallo operativo. En realizaciones preferentes, dichos datos de incidentes imprevistos comprenden informes de tráfico en directo y/o datos derivados de la monitorización del tráfico en directo.

50 Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un método en el que se determina una primera solución de viaje en una primera etapa de procesamiento por algoritmo y se determina una solución mejorada de viaje en una etapa adicional de procesamiento por algoritmo.

Según un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un método en el que los incidentes imprevistos se catalogan según la región geográfica en la que ocurren y la información sobre el incidente imprevisto es comunicada a unidades de tráfico asociadas con una región geográfica relevante.

55 Según un sexto aspecto de la presente invención, se proporciona un método en el que la información de previsiones de velocidad para una sección de ruta se graba y se compara con datos reales de velocidad para esa sección de ruta para proporcionar una medida de fiabilidad o información de retorno para el algoritmo de planificación del tráfico.

Según un séptimo aspecto de la presente invención, se proporciona un método en el que se activan selectivamente sondas vehiculares móviles para la monitorización en función de la probabilidad de que la unidad de tráfico que lleva la sonda esté en una sección de ruta predeterminada.

**Lista de dibujos**

- 5 Ahora se describirá la invención, únicamente a título de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
  - la Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra componentes de un sistema informático preferente de planificación del tráfico;
  - la Figura 2 ilustra un sistema preferente para la recogida de datos en directo a bordo;
  - 10 la Figura 3 ilustra esquemáticamente componentes para producir un repositorio de datos Road Timetable™ (horario en carretera) adecuado para ser usado en el sistema de planificación del tráfico de la Figura 1;
  - la Figura 4 ilustra un método para determinar rutas de vehículos adecuadas para ser usadas en el sistema de planificación del tráfico de la Figura 1;
  - la Figura 5 ilustra un sistema para notificar retenciones de tráfico en directo en el sistema de planificación del tráfico de la Figura 1;
  - 15 la Figura 6 ilustra esquemáticamente componentes para la replanificación dinámica de vehículos en el sistema de planificación del tráfico de la Figura 1;
  - la Figura 7 ilustra componentes para la monitorización de vehículos en directo;
  - la Figura 8 ilustra la realimentación de datos aplicada al viaje de un vehículo;
  - 20 la Figura 9 ilustra un sistema preferente para la planificación de la ruta de un vehículo y la planificación dinámica de rutas;
  - la Figura 10 ilustra ejemplos de datos de entrada para derivar una ruta planificada del vehículo;
  - la Figura 11 ilustra un algoritmo basado en inserciones secuenciales;
  - la Figura 12 ilustra un algoritmo basado en inserciones paralelas;
  - 25 la Figura 13 ilustra posibles fases de mejora para ser usadas en el sistema de planificación del tráfico de la Figura 1;
  - la Figura 14 ilustra un algoritmo de mejora por reasociación simulada;
  - la Figura 15 ilustra un algoritmo de mejora por búsqueda tabú;
  - la Figura 16 ilustra un algoritmo usado para calcular el impacto de una congestión potencial de tráfico;
  - la Figura 17 ilustra un algoritmo para calcular el impacto de las demoras en la entrega a los clientes; y
  - 30 la Figura 18 representa un algoritmo que puede ser usado para la replanificación dinámica de vehículos.

**Descripción de la realización preferente**

35 Ahora se describirá, únicamente a título de ejemplo, una realización preferente de la presente invención. Pueden usarse realizaciones de esta invención para la asignación de rutas y/o planificaciones para todos los tipos de transporte, incluyendo, sin limitación, automóviles, ambulancias u otros vehículos de emergencia o militares, vehículos de mercancía pesada, autobuses, autocares, aeronaves, buques y cualquier otro tipo de transporte.

40 El sistema informático de planificación del tráfico de la Figura 1 registra datos diarios de tráfico por sección de carretera (por ejemplo, entre enlaces de autopista). Se ha indicado que aproximadamente el 75% de la congestión es previsible, tanto en probabilidad de incidencia como en el tiempo de demora previsto. Tal congestión de tráfico previsible incluye la debida al volumen de tráfico, a obras en la carretera, al desplazamiento de cargas sobredimensionadas o a condiciones prolongadas de mal tiempo.

45 La capacidad de predecir tal congestión de tráfico con anterioridad al evento se basa en la recogida, la interpretación, el análisis y la presentación de datos históricos y de previsiones tanto del dominio público como de fuentes específicas tales como los vehículos que están dotados de una sonda para detectar su ubicación y su velocidad, los cuales, cuando son recogidos, se denominan "Floating Vehicle Data" (FVD)™ (datos de vehículos móviles). El resultado de este análisis es una lista de retenciones de tráfico previas al evento que es un aspecto de la realización preferente de la presente invención. El resumen del análisis de los datos presenta una previsión de las

velocidades de viaje para tipos seleccionados de vehículos en un tramo específico de carretera a horas específicas de los días de la semana, denominada "Road Timetable™". Las realizaciones preferentes pueden registrar velocidades correlacionadas con días naturales para poder identificar todos los patrones del comportamiento del tráfico.

5 La presentación de la previsión de velocidades de viaje para tramos de carretera y horas del día específicos permite que el planificador del viaje añada estos datos a un algoritmo de asignación de rutas y planificación de vehículos para producir planes de viaje más precisos de los vehículos. La aplicación del "Road Timetable™" en un método de asignación de rutas y planificación de vehículos es un aspecto adicional de las realizaciones preferentes de esta invención. Un método de asignación de rutas y planificación de vehículos basado en el uso de este tipo de tiempo  
10 previsible de viaje para cada sección de carretera en un viaje proporciona una mejora con respecto a los sistemas conocidos de planificación de viajes. Sin embargo, tales sistemas siguen teniendo un grado de error entre la hora planificada y la hora real que corresponde a aproximadamente el 25% de las retenciones de tráfico imprevisibles.

Las retenciones de tráfico imprevisibles, tales como las causadas por accidentes de tráfico en carretera (RTA), también pueden ser identificadas a medida que ocurren por medio de sondas vehiculares que estén en la zona en la  
15 que las retenciones se estén produciendo realmente o mediante informes de tráfico sobre incidentes particulares. Estos incidentes imprevistos pueden ser objeto de notificación por separado en asociación con una ubicación geográfica, por ejemplo una sección de carretera en un sector de códigos postales. Tal información puede ser enviada tanto a planificadores de tráfico como a conductores por medio de cualquier forma adecuada de comunicación. La velocidad real del vehículo en escenarios de tráfico imprevistos puede ser comparada con la  
20 previsión de velocidad a partir de datos históricos, haciendo posible con ello determinar un nuevo tiempo previsto de retención. El cálculo y la comunicación de esta retención actual de tráfico debida a incidentes imprevisibles es un aspecto adicional de la realización preferente de esta invención.

Al monitorizar el avance del vehículo en tiempo real, es posible notificar el lugar en el que se producen las retenciones de tráfico para que los planificadores de viajes puedan identificar o seleccionar los vehículos que estén  
25 afectados por el incidente o los incidentes de tráfico imprevistos. Tras la identificación de un vehículo afectado por una retención de tráfico imprevista y la determinación del tiempo de demora resultante del incidente, o de cada uno de ellos, la información es suministrada a un "sistema de replanificación dinámica de vehículos". El sistema de replanificación dinámica de vehículos puede permitir, por ejemplo, la reasignación de ruta a vehículos a mitad de viaje para evitar la retención de tráfico imprevista y/o replanificar la secuencia de reparto de una carga en reparto.  
30 Pueden incluirse sistemas preferidos de replanificación de vehículos dentro de los sistemas generales de asignación de rutas y/o planificación de vehículos, o asociados con los mismos.

Los sistemas preferidos de planificación y replanificación del tráfico mejoran adicionalmente si se considera, por ejemplo, que múltiples elementos de los recursos de entrega (el remolque, la unidad de tracción y el conductor) son recursos separados pero interrelacionados. Esto puede facilitarse monitorizando una unidad de tracción y un  
35 remolque por separado y usando sistemas de reconocimiento de conductores y vehículos. Así pueden monitorizarse por separado el o los conductores y el o los vehículos. La identidad del conductor es reconocible para la unidad de recogida de datos en al menos la unidad de tracción. Considerar las tareas de asignación de ruta y planificación en términos de varios recursos separados (el remolque, la unidad de tracción y el conductor) ofrece alternativas en caso de una retención de tráfico imprevista. La aplicación del conocimiento del tiempo de retención por un incidente de  
40 tráfico imprevisto en la replanificación dinámica de vehículos es un aspecto adicional de la realización preferente de esta invención.

La Figura 1 identifica partes componentes del sistema informático preferente y cómo se enlazan entre sí. Cada parte componente tiene individualmente tanto entradas como salidas, siguiendo una descripción detallada de las mismas. Algunas partes componentes descritas en la presente memoria pueden ser obtenidas en el mercado comercial de  
45 vendedores independientes; la funcionalidad y la construcción de otras serán evidentes para una persona experta a partir de la descripción de la presente memoria. La realización preferente combina varios aspectos novedosos que incluyen: el Road Timetable™, un recurso de información que contiene previsiones de velocidades de tráfico por tipo de vehículo en una sección particular de carretera en un día y una hora definidos que da cuenta de retenciones de tráfico conocidas; la aplicación del Road Timetable™ en la asignación de rutas y la planificación de vehículos comerciales, el cálculo y la rápida comunicación de un tiempo potencial de demora en relación con retenciones de  
50 tráfico imprevisibles; y la aplicación de tal tiempo de demora en la replanificación dinámica de vehículos. En el contexto de esta descripción, el término "dinámico" significa mientras un vehículo está en ruta; es decir, ya ha emprendido un viaje planeado.

Con referencia a la Figura 1, un sistema preferente 100 de planificación de tráfico comprende un Road Timetable™  
55 110. El Road Timetable™ 110 es un recurso de información que suministra a un planificador 120 de rutas de vehículos información de previsiones que tiene en cuenta datos históricos de tráfico. La información de previsiones tiene la forma de una base de datos que registra velocidades por tipo de vehículo, sección de carretera y características temporales. Posteriormente en la siguiente memoria se describe el Road Timetable™ con referencia a la Figura 3.

5 El planificador 120 de rutas de vehículos calcula la mejor ruta para el viaje propuesto, o para cada uno de ellos, teniendo en cuenta la ubicación del inicio, la ubicación del destino y cualquier punto en tránsito que pueda ser relevante. El planificador 120 de rutas de vehículos y sus modos de operación son descritos con mayor detalle más adelante con referencia a la Figura 4. El planificador 120 de rutas de vehículos envía a una etapa 130 de replanificación dinámica de vehículos una indicación de la mejor ruta o las mejores rutas.

10 La etapa 130 de replanificación dinámica de vehículos es capaz de ajustar una ruta para un vehículo que ya haya emprendido una ruta determinada para él. Esa ruta puede haber sido determinada por el planificador 120 de rutas de vehículos o por un procedimiento anterior de replanificación del replanificador dinámico 130. La etapa 130 de replanificación dinámica recibe información de un equipo 140 de notificación de retenciones en directo y de un equipo 150 de monitorización de vehículos en directo. El equipo 150 de monitorización de vehículos en directo mide la demora temporal real registrando las velocidades actuales de los vehículos por medio de unidades de recogida de datos (DCU) ligadas a los vehículos, es decir, "a bordo" de los mismos. Esta recogida de datos está representada por la caja 160 de la Figura 1.

15 En lo que sigue de la presente memoria se proporcionan descripciones adicionales de la etapa 130 de replanificación dinámica, del equipo 140 de notificación de retenciones en directo, del equipo 150 de monitorización de vehículos en directo, y de las unidades de recogida de datos a bordo con referencia a las Figuras 6, 5, 7 y 2, respectivamente.

20 En esta realización, la ruta determinada por el sistema 100 de planificación de tráfico es enviada desde la caja 130 al terminal portátil según se describe en la Fig. 6, pero esta configuración no debería ser limitante, pues en otras realizaciones pueden emplearse medios de comunicación diferentes.

25 Un módulo 170 de datos posteriores al viaje recibe información de rutas de la etapa 130 de replanificación dinámica de vehículos y de las unidades de recogida de datos en directo representadas por la caja 160. Estos datos de entrada son procesados y los resultados son realimentados al Road Timetable™ 110 y al planificador 120 de rutas de vehículos. El procesamiento llevado a cabo por la etapa 170 de datos posteriores al viaje compara un registro de demoras reales que se producen en el tiempo con la información de planificación y replanificación en el momento correspondiente para que puedan tenerse en cuenta las desviaciones en la siguiente determinación de planificación. Esto se describe con más detalle con referencia a la Figura 8.

30 La Figura 2 ilustra la técnica mediante la cual un vehículo recoge datos en directo sobre su posición y sus características operativas. Se describe esta técnica porque las características de los datos en directo son usadas en la generación del Road Timetable™ 110 y en la determinación de la retención de tráfico imprevista. En la presente memoria se denomina a un vehículo que contenga una unidad de recogida de datos vehículo "sonda".

35 La ubicación precisa de una sonda está definida por su latitud y su longitud. Esto se obtiene mediante cálculos sobre la información derivada de un receptor del sistema de posicionamiento global (GPS) acoplado al vehículo. El receptor de GPS obtiene al menos tres lecturas de visión directa desde los satélites 220 de GPS usando una técnica bien conocida para obtener una ubicación precisa del vehículo. En Europa, tales receptores de GPS, producidos según la norma telemática global de automoción (GATS), publicada por el Comité Europeo de Normalización, CEN, pueden ser obtenidos de varios distribuidores comerciales. Receptores similares conocidos fuera de Europa son adecuados para su uso según la presente invención.

40 Se denomina Floating Vehicle Data 210 a una combinación de posiciones de un vehículo obtenidas a intervalos predeterminados de tiempo durante un viaje. Estos Floating Vehicle Data 210 son la base para el cálculo de la velocidad y la dirección de viaje de un vehículo en una posición particular.

45 En esta realización, cada sonda contiene medio para transmitir información de ubicación y/o información derivada de la misma a un punto central 240 de recogida de datos. Los Floating Vehicle Data 210 pueden ser acumulados a bordo del vehículo por una unidad 230 de recogida de datos. Esta puede estar almacenada en un dispositivo de almacenamiento adecuado ligado al vehículo o ser transferida a otro dispositivo adecuado de almacenamiento, tal como un terminal portátil (HHT) o una agenda electrónica (PDA) 250. Alternativamente, o además, los Floating Vehicle Data pueden ser transmitidos directamente desde la unidad de recogida de datos a una estación central 240 de recogida de datos. Los datos en directo pueden ser enviados, alternativamente, al punto central 240 de recogida de datos por medio de un HHT o una PDA 250 mediante comunicación inmediata usando, por ejemplo, el servicio de mensajes cortos (SMS) o el servicio general de radio por paquetes (GPRS). Una persona experta será capaz de seleccionar una configuración adecuada de comunicaciones para una aplicación particular.

55 Cuando los Floating Vehicle Data 210 se acumulan a bordo, pueden ser mantenidos a bordo 230, por ejemplo en un terminal portátil (HHT/PDA) 250 para ser usado por el conductor o el pasajero como parte de un sistema de navegación independiente. En este caso, los datos del HHT 250 pueden ser transferidos posteriormente a la estación 240 de recogida de datos mediante cualquier medio adecuado, incluyendo, sin limitación, datos históricos directos a la estación base o una descarga por radio tras regresar a la base.

Los datos en directo procedentes de la estación 204 de recogida de datos pueden ser usados por un planificador 260 de vehículos para seguir el avance de los vehículos en su ruta predefinida. Los datos históricos se obtendrán de la función 230 de recogida de datos a bordo y serán analizados como datos 170 posteriores al viaje para actualizar el Road Timetable™ (véase la Figura 8).

