

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADO A LA ORDENACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

DEVELOPMENT OF A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM APPLIED TO THE ORGANIZATION OF RAILWAY INFRASTRUCTURES

ANTONIO ANDRADA BERMEJO. Ingeniero en Geodesia y Cartografía.

Empresa SENER (Delegación de Valencia - Departamento de Topografía y Cartografía).

JOSÉ JUAN DE SANJOSÉ BLASCO. Dr. Ingeniero en Geodesia, Cartografía y S.I.G.

Departamento de Expresión Gráfica (Área de Geodesia, Cartografía y Fotogrametría). Escuela Politécnica de Cáceres.

Profesor de la asignatura de Fotogrametría de Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Universidad de Extremadura.
jjblasco@unex.es

RESUMEN: El aprovechamiento de las nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad exige la realización de instalaciones ferroviarias complementarias. Entre ellas están las que permiten el acceso de convoyes desde los centros de demanda a la línea principal.

La metodología que se describe a continuación, permite la identificación de los centros de demanda de viajeros en función de los parámetros de población servida y longitud de la instalación (representativo del costo de la instalación). Esta metodología se ha aplicado en el enlace ferroviario denominado "Y" de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

PALABRAS CLAVE: ACCESIBILIDAD, EXPLOTACIÓN FERROVIARIA, SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ABSTRACT: The introduction of new high-speed railway infrastructures has to consider supplementary railway installations such as systems allowing the access of convoys from demand centres to the trunk line.

The article describes a method for identifying passenger demand areas in accordance with the population served and the length of installation (representative of installation cost). This methodology has been applied in the "Y" fork railway link in the Basque Country.

KEYWORDS: ACCESSIBILITY, RAIL OPERATION, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

1. OBJETIVOS Y CONDICIONES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Dentro de los planes del Ministerio de Fomento se encuentra la construcción del acceso ferroviario de alta velocidad desde Madrid hacia Francia por el paso fronterizo de Irún. Actualmente esta línea se encuentra en proceso de información pública y su trazado por la Comunidad Autónoma Vasca tiene la denominación de "Nueva Red Ferroviaria en el País Vasco" (NRFV).

El trazado está proyectado para el tráfico de viajeros de largo recorrido, y las características de su trazado permiten velocidades punta de 250 km/h y superiores (INECO, 2002). Pero este tipo de explotación impone una frecuencia de paso de los trenes de largo recorrido bastante baja con respecto a la capacidad teórica de la infraestructura. Esta nueva línea ferroviaria permite complementar el transporte de viajeros de largo recorrido con otro tipo de explotación (recorridos a media distancia). La explotación de trayectos cortos se pueden realizar intercalando trenes de menor velocidad entre los trenes de largo recorrido.

La NRFPV crea una nueva infraestructura que puede ser aprovechada para el tráfico de media distancia. Desde este punto de vista existen dos tipos de centros de demanda que se clasifican de acuerdo a su situación con respecto a la nueva infraestructura (NRFPV):

- Núcleos de demanda situados a una distancia inferior a tres kilómetros de la infraestructura: Estos centros no necesitan la construcción de un ramal que los enlace con la NRFPV, esto es, por su cercanía podrían utilizar la instalación de la propia línea ferroviaria. La disposición de estos apeaderos o estaciones no son el objetivo de este estudio.
- Núcleos de demanda situados a una distancia superior a tres kilómetros de la infraestructura: En estos casos es necesario construir un nuevo ramal que enlace con la NRFPV.

El objetivo de este proyecto consiste en establecer la metodología que determine cuales son los centros de demanda en los que existe la relación más favorable entre población servida por el nuevo ramal y su longitud.

Para la realización de este análisis se ha partido de los siguientes condicionantes (Andrada, 2003):

1. El costo de la línea general es nulo. La línea ferroviaria Madrid-Irún se supone una obra realizada y cuya instalación ya está amortizada con el aprovechamiento para la explotación prevista, con lo cual este costo estaría asumido.
2. El costo de los apeaderos necesarios para los nuevos ramales es el mismo en todos los casos. Su ponderación en el costo del nuevo ramal es el mismo para cualquiera de ellos.
3. La población de toda la zona analizada se entiende que tiene una distribución homogénea (edad y estamento social). Esta simplificación se aplica para homogeneizar la demanda de transporte en todo el territorio. Además, no es posible tener datos más detallados en cuanto a la población y demanda de transporte según las zonas del territorio.
4. El costo unitario de los ramales propuestos es similar en cualquier parte del territorio. Si se consideran los parámetros: pendientes, desniveles, intersección con ríos, cruces con otras infraestructuras (camino, carreteras, autovías),... nos llevaría a un análisis más detallado, el cual no es objeto de este S.I.G.
5. El trazado de la NRFPV no se puede modificar. Esta premisa puede no ser cierta como consecuencia de las alegaciones de la fase de información pública, pero su consideración nos llevaría a repetir el análisis para cada variación considerada.