5 La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra la memoria de datos del Road Timetable™. Los datos de posición se recogen durante todo el viaje a partir de varias sondas vehiculares 310. Las sondas vehiculares 310 están distribuidas sobre una zona geográfica predeterminada, permitiendo el cálculo de velocidades medias históricas de vehículos para diferentes tipos de vehículos en secciones específicas de carretera en horas específicas del día en días naturales particulares. Además, o como alternativa, pueden recogerse datos de tráfico de otras  
10 fuentes, tales como sensores fijos u otra tecnología que indique ubicación (por ejemplo, teléfonos móviles). Este recurso de datos históricos se denomina datos históricos 320 de vehículos móviles. Los datos históricos 320 de vehículos móviles se presentan como previsiones de velocidad de los vehículos, clasificadas por tipo de vehículo y por la hora del día en un tramo predefinido de carretera. Por ejemplo, las entradas del Road Timetable™ 110 pueden indicar la velocidad media histórica de un vehículo de mercancías, a intervalos de 15 minutos, en la porción  
15 de la autopista M1 entre los enlaces 19 y 20, en sentido Norte). Los datos históricos 320 de vehículos móviles pasan por varias etapas de análisis estadísticos para determinar las velocidades medias a partir de las varias sondas vehiculares 310 detectadas para cada tipo de vehículo a intervalos temporales específicos (por ejemplo, cada 15 minutos) y para dar más peso estadístico a los datos recogidos más recientemente.

20 La información del Road Timetable™ 110 es, así, la presentación de las velocidades históricas del tráfico promediadas en un periodo de tiempo para un tramo específico de carretera a horas específicas. Así, estos datos incorporan todas las retenciones de tráfico previsibles debidas a factores tales como la congestión del tráfico inducida por su volumen u obras de larga duración en la carretera. La información del Road Timetable™ 110 se presenta de tal modo que pueda ser usada en el procedimiento de planificación de rutas y planificaciones 120 de  
25 vehículos. Además, se retroalimentan los datos 170 posteriores al viaje para mejorar los datos históricos 320 de vehículos móviles. El Road Timetable™ 110 también contiene datos adicionales relevantes para la planificación de rutas de vehículos para vehículos de tipos diversos. Estos datos adicionales pueden ser obtenidos en el dominio público 510 y/o de fuentes 520 que estén fuera del dominio público.

30 La información contenida en el Road Timetable™ 110 puede incluir diferentes tipos de información que puede ser presentada de muchas formas diferentes. Preferentemente, el Road Timetable™ 110 se presenta en forma electrónica y los datos son actualizados periódicamente por medio de un navegador de Internet u otros medios adecuados.

Los usuarios pueden elegir entre varios criterios conocidos para los planificadores de tráfico; por ejemplo, si debería hacerse disponible la información siguiente:

- Medios de identificación de enlaces de carretera
- 35 • Longitud de los enlaces
- Día de la semana (de los cuales se reconocen ocho, concretamente de domingo a sábado y festivo)
- Hora del día (en intervalos definidos)
- Velocidad en el enlace
- Retención (tiempo)
- 40 • Razón de la retención (si se conoce)
- Tipo de vehículo
- Enlaces entrantes
- Enlaces salientes
- Restricciones en el enlace (por ejemplo, el paso bajo un puente de poca altura o un paso a nivel)
- 45 • Restricciones de uso (horas a las que hay restricciones para los vehículos de mercancías pesadas)
- Restricciones de peso
- Restricciones de altura de puentes o anchura de la carretera
- Tarifas de peaje

50 La aplicación del Road Timetable™ 110 al proceso de planificación 120 de rutas de vehículos da un gran nivel de precisión en la previsión de velocidades de vehículo para cada tipo de vehículo en un tramo de carretera específico a una hora específica en un día natural específico. Para un tipo dado de vehículo, la suma de las velocidades medias previstas en las varias secciones definidas de carretera de un viaje permite el cálculo del tiempo total de conducción previsto en un viaje propuesto. Esta es una medida útil, porque el tiempo total de conducción en un día está restringido por ley en muchos países, en particular para conductores de vehículos de mercancía pesada y  
55 autocares.

La Figura 4 describe cómo planea las rutas de un vehículo el sistema de planificación del tráfico de la Figura 1. En este ejemplo, se considera que el vehículo (la unidad de tracción), el remolque y el conductor son recursos separados de una operación comercial de mercancía pesada. Este enfoque a la gestión de recursos resulta útil porque un viaje de ida y vuelta para un remolque que transporte una carga de reparto puede consistir en una

entrega en una o más ubicaciones y una recogida de producto de una o más ubicaciones, visitándose tales ubicaciones en el transcurso de uno o más días y requiriendo que se cubra un kilometraje total sustancial. Sin embargo, tal remolque puede ser movido por más de una unidad de tracción y utilizar más de un conducto para completar el viaje. Aunque el ejemplo dado está dirigido a mercancías comerciales pesadas, no se pretende que esto sea limitante. La invención también se aplica a una multitud de campos adicionales; ejemplos incluyen la aviación, el ferrocarril, los buques, los servicios militares o de emergencia, en los que podrían requerirse otros tipos de recursos separados, tales como vehículos y tripulación. Las realizaciones preferentes también incluyen usos comerciales y no comerciales en los que podría ser necesario monitorizar únicamente el vehículo o el remolque.

Los parámetros 610 de entrada para un algoritmo inicial 450 de asignación de ruta y planificación preferido incluyen, sin limitación: datos procedentes del Road Timetable 110; características y datos 410 de disponibilidad del vehículo, del remolque y del conductor; ubicaciones 430 de almacenes; pedidos y restricciones 420 de los clientes; una matriz inicial 440 de tiempos y distancias entre todos los puntos de entrega de los clientes, los puntos de recogida y las ubicaciones de los almacenes. Las distancias de la matriz 440 de tiempos y distancias son calculadas por medio de un mapa electrónico de carreteras que use las rutas con la distancia más corta entre los puntos en tránsito relevantes.

Estos parámetros son usados por el algoritmo inicial 450 de asignación de ruta y planificación para proporcionar rutas iniciales a los vehículos. Por lo tanto, en realizaciones preferentes, la información procedente del Road Timetable™ 110 se introduce a un algoritmo 450 de asignación de ruta y planificación para proporcionar rutas optimizadas basadas en tiempos de viaje predichos con precisión. El algoritmo 450 de asignación de ruta y planificación envía la ruta optimizada y los tiempos de viaje previstos a una unidad 460 de interfaz del planificador. La unidad 460 de interfaz del planificador tiene una interfaz que permite, cuando se desea, el ajuste manual de parámetros y el reprocesamiento del algoritmo 450 de asignación de ruta y planificación para proporcionar rutas planeadas aceptadas 470 del vehículo. Por lo tanto, no es obligatorio que una empresa explotadora acepte la o las rutas recomendadas, y, en vez de ello, puede desear imponer criterios, secciones de ruta y/o rutas completas. En esta realización, las rutas aceptadas 470 del vehículo son la base tanto de la notificación 480 del rendimiento de la flota, mediante su incorporación en los datos 170 posteriores al viaje, como de cualquier replanificación dinámica 130 de vehículos subsiguiente.

En el algoritmo inicial 450 de asignación de ruta y planificación la velocidad del vehículo es introducida mediante el parámetro 410 y es aplicada para calcular los viajes a partir de la matriz 440 de tiempos y distancias. La aplicación de la información 110 del Road Timetable™ como un parámetro en el algoritmo inicial 450 de asignación de ruta y planificación permite que las velocidades en la ruta considera en el algoritmo se representen como una previsión de velocidad para cada tramo de carretera específico a la hora apropiada en el día relevante de la semana. La aplicación de la información 110 del Road Timetable™ de esta manera puede hacer inviables una o más rutas debido a la introducción del tiempo disponible del conductor como uno de los parámetros 410 de características y disponibilidad de los conductores. En tales circunstancias, el algoritmo utilizará técnicas de investigación de operaciones específicas, tales como la inserción paralela o la búsqueda tabú (mostradas posteriormente en las Figuras 12 y 15, respectivamente), para reasignar los pedidos de los clientes y las recogidas de clientes a vehículos alternativos.

Por razones de implementación, una persona experta puede decidir procesar la información 110 del Road Timetable como una fase ulterior llevada a cabo después de un procesamiento inicial del algoritmo 450 de asignación de rutas y planificación de vehículos, según se describirá con mayor detalle posteriormente en la presente memoria. Una persona experta apreciará que hay otras maneras de incorporar la información 110 del Road Timetable™ en el procedimiento de asignación de ruta y planificación.

La Figura 5 ilustra las funciones de la etapa 140 de notificación de retenciones de tráfico en directo, que compara las velocidades de tráfico reales (en tiempo real) de las sondas vehiculares individuales que proporcionan Floating Vehicle Data™ 210 con la velocidad de tráfico prevista (por tipo de vehículo) notificada en el Road Timetable™ 110.

El módulo Traffic Alert Generator™ (generador de alertas de tráfico) 550 es la rutina de comparación y control de calidad a partir de la cual se genera la información 560 de notificación de retenciones en directo. Este módulo puede identificar retenciones de tráfico imprevistas, así como mejoras en las velocidades del tráfico que tengan relación con el registro del Road Timetable. En esta realización, el Traffic Alert Generator™ 550 selecciona en primer lugar sondas vehiculares, preferentemente basándose en una función de probabilidad que refleje la probabilidad de que el vehículo esté en la sección relevante de carretera, para determinar en tiempo real, a partir de las sondas vehiculares seleccionadas, aspectos específicos de los Floating Vehicle Data 210. En este ejemplo, los criterios muestreados incluyen la velocidad del tráfico por tipo de vehículo en una sección específica de carretera a una hora específica del día. Estos criterios se comparan con la previsión de velocidad por tipo de vehículo en la correspondiente sección de carretera a la hora apropiada en el mismo día a partir del Road Timetable 110. Cualquier desviación significativa es indicada por el Traffic Alert Generator al Congestion Scheduler (planificador de congestiones) por medio de la notificación 540 de incidentes de retenciones de tráfico, y registrada dentro del Traffic Alert Generator para la notificación 560 de retenciones en directo, ya sea al planificador 260 de vehículos o directamente a un conductor 570.

Los datos reales en directo obtenidos de las sondas vehiculares u otros datos 580 de sensores son comparados con la velocidad predicha contenida en el Congestion Scheduler™ 530 y cualquier variación significativa es notificada nuevamente al Traffic Alert Generator 550 a través del sistema de notificación 560 de retenciones en directo. El Congestion Scheduler™ 530 es una base de datos de incidentes conocidos que es probable que causen retenciones de tráfico. Los datos de cada incidente registrado en el Congestion Scheduler™ son obtenidos ya sea del dominio público 510 o de una fuente 520 fuera del dominio público. Un ejemplo de fuente fuera del dominio público es una fuerza de policía que proporcione una escolta para una carga ancha de desplazamiento lento, siendo tal fuente capaz normalmente de proporcionar información de velocidad y rutas. El Congestion Scheduler™ 530 también incluye una base de datos de incidentes anteriores para aplicar técnicas de “inteligencia artificial” para predecir retenciones potenciales causadas por un incidente a partir del momento en que se detecta uno. El Congestion Scheduler™ 530 es distribuido a los usuarios como una base de datos separada o está disponible en Internet o similar. Cuando la razón de un incidente 540 de retención de tráfico es establecida y verificada por otros datos 580 de sensores o por el Traffic Alert Generator 550, la información se pasa entonces al sistema 560 de notificación en directo.

Seguindo la determinación de una retención de tráfico por parte del Traffic Alert Generator™ 550, el sistema 560 de notificación de retenciones en directo clasifica las retenciones por zona geográfica, por ejemplo por código postal (u otro medio de clasificación de zonas) y notifica estas a los conductores 570 en el código postal relevante (u otra zona geográfica) por medio de un sistema adecuado de comunicaciones, tal como SMS o GPRS, posiblemente utilizando el HHT o la PDA 250 o un sistema de radiomensajes de tráfico - centro de mensajes de tráfico (RTS-TMC). El sistema 560 de notificación de retenciones en directo también notifica las retenciones clasificadas geográficamente a los planificadores de vehículos en la etapa 260. Cuando el planificador de vehículos es una persona, la retención puede ser notificada, por ejemplo, directamente a un ordenador de sobremesa para que pueda acometer una replanificación 130 del vehículo en ruta. Cuando el planificador es un sistema implementado por ordenadores, la retención puede ser notificada a una interfaz de programación de aplicaciones (API) debidamente configurada, por ejemplo al módulo 130 de replanificación dinámica del vehículo de la Figura 1.

Todos los incidentes anotados en el Traffic Alert Generator® 550 son monitorizados por medio de los Floating Vehicle Data 210 hasta que el incidente se despeje. Los datos históricos de este tipo también se mantienen en la base de datos para ser usados como parte de un sistema de “inteligencia artificial” para predecir la longitud en tiempo de cualquier incidente en un viaje específico. Comparando los Floating Vehicle Data 510 de tiempo real que indican una velocidad real del vehículo en una sección específica de carretera a una hora específica del día en un día específico de la semana con el cálculo de la velocidad prevista del vehículo en el Road Timetable™ 110, que está clasificada de la misma manera, las retenciones de tráfico imprevistas o las mejoras imprevistas en las velocidades del tráfico son identificadas como incidencias que producen una variación significativa. La identificación, la verificación, el cálculo y la notificación de tales incidencias o incidentes, con razones, a los usuarios o a las aplicaciones de asignación/reasignación de rutas es un servicio útil.

La Figura 6 describe el procedimiento 130 de replanificación dinámica de vehículos que se emplea cuando se producen retenciones de tráfico imprevisibles significativas. Tal reasignación de ruta puede ser necesaria en el caso de retenciones de tráfico imprevistas en vehículos comerciales de mercancía pesada, por ejemplo para ya sea alcanzar los niveles de servicio al cliente requeridos o para maximizar el tiempo potencial de conducción de los conductores dentro de los límites legales reconocidos, si se aplica alguno. Sin embargo, según se ha hecho notar más arriba, esto no está limitado a los sistemas comerciales de mercancía pesada. La replanificación dinámica de vehículos podría ser factible usarla en varios otros sistemas, incluyendo los ejemplos que se han hecho notar más arriba. En la práctica, se predetermina una duración máxima tolerable de retención imprevisible, y cuando se supera este umbral se inicia un procedimiento de replanificación. El valor del umbral de tiempo depende de la aplicación.

A partir del conocimiento de las rutas 470 de un vehículo en uso, de las retenciones imprevisibles de tráfico en directo notificadas por zona geográfica 560 y de los parámetros existentes 610 de planificación del vehículo, es posible cambiar la ruta a vehículos que ya han emprendido viajes planeados usando un algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación dinámicos del vehículo. El propósito del algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación dinámicos es proporcionar una nueva ruta para efectuar todas las paradas planeadas para cualquier vehículo que esté sometido a una retención de tráfico imprevista. Este procedimiento depende de poder indicar, por medio de una sonda y de la monitorización 150 del avance del vehículo en directo, la posición, la dirección y la velocidad actuales de un vehículo retenido.

El algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación dinámicos del vehículo determina varias opciones de nueva ruta por medio de “inteligencia artificial” en un orden predeterminado de prioridades para cada vehículo afectado por una retención imprevista de tráfico o por una mejora en la velocidad del tráfico por encima de la prevista en el Road Timetable™ 110 usado en el cálculo de las rutas originales 470 planeadas con anterioridad al evento. El algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación dinámicos del vehículo puede considerar, por ejemplo, una o más de las siguientes opciones en caso de una retención:

- Ampliar el tiempo de conducción y de trabajo de los conductores a las horas máximas permitidas en ese día o el día siguiente.

- Despachar otro conductor (con suficiente tiempo de conducción y de trabajo disponible) a un punto preseleccionado para relevar al primer conductor y completar el trabajo.
- Borrar una o más recogidas y usar otra combinación de vehículos para acometer este trabajo.
- Demorar una entrega no crítica a un cliente hasta el día siguiente.
- 5 • Devolver una entrega de un cliente, duplicar el pedido escogiendo y enviando otra combinación de vehículos posteriormente para acometer la entrega. Devolver el pedido original a inventario tras el regreso de una combinación de vehículos demorada.
- Dejar el remolque en un punto seleccionado de antemano para que lo recoja otro conductor y complete el trabajo (incluyendo conductores de terceras empresas explotadoras).
- 10 • Dejar el remolque en un punto seleccionado de antemano y pedir al cliente que lo recoja y entregue la carga (por ejemplo, si una tercera empresa de logística acomete la recogida y la entrega al cliente).

El algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación dinámicos presentará a una interfaz 607 del planificador de vehículos soluciones alternativas. La interfaz 607 del planificador confirma los cambios recomendados o puede seleccionar una alternativa. Una vez que el planificador 607 de vehículos ha confirmado una selección, el módulo 130 de replanificación dinámica de vehículos comunicará a los conductores implicados 250, mediante los medios de comunicación seleccionados, por ejemplo, SMS o GPRS, las acciones que deben realizarse.

El algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación dinámicos almacena los cambios seleccionados para seguir el avance de los cambios a intervalos de tiempo seleccionados. Los cambios almacenados también están disponibles en la base de datos para la función de “inteligencia artificial”. Preferentemente, el seguimiento del vehículo (la “unidad de tracción”) y de la carga (el “remolque”) se emprenden por separado, según la consideración separada de estas entidades en el algoritmo 620 de cambio de la ruta y de planificación (y en el algoritmo 450 de asignación de ruta). Esto permite una asignación de ruta y una planificación eficientes cuando, por ejemplo, una nueva unidad de tracción recoge un remolque y completa el trabajo o se despacha otro conductor para que complete el trabajo. En caso de que la monitorización del avance de un cambio muestre retenciones adicionales fuera de los parámetros aceptados, entonces un mensaje de excepción recomendará al planificador 460 que la ruta vuelva a ser replanificada. Este proceso puede ser reiterado ya sea para un solo vehículo o para una combinación de vehículo-carga, así como para múltiples vehículos y combinaciones de vehículo-carga.

Siguiendo a la identificación de una variación significativa del tráfico no predicha, la aplicación de la replanificación de vehículos en ruta por medio de una combinación de técnicas de asignación de ruta y planificación dinámicas de vehículos y, opcionalmente, técnicas de “inteligencia artificial” junto con comunicaciones al vehículo y la monitorización del avance del vehículo (o el avance de los vehículos) después del procedimiento de replanificación de la ruta proporcionan un aumento significativo en rendimiento con las realizaciones preferentes.

La Figura 7 describe el sistema 150 de monitorización de vehículos en directo que se requiere tanto para determinar la existencia y el grado de cualquier retención de tráfico imprevista como para confirmar la ubicación, la dirección y la velocidad del vehículo para los requisitos de replanificación y monitorización de vehículos en ruta.

El planificador 260 de vehículos conoce la ruta planeada 470 del vehículo y comprueba el avance de cualquier vehículo en una ruta predefinida 470 del vehículo. Esto se logra usando un seguimiento en directo a través de un punto 240 de recogida de datos que recibe información 230 de a bordo de las sondas vehiculares ya sea en un vehículo 710 o en un remolque 720 (o en ambos). Estos datos de seguimiento en directo se requieren para que el planificador cartografie el avance de un vehículo y/o del remolque 150 y determine si procede emprender una replanificación dinámica 130 de vehículos en caso de una retención o una mejora del tráfico. La monitorización de vehículos en directo también permite que el planificador de vehículos confirme que un vehículo o un remolque se encaminan hacia una retención de tráfico notificada o están en ella.

La Figura 8 identifica los requisitos de los datos 170 posteriores al viaje y es en esencia un bucle de realimentación que proporciona datos actualizados para el Road Timetable™ 110. Los datos 170 posteriores al viaje son recogidos de dos fuentes: en primer lugar, la recogida 810 de datos de vehículos móviles, por ejemplo de las sondas vehiculares, ya sea recogidos en directo o almacenados en el vehículo y descargados según se requiera, y, en segundo lugar, datos del procedimiento de replanificación dinámica 130 de vehículos. Todos los datos recogidos son validados 820 y luego presentados en una base de datos 170 posteriores al viaje. Los datos posteriores al viaje son usados subsiguientemente tanto para actualizar el Road Timetable™ 110 como para proporcionar una notificación 480 del rendimiento de la flota que incluye la comparación de la actividad real a partir de los datos 810 de vehículos móviles con las rutas planeadas 470 del vehículo.

Las actividades de recogida, validación y aplicación de los datos posteriores al viaje facilitan la actualización del Road Timetable™ 110. Este procedimiento también mide la calidad de la información procedente del Road Timetable™ 110, cuando no había ningún incidente imprevisto, por cuanto es una medida de la diferencia entre la velocidad de tráfico prevista indicada en el Road Timetable™ 110 y las velocidades de tráfico reales conseguidas en un tramo específico de carretera a horas específicas del día para un día particular de la semana. Los datos 170 posteriores al viaje también se usan como un control de calidad de los datos presentados y usados inicialmente.

Las Figuras 9-18 muestran con mayor detalle una realización preferente para un método y un sistema para la planificación del tráfico y la replanificación dinámica de vehículos.

Con referencia a la Figura 9, los parámetros iniciales 610 de planificación de datos son usados para ejecutar un algoritmo primario 910 y luego un algoritmo o algoritmos secundarios 920. Esto proporciona unos resultados iniciales 930. Estos resultados iniciales 930 son entonces sometidos a consideración por la interfaz 460 del planificador usando datos configurados 940 y/o resultados ajustados 950. Hay entonces la opción de usar los resultados iniciales 930 o los resultados ajustados 950, o ambos, como datos de entrada para un algoritmo terciario 960 o para algoritmos terciarios 970. Estos algoritmos terciarios pueden representar fases adicionales de mejora para modificar adicionalmente los resultados logrados previamente. Alternativamente, también pueden combinar nuevos datos 980 (que pueden incluir, por ejemplo, la notificación 560 de retenciones en directo y o la monitorización 150 del avance del vehículo en directo), permitiendo que los resultados previos 930 y 950 sean modificados según cambios en las circunstancias, por ejemplo para permitir la replanificación dinámica 130 de vehículos.

La Figura 10 ilustra los requisitos de los datos introducidos para deducir una ruta planeada 470 del vehículo. Estos incluyen, sin limitación:

- un almacén 1010 de distribución referenciado por ubicación y actividades;
- el territorio subdividido en zonas geográficas por medio de varios códigos postales u otros medios 1020;
- una base de datos 1030 de clientes que dé, por ejemplo, la dirección, tiempos de acceso, restricciones de acceso y tipo de los equipos de manipulación mecánica, si se requieren;
- datos sobre velocidades 1040 de los vehículos combinados con un mapa 1050 al que se denomina Road Timetable 110 en la presente memoria;
- el uso de las ubicaciones 430 de almacenes y del Road Timetable 110 para producir una matriz 440 de tiempos y distancias;
- una tabla 1060 de pedidos clasificados en prioridades, por ejemplo, mediante una agrupación por cliente o por día de la semana para la entrega;
- datos 1070 de productos clasificados, por ejemplo, por prioridad o cantidad de entrega;
- normas y procedimientos 1080 que, por ejemplo, esbocen las restricciones de carga en los vehículos para cada grupo de productos;
- reglas operativas 1090, ya sean para el producto (por ejemplo, la temperatura a la que el producto debe ser transportado), o para el vehículo (por ejemplo, restricciones de peso y prohibiciones de circulación de camiones);
- disponibilidad 10100 de los vehículos, descrita, por ejemplo, por tipo de vehículo, capacidad de carga y/o desplazamientos operativos en los que están disponibles para el uso;
- disponibilidad 10110 del conductor, descrita, por ejemplo, por tipo de carnet de conducir, nivel de formación en equipos de manipulación mecánica y/o la disponibilidad de turnos (según contratos laborales y las reglas vigentes de las horas de los conductores);
- disponibilidad 10120 del remolque, descrita, por ejemplo, por capacidad de carga o especificidad de la mercancía.

Esta combinación de datos puede ser introducida a continuación en el algoritmo 450 de asignación de ruta y planificación, que puede ser una serie de algoritmos 1130, por ejemplo un algoritmo primario 910 y un algoritmo secundario 920 o algoritmos adicionales. Tales algoritmos pueden ser, por ejemplo, un algoritmo basado en inserciones secuenciales o un algoritmo basado en inserciones paralelas, dependiendo de la preferencia.

La Figura 11 muestra un posible algoritmo basado en inserciones secuenciales que podría ser usado como un algoritmo primario 910. Este utiliza una serie de preguntas secuenciales contestadas por referencia a los datos introducidos mostrados en la Figura 10. Comenzando por el inicio 1110, se formula una primera pregunta 1120. ¿Hay un pedido germinal disponible? Un pedido germinal es un pedido no planificado de cliente en la zona geográfica más alejada del almacén. Si la respuesta es no, el algoritmo finaliza 1130, ya que no hay ningún pedido que procesar. Si la respuesta es sí, el algoritmo prosigue a la pregunta 1140, ¿Hay un vehículo disponible? Si la respuesta es que no hay ningún vehículo disponible, el pedido es añadido 1150 a una lista de pedidos no planificados. Si la respuesta es sí, el algoritmo comprueba si el pedido puede ser entregado 1160. De nuevo, si la respuesta es no, ya que el pedido no puede ser entregado, es añadido 1150 a una lista de pedidos no planificados. Si la respuesta es sí, el algoritmo comprueba si la capacidad del remolque está llena 1170. Si la respuesta es sí, la capacidad del remolque está llena; esto puede ser archivado como una ruta preliminar 1180. Si la respuesta es no, el algoritmo busca ver si el turno del conductor está completamente utilizado 1190. Si el turno del conductor está completamente utilizado, el algoritmo comprueba si hay disponible un vehículo menor 11100. Si la respuesta es no, entonces esto puede ser archivado como una ruta preliminar 1180. Si la respuesta es sí, el algoritmo vuelve a la pregunta 1160 y reanuda el procedimiento nuevamente. Alternativamente, si la respuesta a la pregunta 1190 es no, entonces se formula la pregunta 11120, ¿Hay otro pedido en la zona? Si la respuesta es sí, el algoritmo vuelve a la pregunta 1160. Si la respuesta es no, esto se archiva entonces como una ruta preliminar 1180.

La Figura 12 representa un posible algoritmo basado en inserciones paralelas que puede ser usado como una alternativa al algoritmo basado en inserciones secuenciales mostrado en la Figura 11, o además del mismo.

Comenzando por el inicio 1210, se selecciona 1220 un pedido germinal. El algoritmo comprueba 1230 entonces si hay disponible capacidad en el vehículo. Si no hay ninguna capacidad disponible en el vehículo, este es añadido 1240 a una lista de pedidos no planificados. Si hay capacidad disponible, el algoritmo realiza entonces una comprobación para ver si el pedido puede ser entregado 1250. Si la respuesta es no, el pedido germinal seleccionado 1220 es añadido 1240 a una lista de pedidos no planificados. Si la respuesta es sí, el algoritmo comprueba si todos los vehículos están llenos 1260. Si la respuesta es sí, esto puede ser archivado 1270 como una ruta. Si la respuesta es no, el algoritmo comprueba 1280 si hay pedidos no planificados. Si la respuesta es sí, el algoritmo vuelve a la pregunta 1250 y reanuda el procedimiento nuevamente. Si la respuesta es no, el algoritmo comprueba 1290 si podría insertarse el pedido. Si la respuesta es no, el algoritmo finaliza 12100, ya que el pedido no puede ser entregado. Si la respuesta es sí, el algoritmo selecciona o bien el siguiente pedido de la zona o el siguiente pedido germinal 12110, y vuelve a la pregunta 1220.

Una vez archivada como ruta, la interfaz 460 del planificador puede aceptar estas rutas, en cuyo caso las rutas 1180 o 1270 se convertirán en una ruta planeada 470 del vehículo. Una interfaz 460 del planificador también puede decidir aceptar un resultado de finalización 1130 o 12100, o una adición 1150 o 1240 a la lista de peticiones no planificadas. Alternativamente, la interfaz del planificador puede decidir utilizar una o más fases de mejora, según se describe en relación con las Figuras 13-15. Cada fase de mejora tendrá como objetivo reducir adicionalmente los costes operativos totales y estar orientada a un requisito o a requisitos específicos nuevos. Cada oportunidad de mejora puede requerir una técnica específica de búsqueda de operaciones para proporcionar una solución aceptable que reduzca los costes.

La Figura 13 ilustra varias opciones para mejorar la primera solución producida empleando una o más fases de mejora. La fase 1310 de mejora de tipo uno implica la ejecución de un algoritmo adicional para mejorar la solución ya proporcionada. Cuando se usa solo, este puede ser un algoritmo terciario 960 o puede implicar múltiples algoritmos terciarios, por ejemplo 960 y 970. Un ejemplo de tal algoritmo podría ser un algoritmo de búsqueda tabú (véase la Figura 15) y/o un algoritmo de reasociación simulada (véase la Figura 14). Cuando se usa la fase 1310 de mejora de tipo uno con una fase adicional de mejora, el segundo algoritmo puede implicar la repetición del algoritmo o de los algoritmos iniciales 10130 con datos modificados. Esto puede ser en lugar del uso de un algoritmo terciario 960 o de los algoritmos 960 y 970, o además del mismo.

Una fase 1320 de mejora de tipo dos implica una intervención manual, cambiando los datos de entrada, o añadiendo a los mismos, para producir datos configurados 940. Estos pueden ser utilizados entonces para volver a ejecutar los algoritmos ya en uso 10130. Obsérvese que como realización alternativa a una intervención manual, una fase de mejora de tipo dos podría basarse, en vez de ello, en una intervención facilitada por ordenador.

Una fase de mejora de tipo tres implicaría la selección 1330 de un almacén en el cual ha de realizarse la entrega a cada cliente. Esto puede ser en respuesta a cambios 1340 en la demanda, o en el inventario o en la disponibilidad de recursos. En esta fase de mejora, un pedido 420 de un cliente puede ser dividido y entregado directamente (o indirectamente) desde dos o más almacenes.

La fase 1350 de mejora de tipo cuatro implica corregir los datos de entrada cuando se conocen alternativas y datos recogidos en los recorridos anteriores del vehículo. Esto incluiría, por ejemplo, el uso 1360 de datos telemáticos para corregir la velocidad de un tipo particular de vehículo de un tramo definido de carretera a una hora específica del día registrado en un Road Timetable 110 (véase la Figura 17).

La fase 1370 de mejora de tipo cinco evalúa 1380 el impacto del uso de recursos alternativos, por ejemplo diferentes configuraciones del tamaño de los vehículos de cambios específicos en los datos de entrada, tal como el impacto de las demoras en la hora de entrega al cliente.

La fase 1390 de mejora de tipo seis altera los datos para evaluar 13100 el impacto de los cambios en la demanda del cliente.

Adaptando los datos y ejecutando múltiples algoritmos según se ha descrito en lo que antecede, pueden abordarse varios problemas de planificación del tráfico comercial generando la entrada de datos específica al cliente en la sección de entrada, abordándose la selección adecuada de los tiempos de ejecución de los algoritmos (para obtener velocidad de respuesta) y la seguridad de la solución mediante una selección como un requisito por parte del usuario, siendo resuelto cada requisito por un algoritmo específico y proporcionando salidas específicas.

Los diversos algoritmos permiten al usuario la opción de limitar costes mediante ya sea la minimización del número de vehículos usados o la minimización del número de kilómetros recorridos. Cada algoritmo está diseñado, entonces, para preparar los datos una vez configurados por la empresa explotadora; tiene un tiempo de ejecución menor de un minuto en los sistemas informáticos actuales para un problema de 500 pedidos de clientes e inferior a dos minutos y medio para un problema de 1000 pedidos de clientes. Las Figuras 14-18 muestran diversos algoritmos que pueden ser usados en la práctica.

La Figura 14 representa un posible algoritmo de mejora por reasociación simulada. Comenzando en 1410, en primer lugar se establece 1420 el tiempo total de ejecución. Se selecciona 1440 aleatoriamente un pedido planificado de

una lista 1430 de rutas preliminares. El algoritmo realiza una comprobación para ver si es una inserción viable 1450. Si no y sigue habiendo tiempo disponible 1470, se selecciona 1440 aleatoriamente otro pedido y el procedimiento comienza de nuevo. Si hay una inserción viable 1450, el algoritmo comprueba 1460 entonces si esta ruta es mejor. Si no y hay tiempo disponible 1480, el algoritmo vuelve entonces a 1440 y prosigue. Si no hay ningún tiempo disponible, el algoritmo finaliza 1490. Si la ruta es mejor 1460, el algoritmo comprueba entonces si se permite 14100 el desplazamiento. Si se permite, se archiva 14110 entonces como una ruta. Si no, el algoritmo comprueba si ha finalizado 1470 el tiempo disponible establecido, volviendo a 1440 si hay tiempo disponible o finalizando 1490 si ha finalizado el tiempo disponible.

La Figura 15 representa un posible algoritmo de mejora de búsqueda tabú. Comenzando en 1510, se usa una lista 1520 de rutas preliminares para replanificar 1530 las rutas según los objetivos de una tabla. Se ha establecido 1540 previamente el tiempo total de ejecución de la primera búsqueda tabú, y si el tiempo disponible finaliza entonces, el algoritmo finaliza 1550. Si el tiempo disponible no finaliza 1560, el algoritmo selecciona 1570 entonces el mejor desplazamiento a partir de las reglas de la tabla de objetivos; estas son un conjunto de parámetros clave definidos por el planificador. El algoritmo comprueba 1580 si se permite este desplazamiento. Si no, el algoritmo vuelve a 1570 para seleccionar las mejores reglas restantes en las reglas de la tabla de objetivos. Si el desplazamiento está permitido, el algoritmo completa 1590 el desplazamiento. Este es archivado 15100 entonces como una ruta. A continuación, se establece más tabú cambiando los parámetros clave y el algoritmo vuelve a 1530 y reanuda el procedimiento nuevamente.

La Figura 16 representa un algoritmo usado para calcular el impacto de una congestión potencial de tráfico. Comenzando en 1610, se selecciona 1620 una ruta de un fichero 1630 de rutas preliminares. Se crean 1640 unas previsiones históricas de tiempo y kilometraje sometiendo los datos derivados de la recogida 230 de datos a bordo a un análisis 16100 de datos de telemática para producir un Road Timetable 110. Entonces, las previsiones históricas 1640 de tiempo y kilometraje se derivan de este Road Timetable 110. Se realiza una comparación de esta ruta con unas previsiones iniciales 1640 de tiempo y kilometraje para comprobar 1650 si ahora la ruta es viable. Si la ruta es viable, se la archiva 1660 como una nueva ruta y el algoritmo vuelve a 1620, seleccionando una nueva ruta para repetir el procedimiento. Si la ruta no es viable 1650, se recalcula 1660 la ruta usando un algoritmo de mejora. Los datos resultantes se insertan 1670 entonces en la matriz de tiempo y kilometraje, volviendo el sistema entonces a 1640 para repetir el procedimiento. Si, tras el recálculo 1660 con una mejora del algoritmo, todas las rutas están comprobadas 1680, entonces el sistema se detiene 1690. Si no están comprobadas todas las rutas, el sistema vuelve a 1620, seleccionando una nueva ruta para repetir el procedimiento.

La Figura 17 ilustra un algoritmo para calcular el impacto de las demoras en la hora de entrega al cliente. Comenzando en 1710, se selecciona 1720 un pedido de un cliente de un fichero 1730 de rutas preliminares. Se someten los datos recogidos de una recogida 230 de datos a bordo a un análisis 1740 de datos de telemática y se los combina con parámetros 1750 del cliente para producir una base de datos 1760 de horas de entrega al cliente. El pedido seleccionado del cliente es introducido entonces en la base de datos 1760 de horas de entrega al cliente. El algoritmo comprueba entonces si la hora de entrega al cliente está puesta a cero 1770. Si lo está, se usan 1780 unas suposiciones de hora media de entrega fija y variable. Si la hora de entrega al cliente no está puesta a cero, entonces se usan 1790 los datos reales de la hora de entrega al cliente. En cualquiera de los dos casos, esto produce datos 17100 de una hora de entrega al cliente. Usando estos datos para indicar la demora temporal, el algoritmo comprueba entonces si podría insertarse 17110 este pedido. Si no, el algoritmo vuelve entonces a 1720, seleccionando un nuevo pedido del cliente y repitiendo el procedimiento. Si, teniendo en cuenta el tiempo de demora, el pedido pudiera ser insertado 17110, el pedido es entonces archivado 17120 como una nueva ruta y el algoritmo finaliza 17130, o bien vuelve a 1720 para seleccionar un nuevo pedido para repetir el procedimiento.

La Figura 18 representa un algoritmo que puede ser usado para la replanificación dinámica de vehículos. Comenzando en 1810, se selecciona 1820 una ruta de un fichero 1830 de rutas actuales. La ruta seleccionada está en una zona afectada 1820. Las zonas afectadas se determinan 1840 a partir del uso de la recogida 230 de datos a bordo y de la notificación 540 de incidentes por parte del Traffic Alert Generator 550. El Traffic Alert Generator 550 permite que se inserten 1850 en la ruta seleccionada una hora y kilometraje nuevos basados en los datos reales. El algoritmo comprueba 1860 entonces si esta nueva ruta es viable. Si la ruta sigue siendo viable, entonces el algoritmo selecciona 1870 una nueva ruta y repite el procedimiento. Si el cambio indicado por el Traffic Alert Generator significa que la ruta seleccionada ya no es viable ahora, se recalcula 1880 la ruta usando un algoritmo de mejora. La salida de esto se archiva 1890 entonces como una nueva ruta. El algoritmo comprueba 18100 entonces si todas las rutas están comprobadas. Si no, se selecciona 1870 una nueva ruta. Si todas las rutas están comprobadas ahora, el algoritmo finaliza 18110.

Puede verse, entonces, que mediante una combinación de monitorización en tiempo real desde diversas fuentes, el uso de datos históricos de tráfico y la selección de modificaciones apropiadas y manipulaciones algorítmicas, se pueden planear y ajustar dinámicamente rutas, teniendo en cuenta una amplia variedad de requisitos diferentes, condiciones y circunstancias cambiantes. Las realizaciones preferentes se benefician así de una combinación de las velocidades de tráfico previstas ofrecidas por el Road Timetable™ usado en la planificación previa al evento de rutas y planificaciones de vehículos y en el seguimiento de vehículos en directo que forma parte de la notificación de retenciones de tráfico en directo, que tiene en cuenta las retenciones o las mejoras de tráfico imprevistas, dando

ocasión al cambio dinámico de la ruta de un vehículo. Además, se usa la recogida de datos con posterioridad al viaje para mejorar las predicciones futuras.

5 Ventajas particulares de las realizaciones preferentes incluyen la recogida y la aplicación de datos de tráfico para su uso en la planificación previa al evento de viajes de vehículos y en la replanificación en tiempo real posterior al evento en el caso de un incidente imprevisto de tráfico que se produzca mientras el vehículo se encuentra en su viaje planeado.

10 Los diversos módulos de aparatos descritos en la presente memoria pueden ser implementados usando un aparato informático de uso general o para aplicaciones específicas. Las configuraciones de soporte físico y de soporte lógico indicadas para el fin de explicar la realización preferente no deberían ser limitantes. De modo similar, los procedimientos de soporte lógico que se ejecuten en ellos pueden ser dispuestos, configurados o distribuidos de cualquier manera adecuada para realizar la invención según se define en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

- 5           1. Un método de funcionamiento de un sistema informático (100) de planificación del tráfico para planear (120) viajes para recursos de entrega que comprenden múltiples elementos considerados recursos separados, pero interrelacionados, comprendiendo los múltiples elementos uno o más de al menos un remolque, al menos un vehículo y al menos un grupo de conductores del vehículo, teniendo cada viaje varios puntos de parada en tránsito, comprendiendo el método:

recibir criterios de planificación, incluyendo datos de puntos de parada en tránsito e incluyendo, además, datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo;

10           recibir datos cartográficos, comprendiendo dichos datos cartográficos una o más rutas, estando definida cada ruta por varias secciones de ruta;

recibir información de previsiones de velocidad para una unidad de tráfico en cada una de dichas secciones de ruta, dependiendo la previsión de velocidad para una sección de ruta dada de datos históricos de velocidad para esa sección de ruta en un momento predeterminado en un día particular; y

15           planear (120) un viaje que incluye varios puntos de parada en tránsito dependiendo de los criterios de planificación, incluyendo los datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo, y de la información de previsiones de velocidad.
- 20           2. Un método según la reivindicación 1 en el que al menos una porción del viaje planeado es replanificada (130) según criterios de replanificación después de que la unidad de tráfico haya emprendido el viaje.
3. Un método según la reivindicación 2 en el que dicha etapa (130) de replanificación se desencadena en respuesta a un incidente imprevisto de tráfico o a un fallo operativo.
- 25           4. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que una o más de dichas etapas de planificación (120) o replanificación (130) dependen de datos de incidentes imprevisibles.
5. Un método según la reivindicación 4 en el que dichos datos de incidentes imprevisibles comprenden informes de tráfico en directo.
6. Un método según las reivindicaciones 4 o 5 en el que dichos datos de incidentes imprevisibles comprenden datos derivados de la monitorización del tráfico en directo.
- 30           7. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que se determina una primera solución de viaje en una primera etapa de procesamiento por algoritmo y se determina una solución mejorada de viaje en una etapa adicional de procesamiento por algoritmo.
- 35           8. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que dichos criterios de planificación comprenden uno o más de: datos (410) de disponibilidad de los recursos separados, pero interrelacionados; datos de distancia entre puntos relevantes de parada en tránsito; datos de tiempo que representan una hora del día; datos (1010) de almacén; datos de clientes; y datos (1070) de productos.
9. Un método según la reivindicación 8 en el que dichos datos (410) de disponibilidad comprenden datos (410) de disponibilidad para uno o más de: una unidad de tracción; y un conductor.
- 40           10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9 en el que los incidentes imprevisibles se catalogan según la región geográfica en la que ocurren y la información sobre el incidente imprevisible es comunicada a unidades de tráfico asociadas con una región geográfica relevante.
11. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que dicha información de previsiones de velocidad para una sección de ruta se graba y se compara con datos reales de velocidad para esa sección de ruta para proporcionar una medida de fiabilidad.
- 45           12. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que dicha información de previsiones de velocidad para una sección de ruta se graba y se compara con datos reales de velocidad para esa sección de ruta para proporcionar datos de entrada al sistema (100) de planificación de tráfico.
- 50           13. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que los datos históricos de velocidad se obtienen por medio de unidades de recogida de datos de vehículos móviles u otros medios móviles de recogida de datos.

14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 3-13 en el que la monitorización del tráfico en directo se lleva a cabo por medio de unidades de recogida de datos de vehículos móviles u otros medios móviles de recogida de datos.
- 5 15. Un método según las reivindicaciones 13 o 14 en el que se activa selectivamente una sonda vehicular móvil para la monitorización en función de la probabilidad de que la unidad de tráfico que lleva la sonda esté en una sección de ruta predeterminada.
16. Un producto de programa informático que comprende medios de código de programa adaptados para controlar el método de la reivindicación 1.
- 10 17. Un sistema informático (100) para planificar tráfico capaz de planear (120) viajes para recursos de entrega que comprenden múltiples elementos considerados recursos separados, pero interrelacionados, en el que los múltiples elementos comprenden uno o más de al menos un remolque, al menos un vehículo y al menos un grupo de conductores del vehículo, teniendo cada viaje varios puntos de parada en tránsito, comprendiendo el sistema (100):
- 15 medios para recibir criterios de planificación, incluyendo datos de puntos de parada en tránsito y datos cartográficos e incluyendo, además, datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo, comprendiendo dichos datos cartográficos una o más rutas, estando definida cada ruta en términos de varias secciones de ruta;
- 20 un repositorio de datos que comprende datos históricos de velocidad para cada sección de ruta, datos históricos de velocidad para una sección de ruta particular que se representa para un momento predeterminado en un día particular;
- medios para generar información de previsiones de velocidad para una unidad de tráfico en cada una de dichas secciones de ruta en función de dichos datos históricos de velocidad; y
- 25 medios de procesamiento para planear (120) un viaje que incluye varios puntos de parada en tránsito, dependiendo de dichos criterios de planificación, incluyendo los datos de disponibilidad para los uno o más del al menos un remolque, el al menos un vehículo y el al menos un grupo de conductores del vehículo, y de la información de previsiones de velocidad.