2. PROCESO DEL ANÁLISIS GEOGRÁFICO

2. 1. Datos de partida

La información inicial que se dispone para la aplicación de la técnica de un sistema de información geográfica es:

1. Límites de los términos municipales. Esta información se ha obtenido de la página Web de la Consejería de Ordenación del gobierno autónomo (Ordenación, 2003).
2. Delimitación de las parcelas edificadas: Esta información esta recogida en el documento UDALPLAN 99 publicada por la Consejería de Ordenación del Territorio del gobierno autónomo. Los datos extraídos de la base de datos de este documento son: nombre del municipio y número de identificación municipal (Udalplan, 1999).
3. Datos de la población: Se han descargado de la página Web del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2003).
4. Recorrido proyectado para la nueva red ferroviaria entre Madrid-Irún: Publicación del Ministerio de Fomento (INECO, 2002).

Se ha utilizado para la corrección cartográfica el programa "Autocad Map", pero la mayor parte del análisis se ha realizado con el programa "Arc-View".

2. 2. Aplicación del Sistema de Información Geográfico

Los trabajos necesarios para la realización de este proyecto se dividen básicamente en tres partes:

2. 2. 1. Preparación de los datos iniciales

Las operaciones necesarias para convertir los datos de partida en una estructura de datos utilizables por el programa "Arc-View" son:

1. Obtención cartográfica de los términos municipales: La cartografía inicial de los términos municipales tenía algunos defectos en el cierre de las líneas, lo cual impedía crear una topología de polígonos. La corrección de estos errores se ha realizado con el programa "Autocad Map". La topología de polígonos se ha creado con el programa "Arc-View".
2. Relación de la topología de municipios con los datos del Instituto Nacional de Estadística: Para identificarlos es necesario asignar el nombre de la población y el número de identificación municipal. Para la asignación de estos parámetros se ha partido de la base de datos recogida en la publicación UDALPLAN 99. En esta publica-

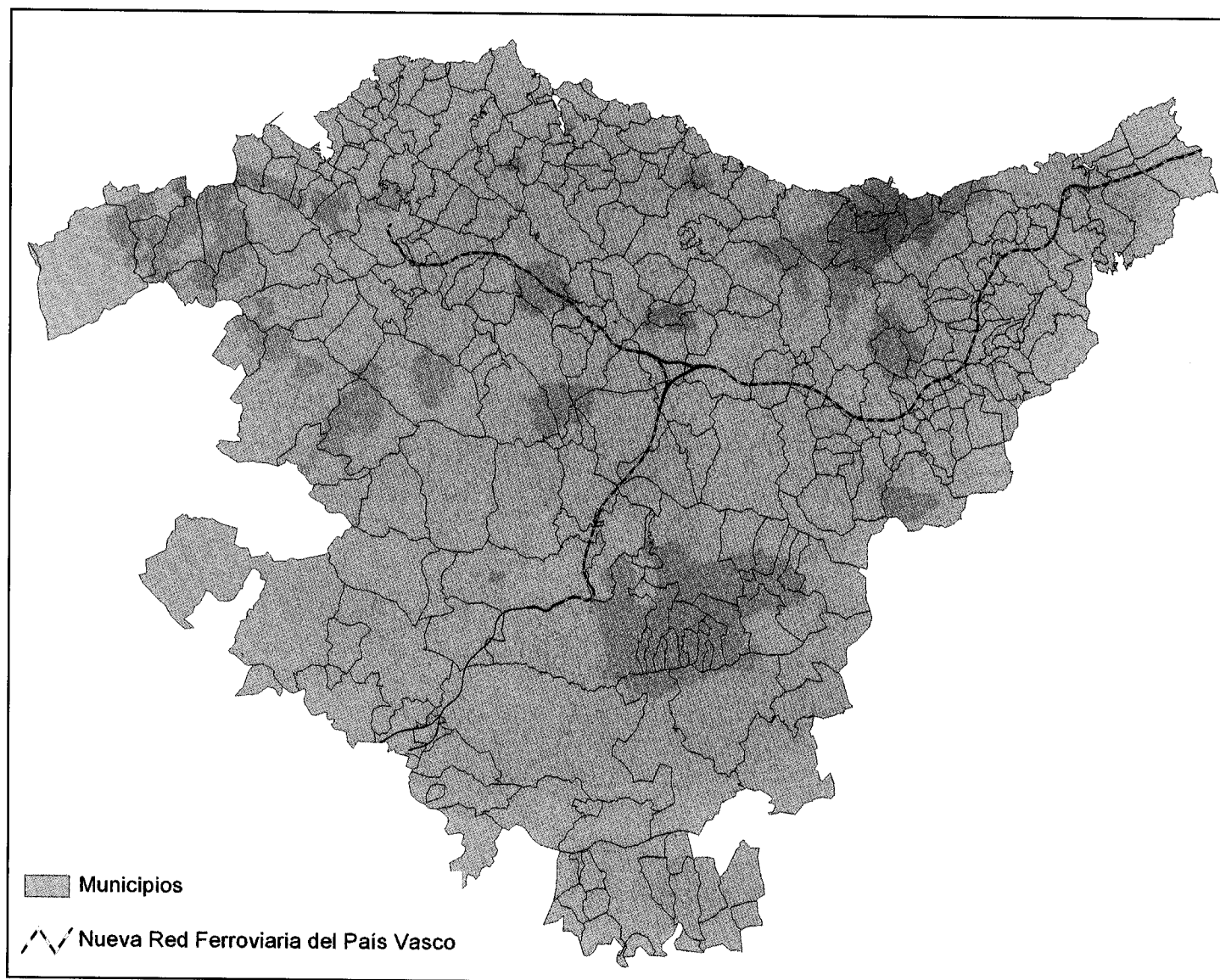


Fig. 1. Disposición de la NRFPV sobre los términos municipales.

ción, además de otros muchos datos, se encuentra: nombre de la población, número de identificación municipal y superficie de cada municipio.

Por otra parte, la superficie de cada término también se ha calculado a partir de la cartografía de polígonos en la topología de los términos municipales. Tomando como dato la superficie, se han relacionado ambas bases de datos municipales y se le ha asignado a la topología los parámetros: nombre del municipio y número de identificación municipal.

El número de identificación municipal permite relacionar con la topología de municipios tanto los datos recogidos en el UDALPLAN 99 como los datos proporcionados por el INE.

3. Los datos de la población se han recogido del padrón del año 2001 del Instituto Nacional de Estadística. Se le

han asignado a la cobertura de municipios la población actualizada.

4. Se ha creado una cobertura de líneas a partir de los ejes de la NRFPV en el formato del "Arc-View".

2. 2. 2. Trabajo a nivel de términos municipales

Como sistema de acercamiento al problema planteado y con el fin de economizar los medios disponibles se ha realizado una primera aproximación utilizando como unidad básica el término municipal, de esta forma se reducen drásticamente el volumen de datos (Fig. 1). El objetivo de esta aproximación es la determinación de los municipios que deben ser objeto de un estudio más detallado.

A continuación se detallan los pasos seguidos en este análisis geográfico:

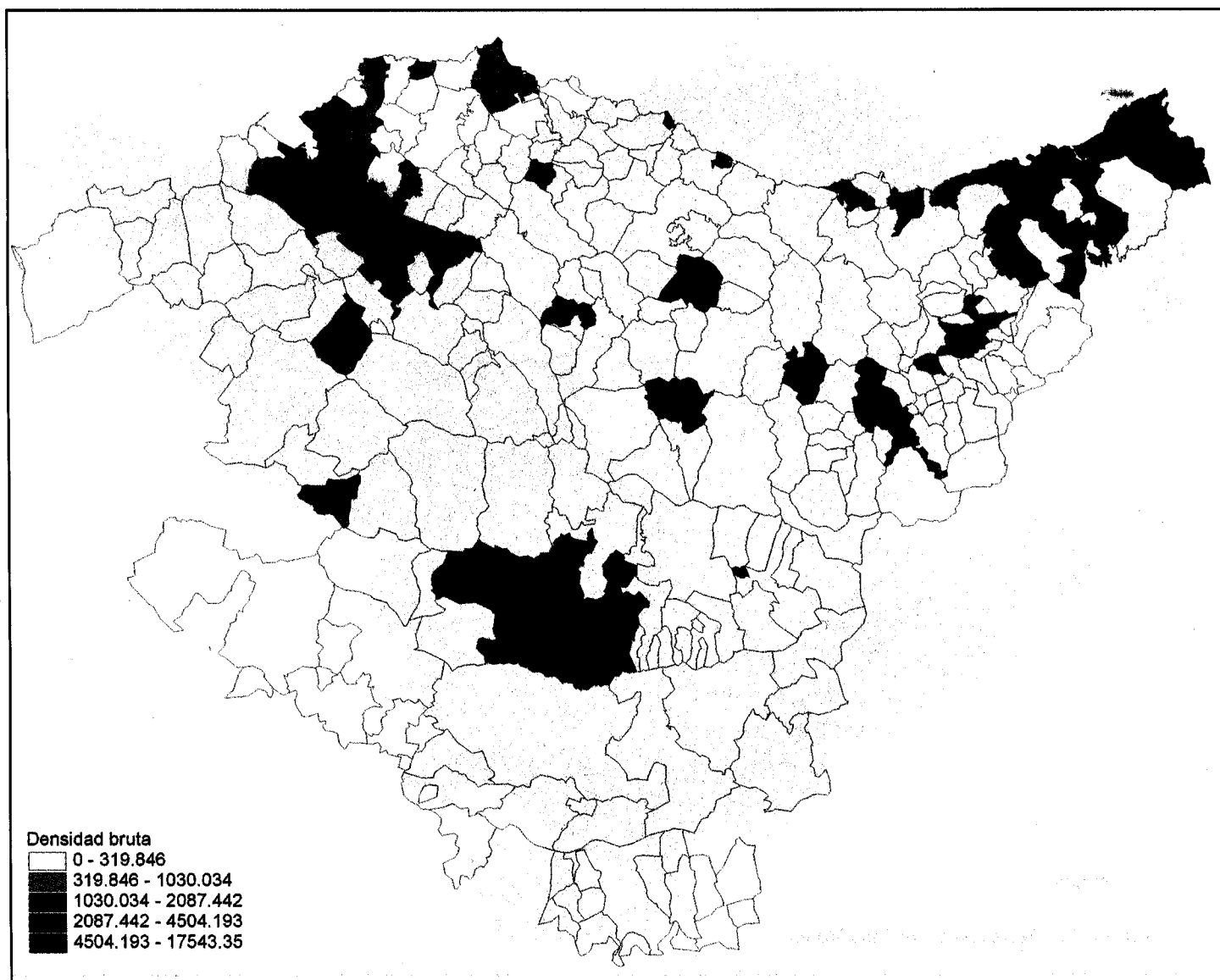


Fig. 2. Plano de densidad bruta.

1. Se han analizado los criterios de demanda (densidad bruta y densidad neta): El desarrollo de estos criterios tienen el inconveniente que determinan los núcleos de población de demanda de servicios, pero no calculan las zonas donde resulta rentable un enlace ferroviario.

$$DENSIDAD\ BRUTA = \frac{POBLACIÓN\ MUNICIPAL}{SUPERFICIE\ MUNICIPAL}$$

$$DENSIDAD\ NETA = \frac{POBLACIÓN\ MUNICIPAL}{SUPERFICIE\ EDIFICADA}$$

En las figuras 2 y 3 se observa que existen núcleos de población que tienen gran demanda de transporte, pero

estos núcleos se encuentran situados lejos de la NRFPV, por ello sería más adecuado darles otro tipo de infraestructura más económica desde el punto de vista de inversión y de tiempo de desplazamiento.

El identificar cual sería el sistema de transporte más adecuado para cada zona no es el cometido de este proyecto. En todo caso, solo nos interesa reseñar que analizar la demanda de un tipo de transporte por un análisis de densidades no es el más adecuado para resolver el problema abordado porque no se realiza ninguna ponderación de las características negativas de un determinado transporte.

2. Con la aplicación "Arc-View" se ha calculado la distancia entre el centroide de cada uno de los términos municipales hasta el punto más cercano de la NRFPV.