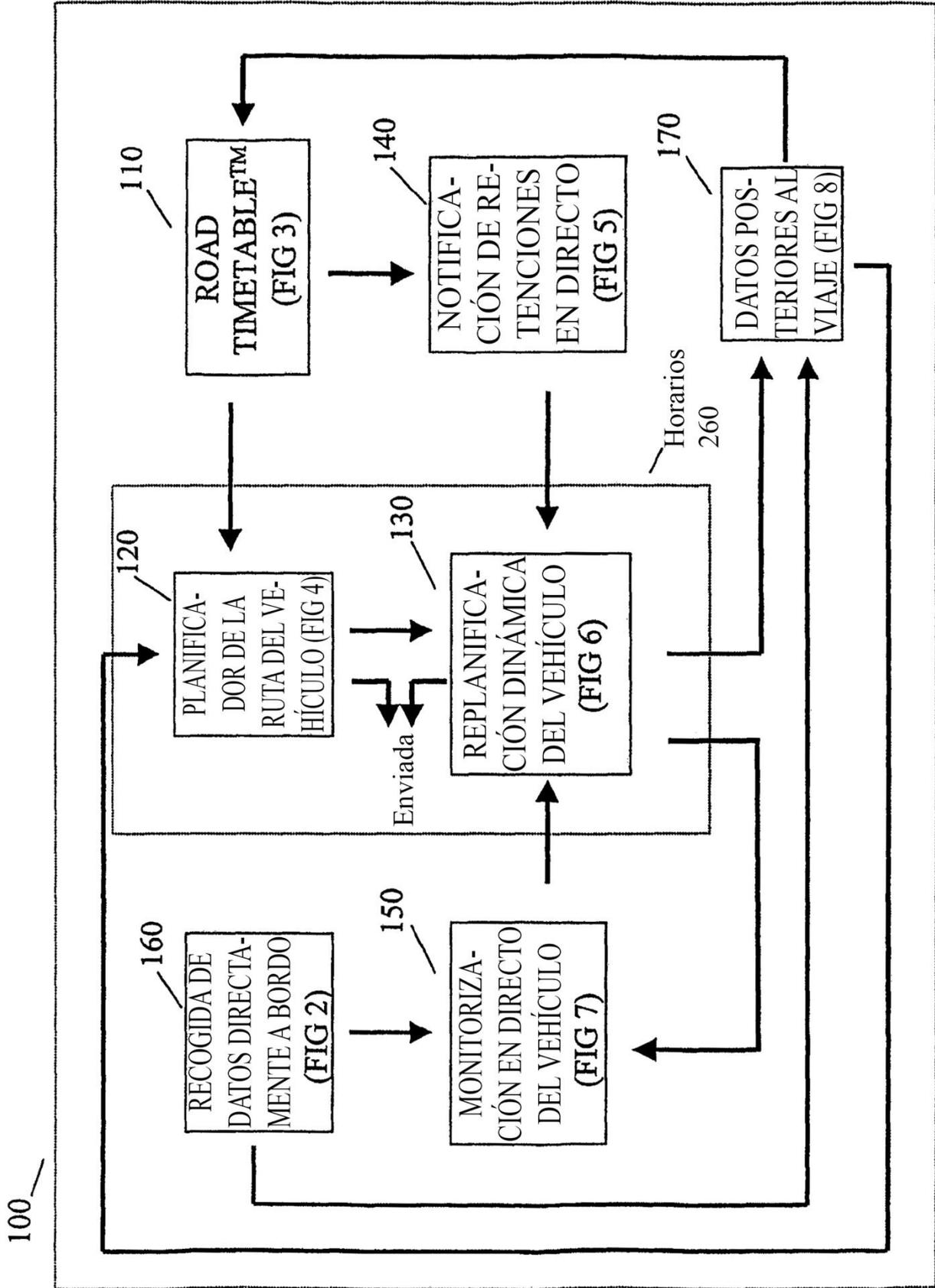


Fig. 1

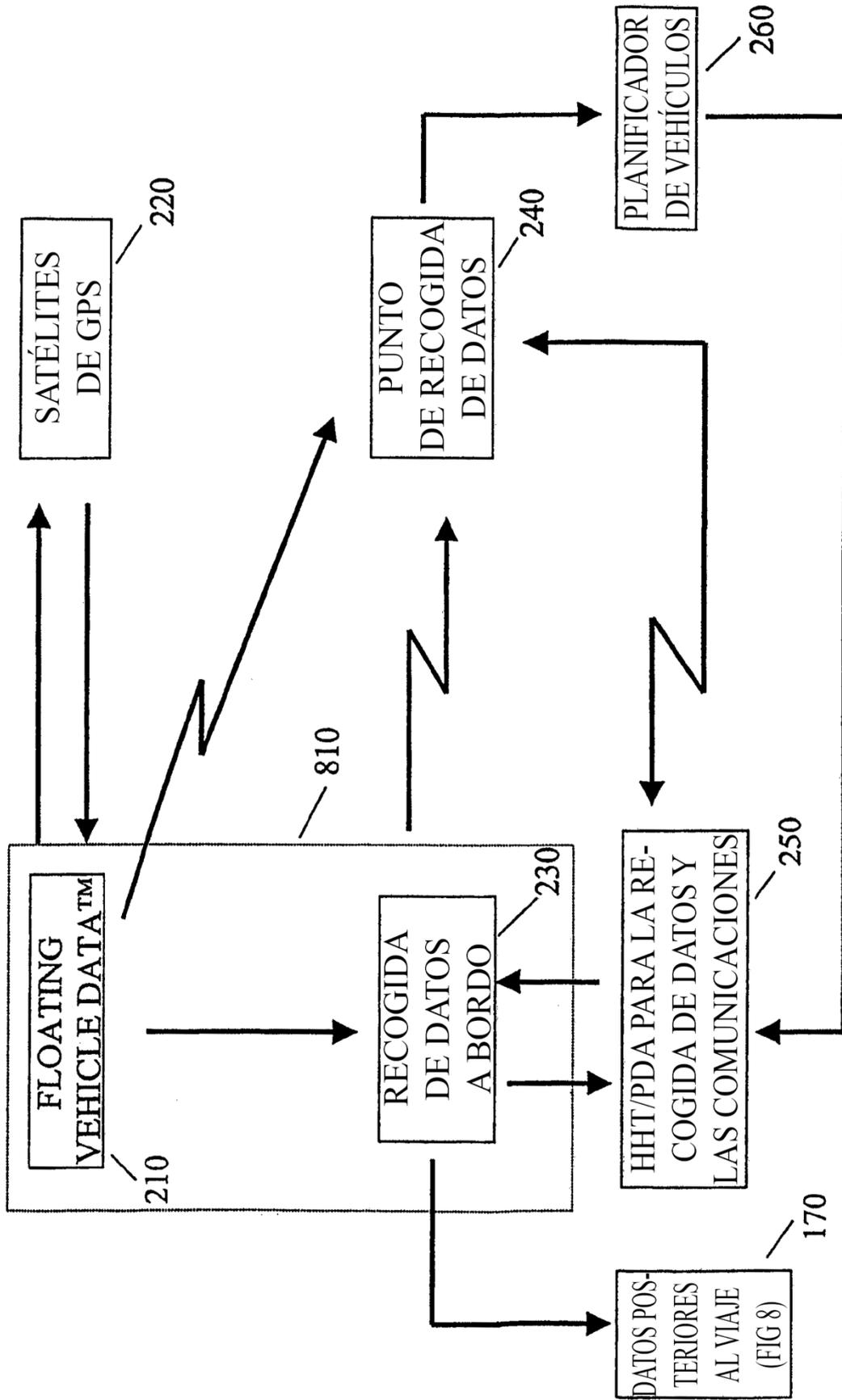


Fig. 2

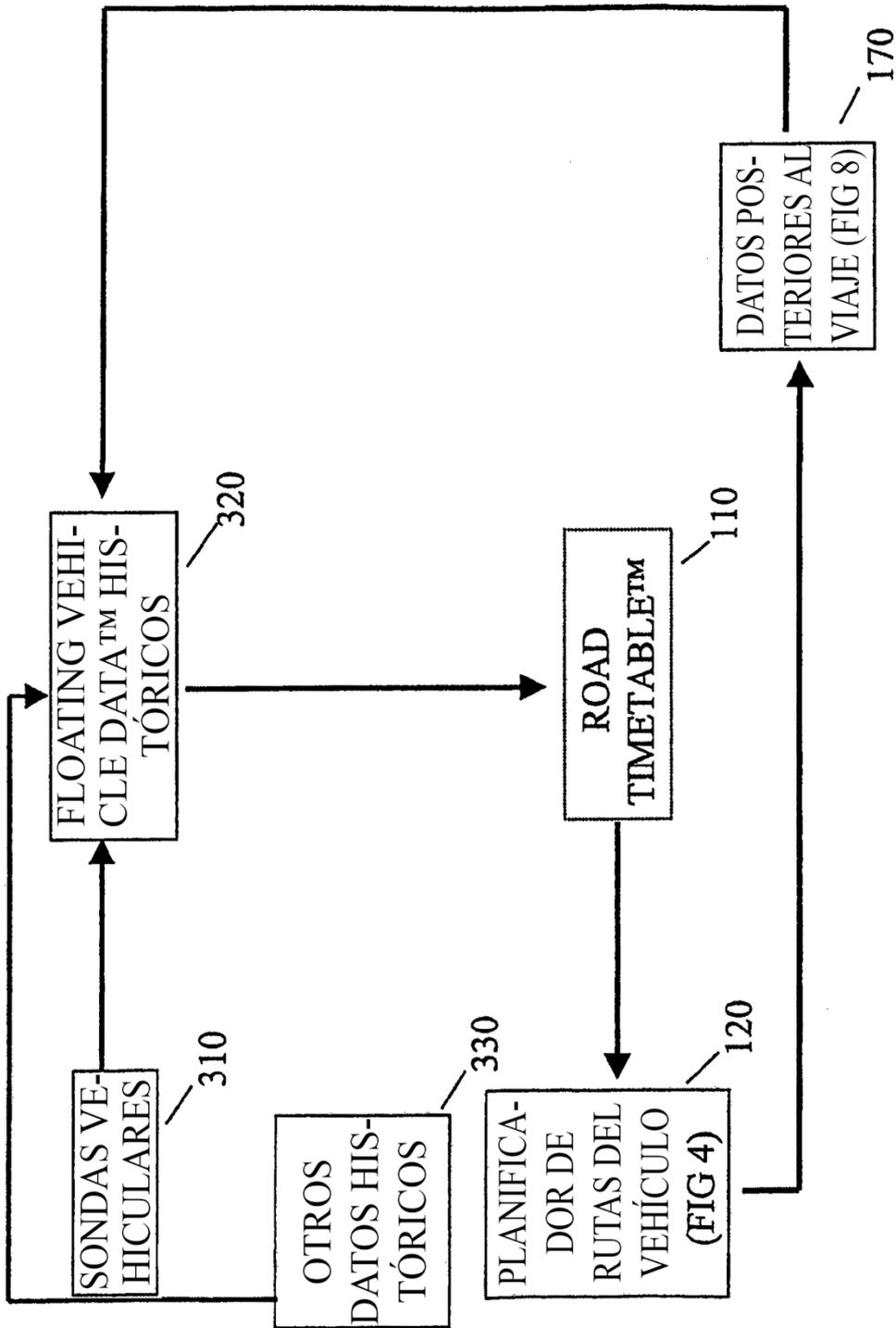


Fig. 3

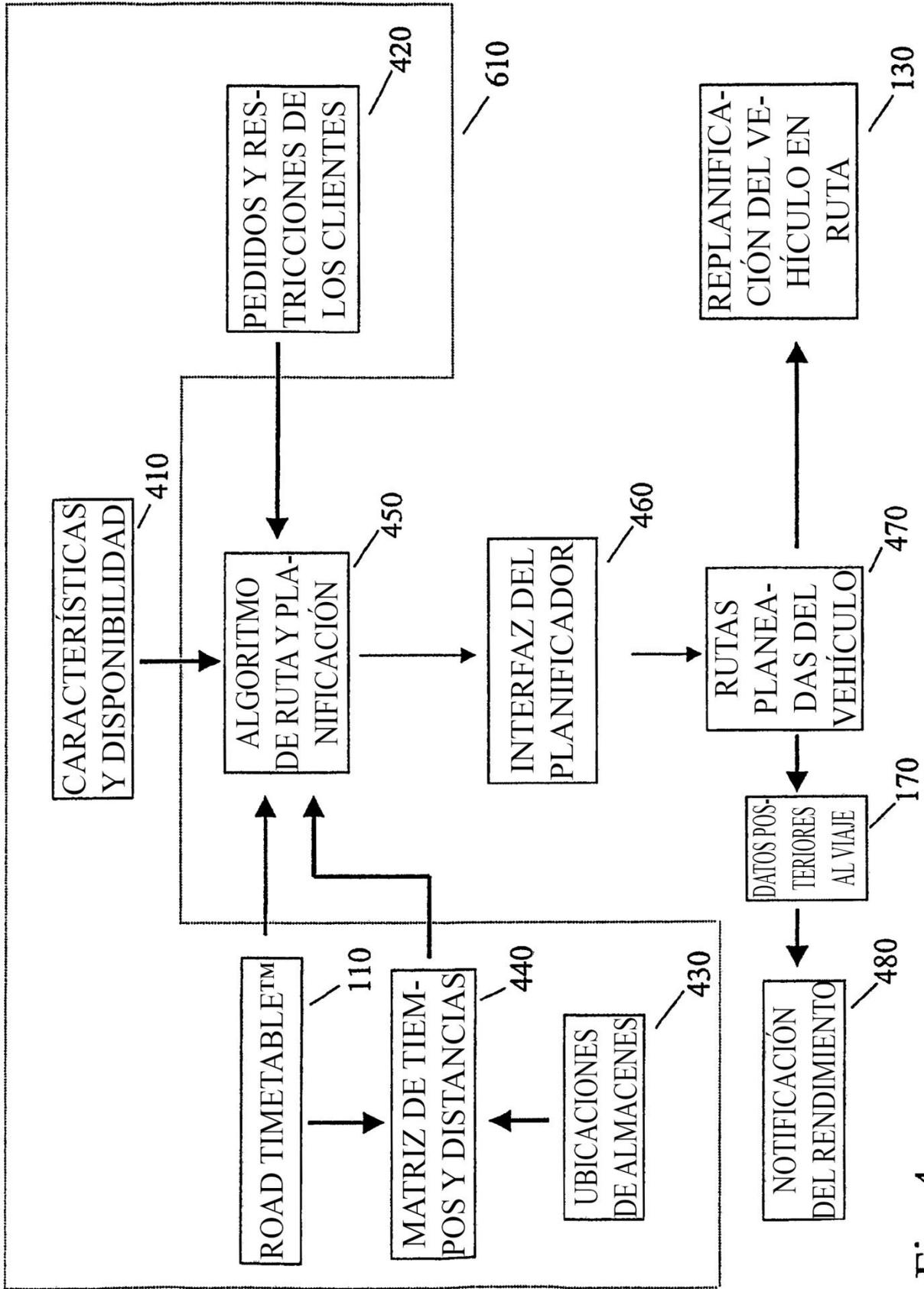


Fig. 4

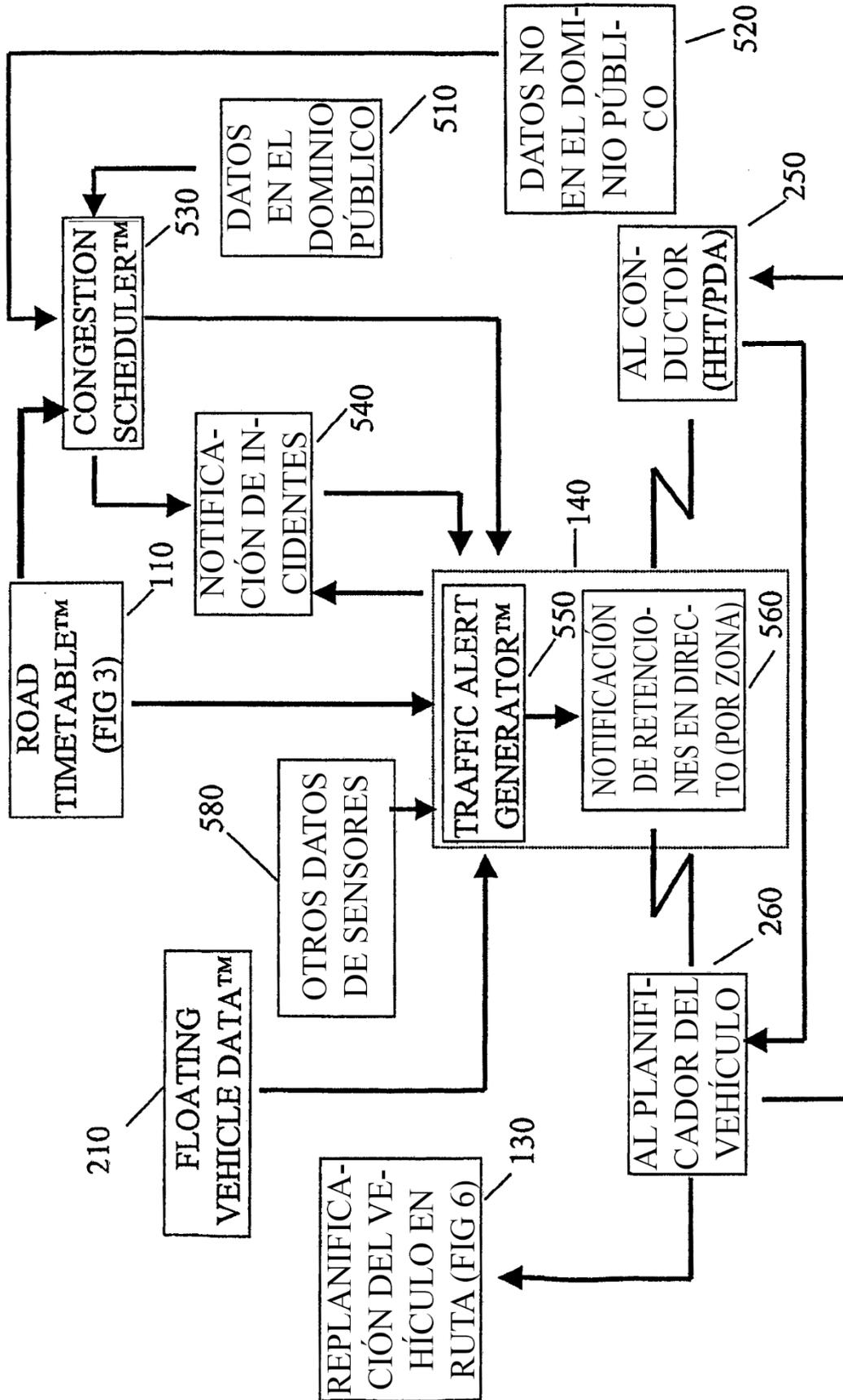