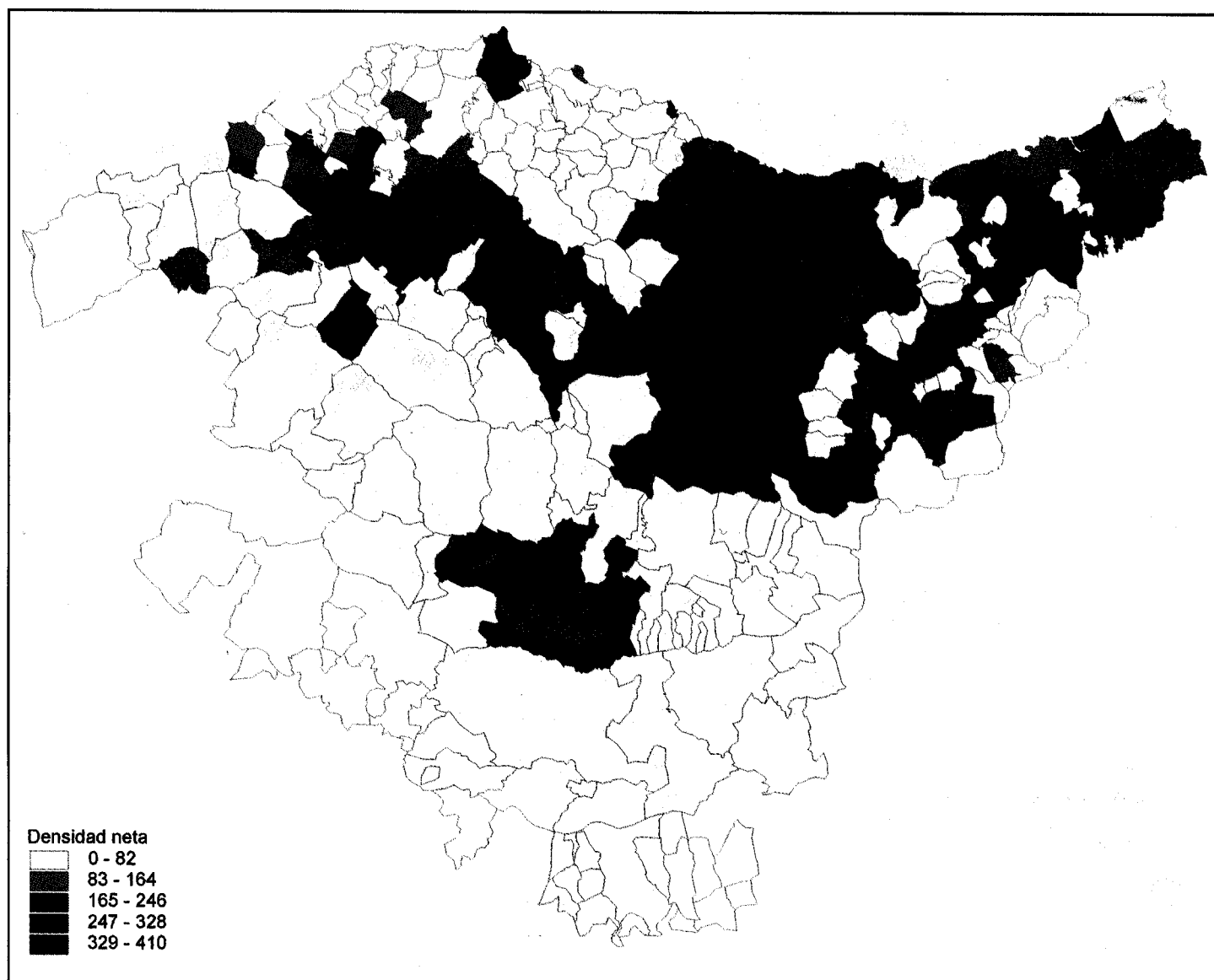


Fig. 3. Plano de densidad neta.

Este es el criterio que nos permite comparar el coste de la inversión para cada uno de los municipios.

3. Con el fin de establecer la comparación entre distintos municipios se ha creado un índice denominado accesibilidad municipal (Puyol et al., 2003). Este índice se ha calculado dividiendo la densidad de población de cada municipio por la distancia que separa el centroide del mismo a la NRFPV.

$$\text{ACCESIBILIDAD} = \frac{\text{DENSIDAD POBLACIÓN}}{\text{DISTANCIA NRFPV}}$$

La densidad de la población se ha calculado dividiendo el número de habitantes por la superficie municipal en km².

Se ha descartado la posibilidad de realizar un curvado con los valores de la accesibilidad, debido a la falta de legibilidad y la dificultad de interpretación de los planos resultantes. Por ello, se ha optado por establecer un umbral a partir del cual se considera necesario continuar realizando el estudio. Este umbral se ha establecido en una accesibilidad de valor 4, considerando inviable la disposición de un nuevo acceso ferroviario a un término municipal con una accesibilidad de valor menor.

Los resultados de este análisis geográfico son inexatos si cumplen la misión para la que se ha diseñado este proceso (Fig. 4), esto es, realizar una preselección de los municipios susceptibles de necesitar la ins-

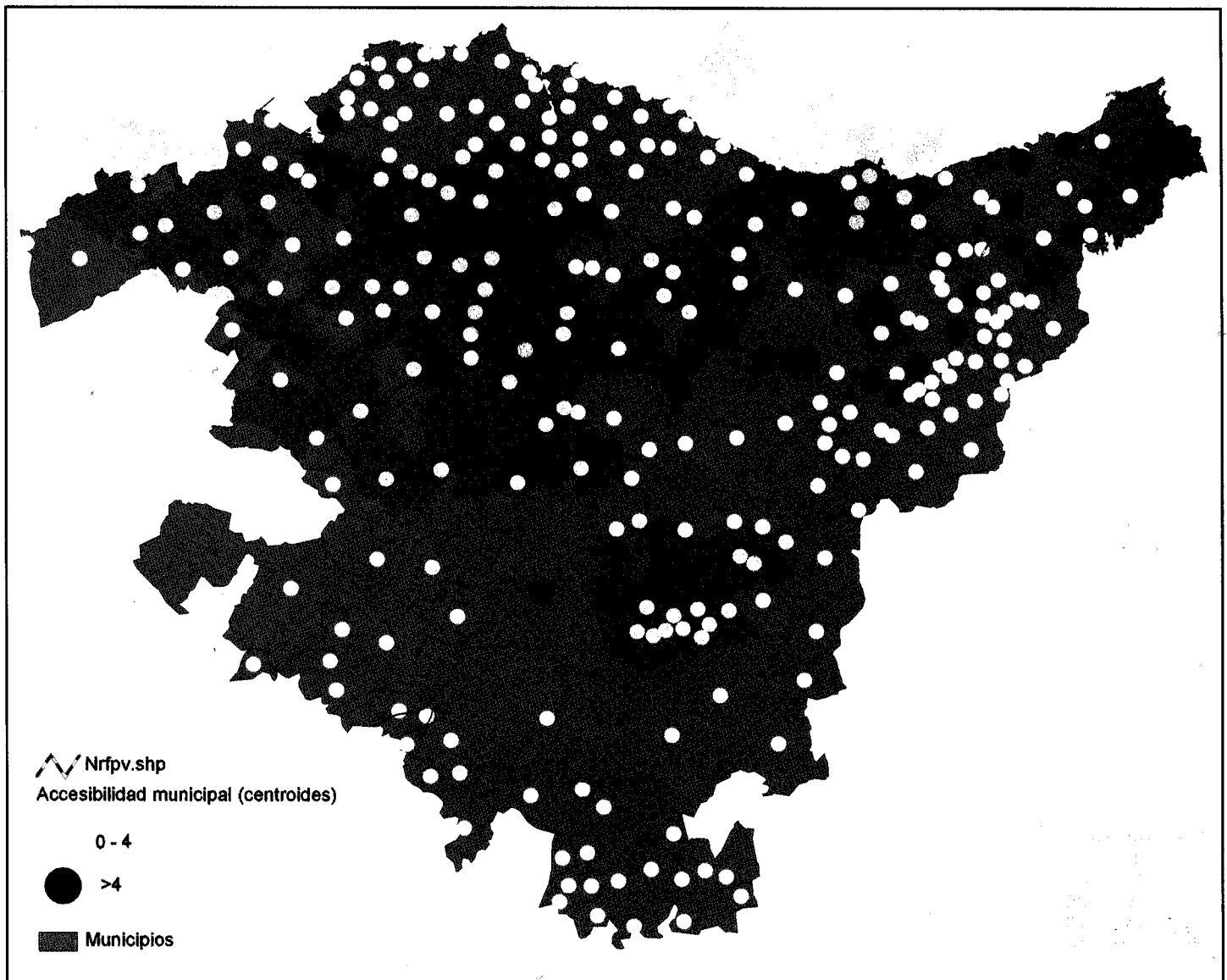


Figura 4:
Selección de
municipios por
su
accesibilidad.

instalación de un nuevo ramal ferroviario. En consecuencia, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