Fig. 5

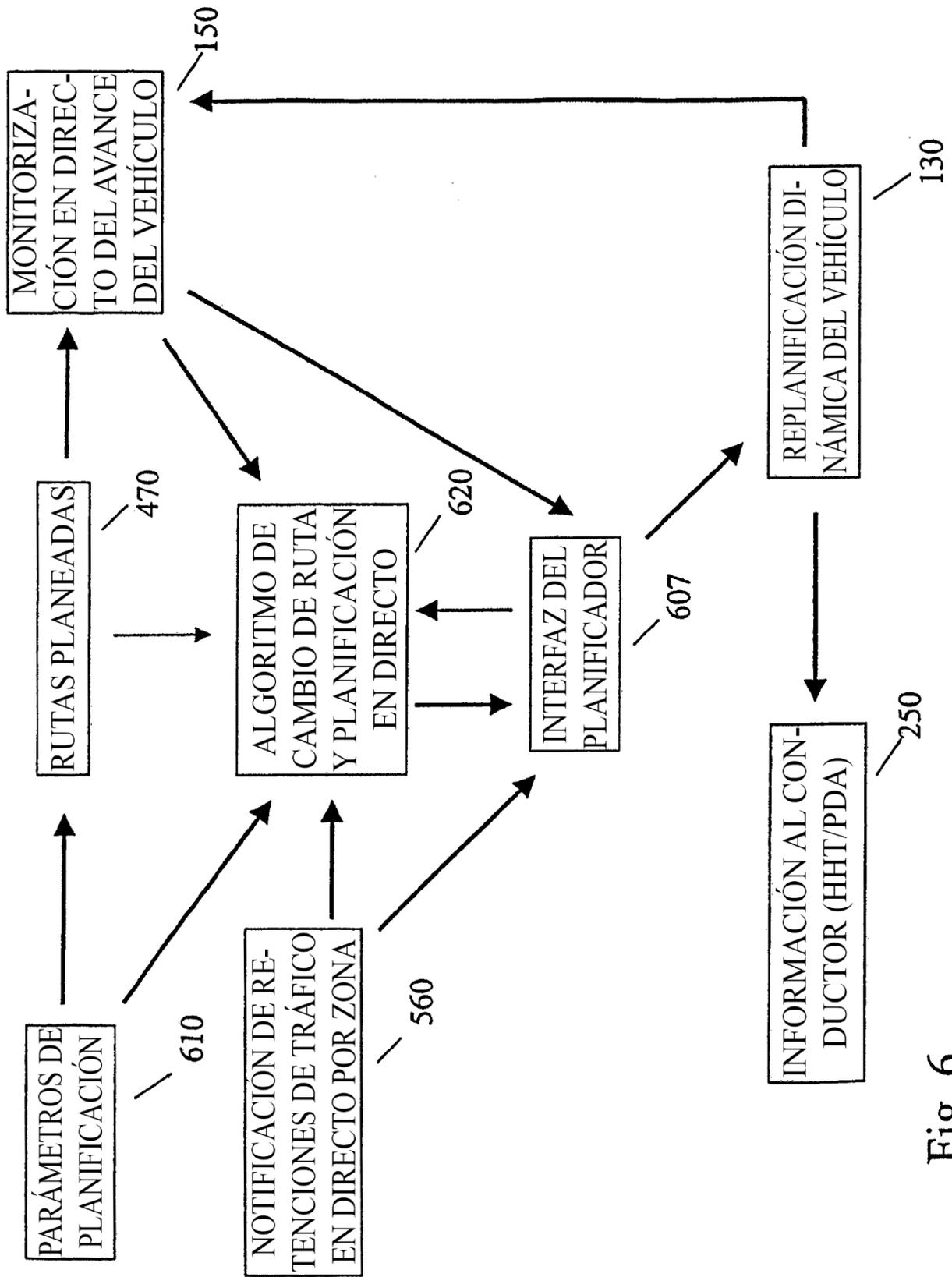


Fig. 6

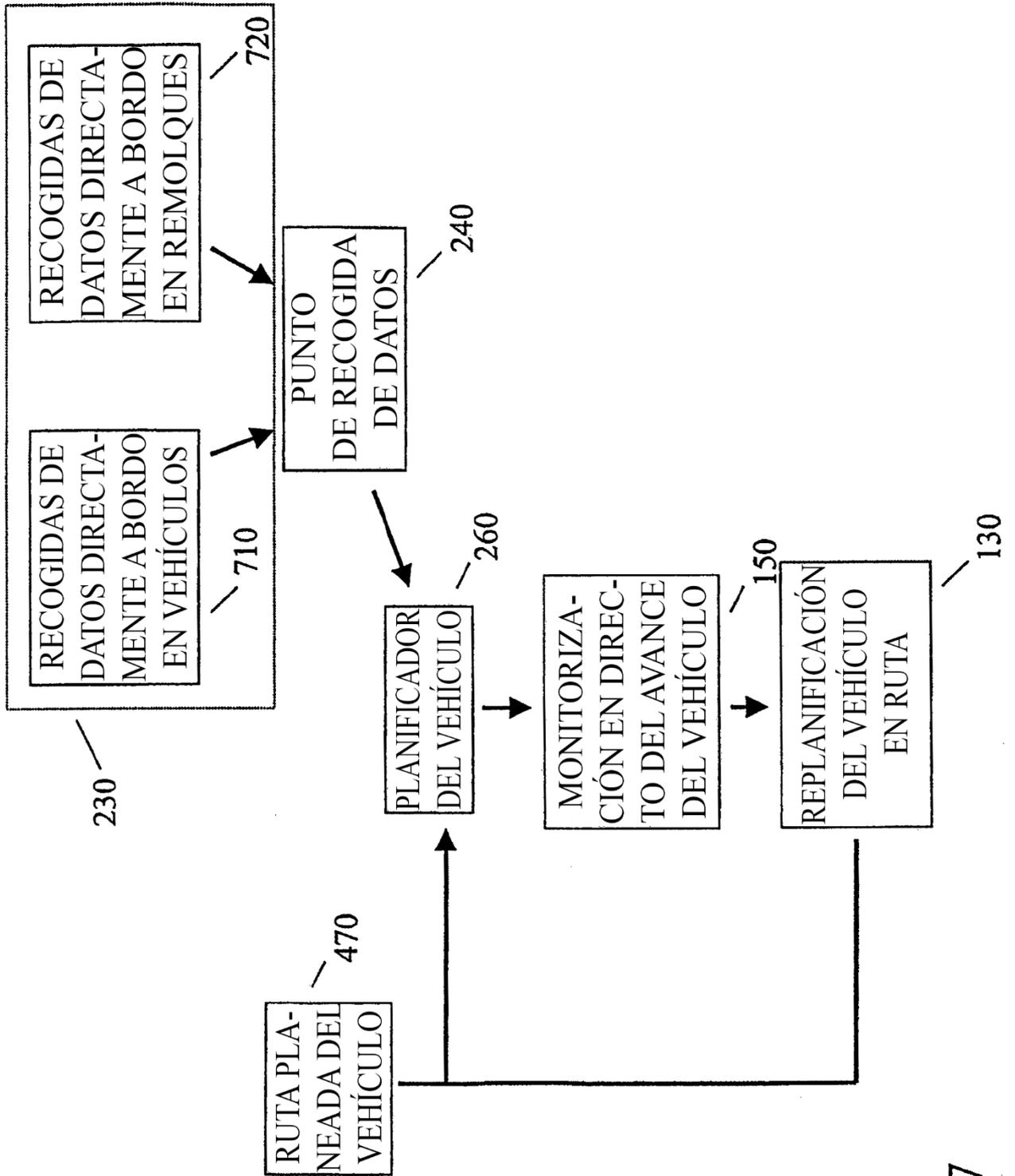


Fig. 7

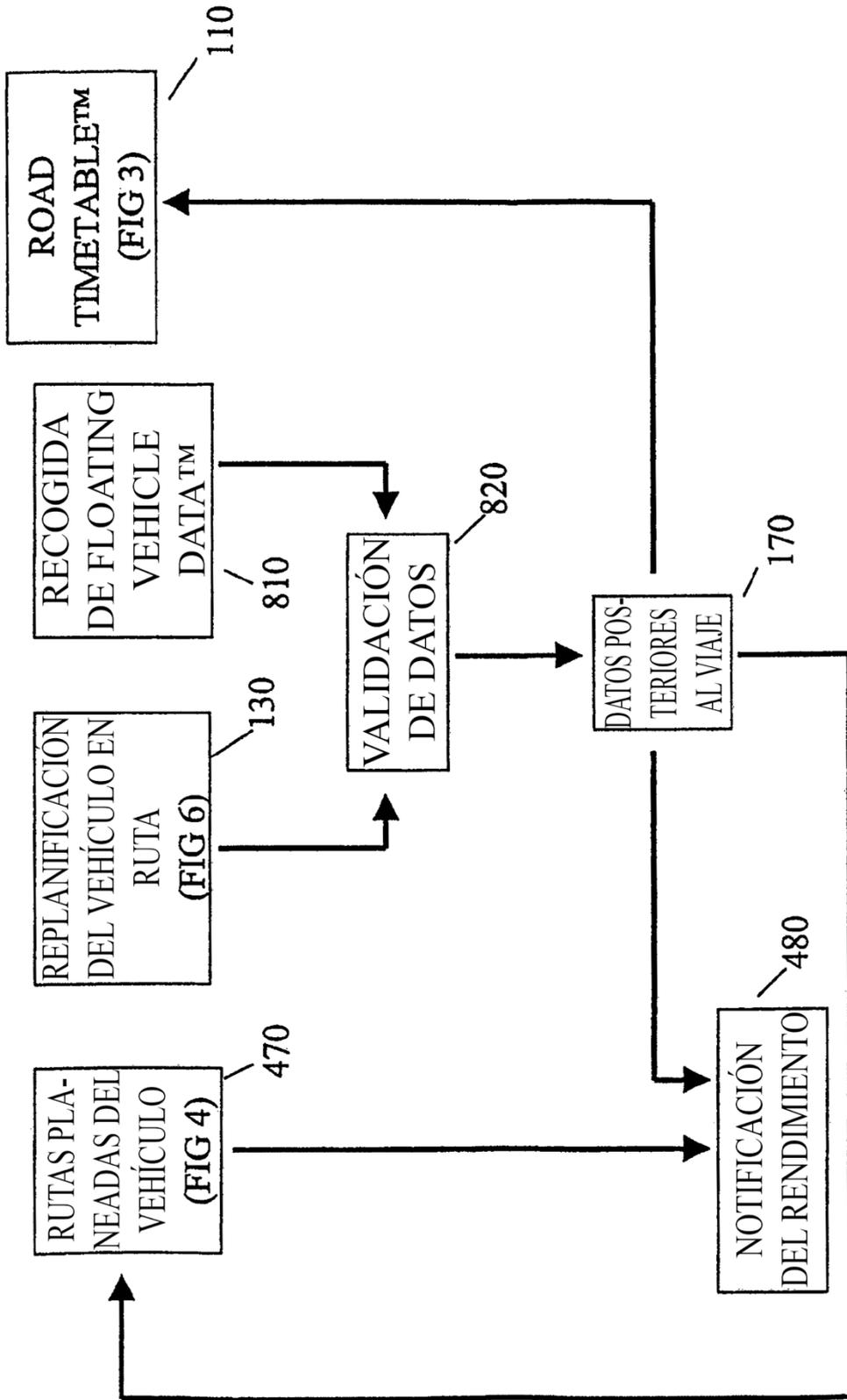


Fig. 8

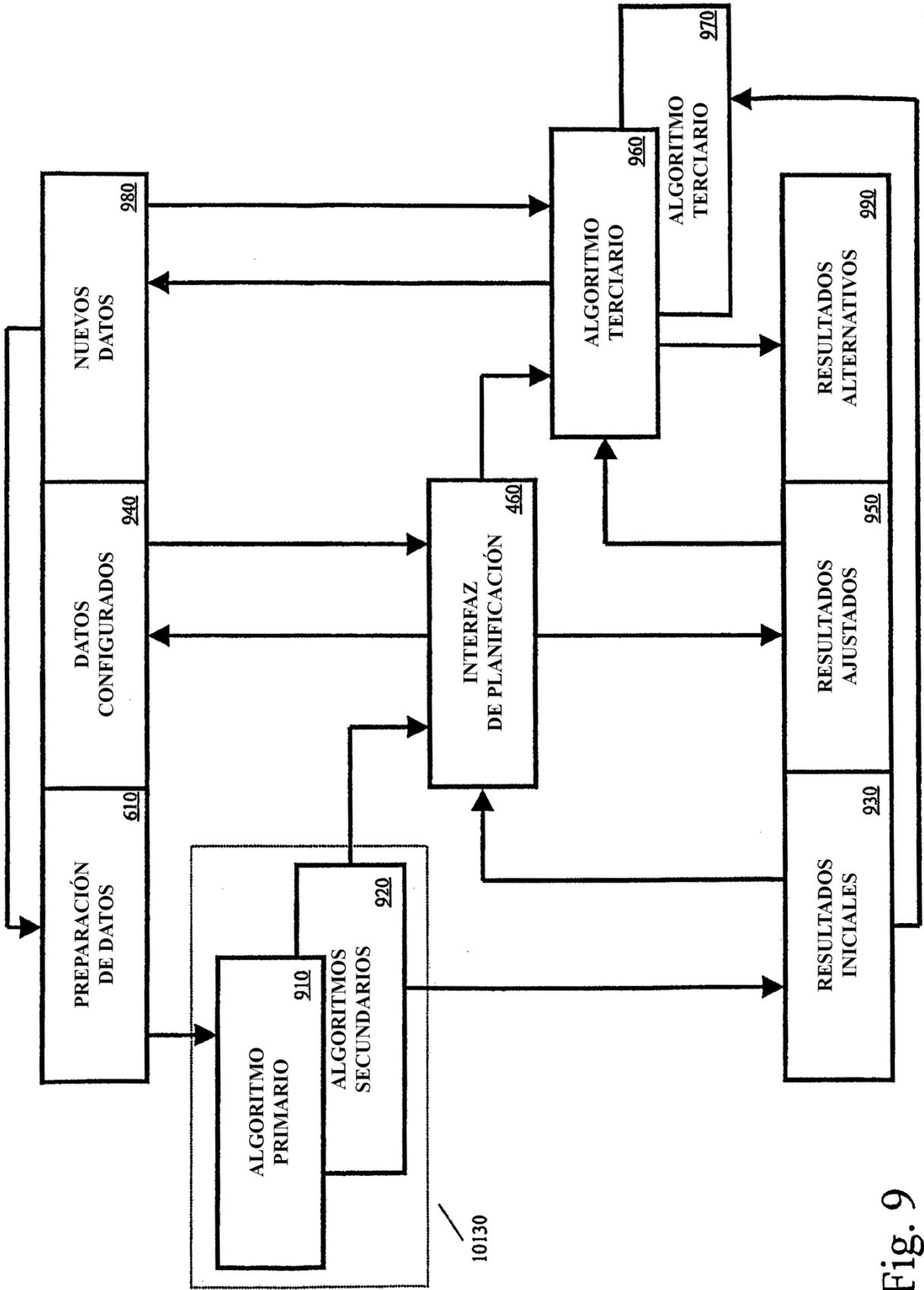


Fig. 9