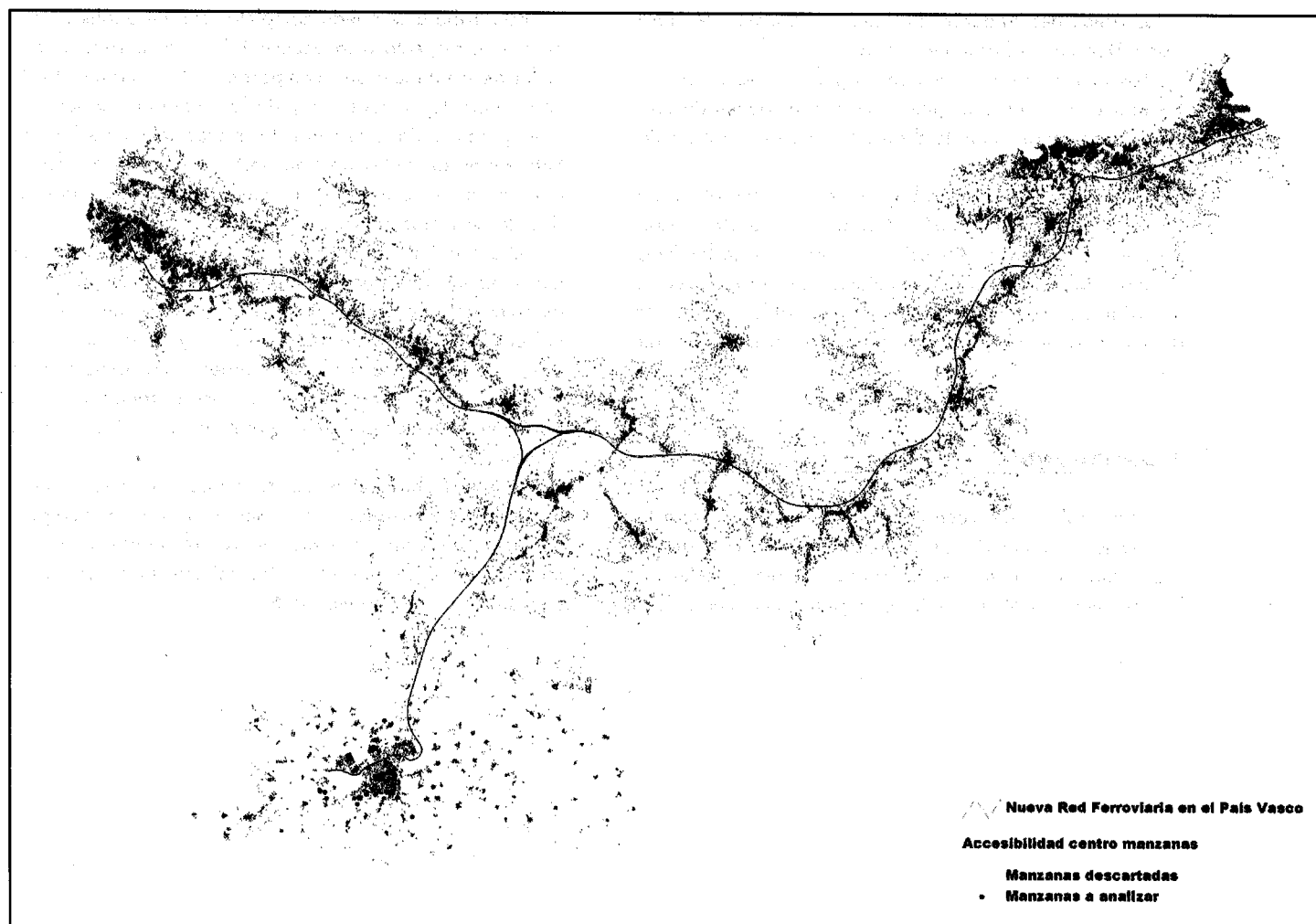
- No existe ningún municipio con algún punto de su término municipal situado a una distancia superior a 5 km de la NRFPV que sea susceptible de disponer de un nuevo ramal ferroviario.
- Pueden descartarse los municipios situados al sur de la ciudad de Vitoria, por la baja densidad de población servida.

2. 2. 3. Trabajo a nivel de parcelas

De los planes urbanísticos de los distintos municipios se ha procedido a realizar la extracción de las man-

nas de suelo destinado a uso residencial. Las manzanas han sido cerrados y creada la topología de polígonos con el programa "Autocad Map", posteriormente se han cargado en el programa Arc-View". Además, se ha superpuesto las líneas de la NRFPV sobre la cartografía de las parcelas.

A partir de la cobertura de polígonos de cada manzana se ha creado una nueva cobertura de puntos, cada uno de los cuales está ubicado en el centro de cada manzana. A estas coberturas se les ha asignado los valores de superficie de la manzana y la densidad neta. Posteriormente, se calcula la distancia mínima desde cada uno de estos puntos a la NRFPV, y también se calcula la accesibilidad neta de cada una de las manzanas edificadas.



En el plano siguiente puede observarse los centros de las manzanas de los municipios con una accesibilidad superior a un habitante por hectárea y una distancia de un kilómetro a la NRFPV (Fig. 5). Esta delimitación se ha realizado teniendo en cuenta el gráfico de accesibilidad (Fig. 6), donde puede observarse las discontinuidades siguientes:

- Accesibilidad de 0.001 hab x km²/km: Esta discontinuidad se ha considerado marginal, puesto que marca el lugar donde ya no es representativo el valor de la accesibilidad.
- Accesibilidad de 0.01 hab x km²/km: Esta discontinuidad representa, el salto en la densidad de población de las manzanas edificadas con varias alturas y las que tienen menor aprovechamiento. Por ello se ha escogido esta magnitud para delimitar las zonas susceptibles de disponer de un nuevo acceso ferroviario.

El gráfico anterior tiene en el eje de abscisas los valores de la accesibilidad y en el eje de ordenadas la canti-

dad acumulada (en porcentaje) de parcelas que tienen una accesibilidad inferior a la marcada (Fig. 6).

Con este análisis (nivel de parcelas) puede delimitarse las ciudades de: Vitoria, Bilbao, San Sebastián e Irún

Fig. 5. Selección de parcelas adecuadas para la implantación de un nuevo acceso ferroviario.

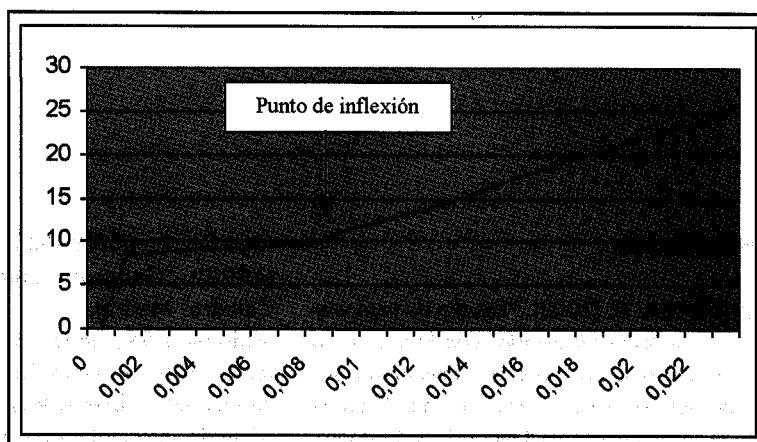


Fig. 6. Valores de accesibilidad.

y las áreas de: Andoain, Bergara y Arrasate - Mondragón y Durango, Abadiño e Iurreta.

Las tres primeras zonas son lógicas, puesto que son las capitales, y además (junto con Irún) disponen de estaciones que condicionan la disposición de los nuevos enlaces ferroviarios.

El resultado de este trabajo es que en las otras tres zonas o áreas: "Andoain", "Bergara y Arrasate - Mondragón" y "Durango, Abadiño e Iurreta" serían los lugares más adecuados para la instalación de nuevos accesos ferroviarios, por ser los puntos más rentables en función de las variables de población servida e inversión a realizar.

3. CONCLUSIONES

Este análisis establece una metodología para el estudio de la implantación de nuevas infraestructuras de carácter lineal y con un servicio progresivo como pueden ser ferrocarriles, carreteras, redes de agua, saneamiento,...

Este trabajo se puede completar con un análisis parecido, con respecto a la accesibilidad por carretera, con el fin de establecer una comparativa del rendimiento de cada uno de los sistemas y de la idoneidad de los mismos, permitiendo determinar la interacción entre los distintos tipos de redes de transporte, con el fin de conseguir la inter-modalidad y la inter-operatividad entre los distintos sistemas de transporte terrestre.

Al procedimiento utilizado se le puede añadir muchos más elementos de análisis: cruce con los cauces de los ríos entre la zona servida y la NRFPV, diferencias de altitud entre los puntos de las manzanas y el enlace con la red,... de forma que se pueda ponderar más exactamente los costos de la inversión, pero la incorporación de estos parámetros aumentan los requerimientos de los equipos informáticos.

En este trabajo el punto de partida para el análisis han sido las manzanas, este mismo procedimiento se puede repetir utilizando otros elementos territoriales de mayor tamaño con el fin de agilizar los cálculos informáticos en análisis de un ámbito mayor. ■

REFERENCIAS

-ANDRADA, A. (2003): "Estudio de implantación de enlaces ferroviarios con la nueva red ferroviaria a su paso por la Comunidad Autónoma del País Vasco". Proyecto final de carrera de la Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Valencia.

-PUYOL, R.; ESTÉBANEZ, J.; MÉNDEZ, R. (1992): "Geografía Humana". Editorial Cátedra. Madrid.
-Udalplan 99, Banco de datos territoriales (1999). Servicio Central de publicaciones del Gobierno Vasco.
-Estudio Informativo del Proyecto de Nueva Red Ferroviaria en el País Vasco

(2002). Realizado por la empresa INECO para el Ministerio de Fomento.

-Página Web de la Consejería de Ordenación del Gobierno Autónomo Vasco (2003).

-Página Web del Instituto Nacional de Estadística (2003).