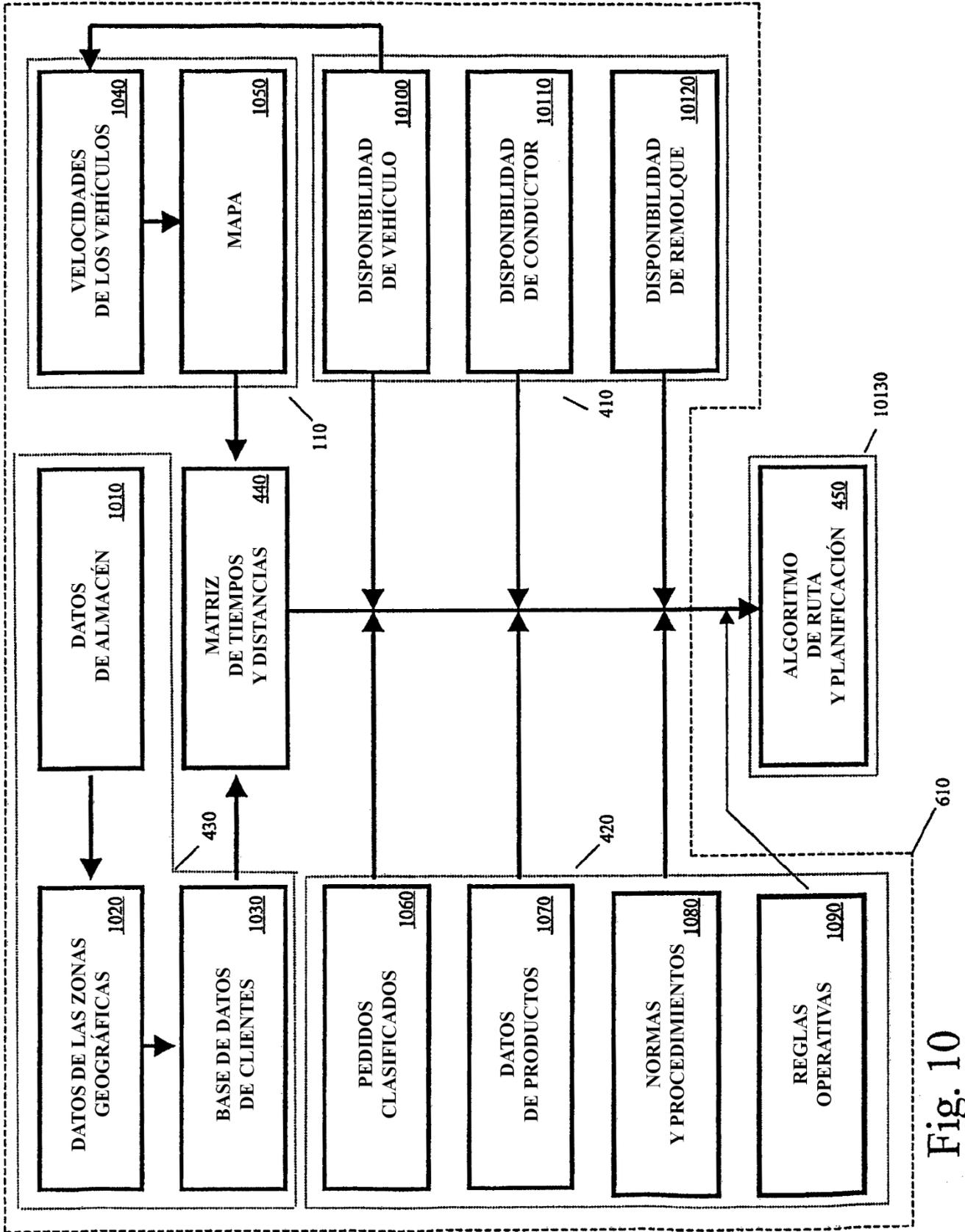


Fig. 10

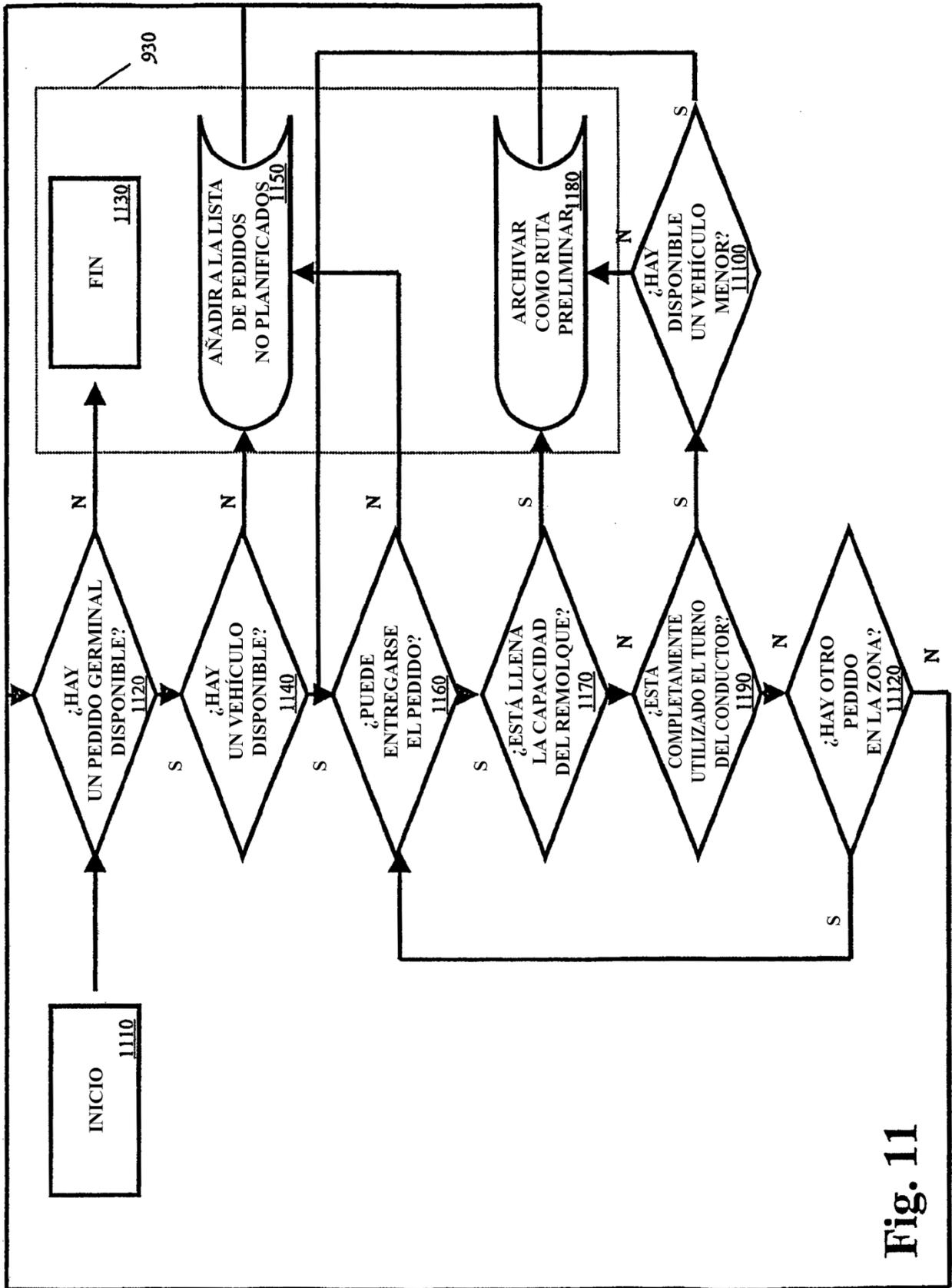


Fig. 11

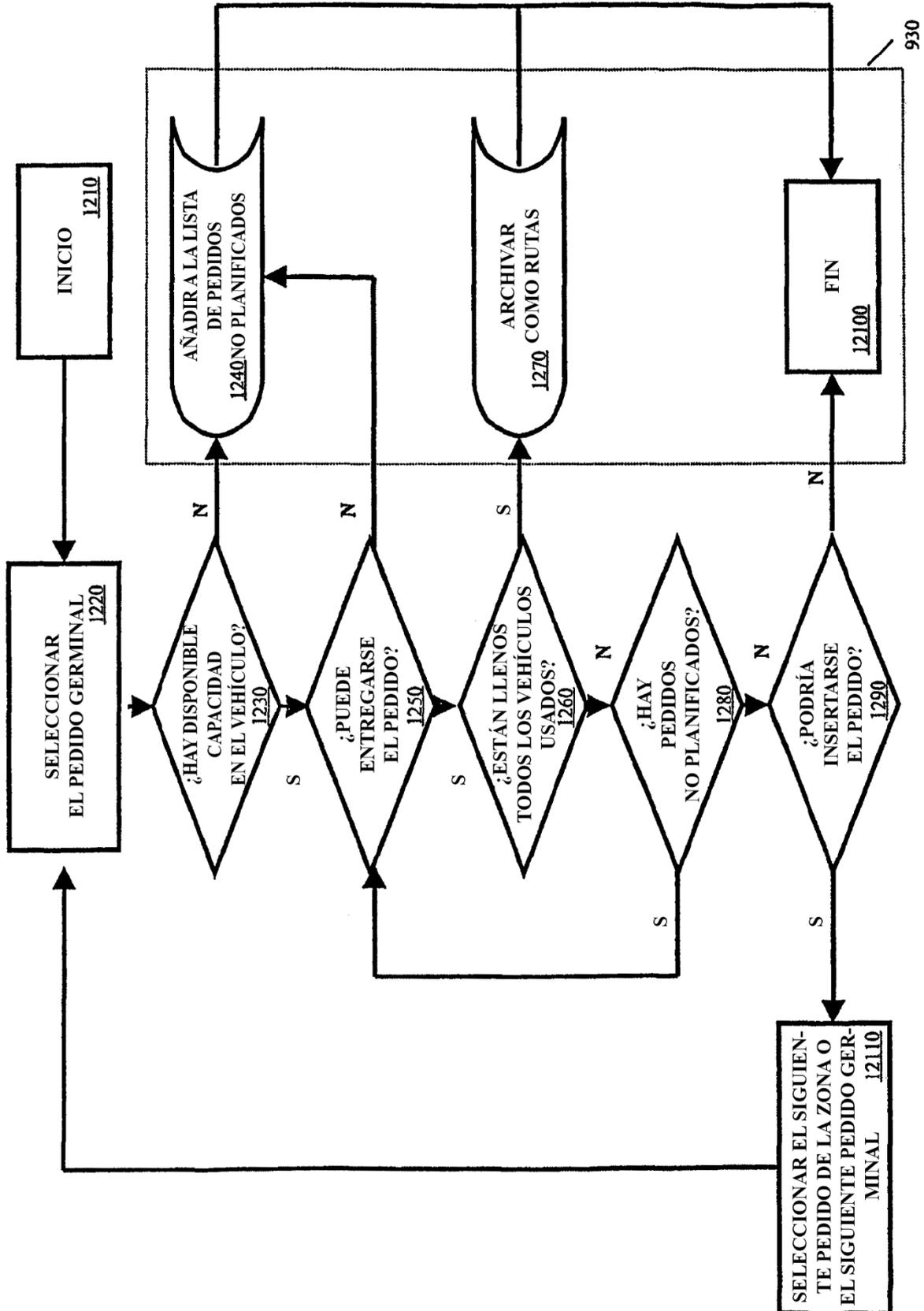


Fig. 12

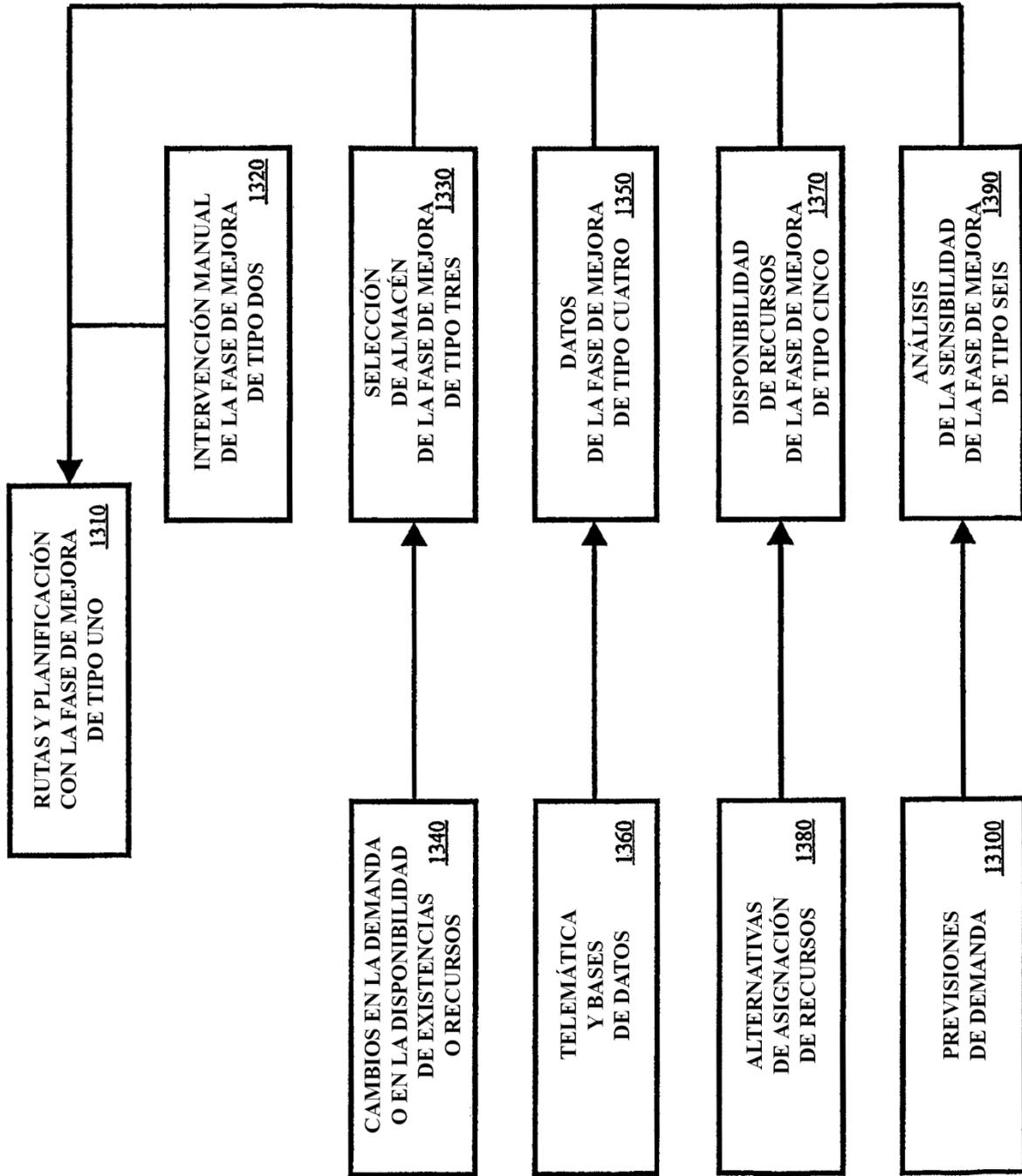


Fig. 13

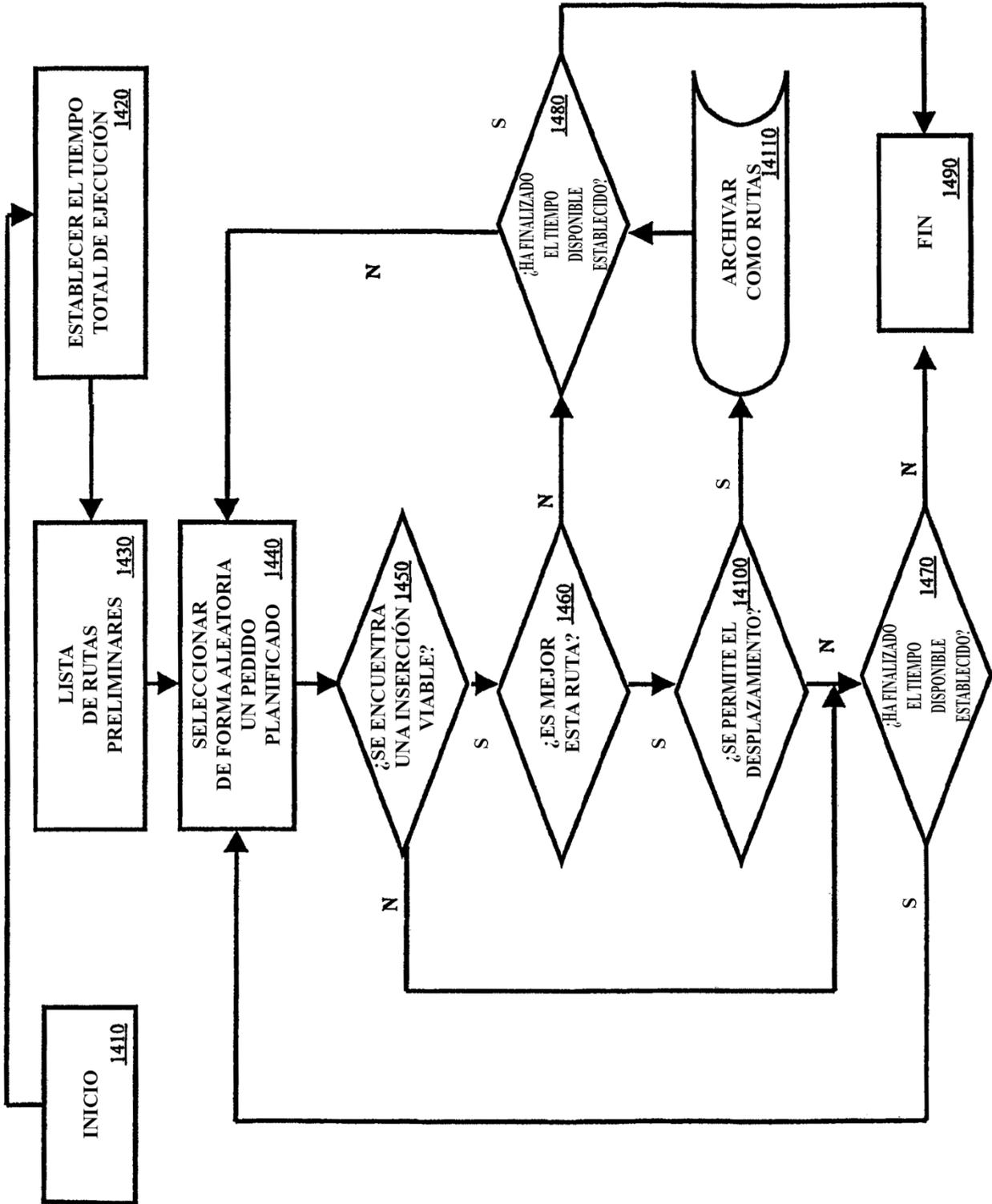


Fig. 14

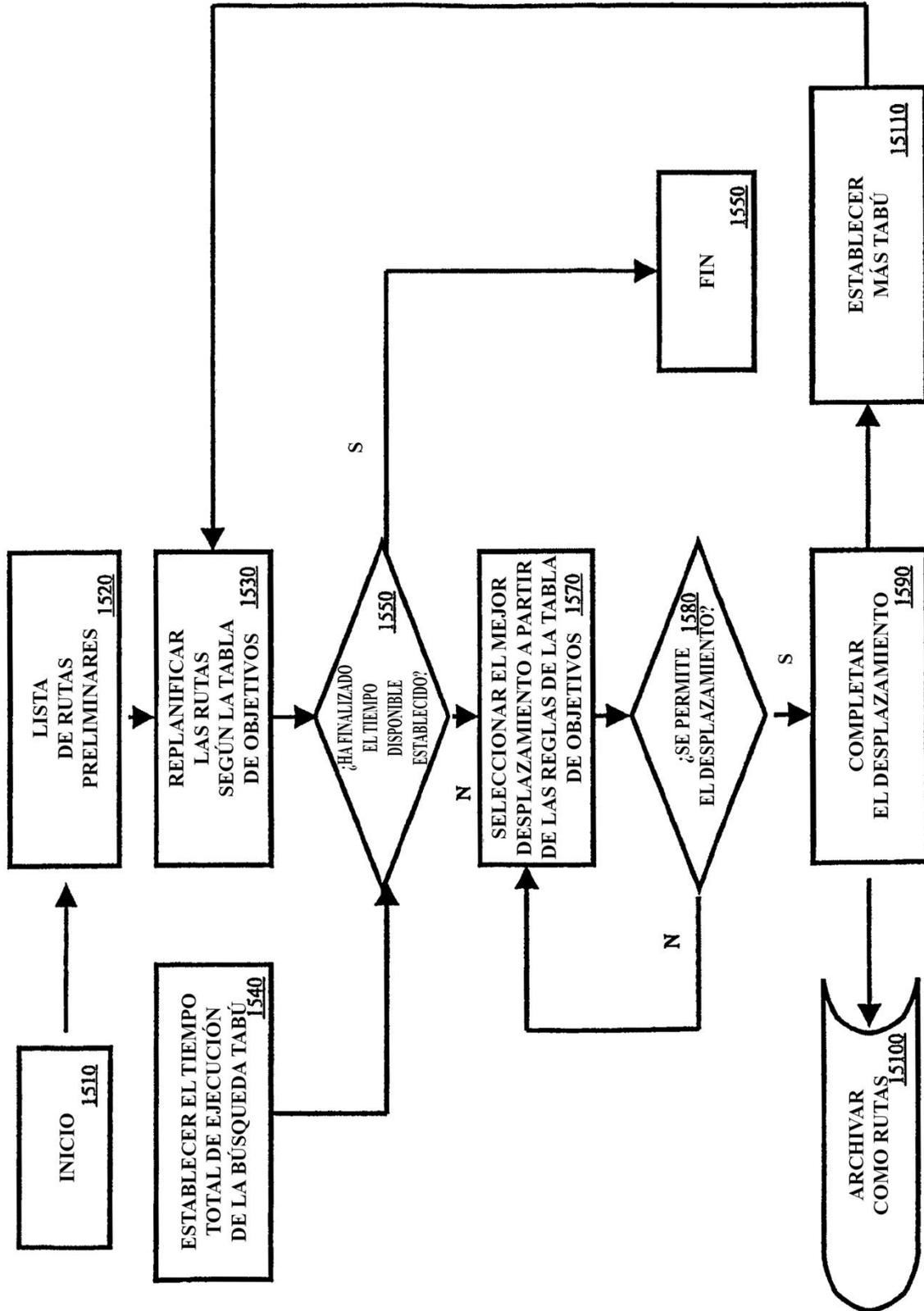


Fig. 15

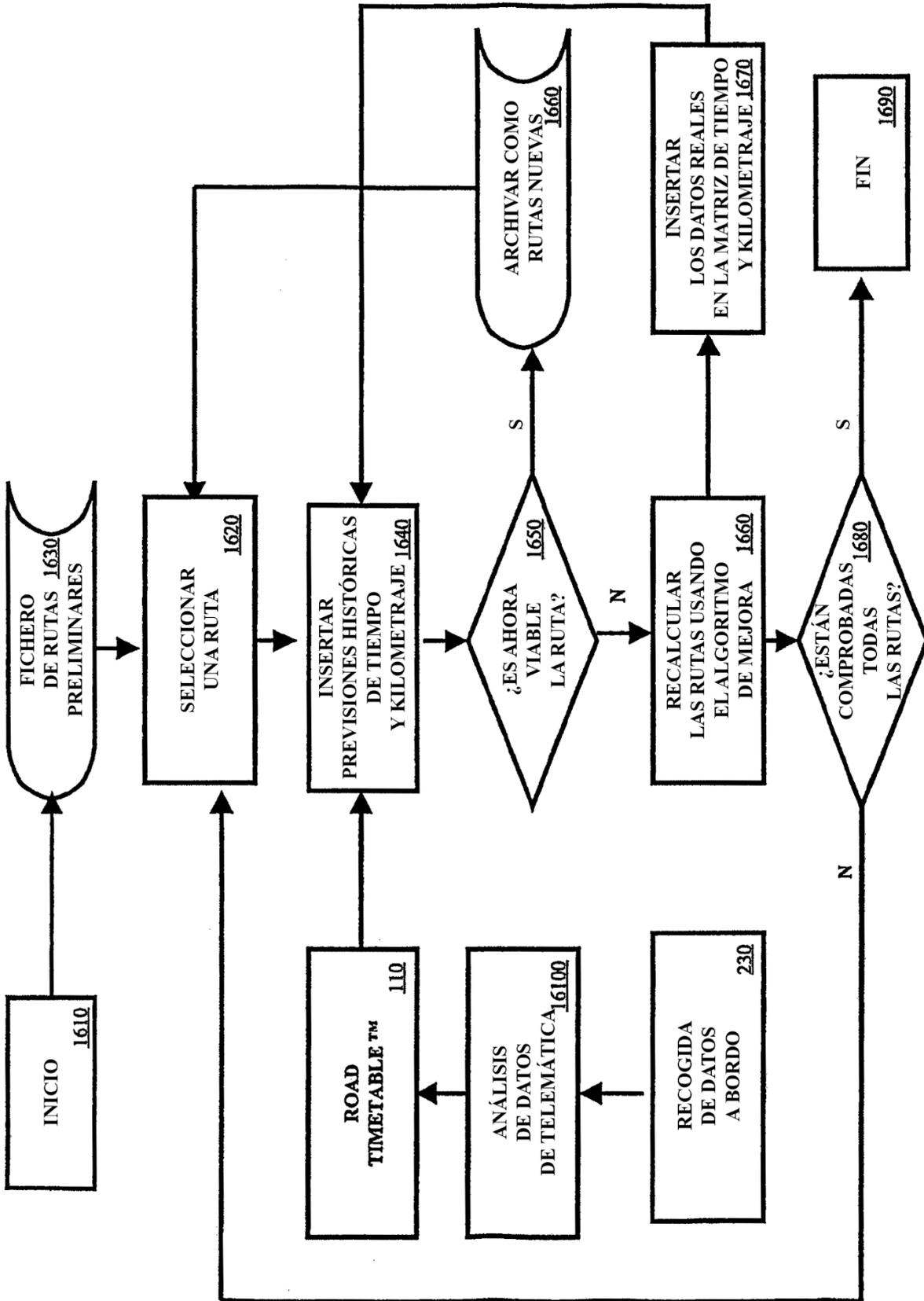


Fig. 16

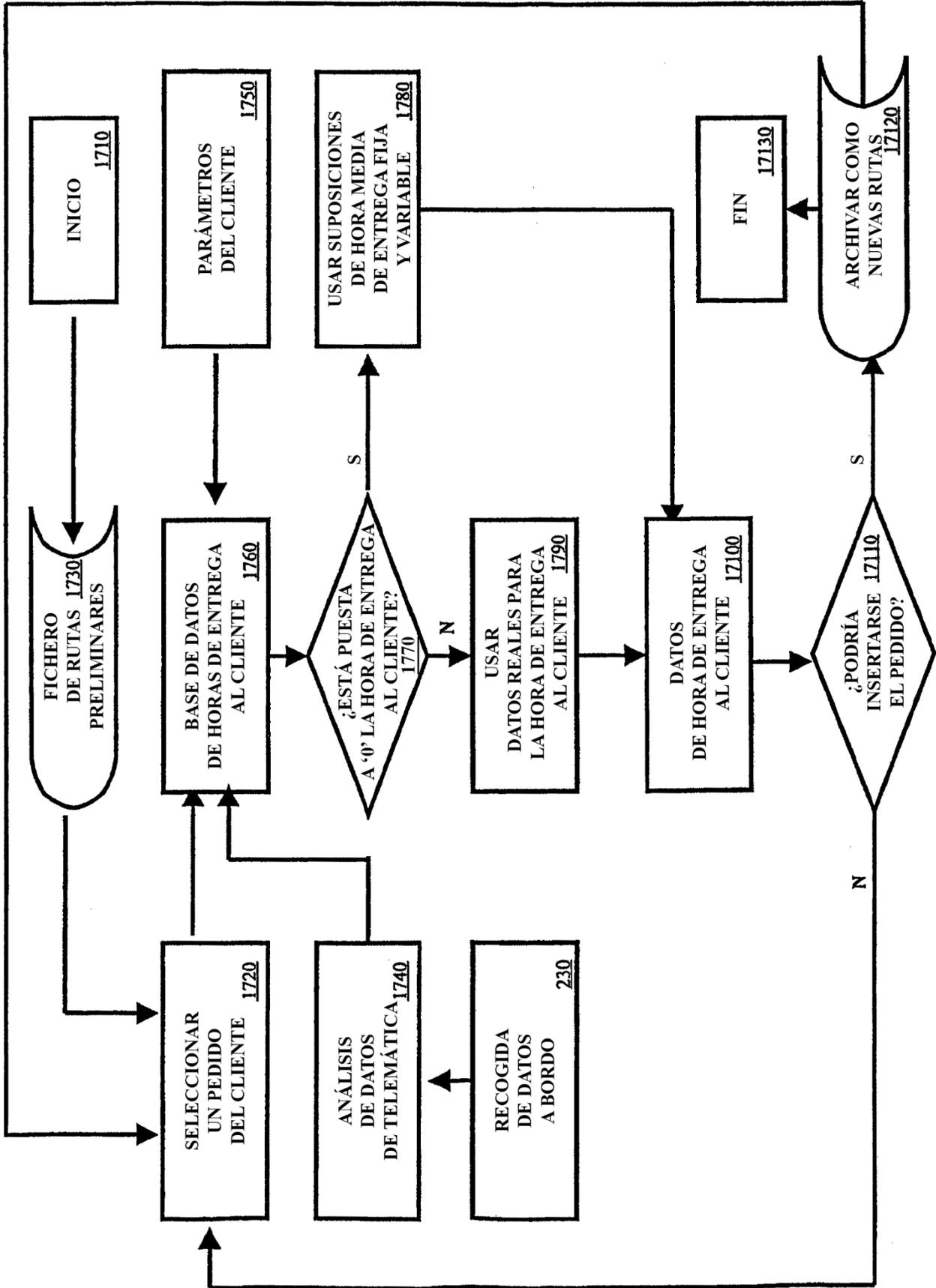


Fig. 17

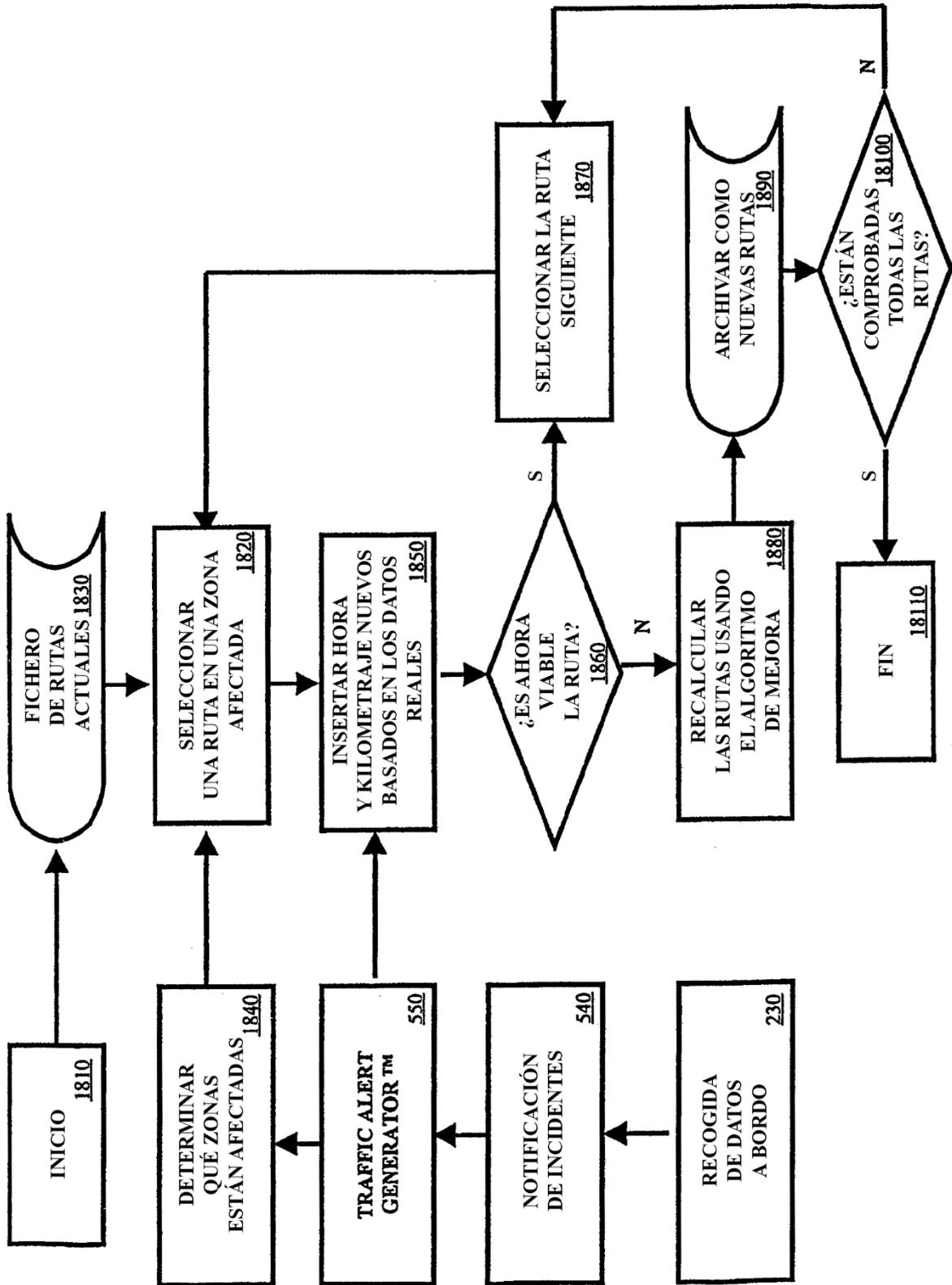


Fig. 18